

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА
РОБОТИ КОНСТРУКТОРА
МАШИН І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ
ВИРОБНИЦТВ**

Підручник

*Рекомендовано Вченою радою Черкаського державного технологічного
університету як підручник для здобувачів вищої освіти,
які навчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування»*

Черкаси



2021

УДК 621-047.84:664.02 (075.8)
ТЗЗ

*Рекомендовано
Вченою радою Черкаського державного
технологічного університету,
протокол № 4 від 17.12.2018 р.*

Автори:

**Некоз Олександр Іванович
Осипенко Василь Іванович
Батраченко Олександр Вікторович
Філімонова Надія Вікторівна**

Рецензенти:

*І. П. Паламарчук, д-р техн. наук, професор, професор кафедри процесів і обладнання
продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України,
В. І. Теличкун, к-т техн. наук, професор, професор кафедри машин і апаратів харчових
та фармацевтичних виробництв Національного університету харчових технологій*

Навчальне електронне видання

**Теорія і практика роботи конструктора машин і апаратів харчових
виробництв : підручник [Електронний ресурс] / О. І. Некоз, В. І. Осипенко,
О. В. Батраченко, Н. В. Філімонова ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ.
технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. – 639 с. – Назва з титульного екрана.**

Зам. № 21-60
Обл.-вид. арк. 43,5



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА РОБОТИ КОНСТРУКТОРА МАШИН І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Підручник

*Рекомендовано Вченою радою Черкаського державного технологічного
університету як підручник для здобувачів вищої освіти,
які навчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування»*

**Черкаси
2021**

УДК 621-047.84:664.02 (075.8)
ТЗЗ

*Рекомендовано Вченою радою
Черкаського державного
технологічного університету,
протокол № 4 від 17.12.2018 р.*

Автори:

**Некоз Олександр Іванович
Осипенко Василь Іванович
Батраченко Олександр Вікторович
Філімонова Надія Вікторівна**

Рецензенти:

І. П. Паламарчук, д-р техн. наук, професор, професор кафедри процесів і обладнання продукції АПК Національного університету біоресурсів і природокористування України,

В. І. Теличкун, к-т техн. наук, професор, професор кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв Національного університету харчових технологій

Теорія і практика роботи конструктора машин і апаратів харчових виробництв : підручник [Електронний ресурс] / О. І. Некоз, В. І. Осипенко, О. В. Батраченко, Н. В. Філімонова ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. – 639 с. – Назва з титульного екрана.

Висвітлюються теоретичні засади проектування обладнання харчових виробництв: сутність роботи конструктора, види конструкторських документів, етапи розробки проекту, напрямки та методи вдосконалення обладнання, послідовність його проектування, заходи із забезпечення надійності та довговічності машин і апаратів харчових виробництв. Наведено зразки оформлення креслень обладнання галузі та рекомендації щодо застосування основних видів конструкційних матеріалів. Теоретичні положення доповнено прикладами реалізації низки вимог до конструкції машин і апаратів харчових виробництв.

Для студентів вищих закладів освіти, які навчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування». Книга може бути корисна для інженерних працівників машинобудівних та харчових підприємств.

УДК 621-047.84:664.02 (075.8)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ КОНСТРУКТОРА	
1.1 Роль конструктора у створенні нової техніки	10
1.2 Компетенції і професійні якості, якими має володіти конструктор.....	20
1.3 Алгоритм конструювання обладнання	30
2 ОСНОВНІ ВИДИ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ, ЯКА РОЗРОБЛЮЄТЬСЯ КОНСТРУКТОРОМ	
2.1 Комплектність технічної документації	31
2.2 Креслення загального виду.....	40
2.3 Складальні креслення загального виду	41
2.4 Складальні креслення	43
2.5 Робочі креслення деталей.....	50
2.6 Креслення складально-детальні	54
2.7 Креслення монтажні.....	55
2.8 Креслення комплектів	56
2.9 Креслення довідникові.....	57
2.10 Креслення ремонтні.....	58
2.11 Принципові схеми.....	61
3. ЕТАПИ РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ ОБЛАДНАННЯ	
3.1 Технічне завдання.....	63
3.2 Технічна пропозиція.....	70
3.3 Ескізний проект.....	72
3.4 Технічний проект	75
3.5 Робочий проект.....	78
3.6 Розрахунки при проектуванні	79

4. НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ	
4.1 Задачі, які ставляться перед конструктором	87
4.2 Економічні основи конструювання обладнання	91
4.3 Основні технологічні принципи харчової технології	98
4.4 Напрямки модернізації обладнання.....	102
5. РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ВДОСКОНАЛЕННІ ОБЛАДНАННЯ	
5.1 Методи послідовного розвитку машин	109
5.1.1 Секціонування	111
5.1.2 Метод зміни лінійних розмірів	112
5.1.3 Метод базового агрегату	113
5.1.4 Конвертація.....	115
5.1.5 Компаундування.....	115
5.1.6 Модифікація.....	116
5.1.7 Агрегатування.....	119
5.1.8 Універсалізація машин	122
5.1.9 Інші методи	125
5.2 Методи пошуку інноваційних високоефективних технічних рішень.....	127
5.2.1 Теорія технічних систем як основа винахідництва	127
5.2.2 Закони розвитку технічних систем.....	131
5.2.3 Типові прийоми вирішення винахідницьких задач	161
5.2.4 Стандартні рішення усунення технічних протиріч	174
5.2.5 Функціонально-вартісний аналіз.....	181
5.2.6 Вдосконалення технічного об'єкта на основі наукових досліджень.....	206
5.2.7 Пошук шляхів розвитку технічної системи на основі методики статистичних даних	230
5.2.8 Аналіз розроблених рішень на предмет винаходу та їх подальший розвиток	240

6. ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

6.1	Проектування машини або апарату.....	249
6.1.1	Послідовність прийняття проектних рішень.....	249
6.1.2	Побудова структури та компонування обладнання	254
6.1.3	Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог.....	267
6.1.4	Техніка безпеки	299
6.1.5	Забезпечення ергономічних вимог	307
6.1.6	Естетика і дизайн	324
6.1.7	Розмірний аналіз конструкції обладнання	339
6.2	Проектування вузла	345
6.2.1	Послідовність проектування вузла	345
6.2.2	Забезпечення надійності та зниження собівартості вузла.....	352
6.2.3	Вибір варіанту конструкції вузла.....	393
6.2.4	Компонування агрегату або функціонального вузла.....	401
6.2.5	Забезпечення точності складання вузла	423
6.2.6	Призначення посадок рухомих і нерухомих з'єднань	431
6.3	Проектування деталі	437
6.3.1	Послідовність проектування деталі	437
6.3.2	Нанесення розмірів із урахуванням конструктивних і технологічних баз.....	441
6.3.3	Вибір розмірів деталі та їх граничних відхилень.....	466
6.3.4	Призначення допусків форми та розташування поверхонь деталі.....	472
6.3.5	Призначення параметрів шорсткості поверхонь деталі.....	479
6.3.6	Вибір матеріалу деталі	483
6.3.7	Вибір методу та режимів термічної обробки деталі	490
6.4	Типові помилки при проектуванні	496

7. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ	
7.1 Теоретичні засади забезпечення високої довговічності обладнання.....	502
7.2 Підвищення довговічності обладнання конструкторським шляхом.....	509
7.3 Покращення корозійної стійкості обладнання.....	519
7.4 Підвищення зносостійкості обладнання шляхом раціонального вибору матеріалу деталей.....	527
7.5 Підвищення втомної міцності деталей.....	546
7.6 Використання технологічних методів підвищення довговічності.....	564
7.7 Поліпшення довговічності обладнання шляхом забезпечення оптимальних умов змащування.....	578
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	585
ДОДАТКИ.....	591
Приклади оформлення креслень зернового екструдера BRONTO E-1000.....	592
Приклади оформлення креслень масловиготовлювача Л5-ОМИ...	597
Приклади оформлення креслень кутера Л5-ФКБ.....	613
Приклади оформлення креслень вовчка К7-ФВП-160.....	619
Приклади оформлення креслень молочного сепаратора ОМБ-3....	624
Приклади оформлення креслень охолоджувача екструдованого продукту ОЕ-1000.....	626
Рекомендації щодо застосування конструкційних матеріалів.....	628

ВСТУП

Удосконалення техніки, її розвиток та поліпшення – це безупинний процес вирішення задачі переведення економіки на новий рівень технології, а суспільства – на новий щабель технічного прогресу. Саме тому своєчасний перехід на нові технології, а також відповідний рівень і належна ефективність інновацій всемірно залежать від праці конструкторів. Їхня творча робота, що базується на ґрунтовних професійних знаннях широкого кола питань, дає змогу вирішувати такі технічні задачі, які, на перший погляд, не мають вирішення. Так, розв'язуються технічні суперечності й інтенсифікуються режими роботи відомих видів обладнання; з'являється техніка, що ґрунтується на нових фізичних принципах; упроваджуються прогресивні технології; винаходяться шляхи енерго- та ресурсозбереження; застосовуються нові види матеріалів, сучасні системи керування і типи приводів, системи технічного зору та штучного інтелекту і багато іншого.

Конструктори роблять навколишній світ швидкозмінним та зручним для користування людиною. Їхня праця – творча, вони працюють над тим, чого раніше не було. І саме тому їх праця не лише є важливою для суспільства, а й дуже цікава та захоплива.

Наша країна багата славетними традиціями конструювання та створення нової техніки. Їй є чим пишатися. В ній народилось або працювало багато видатних конструкторів: конструктор першого багатомоторного важкого літака та «батько» вертолітної авіації І. І. Сікорський, винахідник першого двоконтурного турбореактивного двигуна А. М. Люлька, основоположник практичної космонавтики С. П. Корольов, конструктор ракетно-космічних комплексів М. К. Янгель, конструктор найкращих танків свого часу О. О. Морозов, розробники високотехнологічних дизельних двигунів О. Д. Чаромський і М. К. Рязанцев, конструктор видатних транспортних літаків О. К. Антонов та багато інших фахівців, наполеглива праця яких сприяла розбудові нашої держави.

Обладнання харчових виробництв (машини, апарати, допоміжне устаткування та оснащення, на якому переробляють харчову сировину і виготовляють харчові продукти) – це той вид техніки, без роботи якої неможливо уявити промисловість, що забезпечує потреби сучасного суспільства. Технічний прогрес у цій галузі обумовлює необхідність створення нових моделей машин і апаратів, розроблення нових їх видів та концепцій використання.

У нашій країні існує велика кількість виробників харчового обладнання, що задовольняють потреби вітчизняної промисловості, а також країн ближнього та далекого зарубіжжя. При цьому значна частина підприємств харчового машинобудування знаходиться у м. Черкаси, де довгий час успішно працювало ВАТ «Темп», продукція якого використовувалась у багатьох країнах світу. Такими підприємствами є «Техпродсервіс», «Алнат», «Черкасиелеватормаш», «Станко-Групп», «Надія», «Продмаш», ЧФ «Таурас-Фенікс», «Машбуд-Черкаси», «Промвіт» та ін.

Ринковий характер економіки робить процес розвитку техніки стрімким та динамічним, обумовлює широку конкурентну боротьбу виробників

обладнання за визнання споживачем. У таких умовах проектування вітчизняних моделей машин і апаратів має виконуватися швидко і на високому технічному рівні, гнучко відображаючи вимоги конкретного замовника. При цьому саме обладнання повинно мати високі робочі і експлуатаційні властивості та сучасний дизайн.

Передумовою виконання цих вимог є ґрунтовна фахова підготовка вітчизняних інженерів та конструкторів, яка має включати найсучасніші знання та інструментарій для проектування машин і апаратів харчових виробництв. Це означає, що такі знання та вміння мають бути сформовані у майбутніх молодих фахівців галузі, тобто вони мають закладатися під час їхнього навчання у вищому закладі освіти.

Однак зазначимо, що особливості сучасної моделі економіки не завжди дозволяють повною мірою забезпечити глибоку практичну підготовку студентів з проектування обладнання в умовах реально працюючого машинобудівного підприємства. Саме тому вкрай важливим є створення можливості самостійного опанування студентами основ проектування поза конструкторськими відділами підприємств. У такому разі самостійне вивчення основних теоретичних положень та найхарактерніших прикладів рішень задач проектування дозволяє створити передумови вивчення практичного досвіду конструкторів машинобудівних підприємств в короткий термін під час виробничої або переддипломної практики.

Зміст та побудова пропонованого підручника виконані з урахуванням зазначених цілей. Підручник складається із семи розділів, у яких послідовно висвітлюються аспекти проектування обладнання: види конструкторських документів, етапи розроблення проекту, напрями та методи вдосконалення машин і апаратів харчових виробництв, методологія їх проектування, включаючи такі складові елементи, як вузли та деталі, а також питання надійності та довговічності обладнання.

У першому розділі книги розкрито сутність та особливості конструкторської діяльності, її роль у створенні нової техніки, а також детально висвітлено компетенції і професійні якості, якими має володіти конструктор.

Другий та третій розділи підручника присвячено задачі формування у читача чітких уявлень про основні види конструкторської документації та етапи розробки проекту обладнання в цілому.

Четвертий розділ присвячений напрямкам вдосконалення обладнання харчових виробництв.

У п'ятому розділі представлено методика розробки нових технічних рішень у галузі, що на наш погляд є важливим, оскільки саме при створенні нового обладнання якнайповніше використовуються і систематизуються знання інженера, а також взагалі стає можливим технічний прогрес. У розділі наведено авторський доробок із удосконалення машин і апаратів харчових виробництв.

У шостому розділі наведено приклади розробки конструкції машин, представлено сучасні санітарно-гігієнічні вимоги до конструкції обладнання, а також вимоги з охорони праці. Подані положення доповнені детальними прикладами, так само як і відомості із забезпечення сучасного дизайну ма-

шин і апаратів. Подібним чином розглянуто питання побудови та компонування надійних конструкцій вузлів, проведення розмірного аналізу та призначення посадок у з'єднаннях.

Проектування деталей має свої характерні особливості, які деталізовано у пропонованому підручнику: порядок та правильність визначення і нанесення розмірів деталі, їх граничних відхилень, визначення шорсткості та допусків форми і розташування поверхонь, вибір матеріалу деталі та виду її термічної обробки.

Сьомий розділ автори присвятили способам забезпечення високої надійності та довговічності машин і апаратів харчових виробництв у контексті прийняття конструкторських рішень при їх проектуванні. Адже саме цей вид техніки, обладнання саме цієї галузі промисловості відрізняється розмаїтістю технологічних середовищ, із якими контактують елементи конструкції, а також різними режимами й умовами роботи деталей і вузлів та специфічними вимогами щодо терміну зберігання сировини.

Високі корозійні та специфічні хіміко-механічні властивості харчової сировини сприяють інтенсифікації процесів корозії та зношування деталей обладнання, суттєво зменшують їх втомну міцність. Зазначене обмежує тривалість життєвого циклу обладнання, підвищує ймовірність аварійних руйнувань, зменшує продуктивність технологічних ліній та спричиняє псування харчової сировини під час нерегламентованих пауз у роботі обладнання. Успішність усунення зазначених проблем залежить від науково обґрунтованого вибору видів матеріалів елементів конструкції, способів їх зміцнення, умов змащення обладнання та від його конструктивного виконання.

У сьомому розділі наведено відповідні докладні відомості, які містять і авторський доробок із означеної проблематики.

Для наочнішого подання теоретичного матеріалу та задля детального вивчення будови харчового обладнання у додатках наведено приклади оформлення креслень деяких видів машин, які в різний час випускалися вітчизняними підприємствами. Також подаються довідникові дані із застосування основних видів конструкційних матеріалів у галузі.

Загалом, при написанні цього підручника автори ставили собі за мету дати практичний інструментарій у руки майбутньому інженеру-машинобудівнику, конструктору обладнання харчових виробництв.

Підручник може бути корисний студентам, які навчаються за спеціальностями «Галузеве машинобудування», «Харчові технології та інженерія», а також інженерним працівникам машинобудівних і харчових підприємств.

Автори висловлюють подяку О. В. Літовченко, В. В. Чередніченку (ТОВ «Техпродсервіс»), В. Б. Поліщуку (ВАТ «Черкасиелеватормаш»), О. А. Козію (ПП «Алнат»), М. Г. Кулінічу (ВАТ «Полтавамаш»), П. В. Іванову («Черкаська продовольча компанія») за сприяння у наданні прикладів конструкторської документації для підручника та сподіваються, що ця книга стане у нагоді широкому професійному колу читачів.

1 СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ КОНСТРУКТОРА

1.1 Роль конструктора у створенні нової техніки

Створення і використання нової техніки було і залишається актуальним завданням розвитку економіки будь-якої держави. Впровадження нової техніки на підприємствах значно впливає на виробництво: 70% завдань що до підвищення продуктивності праці і 50% завдань щодо зниження собівартості продукції досягаються за рахунок впровадження нової техніки.

У країнах з розвинутою економікою безперервно зростає кількість проєктувальників і конструкторів, роль яких у розвитку сучасної техніки дійсно велика. Кожна нова розробка вимагає все нових, більш ефективних технічних рішень. І для того, щоб вирішувати завдання по впровадженню нової техніки, конструктор повинен володіти не лише численними знаннями, а й певними професійними якостями, оскільки професія інженера-конструктора є найвищою кваліфікацією творця нової техніки [101].

Слово «конструктор» виникло в латинській мові. Конструювати [*construere*] – означає створювати конструкцію механізмів, машин, споруд з виконанням їхніх проєктів та розрахунків. Конструктор – це особа, яка займається створенням конструкцій різних пристроїв або їх окремих частин. Він – фахівець, який знає не тільки порядок, способи і методи цього створення, а й способи, і методи виготовлення складових частин пристрою і матеріалу, з якого вони виготовляються. Для конструктора є зрозумілим як принцип взаємодії побудованих частин, так і надійність виробу та багато інших його характеристик.

Професія конструктора виникла в ХІХ ст. як результат поділу праці, що був підготовлений інтенсивним розвитком техніки і виробництва в ХVІІІ ст. Робота конструктора набула цілеспрямованості, що заснована на дослідженні принципів побудови машин і використанні креслень.

Початковий період розвитку техніки характеризується тим, що в створенні машин брала участь переважно одна людина – обдарований майстер-виробник. Він єдиний знав, чого хоче домогтися, але часто не знав, яким чином досягне наміченого. Конструювання виробу здійснювалося в процесі його виготовлення, уточнювалась кінематична схема, форма і розміри деталей тощо. Конструктивні ідеї ґрунтувалися на інтуїції і були професійною таємницею фахівця. Ці ідеї він намагався широко не поширювати, хоча розповсюджувати їх у той час було вкрай важко: креслень, які є «мовою техніки», не було; вся інформація передавалася усно, що за недосконалої термінології зробити було не так просто.

Створення нової техніки в цей період здійснювалося за схемою «ідея–модель». Модель була «матеріалізованим кресленням» конструкції і використовувалася для виготовлення нових машин, якщо конструкція була вдалою. Часто модель мала дуже мало схожості з початковим задумом, а кожна нова машина відрізнялася від попередньої. Вона, по суті, була унікальною конструкцією, та не мала взаємозамінних деталей і вузлів. Постійні удосконалення та модернізація виробів вносили суттєві відмінності в їх конструкції.

Розвиток технічної культури виробництва та зростання потреби у новій техніці змушували виробників нових машин узагальнити накопичений досвід. З'явилися ескізи із зазначенням розмірів деталей і характеру спряжень. А потім поступово між ідеєю і моделлю встало креслення. Креслення відображає всю інформацію про виготовлення виробу, включаючи розміри, обмеження і технічні вимоги. На сучасному етапі технічного прогресу виготовлення нової техніки здійснюється за схемою «ідея–креслення–модель». Повна взаємозамінність деталей і вузлів, спеціалізація і розподіл праці забезпечують якісне виконання даної схеми.

Позитивна роль креслення полягає не тільки в тому, що воно є носієм інформації, а й у тому, що воно дозволяє повніше опрацювати варіанти нової конструкції. виправлення невдалого технічного рішення в діючій моделі, яка виконана за схемою «ідея–модель», було пов'язано з великими матеріальними затратами і втратами часу. Зазвичай роботу доводилося починати заново. Розробка ж конструкції за допомогою креслень дозволяє абстрагуватися від будь-яких сторонніх впливів у процесі виконання завдання, проводити подумки експерименти з варіантами, які з'явилися. Відібрані варіанти, оформлені спочатку у вигляді ескізів і схем, опрацьовуються (аналізуються) розробником, обговорюються в колективі, узгоджуються з замовниками та зацікавленими службами. Таким чином, виявляється оптимальний варіант, який задовольняє всі вимоги виробників і споживачів. І лише потім детально розробляються робочі креслення, в яких конструкція доводиться до досконалості.

У нових розробках широко застосовуються наукові досягнення, що сприяють росту технічного рівня розроблюваних виробів. Це зростання не могло не відбитися на самому процесі проектування і конструювання. Довгий час технічне оснащення і методика проектування і конструювання істотно не змінювалися. Механізація процесу розробки почалася із використанням обчислювальної техніки при виконанні складних розрахунків. В подальшому щаблем удосконалення процесу розробки стало застосування автоматизованого проектування (САПР).

Скорочення тривалості періоду ефективної дії нової техніки висуває певні вимоги до самого процесу розробки. Для того, щоб нова техніка дала максимально корисний ефект, термін розробки повинен скорочуватися. Конструкторська робота інтенсифікується, і це вимагає від розробників більшої віддачі. Сам процес розробки має здійснюватись за принципами наукової організації праці.

Технічний рівень виготовленого виробу залежить, врешті, від технічного рівня підприємства, на якому він виготовляється. Показником технічного рівня підприємства слугує науково-технічний і виробничий потенціал, який визначає стан і можливості виробництва. У свою чергу, науково-технічний і виробничий потенціал підприємства визначається наступними показниками:

- технічним озброєнням;
- матеріально-технічною забезпеченістю;
- науково-інформаційною забезпеченістю, яка визначає кількість наявних інформаційних матеріалів, патентів, наукових розробок тощо;
- загальною кількістю і значимістю розробок;
- забезпеченістю кадрами вищої кваліфікації;
- ступенем використання результатів наукових досліджень у виробництві;
- рівнем організації виробництва і надійністю роботи системи управління;
- технічним рівнем виготовлених виробів тощо.

Створення дійсно ефективних конструкцій стає під силу тим конструкторам, які постійно підвищують рівень своїх знань і вдосконалюють свою роботу. Розуміння необхідності отримання нових технічних знань, вміння орієнтуватися в потоці спеціальної літератури, знання світового рівня розвитку техніки за своєю спеціальністю дозволяють конструктору придбати великий досвід. Успіх у цій справі багато в чому залежить від працездатності і старанності конструктора, від його вміння організувати і спланувати свою працю. Великі знання, які безперервно поповнюються в процесі трудової діяльності, і навички, засновані на особистих здібностях і любові до своєї професії, дозволяють стати фахівцю ерудованим інженером і здібним конструктором.

Той, хто обирає професію конструктора, повинен чітко уявляти її особливості, характер праці, вимоги, що пред'являються до цієї професії, розуміти специфіку праці на обраному шляху. Він повинен знати, що праця конструктора буде потребувати в майбутньому напруженості всіх духовних сил, вміння терпляче и вдумливо працювати, вміння виконання як чистової, так и чорнової роботи і, коли потрібно, вміння виконати її з найбільшою відповідальністю за своє творіння.

Праця конструктора багатогранна. Йому доводиться займатись пошуком нових рішень та компоновань, експериментувати й досліджувати, займатися контролем вже розроблених креслень і розробкою нових, деталюванням, коригуванням креслень і доведенням створюваного виробу, узгодженням завдання і проектів із замовником і так далі. Конструювання – це безперервний творчий процес, що використовує аналіз і синтез. Будь-який виріб, до того як з'явиться таким, яким ми його бачимо, має бути спочатку створеним на папері, в кресленнях. Якісні характеристики виробу багато в чому залежать від здібностей конструкторів.

Проектування є найбільш відповідальним етапом в створенні виробу, оскільки на цьому етапі визначаються його конструктивні форми, технічна характеристика, технічний рівень і експлуатаційні якості, перевіряється здійсненність самої ідеї виробу.

Проектуючи, конструктор зобов'язаний перевіряти ідеї з минулими і існуючими розробками. Ідеї і розробки мають бути при цьому реальними, життєвими, не відірваними від дійсності. Конструктор при роботі над кресленнями виробу використовує весь свій досвід, знання, інтуїцію, уяву, патен-

ти і інші матеріали, з тим щоб створюваний за його проектом виріб був продуктивнішим, зручнішим, надійнішим, дешевшим та щоб перевершував усе раніше створене. Конструктору стає необхідним виховувати в собі критичне відношення до кожного елемента конструкції, вміння мислити схемами, глибоко і вдумливо вивчати накопичений і інформаційний матеріал.

Ефективність роботи конструктора при створенні виробу багато в чому залежить від наявності у нього відчуття міри, реальності і відповідальності, тобто дисципліни мислення і поведінки, відчуття перспективи і доцільності. Конструктору мають бути властиві гнучкість і глибина мислення, необхідно щоб він у всьому проявляв наукову сумлінність, відчував відповідальність за розроблену конструкцію, міг самостійно ухвалювати рішення, правильно висловлювати свої думки на кресленні і грамотно їх відстоювати, ретельно аналізуючи заперечення опонентів. У коло діяльності конструктора входять також ергономіка, технічна естетика, системотехніка, методи дослідження операцій. Застосування сучасної обчислювальної техніки дозволяє йому грамотно вирішувати завдання оптимізації конструкції і одночасно залишає багато можливостей для роботи інтуїції і фантазії.

Конструктору доводиться завжди займатися пошуком оптимального рішення. Нерідко правильне рішення може бути ухвалене тільки після проведення техніко-економічних розрахунків або лабораторних випробувань, після опрацювання цілого ряду варіантів. Чим більший досвід конструктора, тим менше уявних варіантів потрібно створювати для знаходження кращого, тим рідше потрібно усувати недоробки, брак.

Інтуїтивне рішення (метод спроб і помилок) має бути замінене аналітичним, заснованим на розрахунках оптимального варіанту, на критичному порівнянні створюваного варіанту з уявним прогнозованим. Випробування – це найпростіший шлях перевірки ідеї, але це і найдорожчий шлях, оскільки вимагає виготовлення випробовуваного пристрою, спеціальної апаратури тощо. Помилки, допущені конструктором при проектуванні, зазвичай виявляються пізно – при виготовленні, складанні або налагоджуванні виробу. Турбота про запобігання помилок, про раннє виявлення браку – це також одне з серйозних завдань, які стоять перед конструктором.

Робота конструктора має контролюватись, при цьому критичні зауваження контролера не підривають авторитету конструктора, а дозволяють йому оцінити розробку як би збоку і допомагають поліпшити проект. Так, не можна вважати за хорошу конструкцію машини, робота на якій може бути безпечною тільки при дотриманні складних правил і інструкцій. Формально не можна притягнути конструктора до відповідальності, якщо при обслуговуванні машини робітник відчуває себе ніяково і робота супроводжується підвищеною втомлюваністю. Проте моральна відповідальність примушує конструктора шукати рішення, що не мають цих недоліків, і в думках ставити себе на місце монтажника, налагоджувальника, експлуатаційника. В сучасних же умовах такі недоліки техніки, цілком ймовірно, можуть суттєво знизити попит на неї у потенційних замовників.

Працюючи над проектами, конструктор набуває наступних *якостей*:

- просторова уява – здатність в думках представити виріб, конструктивну форму будь-яких деталей, їх відносне розташування і взаємний зв'язок, можливі переміщення, діючі сили, деформації, картину обслуговування виробу;
- уміння комбінувати – швидко створювати уявні образи просторового розташування механізмів і зв'язків між ними, зіставляти різні варіанти і вибирати кращі;
- систематичність в роботі – дотримання певної послідовності при виконанні однотипних робіт, в систематизації своїх знань, досвіду; ця обставина позитивно позначається на якості і продуктивності праці.

Зазвичай для самостійного проектування виробу навіть середньої складності для конструктора-початківця недостатньо знань, які отримані у вищому навчальному закладі. Робота молодого фахівця потребує повсякденної уваги і керівництва більш досвідченого конструктора. При цьому молодий фахівець не повинен соромитися питати порад у більш досвідченого колеги, і спроба замкнутися в собі не може принести йому нічого гарного. А у творчому пошуку йому необхідно уникати небезпеки захопитися, з одного боку, нестримною фантазією, з іншого – пошуком ідеального рішення.

Молодий фахівець, який вирішив стати конструктором, не може відразу самостійно створювати складні сучасні конструкції. Наполегливо працюючи над кресленнями, і в діючому виробництві, він повинен набиратися досвіду, підвищувати свої знання. Конструктор-початківець не повинен претендувати на роботи, які лежать за межами його знань та досвіду. Його метою на початку трудової діяльності має бути вміння працювати в колективі, прагнення бути незамінним в якійсь частині загальної праці. А набувши досвіду та завоювавши авторитет, він набуде можливості для творчого зростання.

У трудовій діяльності інженера-конструктора велику роль починають відігравати взаємини в колективі. Ці взаємини утворюють психологічний клімат виробництва, позитивно чи негативно впливають на творчий процес і його ефективність. Виробнича спеціалізація розробників, що виконують загальну роботу (працюють над однією темою або розробляють один виріб), слугують виникненню нових відносин між виконавцями, що врешті дозволяє підвищити ефективність роботи колективу.

Нижче наведено бачення [14] видатного конструктора артилерійського озброєння В. Г. Грабіна (розробника кращої у своєму класі першої гармати ЗИС-3, поставленої на конвеєрне виробництво, та інших артилерійських систем) щодо принципів роботи колективу.

«...Тут треба сказати про нашу конструкторську специфіку. Робота конструктора починається не з того моменту, коли він сідає за кульман, і не закінчується, коли він піднімається з місця. Конструктор працює – думає – і в КБ, і вдома, і під час вечірньої прогулянки, і слухаючи музику, – завжди і скрізь. Але для цього робота в КБ повинна бути правильно організована. Для ясності дозволю собі провести аналогію з оркестром.

Оркестр – це гармонійне поєднання музикантів-виконавців, очолюваних однією людиною, інструмент якого – диригентська паличка. Перш ніж виступати перед слухачами, оркестр повинен зігратися. Він вивчає, репетирує твір. Тут дуже наочна спеціалізація людей. На репетиціях, як і на концертах, оркестранти завжди розташовуються по заздалегідь відпрацьованій схемі. Кожен викладає на пропітр ноти. Помах диригентської палички – команда розпочати виконання. Диригент слідкує за всіма і за кожним виконавцем окремо. У разі чиєїсь помилки негайно зупиняє оркестр, після чого все починається спочатку. Таким чином, в методичній, кропіткій праці відпрацьовується майстерність кожного виконавця і всього колективу.

Щось схоже існує і в КБ, тільки конструктор не має готових «нот» на креслярській дошці, навпаки, він повинен створити їх сам, тобто розрахувати і зробити креслення, яке буде служити «нотами» для виробників.

Спеціалізація, притаманна оркестру, обов'язкова і в КБ: вона забезпечить грамотне і швидке вирішення всіх питань. Відмінність продукції артилерійського конструктора від продукції музиканта і в тому, що гармати дають свої «концерти» у найважчу для країни годину – на війні.

Отже, колектив КБ, як і оркестр, складається з людей вузьких спеціальностей; їх гармонійне поєднання має забезпечити високу якість виконання. Вузька спеціалізація має і негативні сторони, вона віддаляє конструктора від всього іншого, що не входить в коло його безпосередніх обов'язків, і це ускладнює підготовку керівного складу КБ. Кожен конструктор спеціалізується на створенні одного механізму або агрегату, деталі та вузли якого можуть бути виготовлені і зібрані абсолютно незалежно від виготовлення та складання інших, суміжних з ним деталей і агрегатів. Наприклад, ствол, затвор, приціл можуть бути виготовлені і випробувані незалежно один від одного, а потім з'єднані в одне ціле – гармату.

Таким чином, при вузькій спеціалізації конструктор може у відносно короткий термін придбати високу кваліфікацію в конструктивно-технологічному формуванні свого агрегату, до якого, як і до знаряддя в цілому, пред'являються три групи вимог: службово-експлуатаційні, економічні та естетичні. Лише при використанні в роботі над кожним агрегатом останніх досягнень науки і техніки можна забезпечити надійність, безвідмовність, простоту в обслуговуванні, високу ефективність, високу технологічність, дешевизну і красу гармати. Так, гармата повинна бути красивою – для артилериста це означає чимало.

Конструктор – працівник творчої праці, але КБ не може надовго відкладати вирішення проблем, що виникають в ході роботи, чекати, коли у конструктора з'явиться натхнення. І тому, як не дивно на перший погляд, дуже важливим фактором у роботі КБ є нормування праці співробітників. Звичайно, це нормування не може бути стереотипним, однаковим для всіх категорій працівників. Наприклад, деталювання і копіювання креслень – майже механічна робота, в той час як конструкторсько-дослідна діяльність вимагає польоту фантазії. Однак і в цьому випадку працю

потрібно унормувати і стимулювати інакше багато пов'язаного з обороноздатністю країни залежатиме від настрою конструктора, дослідника. Допустити це неможливо. Тому в практиці нашої роботи зниження конструктором ваги розроблюваної ним деталі й інше поліпшення її конструкції заохочувалося грошовою премією, розмір якої залежав від ступеня перевищення планового завдання.

Звичайно, люди і продуктивність їх роботи не можуть бути однаковими. Мистецтво керівника в тому, щоб вчасно вивчити, оцінити і спрямувати розвиток творчих здібностей кожного конструктора в бік найбільш виграшну як для КБ, так і для самої людини.

Наприклад, можна розвивати у молодого конструктора здатності до проектно-компонувальних опрацювань виробів в цілому. У цьому випадку від нього вимагається великий кругозір, розмах, широта поглядів, сміливість, здатність швидко вибрати найкраще рішення, не займаючись розробкою багатьох варіантів. Але, щоб людина могла успішно вести компоновку всього виробу, необхідно навчити його спочатку конструктивно-технологічному формуванню деталей, вузлів, механізмів і агрегатів.

У деяких же немає необхідних даних для компоновки всієї гармати, зате у них яскраво проявляються інші схильності – до ретельно і глибокого пропрацювання конструктивно-технічного формування агрегату, механізму, вузлів і деталей. Дуже часто саме такі фахівці вносять суттєві зміни в попередній проект виробу.

Що потрібно для розвитку творчих здібностей у початківців конструкторів? Потрібно привчити людину мислити схемами деталі, вузла, механізму, агрегату, гармати. Мислити він повинен критично. Обов'язково критично. Для цього йому треба глибоко і в короткий термін вивчити існуючі зразки і відомі раніше схеми вузлів і деталей, агрегатів, механізмів і, нарешті, гармат в цілому. Все, що було і що є на озброєнні як у своїй країні, так і за кордоном.

Завдання це хоча і дуже важке, але вже не настільки, як може здатися спочатку. Треба вибрати якийсь один тип пристрою, найбільш простий в конструктивному відношенні, і ретельно вивчити його. Доскональне знання одного пристрою, його переваг і недоліків набагато полегшує освоєння інших, тому що у пристрою кожного типу є всі елементи, притаманні для найпростішого, і буде потрібно вивчати тільки те, чим він відрізняється від найпростішого. У підсумку молодий спеціаліст не взагалі, а критично освоїть багато конструктивних схем пристроїв та їх елементів. Без цього він творити не зможе. І це відноситься не тільки до артилерійських, але і до всіх конструкторів, які працюють в галузі машинобудування».

Цікавою є думка видатного авіаконструктора О. К. Антонова про найбільш небезпечну помилку в організації роботи молодого фахівця [17].

«Найчастіша помилка – це бездумне ліплення за трафаретом, коли конструктор не аналізує технічних умов, глибоко не задумується над своєю роботою. Йому доручили зробити який-небудь вузол, він і зробить це

так, як робив це сам вчора, як його сусід робив позавчора, вже за готовими шаблонами. Конструктор повинен виробляти звичку до абстрагування необхідного від усього випадкового, наносного, що не є важливим для розв'язуваної задачі. Досягти цього можна і потрібно. Така самодисципліна і не дається відразу, вона виховується поступово, завдяки силі волі і зосередженості. В результаті аналізу та обмірковування технічних умов правильне рішення приходить, як неминучий висновок, часто навіть однозначний».

«Треба додуматись до усього!» – ось гасло Антонова. І саме такі підходи сприяли створенню легендарних літаків АН-2, АН-22 «Антей», АН-124 «Руслан», АН-225 «Мрія» та інших.

А ось такий лозунг був в роботі конструктора танків А. А. Морозова: «Перемагає той, хто має сміливість наступати!». А також – «Ми, конструктори, повинні працювати над тим, чого ще не було! А з «розумним виглядом» сумніватися в усьому новому і незрозумілому – не для нас!» [27].

А. А. Морозов працював у Харківському конструкторському бюро машинобудування, і за його участі та під його керівництвом були створені такі танки, як Т-34, Т-44, Т-54, Т-64, проект безбашеного танку із винесеним озброєнням Т-74. Всі розроблені моделі танків відрізнялись значно вищою ефективністю ніж попередні вітчизняні моделі та танки інших країн. І при цьому вони були прості у виготовленні та зручні в експлуатації і ремонті. Особливо слід виділити танк Т-64, в конструкції якого поєднано дуже велику кількість технічних новинок та нетрадиційних рішень: вперше в світі застосовані композитна броня та автомат заряджання гармати, зменшений до трьох чоловік екіпаж, можливість стріляти керованими ракетами крізь ствол гармати, потужна та дуже компактна силова установка, точний приціл та автоматичний пристрій налагодження параметрів стрільби, керована зсередини зенітна установка, легка ходова частина, яка забезпечувала дуже високу прохідність по бездоріжжю тощо. Все це дозволило зробити новий танк більш захищеним, швидкохідним і краще озброєним, ніж попередні танки, і при цьому він був навіть легший за них!

Такого результату можна досягти лише скрупульозно опрацьовуючи кожний вузол і навіть кожну деталь, не залишаючи на ній зайвих поверхонь та конструктивних елементів. При цьому подібні конструктивні зміни повинні бути системно узгоджені із загальним задумом, мов би утворювати з ним єдиний «ансамбль».

Означений стиль роботи складний, але він дозволяє врешті отримувати такі конструкції танків, які є не лише кращими за своїми бойовими властивостями, а й ще є найдешевшими у виготовленні та найпростішими в експлуатації. Ось що значить конструювати осмислено, не дозволяючи собі нехтувати «дрібницями» чи «малозначущими» параметрами.

Колеги А. А. Морозова згадують, що працювати під керівництвом такого головного конструктора було і цікаво і в той же час – достатньо складно та незвично. Він говорив так: «Найнадійніша деталь – це та, якої в конструкції немає! Ні – це багатодільно. Не піде. Спростити!». Після

першої спроби спрощення конструкції А. А. Морозов казав: «Ну, це краще – більш-менш. Але це не те. Прибрати тут ось це, ось це. Давайте». Після ж чергової спроби спрощення від нього чули: «Ну, щось вимальовується. Але хіба так можна? Ні, давайте ще!» І ось так дуже ретельно вимагав всемірного спрощення конструкції та вдумливого конструювання. Так само він вчив працювати і своїх заступників.

Один із них наводить у своїх спогадах такий приклад. Був випадок, коли військові «спалили» амортизатори на випробуваннях. Через це з усього міністерства зібрали колектив з двох десятків кращих фахівців, які приїхали допомагати робити новий амортизатор. А Морозов під час їх роботи сидить на робочому місці і лише іноді зайде, запитає: «Ну як?». Означені фахівці ж запропонували багато надто складних конструкторських рішень, які, однак, ні в якому разі не могли бути застосовані в тих умовах, що диктувались загальною концепцією танка. А. А. Морозов потім розповідав: «Мені прийшла думка висунути таку умову для колективу фахівців – для вирішення задачі потрібно додати у вузол не більше двох деталей!». Однак колектив дуже зневірливо віднісся до такої умови, тим більше, що А. А. Морозову на той час було 72 роки. Висунута умова звучала надто незвично.

Після цього вдома Морозов і сам був засудив себе за таку жорстку вимогу, висунуту згарячу. Але під ранок він знайшов вірне рішення технічної проблеми – в згаданому амортизаторі отвір, куди пробігає рідина, він закритий біметалевою пластинкою: коли рідина нагрівається, отвір відкривається, при охолодженні рідини – закривається. Наступного дня А. А. Морозов прийшов до колективу фахівців і сказав: «Так, я вам обіцяв дві деталі – я добавив одну!». Але до його слів віднеслись вже дуже зневірливо. Однак, після того як Морозов намалював на дошці конструкцію, настало мовчання. «Ви б бачили, як вони прощалися зі мною!» – згадував А. А. Морозов. Такий амортизатор багато років потім використовувався в конструкції танку (тут біметалева пластинка виконувала функції одразу кількох не те що деталей, а вузлів: пристрою для вимірювання температури рідини, суто клапана, приводу клапана, системи керування приводом).

Описаний приклад дає можливість уявити культуру конструювання, культуру мислення в конструкторському колективі під керівництвом Морозова. Саме такий підхід і дозволяв розроблювати передові за своїми технічними характеристиками танки.

А. А. Морозов – один з небагатьох головних конструкторів систем озброєння усвідомив згубність тривалої модернізації. Вона збивала темп розвитку техніки, дозволяла конкурентам створити близькі по тактико-технічним характеристикам аналоги і затягувала як болото, вибратись з якого з часом ставало неможливим. Випереджаючи своїх противників на два, три кроки, ціною надвеликих зусиль робився різкий ривок вперед, на якісно новий рівень, зберігаючи своє лідерство і задаючи нові еталони світового танкобудування.

Однак при проектуванні нової техніки ефективним може бути й інший підхід, який полягає у поступовій модернізації базової моделі (якщо

мова не йде про гостру конкурентну боротьбу в певній галузі промисловості, оборонній чи ін.).

Принципу постійного збагачення раніше створеної моделі завжди слідував О. К. Антонов у своїй роботі. Він стверджував, що процеси вдосконалення, модернізації часто бувають більш важливі і результативні, ніж створення нового літака зі ще не з'ясованими можливостями. У створенні літака АН-14 «Бджілка», мабуть, найбільшою мірою проявився принцип, проголошений конструкторським бюро О. К. Антонова, – принцип модифікації в техніці. Він говорив: «Іноді порівняно нескладна і недорога зміна верстата, автомобіля, літака можуть збільшити продуктивність і точність роботи, а іноді і надати поліпшеним машинам нові властивості, вирішувати нові завдання. Модифікацію можна зробити набагато швидше, ніж новий літак або тепловоз, і коштує вона дешевше». Після створення нової моделі з'являвся новий напрям, який далі знову починав поступово вдосконалюватись, даючи кожній модифікації своє право на життя.

Однак, орієнтуючи колектив КБ на рішення нових завдань, у своїх останніх виступах О. К. Антонов зазначав: «Далі йти можна тільки революційним шляхом, освоюючи нові ідеї. А границь нової техніки, як відомо, не існує». При цьому новаторський або революційний шлях розвитку техніки не слід розуміти, як керівництво до прийняття нехай і оригінальних, але в цілому не продуманих і вкрай ризикованих технічних рішень, що не несуть при цьому абсолютно певної технічної вигоди в найбільш важливих питаннях.

Всю свою трудову діяльність О. К. Антонов слідував принципу: «Потрібно робити тільки те, що потрібно». Це означає, що конструктор не повинен захоплюватися своїми приватними, як йому здається важливими і технічно красивими ідеями, які, однак, не дають тієї користі, яка необхідна кінцевому споживачеві проектованого виробу. Саме при дотриманні зазначеного принципу з'явилися всі літаки КБ Антонова, які здобули заслужену славу у народному господарстві, як вантажопідйомні, надійні, невибагливі до аеродромів і прості в управлінні.

Слід зазначити, що якраз при дотриманні зазначеного принципу конструктор неминуче зіткнеться з найнесподіванішими технічними протиріччями і проблемами, вирішуючи які він зможе показати всю свою ерудицію і творчий підхід. Цей принцип навіть додатково посилює вимоги до якості роботи конструктора. В той час як при слідуванні своїм, не завжди обґрунтованим, ідеям конструктор завжди може відмовитися від завдання, оскільки воно було поставлене ним самим, не враховуючи правильним чином вимоги кінцевого споживача, замовника продукції.

Як ми бачимо, правильна постановка цілей, методики та базових принципів роботи конструктора дозволяє забезпечити найвищу ефективність і якість проектованих виробів та найбільшу користь для споживача від їх використання.

Залишається додати, що інженер зобов'язаний володіти наступними знаннями: володіти глибокими фаховими знаннями, знати економіку своєї галузі промисловості; володіти основами техніко-економічного аналізу; уміти ефективно користуватися сучасними САПР; знати адміністративне і трудове право; уміти керувати нарадою; знати основи діловодства і уміти вести ділове листування; уміти складати технічну документацію (звіти, пояснювальні записки тощо); уміти поводитися з людьми. Конструктор зобов'язаний значну частку часу витратити на поповнення знань.

1.2 Компетенції і професійні якості, якими має володіти конструктор

Конструктор повинен мати певні знання, навички та вміння, які спрямовані на створення заданої конструкції. В кінцевому підсумку створена конструкція повинна відповідати всім вимогам, які пред'являлися до неї на початку проектування. Конструктор також повинен володіти якостями, які сприяють творчому процесу. Обсяг і якість знань, необхідних конструктору, визначаються його кваліфікаційними характеристиками і діляться на дві групи [101].

До першої групи належать загальні знання, які необхідні для проектування будь-яких машин. Сюди входить весь комплекс політехнічних знань, що лежать в основі кваліфікації інженера: наприклад, опір матеріалів, теоретична механіка, деталі машин, металознавство тощо.

До другої групи належать спеціальні знання, пов'язані зі специфічними умовами роботи машини, що проектується. Сюди входять знання технологічних, конструкторських та експлуатаційних особливостей тієї галузі, до якої належить новий виріб.

При проектуванні машин і обладнання харчової промисловості потрібно знати, наприклад, технічні прийоми і пристрої забезпечення гігієнічних вимог до виготовленої продукції; при проектуванні літальних апаратів – прийоми забезпечення мінімальної маси і максимальної надійності і т. д. Крім того, потрібно знати основні типові конструкції галузі, які характеризують існуючий рівень техніки і напрямки перспективного розвитку.

До цієї групи знань відносяться також знання конкретних можливостей виробництва, яке виготовляє новий виріб.

Якщо загальні знання інженера-конструктора є універсальними і можуть знаходити застосування в будь-якій галузі виробництва, то спеціальні знання втрачаються при переході на роботу в іншу галузь та інші проектні організації. У цьому випадку потрібна перекваліфікація конструктора відповідно до нових умов роботи.

Навички та вміння конструювання ґрунтуються на знаннях і формуються в процесі практичної діяльності. Знання і розуміння своєї справи, правильна методика його виконання дозволяють конструктору придбати ті якості особистості, які ведуть до майстерності і творчого успіху. Навички – це здатність у процесі цілеспрямованої діяльності виконувати часткові дії

автоматично, без спеціально спрямованої на них уваги. Уміння – це здатність людини продуктивно, з належною якістю і у відповідний час виконувати свою роботу.

Після проектування певних деталей машин, механізмів і виробів при повторному їх виконанні конструктор зазвичай справляється зі своїми завданнями значно швидше і з меншим розумовим напруженням. Таким чином, знання, навички та вміння сприяють процесу проектування. Однак крім зазначених якостей конструктор повинен володіти певними професійними здібностями, які виявляються в процесі конструювання і сприяють успішному створенню нових машин. Професійні здібності – це сукупність досить стійких, індивідуально-психологічних якостей особистості людини, які, щоправда, змінюються під впливом виховання. Для конструктора найбільш важливі наступні професійні здібності.

Технічне мислення – це здатність використовувати весь комплекс політехнічних знань для усвідомлення сутності технічних систем і швидкої орієнтації в усіх технічних питаннях. Розвинуте технічне мислення дозволяє швидко зрозуміти принцип роботи невідомих раніше машин і окремих їх вузлів і механізмів, орієнтуватися в загальній схемі і у взаємодії частин конструкції. Технічне мислення дозволяє сприйняти будь-яку машину як синтез функціональних вузлів, визначати її призначення і знаходити причини неполадок в її роботі.

Просторова уява має вирішальне значення в роботі конструктора. Здатність до просторової уяви дозволяє складати і читати креслення. Найпростіший випадок застосування просторової уяви – це складання ортогональних проєкцій реального просторового виробу. Подібну задачу конструктор вирішує при складанні креслень деталей діючих машин для проведення ремонтних робіт і відновлення зношених і поламаних деталей. У процесі проектування нових виробів конструктор виготовляє креслення деталей і вузлів, які реально не існують, але які уявляються ним. Уявлення складної машини, механізмів та вузлів, які розташовані в просторі, вимагає постійного тренування і деякого досвіду. Конструктор повинен уявити собі координати розташування цих механізмів і вузлів та їх кінематичні і конструкторські зв'язки. На практиці нерідко допускаються помилки в конструкції машини, пов'язані з відсутністю простору для крайніх положень механізмів або відсутністю можливості складання деталей і механізмів всередині тісних корпусів. Ці помилки викликані недостатньою просторовою уявою.

Просторова уява необхідна для читання креслень, коли з плоских проєкцій потрібно уявити просторове тіло з усіма особливостями його устрою та форми. Як і будь-яка здібність, просторова уява може бути покращена людиною за допомогою практичних занять. Це досягається розв'язком задач нарисної геометрії і вивченням креслень різних конструкцій. Як показує практика, не всі люди можуть розвинути просторову уяву до необхідної міри, тому перевірка на просторову уяву є лімітуючою перевіркою при визначенні професійної придатності конструкторів.

Творчі здібності дозволяють конструктору створювати нові, оригінальні машини. Вирішуючи поставлене завдання, конструктор може йти двома шляхами – використати відомі типові рішення, загальноприйняті схеми або вирішити завдання творчо, прагнути всі елементи конструкції виконати по-новому, своєрідно. Ці напрямки і визначають працю конструктора, з одного боку – як технічного працівника, який виконує заздалегідь розроблені технічні схеми, а з іншого – як творчого працівника, який створює нові конструкції на винахідницькому рівні.

Переважання творчих здібностей у конструкторів нерідко викликано не тільки обсягом набутих знань і накопиченого досвіду, а й особливістю складу особистості. Такі працівники особливо цінні для розробки технічного завдання і в початкових стадіях проектування або у випадках, коли поставлене завдання вимагає новаторського, нетипового розв'язку. Однак творчі особистості найменше рахуються з реальними умовами та обмеженнями. Цінуючи теоретичні та естетичні аспекти, вони не завжди зважають на економічні і соціальні. Вони з підйомом працюють на етапі створення принципів конструкції, у вирішенні корінних питань розробки. Коли ж ці питання в основному вирішені, у них різко зменшується інтерес до них. Якщо конструкторам з яскравою творчою спрямованістю особистості доводиться вирішувати питання конструкторської праці, що носять рутинний характер, то ці питання виконуються недбало, халатно. В результаті конструкція може вийти неякісною, неприцездатною, незважаючи на її оригінальність і прогресивність задуму.

Відсутність яскравих творчих здібностей зовсім не означає, що конструктор не може займатися розробкою виробів. При знанні типових конструктивних елементів машин, стандартів і методів конструювання він може розробити нову техніку середньої складності і працювати під керуванням більш здібного фахівця. Основний обсяг роботи конструктора ніяк не можна назвати творчим. Розробка робочої документації – це праця кропітка, в якій найбільше цінуються конструктори-виконавці.

Крім розглянутих вище здібностей, які дозволяють оцінити ділові якості і творчий потенціал конструктора, є ряд характеристик творчої особистості, що впливають на кількісні та якісні показники виконуваної роботи.

Винахідливість – один з видів творчих здібностей, це вміння створювати нові, корисні в кожному конкретному випадку технічні рішення. Винахідливості сприяє почуття нового, спрямована праця на принципово нове рішення проблеми. Винахідливість особливо високоєфективна в поєднанні з творчою активністю працівника. Винахідливість – це готовність сприйняти нове, незвичайне, вміння аналізувати, відбирати і використовувати в розробках нове, не боятися відмовлятися від старих, звичних та усталених технічних рішень.

Сміливість думки дає можливість при вирішенні задачі застосовувати самі незвичайні і на перший погляд неймовірні способи і засоби. Це відкриває шлях для знаходження високоєфективних засобів не тільки при

вирішенні наукових проблем, але і при створенні конструктивних рішень. Перед застосуванням новаторських технічних рішень розробника необхідно провести їх аналіз та експериментальну перевірку. Якщо має місце передбачуваний винахід, необхідно провести його опрацювання та оформити заявку. У той же час застосування в розробках неперевірених і сумнівних технічних рішень, що мають певний ступінь ризику, не допускається. При цьому на творчу активність і сміливість думки конструктора шкідливо діє формальна і часом необґрунтована критика з боку керівників розробника.

Швидкість розумового процесу забезпечує продуктивність розумової діяльності.

Гнучкість мислення характеризує продуктивне переключення розумового процесу на інші проблеми і при цьому не завдає шкоди раніше вирішуваним питанням.

Уміння спрямовувати увагу на вирішення головних проблем. Увага – напрямок психічної діяльності в певному напрямку, пов'язаний з виконуваною роботою. Чим більший інтерес проявляється до виконуваної роботи, тим менше потрібно зусиль для концентрації уваги на ній.

Здатність спостерігати – здатність звертати увагу на те, що пов'язане з досягненням поставленої мети. Виявлення головного, істотного в об'єкті досліджень, оцінка його корисності дає можливість виробити технічні рішення на їх основі і використати ці спостереження в нових розробках.

Розвинена професійна пам'ять, більша її ємність, дозволяє швидше вирішувати конструкторські завдання. В економному використанні пам'яті важливе значення має організація процесу запам'ятовування. Для розвантаження пам'яті доцільно використовувати картотеки зацікавлених рішень, робити записи даних, нариси компоновок, конструктивних рішень, схем.

Уміння проводити інженерний аналіз означає уміння поелементно розчленовувати конструкцію на окремі деталі, деталь – на окремі поверхні, процес – на окремі операції і рухи для їх детального вивчення. Інженерний аналіз дозволяє оцінити варіанти і порівняти їх.

Зрілість суджень – здатність логічно мислити, приймати раціональні рішення. Зрілість суджень характеризується умінням бачити перспективу і правильно використовувати отримані дані.

Вміння приймати рішення – вміння використовувати результати інженерного аналізу і вибирати конструкцію з оптимальними показниками.

Наявність власної точки зору – вироблення звички у всіх питаннях, з якими доводиться стикатися, створювати свій власний варіант або свою оцінку питання, навіть тоді, коли ситуація цього не вимагає. Вироблена точка зору повинна ґрунтуватись на об'єктивних даних.

Здатність висловлювати свої думки правильно і ясно як в письмовій, так і в усній формі. Це пов'язано зі здатністю до логічних узагальнень, з умінням робити необхідні замітки і брати участь в обговореннях, а також звітувати за результатами своєї роботи.

Ініціативність конструктора говорить про вміння змушувати себе працювати і відмовлятися від легких шляхів у вирішенні питань, якщо це спричинить погіршення якості. Про ініціативність говорить той факт, що з метою створення більш якісної конструкції виробу конструктор вирішує питання, не передбачені технічним завданням.

Готовність до напруженої роботи говорить про здібності конструктора віддавати всього себе вирішенню певного питання. Готовність до праці переростає в схильність до праці, до захопленості. Ця готовність сприяє вирішенню всіх питань до кінця.

Широкий кругозір конструктора означає, що він має принципові знання не тільки за своєю спеціалізацією, а й за багатьма, пов'язаними з цією спеціалізацією питаннями. Як правило, широке коло інтересів забезпечує широкий кругозір.

Дисциплінованість характеризує точність керівних розпоряджень виконуваних конструктором, його старанність і працьовитість.

Критеріями визначення творчого внеску конструкторів в розробках слугують наступні ознаки (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Ознаки, що визначають творчий внесок конструктора

Ознака	Характеристика	Значимість ознаки, %
<i>Ділові якості</i>		
Професійна компетентність	Рівень знань. Отримання загальної і спеціальної освіти. Відповідність освіти профілю виконуваної роботи. Широта кругозору і загальна ерудиція. Досвід роботи з даної спеціальності. Здатність науково і творчо мислити і діяти. Здатність логічно і чітко викладати свої думки. Підвищення кваліфікації і знань.	33,2
Відповідальність за виконувану роботу	Працівник не уникає відповідальності, а намагається її підвищити. Відповідальність заснована на інтуїції реальної ситуації або технічному розрахунку.	24,8
Самостійність та ініціатива	Здатність до сприйняття та обробки різної інформації. Працівник самостійно приймає рішення по різних технічних питаннях, не потребує підтримки авторитетів. Рішення відразу приймаються оптимальними для даної ситуації.	13,5
Здатність вирішувати нові питання та використовувати нові методи в роботі	Працівник легко пізнає і освоює нові методи роботи, нові сфери інженерної діяльності. Працівник розумно вирішує питання застосування нових методів у своїй роботі. Здатність працювати нешаблонно, творчо. Уміння науково і творчо мислити і діяти. Участь у раціоналізаторській та винахідницькій роботі.	8,4
Працездатність	Здатність до зосередженої, продуктивної роботи на весь період діяльності. Психологічна врівноваженість. Посидючість.	8,4
Здатність організувати та спланувати свою працю	Внутрішня зібраність, вміння зосередити увагу на головному. Здатність раціонально організувати свої розробки. Знання стадій розробки. Здатність створити чіткий порядок в роботі.	6,6

Здібність підтримувати контакти з людьми	Психологічна сумісність працівника в колективі. Активність у спільній роботі, вміння колективно генерувати ідеї. Здатність підтримувати контакти з людьми (співробітниками). Особиста приємність у спілкуванні, доброзичливість, готовність допомогти товаришеві.	5,1
Результати праці		
Якість робіт, що виконуються	Високий технічний рівень конструкторських рішень, у розробці використані наукові досягнення. Високий ступінь стандартизації та уніфікації, розробки перспективні, економічно обґрунтовані. Розробка безпомилкова, акуратна. Розробки відповідають завданням та вимогам правил і стандартів.	39,1
Дотримання строку виконання завдання	Працівник виконує в призначений термін свої завдання і намагається їх виконувати достроково. Після виконання планових завдань працівник охоче бере додаткову роботу.	31,6
Кількість робіт, що виконано	Число виконаних планових і позапланових завдань. Творча активність працівника, його раціоналізаторська і винахідницька діяльність, досягнутий економічний ефект.	29,3
Складність виконуваних функцій		
Ступінь новизни і елемент творчості	Працівник всі завдання виконує творче. Робочий принцип розробок виконується своєрідно, на рівні винаходів. Розробки є узагальненням світового рівня, запозиченого з технічної інформації.	26,4
Ступінь відповідальності	Кількість (масовість) виготовлених виробів за розробленою документацією. Функціональна відповідальність розроблених виробів.	26,3
Ступінь складності конструкторських розробок	Ступінь складності конструкторської документації в залежності від складності виробу, що проектується. Повнота відпрацювання конструкторської документації. Кількість техніко-економічних розрахунків проекту.	24,7
Ступінь різноманіття робіт	Проектування виробів різної складності і спеціалізацій. Виконання різних етапів конструкторських розробок.	22,6

Якість виконуваної інженером-конструктором роботи залежить від особистих якостей і кваліфікації розробника. Багато в чому результат залежить від досвіду роботи, знань своєї спеціальності, освоєння специфіки конкретного виробництва. Освоєння виробництва пов'язане з розумінням його організаційних і технічних принципів. Багато в чому це залежить від стажу роботи конструктора і характеру його спілкування з виробництвом (здійснення авторського нагляду, участі у випробуваннях і при впровадженні нових виробів в експлуатацію та ін.).

Основну теоретичну базу для становлення спеціаліста дає вищий навчальний заклад. Завдання вищої школи залишається незмінним: максима-

льно пов'язати теоретичні предмети, що викладаються, з виробничою практикою. Однак вуз не може дати молодому інженеру всі практичні знання, необхідні йому в самих різних галузях виробництва і самих різних виробничих ситуаціях.

Тому молодий інженер, починаючи свою практичну діяльність, виявляється недостатньо підготовлений до конкретної роботи. Інженери, в тому числі інженери-конструктори, в перші три роки роботи проходять інтенсивну професійну адаптацію. У цей період вони освоюють практичну сторону виробництва, що відбувається в процесі виконання виробничих завдань, тому числі в процесі виконання своєї безпосередньої роботи. Як показує практика, найкращі результати дає організація особистої роботи конструктора з поглиблення його знань і підвищення його кваліфікаційного рівня.

Фахівці вважають, що диплом про закінчення навчального закладу – це тільки дозвіл на подальше поглиблення своїх знань. Роботу в цьому напрямку необхідно вести постійно і планомірно. Після потрапляння на роботу всі ділові та творчі якості конструктора безперервно удосконалюються і досягають вищого розвитку при досягненні 10-річного стажу роботи. Потім вони знижуються, зберігаючи стабільність в окремих компонентах: старанність, дотримання терміну виконання завдання та ін. Фахівці, оцінка виробничої діяльності яких постійно зростає, переходять, як правило, на керівні посади після досягнення десятирічного стажу. У фахівців, стаж яких на інженерній роботі становить 16–25 років і які продовжують працювати на посаді інженера, основні показники роботи трохи нижчі, ніж у інженерів з дев'ятирічним стажем.

У конструкторському підрозділі кожен конструктор займає своє місце, що відповідає його діловому і виробничому досвіду, теоретичним і практичним знанням. Штатний розклад конструкторського підрозділу визначає ієрархічну структуру фахівців залежно від їх кваліфікації, починаючи з посади техника-конструктора і закінчуючи інженером-конструктором. Одна з систем кваліфікації спеціалістів передбачає поділ конструкторів на основі присвоєної їм кваліфікаційної категорії, де інженер-конструктор I категорії є найкваліфікованішим фахівцем.

Відповідна кваліфікаційна категорія присвоюється конструктору на конкретному виробництві, де він працює. Вона багато в чому залежить від знання розробником конкретних умов виробництва, пов'язаних з галуззю машинобудування, об'єктів розробки, організаційно-технічним забезпеченням і т. д. При надходженні розробника на роботу на підприємства або в організації не знайомої для галузі, необхідний час для освоєння специфіки нової роботи. Тривалість адаптації залежить від складності та конструктивних особливостей розроблювальних виробів. На новому місці роботи конструктору заново присвоюється кваліфікаційна категорія, що відповідає умовам і вимогам нової роботи.

Головний конструктор керує роботою інженерів-конструкторів. У його поле діяльності входять такі посадові обов'язки.

Він керує створенням нових і модернізацією конструкцій виробів (комплексів, машин, апаратів, приладів, механізмів) діючого виробництва, забезпечуючи їм високий технічний рівень, відповідність сучасним досягненням науки і техніки, вимогам технічної естетики та найбільш економічної технології виробництва. Вживає заходів щодо прискорення освоєння у виробництві перспективних конструкторських розробок, новітніх матеріалів, широкому впровадженню науково-технічних досягнень. Організує розробку проектів нових дослідних і промислових установок, нестандартного устаткування і пристроїв у зв'язку з реконструкцією об'єктів, автоматизацією виробництва та механізацією трудомістких процесів. Проводить роботу з підвищення рівня стандартизації та уніфікації конструкцій виробів. Забезпечує відповідність нових і модернізованих конструкцій технічним завданням, стандартам, вимогам наукової організації праці, нормам техніки безпеки. Керує підготовкою техніко-економічних обґрунтувань ефективності нових конструкторських розробок, їх переваг порівняно з виготовленими раніше. Організовує розробку перспективних планів впровадження нової техніки, конструкторської підготовки виробництва дослідницьких і дослідно-конструкторських робіт, контролює їх виконання. Забезпечує впровадження систем автоматизованого проектування, своєчасне складання, погодження та затвердження креслень та іншої документації, що розробляється конструкторськими підрозділами. Разом із замовниками здійснює розробку технічних завдань на проектування, забезпечує захист в установленому порядку розроблених ескізних, технічних і робочих проектів, узгодження із замовниками, представляє проектні рішення на затвердження. Організовує зберігання і своєчасне забезпечення виробництва кресленнями та іншою конструкторською документацією.

Головний конструктор вживає заходи щодо скорочення термінів освоєння нової техніки, вартості та циклу конструкторської підготовки виробництва за рахунок впровадження прогресивних методів проектування, обчислювальної техніки, передових способів розробки конструкторської документації, широкого використання в проектах стандартизованих і уніфікованих деталей і складальних одиниць. Організує впровадження систем автоматизованого проектування. Здійснює керівництво дослідними та експериментальними роботами, що проводять в підрозділах дослідного виробництва. Організовує виготовлення дослідних зразків, їх експериментальну перевірку, відпрацювання настановних партій і випуск перших промислових серій, домагаючись постійного підвищення надійності виробів та рівня їх технологічності, зниження собівартості, трудомісткості і матеріаломісткості. Бере участь у монтажі, випробуваннях, налагодженні та пуску нових конструкцій виробів. Здійснює авторський нагляд за виготовленням виробів та їх експлуатацією. Представляє на затвердження зміни, що вносяться до документації по конструкторській підготовці виробництва. Приймає участь у роботі з атестації виробів за категоріями якості, розробленні пропозицій щодо реконструкції, технічного переозброєння, інтенси-

фікації виробництва, підвищенню його ефективності. Забезпечує конструкторську розробку прийнятих до впровадження раціоналізаторських пропозицій і винаходів. Розглядає і дає відгуки і висновки на найбільш складні винаходи та раціоналізаторські пропозиції, а також на проекти стандартів та іншу конструкторську документацію, що надходить на підприємства від сторонніх організацій. Керує працівниками відділу, направляє і координує діяльність підпорядкованих йому підрозділів, що здійснюють конструкторську підготовку виробництва.

Головний конструктор повинен знати: постанови, розпорядження, накази керівних органів та інші керівні методичні та нормативні матеріали з конструкторської підготовки виробництва; профіль, спеціалізацію та особливості структури підприємства; перспективи технічного розвитку галузі та підприємства; технологію виробництва продукції підприємства; системи і методи проектування; організацію конструкторської підготовки виробництва в галузі і на підприємстві; виробничі потужності, технічні характеристики, конструктивні особливості та режими роботи устаткування підприємства, правила його експлуатації; порядок і методи планування конструкторської підготовки виробництва; технічні вимоги, пропоновані до розроблюваних конструкцій, умови їх монтажу і здачі в експлуатацію; методи проведення технічних розрахунків; основи технічної естетики, художнього конструювання та ергономіки; стандарти, технічні умови та інші керівні матеріали з розроблення та оформлення конструкторської документації; основи стандартизації і патентознавства; системи автоматизованого проектування; засоби механізації обчислювальних робіт, копіювання і розмноження конструкторської документації; вимоги наукової організації праці до проектно-конструкторських розробок; досягнення науки і техніки в країні і за кордоном у відповідній галузі виробництва; передовий вітчизняний і зарубіжний досвід конструювання аналогічно продукції; основи економіки, організації виробництва, праці та управління; основи трудового законодавства; правила і норми охорони праці, техніки безпеки, виробничої санітарії та протипожежного захисту.

К в а л і ф і к а ц і й н і в и м о г и до головного конструктора: вища технічна освіта і стаж конструкторської роботи на інженерно-технічних і керівних посадах у відповідності до профілю підприємства галузі народного господарства не менше 5 років.

Інженер-конструктор має наступні посадові обов'язки.

Він розробляє ескізні, технічні і робочі проекти особливо складних, складних і середньої складності виробів, використовуючи засоби автоматизації проектування, забезпечує при цьому відповідність розроблюваних конструкцій технічним завданням, стандартам, нормам техніки безпеки, вимогам найбільш економічної технології виробництва, а також використання в них стандартизованих і уніфікованих деталей і складальних одиниць. Проводить патентні дослідження і визначає показники технічного рівня проєктованих виробів. Складає кінематичні схеми, загальні компо-

нування і теоретичні ув'язування окремих елементів конструкцій на підставі принципових схем і ескізних проектів, перевіряє робочі проекти і здійснює контроль креслень за фахом або профілем роботи, знімає ескізи складних деталей з натури і виконує складне деталювання. Проводить технічні розрахунки за проектами і техніко-економічний аналіз ефективності конструкцій, що проектуються, складає інструкції з експлуатації конструкцій, пояснювальні записки до них, карти технічного рівня, паспорти, програми випробувань, технічні умови, повідомлення про зміни в раніше розроблених кресленнях та іншу конструкторську документацію. Погоджує розробку проектів з іншими підрозділами підприємства, представниками замовників та органів нагляду, економічно обґрунтовує розроблювані конструкції. Бере участь у монтажі, налагодженні, випробуваннях і здачі в експлуатацію дослідних зразків, у складанні заявок на винаходи і виробничі зразки, а також у роботах з удосконаленням, модернізації, уніфікації конструйованих виробів, їх елементів і в розробці проектів стандартів. Дає відгуки і висновки на проекти стандартів, раціоналізаторські пропозиції і винаходи, що стосуються окремих елементів і складальних одиниць.

Інженер-конструктор повинен знати: постанови, розпорядження, накази керівних органів та інші керівні, методичні та нормативні матеріали з конструкторської підготовки виробництва; системи і методи проектування; принципи роботи, умови монтажу і технічної експлуатації проектованих конструкцій; технологію їх виробництва; перспективи технічного розвитку підприємства; обладнання підприємства, оснащення що використовується та інструмент; технічні характеристики та економічні показники кращих вітчизняних і закордонних зразків виробів, аналогічних тим що проектується; стандарти, методики та інструкції з розроблення та оформлення креслень та іншої конструкторської документації; засоби автоматизації проектування; методи проведення технічних розрахунків при конструюванні; конструкційні матеріали та їх властивості; порядок і методи проведення патентних досліджень; основи винахідництва; основні вимоги наукової організації праці при проектуванні і конструюванні; основи технічної естетики і художнього конструювання; основи систем автоматизованого проектування; передовий вітчизняний та зарубіжний досвід конструювання аналогічної продукції; основи економіки; організації виробництва; основи трудового законодавства; правила і норми охорони праці, техніки безпеки, виробничої санітарії та протипожежного захисту.

К в а л і ф і к а ц і й н і в и м о г и до інженера-конструктора наступні.

Інженер-конструктор I категорії: вища технічна освіта і стаж роботи на посаді інженера-конструктора II категорії не менше 3 років.

Інженер-конструктор II категорії: вища технічна освіта і стаж роботи на посаді інженера-конструктора або на інших інженерно-технічних посадах, що займаються фахівцями з вищою освітою, не менше 3 років.

Інженер-конструктор III категорії: вища технічна освіта і досвід роботи за спеціальністю, набутою в період навчання, або стаж роботи на інженерно-технічних посадах без кваліфікаційної категорії.

Інженер-конструктор: вища технічна освіта без вимог до стажу роботи або середня спеціальна освіта і стаж роботи на посаді техника-конструктора I категорії не менше 3 років або на інших посадах, що займаються фахівцями з середньою спеціальною освітою, не менше 5 років.

Описані вимоги до професійних якостей конструкторів дозволяють молодому фахівцеві, або майбутньому випускнику вузу визначити, на чому саме зосередити роботу з підвищення власного професійного рівня. Як можна зрозуміти, вимоги до робочих якостей конструкторів дуже різноманітні, але основною вимогою є велика працьовитість молодого фахівця та бажання підвищувати результативність і ефективність власної роботи.

1.3 Алгоритм конструювання обладнання

В загальному випадку, коли мова йде про створення нової моделі обладнання, його проектування (прийняття конструкторських рішень) проводиться за такими етапами:

- 1) вивчення технічного завдання на проектування;
- 2) уточнення вимог, що ставлять до конструкції обладнання;
- 3) аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування;
- 4) вибір принципу дії обладнання;
- 5) визначення режимів роботи основних та інших робочих органів;
- 6) побудова кінематичної схеми машини або апарату;
- 7) розроблення компоновання обладнання;
- 8) врахування ергономічних вимог;
- 9) розмірний аналіз конструкції обладнання;
- 10) врахування вимог до художньо-естетичного вигляду обладнання;
- 11) визначення значень робочих зусиль і навантажень, які діють на найбільш відповідальні елементи конструкції;
- 12) мінімізація ваги и собівартості деталей;
- 13) забезпечення економічної ефективності в експлуатації;
- 14) забезпечення високої надійності та довговічності обладнання;
- 15) забезпечення оптимальних умов змащування пар тертя;
- 16) конструювання загальних видів окремих вузлів;
- 17) розрахунок розмірних ланцюгів вузлів;
- 18) розробка робочих креслень деталей;
- 19) вибір розмірів деталі та їх граничних відхилень;
- 20) призначення допусків форми та розташування поверхонь деталі;
- 21) вибір матеріалу деталі;
- 22) вибір методу та режимів термічної обробки деталі;
- 23) розроблення готового комплексу технічної документації;
- 24) виготовлення та випробування дослідного зразка обладнання;
- 25) коригування конструкції обладнання за результатами випробувань та виконання кінцевого варіанту комплексу конструкторської документації.

2 ОСНОВНІ ВИДИ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ, ЯКА РОЗРОБЛЮЄТЬСЯ КОНСТРУКТОРОМ

2.1 Комплектність технічної документації

Як було сказано вище, основною метою роботи конструктора є створення нових зразків техніки, які володіють поліпшеними техніко-економічними показниками і відповідають сучасним вимогам техніки і технології харчових виробництв. При цьому об'єктом роботи конструктора є технологічна лінія, машина, апарат або їх конструктивні елементи. Однак безпосередній результат праці конструктора набуває вигляду графічної інформації, оформленої згідно спеціальних вимог на паперовому або електронному носії, тобто – у вигляді креслення.

Конструкторська документація різноманітна, вона дозволяє забезпечити ефективне проектування виробу, підготовку його до виробництва, експлуатації та ремонту.

Для належного опанування специфікою розробки конструкторської документації необхідно знати вимоги, що пред'являються до окремих видів графічних документів, а також особливості їх оформлення. Базове вивчення зазначених аспектів проводиться в рамках курсу машинобудівного креслення.

Слід зазначити, що машинобудівне креслення, як засіб відображення існуючих і задуманих для здійснення виробів, змінюється і вдосконалюється в міру розвитку продуктивних сил [3]. При порівнянні креслень, виконаних у різні періоди промислового розвитку, не можливо не помітити суттєвої різниці між ними. І різниця настільки велика, що креслення, які відносяться до раннього періоду промислового розвитку, зовсім не придатні для сучасного виробництва.

Так, період ремісничого виробництва характеризується відсутністю технічного поділу праці – виріб від початку до кінця виготовлявся майстром, іноді за допомогою його учнів і підмайстрів. Форма і розміри виробу вибирались за звичаєм. Навіть у такій передовій галузі ремісничого виробництва європейських країн, як кораблебудування, в першій половині XVII ст. «... всякий корабельний майстер робив за своїм розумом, як кому покажеться». В таких умовах виробництва потреби в кресленнях не було.

Дослідження періоду ремісничого виробництва показує, що вироби широкого вжитку (серпи, ножі, замки та ін.) багаторазово повторювалися із збереженням форми і розмірів. В умовах масового виробництва ремісник робив ці вироби вже не «по своєму міркуванню», а по зразку, застосовуючи при цьому шаблони і розмітку.

У період розквіту ремісничого виробництва в будівельній справі, раніше ніж в інших областях техніки, намітився розподіл праці і виникла необхідність в кресленнях, які являлися б засобом передачі будівельникам задумів зодчого. Перше застосування креслень на наших теренах

відноситься принаймні до початку XVI ст.; в архівних матеріалах цього періоду вперше зустрічається термін *креслення* і є відомості про зміст такого документа.

Період мануфактурного виробництва характеризується наявністю великих мануфактур, які виникли на місці дрібних ремісничих майстерень [3]. Економічно вигідний поділ праці затвердився у виробництві. З'явилися перші машинобудівні креслення. Спочатку це були паперові зразки – креслення без розмірів в якості документів замовлення та контролю. Потім виникла необхідність вказувати на кресленнях основні розміри, спочатку у вигляді текстових записів. Виробництво ж складних виробів вимагало підвищення точності і метричної визначеності зображення на кресленні. Це привело до необхідності виконання креслень в масштабі методом прямокутного (ортогонального) проектування, який дає можливість зберігати основні розміри зображуваного предмета без спотворень.

Період машинного виробництва характеризується подальшим поділом праці, а також вимогами взаємозамінності і підвищення точності виробів. Це відбилося на подальшому збагаченні змісту креслень та їх метричної визначеності. Більшість деталей стали зображувати на кресленні окремо, для кожної деталі стали вказувати номінальні розміри її елементів, для найважливіших розмірів – граничні відхилення.

У період великого машинного виробництва креслення стає найважливішим технічним документом виробництва, в якому, крім геометричної форми і розмірів всіх складових частин виробу, вказуються всі конструктивні вимоги, що пред'являються до зображеного на кресленні предмета (шорсткість поверхонь, термічна обробка, антикорозійні покриття та ін.). Для можливості належної організації виробництва кожна складова частина виробу зображується на окремому кресленні, створюється система технічної документації. В результаті вимог крупного машинного виробництва врешті широкий розвиток отримала стандартизація машинобудівних креслень і складових частин виробів.

Наведений короткий опис історичних етапів розвитку машинобудівного креслення дозволяє більш повно і глибоко уявити мету створення креслярської документації в сучасних умовах і, відповідно, більш гнучко застосовувати на практиці вимоги щодо її оформлення.

При оформленні креслярської документації конструктор використовує свої знання з нарисної геометрії та інженерної графіки. Однак конструктору, який розробляє виріб і креслення, тільки цих знань недостатньо. Він повинен знати виробництво, знати технологію механобудування (ливарну, ковальську, штампувальну і зварювальну справу, обробку металів різанням, термообробку, виробництво деталей із пластмас, металокерамічних виробів та ін.). При розробці креслень конструктор повинен виходити з найбільш раціонального технологічного процесу виготовлення предмету, що зображується ним і задавати форму, розміри та інші технічні вимоги з урахуванням можливостей їх виконання.

Необхідний досвід конструювання молодий спеціаліст придбає з часом, у міру вивчення особливостей того виду виробництва, де він починає працювати після закінчення навчального закладу. Але, ще будучи студентом, він зобов'язаний навчитися правильно відображати на кресленнях технічні вимоги конструктора. Навіть конструктор-початківець повинен мати досконалі знання у області основ машинобудівного креслення і допустимих умовностей, для того щоб, користуючись ними, він міг вказувати на кресленнях такі вимоги до зображеного предмету, які необхідні і достатні для виготовлення цього предмету.

Креслення вважається добре виконаним тільки в тому випадку, якщо при читанні такого креслення все буде зрозуміло і у робітника не можуть виникнути певні запитання, а вимоги конструктора будуть всіма розумітися однозначно. Тільки тоді можливе виготовлення виробу за кресленнями без безпосередньої консультації конструктора, яка в ряді випадків може виявитися неможливою.

Студент і конструктор повинні не тільки вміти читати, але й самостійно розробляти креслення будь-якої складності, правильно використовуючи можливості графіки і витрачаючи на розробку креслень та іншої технічної документації мінімальний час.

Основним творчим завданням конструктора є розробка конструкції такого виробу, який відповідав би своєму призначенню при мінімальних затратах праці і матеріалів, необхідних для його виготовлення та експлуатації. При виконанні креслень завданням конструктора є фіксація в них всіх конструктивних вимог (форма, розміри, матеріали, якість поверхні та ін.), виконання яких є мінімально необхідною умовою працездатності розробленої конструкції. При цьому зміст креслень повинен бути достатнім для організації виробництва даного виробу.

Для сучасного технічного рівня промисловості характерною є наявність значної кількості таких виробів, виробництво яких здійснюється в порядку кооперації (суміжного виготовлення) кількома підприємствами. Так, наприклад, автомобільному заводу постачається продукція багатьох підприємств-суміжників, що виготовляють шини, підшипники, електролампи, вироби зі скла, електрообладнання та інші вироби, необхідні для складання автомобіля.

Майже кожне підприємство в тій чи іншій мірі в якості напівфабрикатів використовує деталі та вироби, виготовлені іншими підприємствами. Часто виявляється доцільним передати виготовлення окремих частин виробу в порядку кооперації на інше підприємство, і, навпаки, іноді може виникнути необхідність виготовлення виробів заводу-суміжника силами заводу-споживача. Разом з цим буває доцільно виготовлення одного і того ж виробу на декількох підприємствах. Все це визначає необхідність передачі технічної документації з одного підприємства на інше. Тому конструктор повинен враховувати сучасні вимоги до якості розробки технічної документації (креслень, схем, технічних умов та ін.). Ці вимоги базуються не тільки

на необхідності забезпечити високий технічний рівень виробів при мінімальній собівартості, але і на можливості організації їх масового виробництва на будь-якому підприємстві не вдаючись до переробки цієї документації.

Сучасні креслення повинні відповідати вимогам сучасної організації виробництва на основі поділу праці, коли виріб, іноді дуже складна машина, складається з деталей, виготовлених різними робітниками, в різних цехах, а іноді і на різних заводах. У ряді випадків окремі деталі виготовляються не одним, а декількома робітниками, кожен з яких має вузьку спеціальність і виконує тільки одну або кілька технологічних операцій (зварювання, свердління, забарвлення та ін.). При цьому креслення повинні забезпечити не тільки можливість виготовлення деталей, але і збірку виробів з певними натягами і зазорами, забезпечити взаємозамінність деталей і відповідність виробу вимогам технічних умов. Конструктор повинен на кресленні деталі фіксувати всі вимоги, яким повинна задовольняти деталь при поступанні її на складання, а на складальному кресленні – всі вимоги, яким має задовольняти виріб або його зібрана частина.

З урахуванням відповідних вимог конструктор повинен вибрати найбільш доцільне нанесення розмірів, призначати величини допусків граничних відхилень, вказувати матеріал, термообробку, шорсткість поверхні, покриття та ін. При врахуванні всіх цих обставин перед конструктором виникають певні завдання, пов'язані з належним виконанням креслень і інших технічних документів. Ці документи повинні цілком ясно відображати вимоги, що пред'являються до виробу та його частин, виключати необхідність особистих консультацій та роз'яснень конструктора і не допускати довільних тлумачень креслення, що можуть спричинити за собою помилки та брак у виробництві.

Уникаючи побудови зайвих зображень, показу зайвих дрібниць та проведення зайвих ліній, а також використовуючи можливості спрощень, конструктор не тільки покращує креслення, але й економить час для більш ретельного обмірковування конструкції. Для конструктора важливо не тільки розробити хорошу конструкцію, але й виконати цю роботу з мінімальною витратою робочого часу.

З точки зору зниження трудомісткості виконання комплекту креслень і інших технічних документів має важливе значення система технічної документації. Вона дає можливість виконувати одне креслення на ряд однотипних виробів і частин, а також можливість запозичення/включення в комплект документації нового виробу раніше розроблених креслень іншого виробу.

При створенні виробів (машин, апаратів, допоміжного устаткування) необхідним є створення і використання різних видів конструкторської документації. Вона призначена для виготовлення оригінальних деталей, замовлення необхідних комплектуючих (купувальних і стандартних виробів), а також для складання окремих вузлів і виробів в цілому [3].

Поняття «виріб» має широкий діапазон значень. Виробом називається будь-який предмет або набір предметів виробництва, що підлягають

виготовленню на підприємстві. Під виробом розуміють всі об'єкти матеріального виробництва та їх складові частини машини, технологічне обладнання, механізми, функціональні системи тощо. Предмети виробництва, що включаються, як правило, в номенклатуру продукції підприємства, називаються *виробами основного виробництва* (наприклад, тістомісильна машина, автоклав, кутер, ножі тощо).

Встановлено такі види виробів: деталі, складальні одиниці, комплекси, комплекти.

Виробництво будь-якого виробу включає в себе виготовлення деталей. Деталь є елементарною частиною виробу виготовленою без застосування складальних операцій (наприклад, ніж кутера).

Складання виробу, який містить невелику кількість деталей (наприклад, складання ножового блоку кутера), проводиться безпосередньо з деталей. Таке ж складання виробів, які містять велику кількість деталей (наприклад, складання пакувального автомату), є нераціональною. Замість того, щоб скласти такий виріб шляхом почергового закріплення однієї деталі за іншою (наприклад, замість того, щоб збирати двигун, пульт керування, трансмісію, робочі органи та інші частини безпосередньо при складанні автомату), виконують складання виробу із застосуванням вузлів (заздалегідь зібраного двигуна, пульта керування, робочих органів тощо).

Вузол являє собою роз'ємне або нероз'ємне з'єднання декількох деталей. В якості складових частин у вузол можуть входити не тільки деталі, але й інші вузли (рис. 2.1).

Виготовлення різних деталей і збірка різних вузлів виробу може проводитися одночасно на різних ділянках цеху або в різних цехах підприємства, що дає можливість раціонально організувати і прискорити процес виробництва. Для цього на кожен вузол і на кожну деталь, за рідкісним винятком, виконується окреме креслення. При розробці креслень конструктор виконує найбільш доцільний поділ виробу на складові частини і виконує креслення таких вузлів, наявність яких може сприяти кращій організації виробництва. За результатами подальшого уточнення технологічного процесу складання виробу в креслення вносяться необхідні зміни.

Виготовлення кожної деталі проводиться за кресленням деталі. Креслення деталі містить всі відомості, необхідні для її виготовлення і контролю.

Складання вузлів і виробу проводиться по складальному кресленню. Складальне креслення містить всі відомості, необхідні для судження про те, з яких частин і як повинен бути зібраний даний вузол або виріб. При необхідності на складальному кресленні вказуються додаткові вимоги, яким повинен задовольняти зображуваний на кресленні предмет.

Креслення деталей і складальні креслення є робочими кресленнями, призначеними для виготовлення і контролю виробу і його складових частин. Ці ж креслення використовуються як вихідні документи при проектуванні робочої частини інструментів і пристосувань, необхідних для виготовлення виробу.

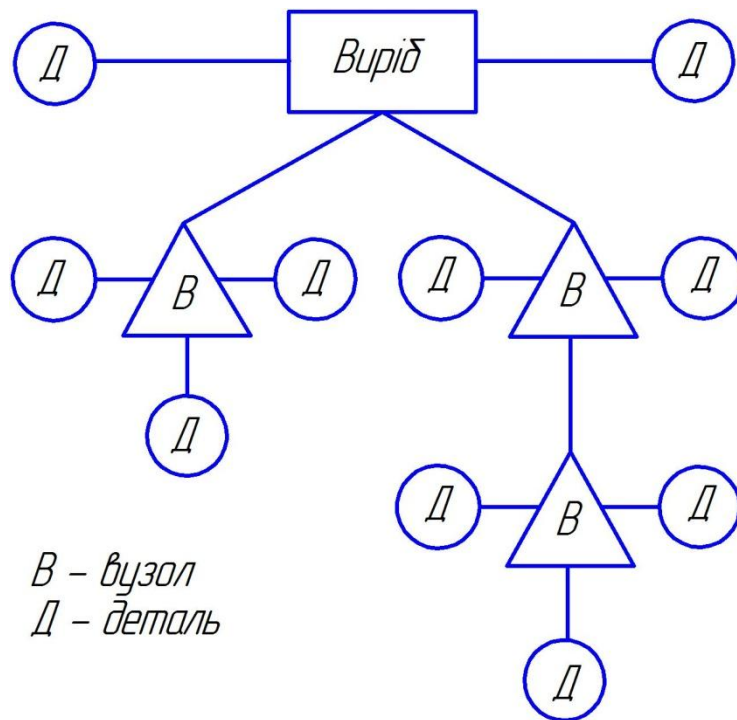


Рис. 2.1 – Схема устрою виробу, який складається з вузлів та деталей

Деталлю називається виріб, виготовлений з матеріалу однієї марки без застосування складальних операцій або з використанням місцевих сполучних операцій (зварювання, пайки, склеювання і т. п.).

Складальна одиниця являє собою виріб, складові частини якого підлягають з'єднанню між собою на підприємстві-виробнику за допомогою складальних операцій. До складальних одиниць може бути віднесено більшість розроблюваних виробів, а також складові частини, що входять до них. Наприклад, складальною одиницею є токарний верстат, а також входять до нього супорт, різцетримач та ін. Складальна одиниця є специфікованим виробом, так як на нього складається специфікація, що включає в себе всі складові частини.

Комплекс – це виріб, що складається з декількох специфікованих виробів взаємопов'язаного призначення, що не з'єднуються на підприємстві-виробнику за допомогою складальних операцій.

Комплект – кілька виробів загального функціонального призначення допоміжного характеру, що не з'єднуються на підприємстві-виготовлювачі за допомогою складальних операцій.

У процесі підготовки виробництва та виготовлення виробів в розрахунок приймаються і інші принципи класифікації виробів: комплектуючі вироби, купівельні вироби, вироби основного виробництва, вироби допоміжного виробництва, вироби серійного виробництва та ін.

Найпростіший виріб може складатися з однієї деталі (наприклад, ложка). У таких випадках складальне креслення виробу не виконується.

Іноді до складу виробу в якості вузлів входять вироби інших підприємств – так звані купівельні вироби (шарикопідшипники, електролампи,

електродвигуни та ін.). На купівельний виріб робочі креслення підприємством-споживачем не виконуються, оскільки виготовлення такого виробу ним не проводиться. При необхідності може бути виконане лише довідкове креслення купівельного виробу.

Часто до складу виробу входять купівельні деталі (болти, гайки, пружинні шайби, клепки та ін.). Робочі креслення купівельних деталей також не розробляються, і в комплект робочих креслень виробу не включаються. Не виконуються робочі креслення і на такі деталі, які можуть бути виконані без креслень.

Іноді взаємне розташування або зв'язок між виробами (або їх складовими частинами) доцільно показати на кресленні у вигляді умовних зображень або позначень. Таке креслення називається *схемою* (існують *схеми кінематичні, гідравлічні, електричні* та ін.).

Деякі технологічні вимоги до виробу і його складових частин не можуть бути відображені на зображеннях (відомості про термообробку, забарвлення та ін.). При незначній кількості таких вимог вони можуть бути вказані на полі робочого креслення у вигляді текстових записів. При великій кількості технічних вимог вони можуть бути вписані в особливий документ, що називається *технічними умовами*. Посилання на технічні умови дається на відповідному кресленні. Технічні умови містять всі не поміщені на кресленні технічні вимоги до виробу або його частин, що стосуються їх виготовлення, випробування і приймання. Технічні умови можуть складатися або окремо на кожний виріб, вузол, деталь, або на ряд однотипних деталей, вузлів, виробів. Технічні умови можуть розроблятися також і на матеріали.

Як було зазначено раніше, складальне креслення кожного вузла містить відомості про складові частини, необхідні для складання даного вузла. Ці складові частини повинні бути завчасно виготовлені спеціалізованими цехами згідно з вказівками служб підприємства, здійснюватись планування виробництва відповідного виробу. Використання робочих креслень безпосередньо для цілей планування можливо, але пов'язано з труднощами у зв'язку з тим, що складові частини, необхідні для складання виробу, вказані в декількох складальних кресленнях, а одна і та ж складова частина виробу може використовуватися при складанні різних вузлів і в різній кількості. У зв'язку з цим, для цілей планування і організації виробництва виробів, постачання матеріалами і комплектації виробів складовими частинами, на кожен виріб виконується *зведена специфікація* (Сп), в якій даються дані про номенклатуру та кількість складових частин виробу, їх вживаності в різних вузлах і деякі інші відомості.

Для виробів, що мають велику кількість складових частин, іноді доцільно виконати зведену специфікацію (Сп) не тільки на виріб у цілому, але й на основні вузли (наприклад, на двигун автомобіля). Незалежно від кількості складових частин виробу, зведені специфікації (Сп) іноді доцільно виконувати для вузлів, що мають багаторазове застосування в різних виробках, а також для вузлів, виготовлених у вигляді закінченої продукції

заготівельного цеху, так як це полегшує планування виробництва. Вузли, на які виконана зведена специфікація (Сп), називають групами [3].

Група, до складу якої входять інші групи, а також виріб, до складу якого входять групи, називаються комплексними. Решта груп та виробів називаються некомплексними (простими). Схема розподілу комплексного виробу із застосуванням комплексних і некомплексних груп принципово не відрізняється від розглянутої схеми (рис. 2.1), якщо, на місці будь-якого вузла в схемі уявити можливість застосування групи. До складу комплексного виробу або його частини можуть на правах групи входити інші вироби.

До групи може бути віднесена сукупність складових частин виробу, призначених для виконання певної, загальної для них функції і які підлягають подальшому складанню між собою або з іншими частинами виробу (наприклад, електрообладнання машини чи апарату). Зведена специфікація (Сп) може складатися на комплект виробів, частин і матеріалів, що не з'єднані між собою за допомогою складальних операцій, але мають загальне експлуатаційне призначення або інші об'єднувальні ознаки (наприклад, комплект запасних частин). Зведена специфікація (Сп) розробляється також на установку (систему, станцію), що представляє собою сукупність виробів, частин і матеріалів, з'єднаних механічним, електричним, оптичним або іншим зв'язком і об'єднаних спільністю експлуатаційного призначення (наприклад, автоматична лінія технологічного обладнання). Складальне креслення комплекту і установки не виконується, в силу чого вихідним документом для такої продукції є зведена специфікація (Сп).

Для цілей планування і організації виробництва, крім зведених специфікацій (Сп), можуть виконуватися різні *відомості* (допускаються заміники матеріалів та ін.).

Відомості матеріалів містять номенклатуру і норму витрат матеріалів на кожний виріб з урахуванням допоміжних матеріалів та відходів виробництва. Відомість матеріалів розробляється на основі прийнятого технологічного процесу і може переглядатися зі зміною останнього. На підставі технологічного процесу встановлюється і сортамент необхідного матеріалу для таких деталей, для яких сортамент не обумовлений конструктивними міркуваннями (наприклад, для поковок, заготовок валів тощо).

Відомості покупних частин включають в себе всі складові частини виробів, які не виготовляються підприємством.

До документації виробів допоміжного виробництва відносяться *креслення оснащення та спеціального обладнання, карти технологічні* та ін.

Виробництво і нормальна експлуатація виробу можуть бути здійснені тільки за наявності повного комплексу технічної документації, тобто сукупності креслень і інших технічних документів, необхідних для виготовлення, приймання, експлуатації та ремонту виробу і його складових частин.

Склад *комплекту конструкторської документації* виробу основного виробництва або його складових частин наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Склад комплекту конструкторської документації

Документ або комплект документів	Обов'язковість включення в комплект документації на					
	деталь	вузол	некомплексну групу	комплексну групу	некомплексний виріб	комплексний виріб
Комплект складальних креслень	–	+	+	+	+	+
Креслення загального (зовнішнього) виду	–	0	0	0	0	0
Габаритне креслення	0	0	0	0	0	0
Монтажне креслення	–	0	0	0	0	0
Комплект схем	–	0	0	0	0	0
Комплект креслень деталей ²	+	+	+	+	+	+
Комплект технічних умов ³	+	+	+	+	+	+
Комплект зведених специфікацій (Сп) ⁴	–	–	+	+	+	+
Відомість запозичених частин ⁵	–	–	–	–	–	+
Список документів ⁶	–	–	–	–	–	+
Відомість документів–посилань ⁷	–	–	–	–	+	+
Перелік креслень ⁸	–	–	+	+	+	+
Відомість специфікацій ⁹	–	–	–	–	–	+
Відомість нормалізованих виробів та частин ⁹	–	–	–	+	+	+
Відомість купівельних виробів ⁹	–	–	–	+	+	+

¹ Вказано знак «–» якщо розробка документації не виконується; знак «0», якщо документація розроблюється по мірі необхідності; знак «+», якщо розробка документації є обов'язковою (із врахуванням зауважень, що вказані нижче).

² На деякі деталі допускається не виконувати робочі креслення.

³ Технічні умови є обов'язковими тільки у випадках необхідності вказування певних методів контролю і випробування, особливих вимог до виробу або його частини, а також у випадках великої кількості технічних вимог та недоцільності їх позначення на кресленні.

⁴ Зведена специфікація (Сп) не обов'язкова при виконанні кутової специфікації на складальному кресленні.

⁵ Відомість запозичених частин обов'язкова тільки для серійного та масового виробництва при предметній системі позначення креслень.

⁶ Обов'язково список документів при передачі креслень комплексного виробу іншому підприємству, крім випадків, коли технічні документи вписані в зведену специфікацію (Сп).

⁷ Відомість документів, що надаються, обов'язкова при передачі конструкторської документації по ліцензії.

⁸ Перелік креслень обов'язковий при передачі технічної документації на копіювання. На некомплексні групи не складається у випадку розробки загального переліку креслень на загальні групи або комплексний виріб.

⁹ Обов'язковість відомостей специфікацій, нормалізованих виробів та частин, а також купівельних виробів встановлюється нормами, або проектною організацією.

У комплект повинні входити нормалі, інструкції та інші документи, на які є посилання в конструкторській документації

При необхідності може бути розроблений комплект конструкторської документації для установки. Такий комплект аналогічний комплекту конструкторської документації комплексного виробу.

У комплект конструкторської документації запасних частин, належність і т. п. входять робочі креслення та інші технічні документи.

Ремонтні креслення для виробів серійного і масового виробництва розробляються у випадках, коли ремонт за допомогою заміни зношених деталей новими неможливий або економічно недоцільний.

В окремих випадках можлива розробка інших конструкторських документів, наявність яких обумовлюється доцільністю, вимогами стандартів, вимогами замовника та ін.

При передачі конструкторської документації іншому підприємству до комплекту документації не додаються стандарти, міжгалузеві документи, а також документація підприємств-постачальників купівельних виробів і матеріалів. З комплектом документації не передаються включені в нього креслення та інші технічні документи, наявні в організації, куди передається комплект.

У комплект технологічної документації включаються всі спеціально розроблені і типові технологічні документи, необхідні для виготовлення даного виробу.

2.2 Креслення загального виду

Креслення загального (зовнішнього) виду повинно зображувати зібраний виріб і містити відомості довідкового характеру, які необхідні споживачеві [2]. При необхідності, таке креслення може мати розрізи і перетини, які дають уявлення про конструкцію виробу, принципи його дії, про послідовність розбирання і складання виробу, про розташування маслянок, про розташування і призначення важелів управління, приладів та ін.

На кресленні загального (зовнішнього) виду можуть бути дані основні розміри, які є конструктивною характеристикою виробу (наприклад, діаметр колектора, міжосьова відстань зубчастої передачі, основні габаритні і установчі розміри при відсутності окремого габаритного креслення тощо). На кресленні загального виду рекомендується приводити основні характеристики виробу (продуктивність, вага, потужність та ін.).

Креслення загального виду не є робочим кресленням; таке креслення призначене для споживача, для довідок та інших подібних цілей.

Виріб на кресленні загального виду зображують переважно в робочому положенні. Елементи виробу, що закриваються в неробочому стані кожухами, чохлами і т. п., рекомендується показувати на кресленні

загального виду відкритими, з відповідним застереженням. Елементи виробу на кресленні загального виду, як правило, повинні бути показані в положенні «Відключено».

Креслення загального виду оформляється за позначенням складального креслення в якості його першого аркуша. Виконання креслення загального виду не обов'язково. При відсутності креслення загального виду відомості, які є в ньому, повинні вказуватися на складальному кресленні. Креслення загального виду, як правило, включається в комплект робочих креслень.

2.3 Складальні креслення загального виду

Складальні креслення загального виду входять в комплект технічної документації; безпосередньо у виробничі цехи вони не поступають, а призначаються для розробки по ним креслень деталей, складальних одиниць і специфікацій в конструкторському бюро (рис. 2.2). По цих кресленнях можна представити не лише взаємозв'язок і способи з'єднання деталей, але і форму всіх елементів деталей, що складають даний виріб [2].

Складальне креслення загального вигляду відображує конструкцію виробу у всіх його подробицях. По такому кресленню можна з'ясувати не лише роботу конструкції, взаємодію і способи з'єднання деталей, але і форму тих деталей, окрім стандартних, на яких потрібно буде виконувати окремі креслення або виготовляти їх за даними самого складального креслення. Стандартні, наприклад кріпильні, деталі викреслюють спрощено, не виявляючи другорядних елементів.

Таке креслення виконується конструктором в процесі створення конструкції виробу як результат пошуків і аналіз різних варіантів конструкції. Це підсумок творчої праці конструктора.

Креслення виконується конструктором так, щоб по ньому можна було розробити всі креслення деталей і складальних одиниць без додаткових роз'яснень.

На такому кресленні розміщують перелік, що розкриває склад виробу по розділах: купівельні, зокрема стандартні вироби; деталі, що знов розроблюються, з вказівкою для кожної деталі матеріалу, з якого вона виготовляється.

У дослідному, одиничному і навіть дрібносерійному виробництвах цими кресленнями, з необхідними доповненнями, на першому етапі впровадження модифікації обладнання можуть користуватися кваліфіковані робітники. У технічних відділах креслення загального вигляду слугують для оперативної підготовки виробництва, розробки технічної документації, оснащення, для загального контролю впроваджуваного виробу.

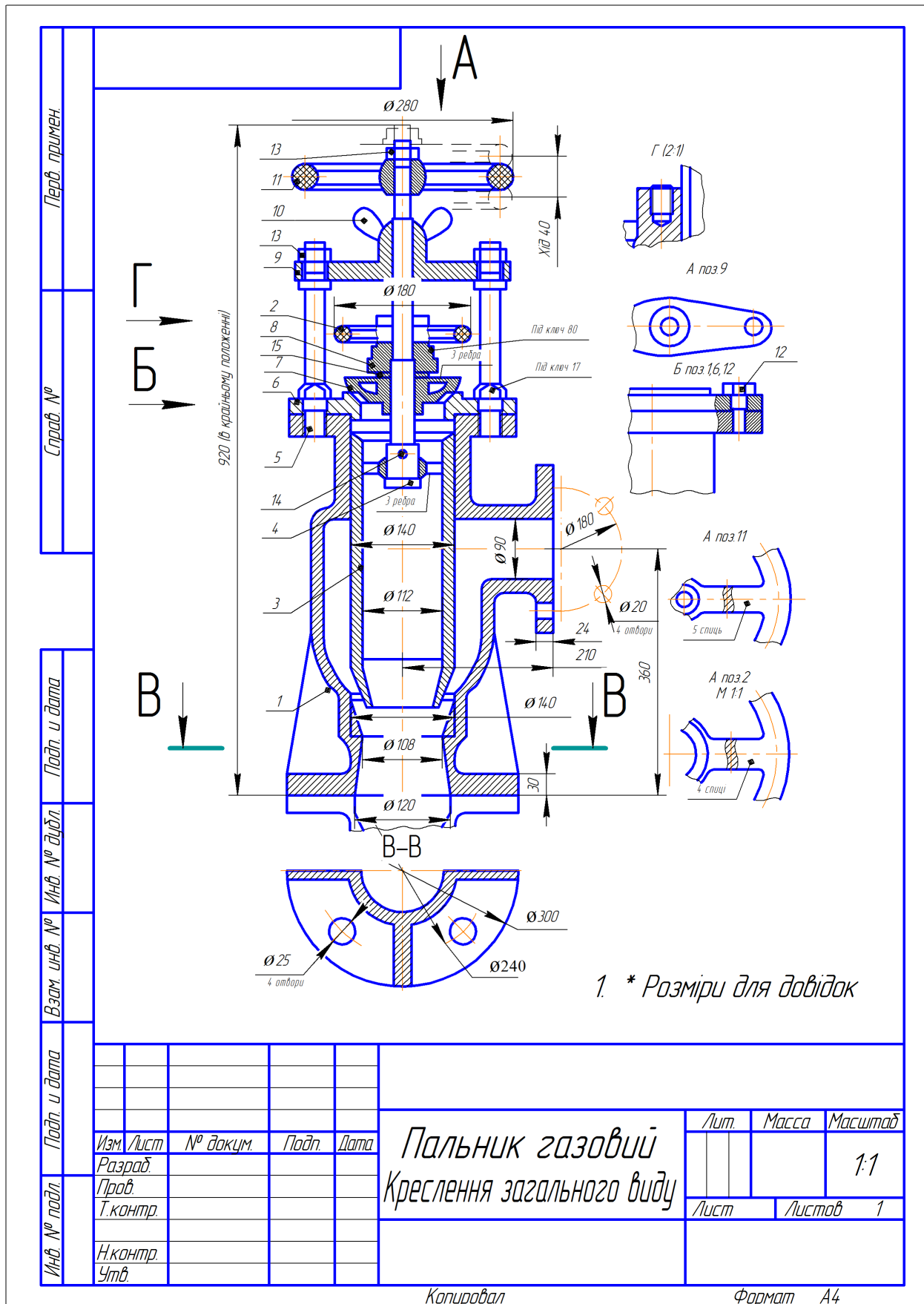


Рис. 2.2 – Складальне креслення загального виду виробу

2.4 Складальні креслення

На основі креслення загального вигляду виконують *складальне креслення*, що входить до складу складальної документації. Креслення містить тільки зображення відповідно до його основного призначення обслуговувати процес складання, тобто дати повні відомості про взаємодію деталей, складальних одиниць і про способи їх з'єднання [2].

Складальні креслення входять в комплект робочої документації і призначаються безпосередньо для виробництва. По ним ведуть складальні роботи, сполучають деталі в складальні одиниці, вироби і контролюють ці роботи.

По *складальних кресленнях* можна представити взаємозв'язок складових частин і способи з'єднання деталей (рис. 2.3).

Склад виробу визначається специфікацією (рис. 2.4).

При формуванні складальних креслень необхідно забезпечити загальні вимоги до їх виробництва:

- повне, чітке, однозначне і обґрунтовано-економне зображення всього виробу (складальної одиниці);
- повноту розмірів, необхідних для виконання складальних операцій;
- повноту технічних вимог, необхідних для забезпечення надійної роботи виробу;
- недопущення зайвої інформації.

Вузол повинен бути зображений на складальному кресленні в тому стані, а з тими розмірами і шорсткістю поверхні, в якому він надходить на подальше складання по інших кресленнях.

На складальному кресленні повинні бути вказані всі вимоги, що пред'являються до вузла, виробу. Якщо технічні вимоги до виробу не оформлені стандартом, то вони оформлюються у вигляді технічних умов, на які дається посилання в складальному кресленні виробу. При посиланні на загальні технічні умови в технічних вимогах на кресленні можуть бути вказані додаткові вимоги, пропоновані до даного виробу.

Кількість складальних креслень має бути мінімальною, але достатньою для того, щоб забезпечити можливість проведення по ним раціонального процесу складання і контролю виробу або його складових частин, а також, при необхідності, дати необхідне уявлення про конструкцію і роботу виробу.

При виділенні складової частини виробу, яка підлягає оформленню окремим складальним кресленням, слід керуватися принципом, який виходив би не тільки з технологічної доцільності але також, як правило, з реальної, фізичної можливості існування вузла.

Таким чином, не слід допускати оформлення складальним кресленням «вузлів, що розсипаються».

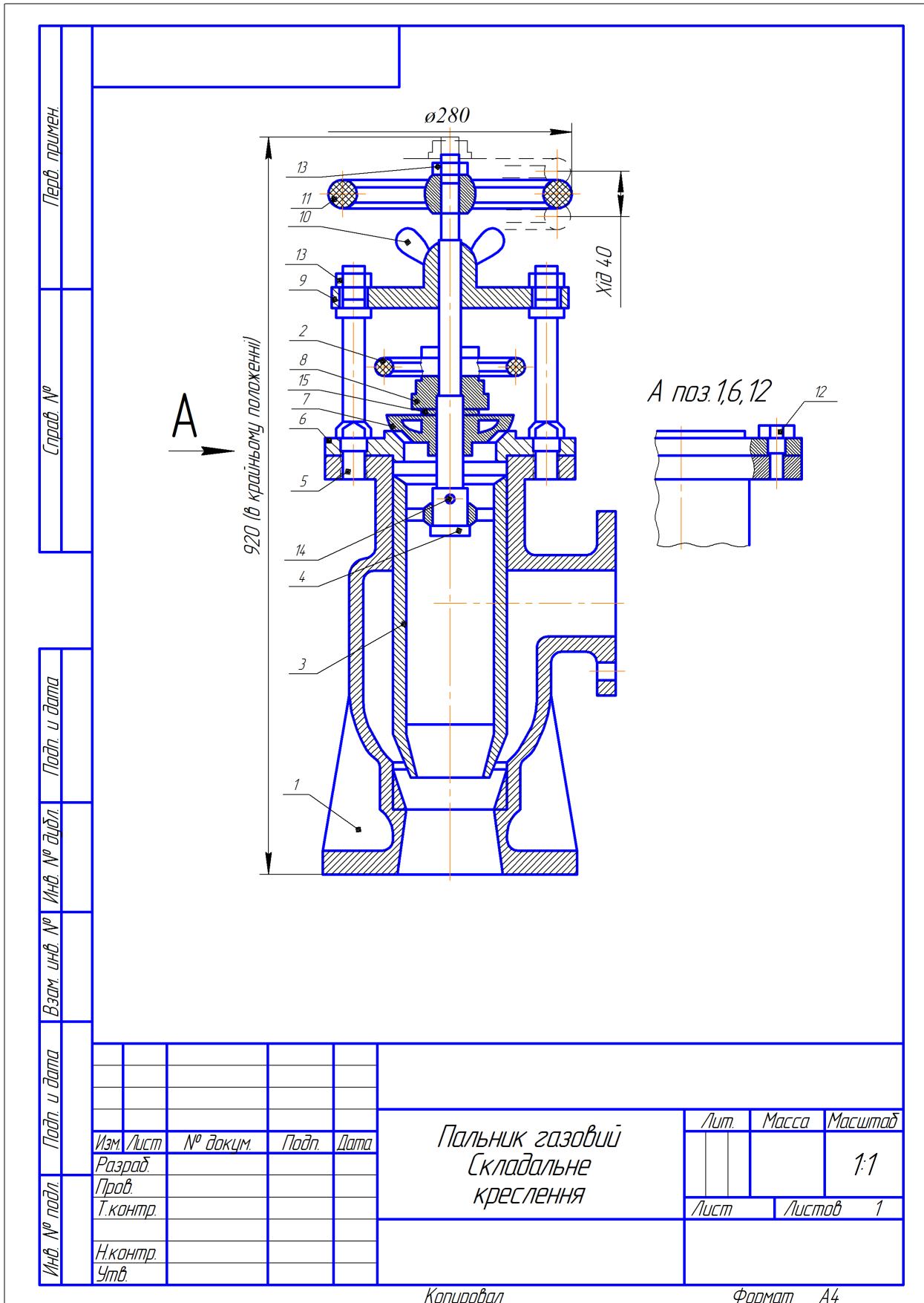


Рис. 2.3 – Складальне креслення виробу

2. Основні види технічної документації, яка розроблюється конструктором

										додаток А		
Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Перв. примен.			Справ. №		
							Подп.	и	дата			
				<u>Документація</u>								
A1			XXXX.XXXXXX.000 ЗК	Складальне креслення								
			XXXX.XXXXXX.000 Е1	Схема								
				Складальні одиниці								
		1	XXXX.XXXXXX.010	Корпус	1							
		2	XXXX.XXXXXX.020	Штурвал	1							
				Деталі								
		3	XXXX.XXXXXX.001	Патрубок	1							
		4	XXXX.XXXXXX.002	Шпиндель	1							
		5	XXXX.XXXXXX.003	Стійка	2							
		6	XXXX.XXXXXX.004	Кришка	1							
		7	XXXX.XXXXXX.005	Клапан	1							
		8	XXXX.XXXXXX.006	Втулка	1							
		9	XXXX.XXXXXX.007	Траверса	1							
		10	XXXX.XXXXXX.008	Гайка барашковая	1							
		11	XXXX.XXXXXX.009	Штурвал	1							
				Стандартні вироби								
		12		Болт М18х45.58 ГОСТ 7805-70	2							
		13		Гайка М16.5 ГОСТ 3927-70	3							
		14		Шплінт 4х32 ГОСТ 397-79	1							
		15		Кільця ущільнювальні... ГОСТ...	4							
				XXXX.XXXXXX.000								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пальник газовий			Лит.	Лист	Листов		
Разраб.									1	1		
Проб.												
Т.контр.												
Н.контр.												
Утв.												

Копирвал

Формат А4

Рис. 2.4 – Специфікація виробу

При цьому складові частини виробу можуть бути з'єднані:

- нероз'ємно (склепування, зварювання та ін.);
- роз'ємно (болтове з'єднання та ін.);
- тимчасово, з остаточним закріпленням при подальшому складанні (наприклад, шпилька для ящика опор, попередньо зібрана з дистанційними ізоляторами і прокладками);
- тимчасово – у пристосуванні (комплект оброблених пластин колектора, зібраних в кільце пристосування);
- при монтажі (наприклад, сукупність контактів, монтованих безпосередньо на реле; монтаж з'єднань розподільного пристрою та ін.).

При оформленні складальних креслень важливою задачею є правильне проставлення розмірів виробу або вузла. Розміри на складальних кресленнях можна розподілити на дві групи:

- розміри, які мають бути виконані або проконтрольовані по даному складальному кресленню, це, як правило, *виконавчі* розміри;
- розміри, що не підлягають виконанню по даному складальному кресленню і вказані для більшої зручності користування кресленням, це, як правило, *довідкові* розміри.

Виконавчі розміри включають:

- *монтажні розміри*, що вказують взаємне розташування деталей у виробі; до них відносяться і монтажні зазори. Часто взаємне розташування деталей визначається поєднанням їх поверхонь, що сполучаються, наприклад привалочних площини. Тому монтажні розміри на складальних кресленнях можуть бути відсутніми;
- *розміри елементів деталей*, які виконуються в процесі або після збірки, наприклад шляхом механічної обробки після зварювання, клепання, паяння, запресовки;
- *розміри елементів деталей*, які обумовлюють характер з'єднання (посадки), розмір, що, наприклад, сполучається з граничними відхиленнями діаметру циліндра і поршня, що сполучаються;
- *розміри, що характеризують експлуатаційні параметри* виробу і положення окремих елементів конструкції; до них, наприклад, відносять хід поршня, клапана двигуна, плече важеля.

Довідкові розміри включають:

- *габаритні розміри*, що визначають граничні зовнішні (внутрішні) контури виробу, наприклад висоту, довжину і ширину виробу або його найбільший діаметр;
- *установчі і приєднувальні розміри*, що визначають величини елементів, по яких даний виріб встановлюють на місці монтажу або приєднують до іншого виробу; до них відносяться розміри центрових кіл на фланцях, по яких розташовані отвори, і діаметри

отворів під болти, відстані між отворами кріплення, приєднувальні розміри різьб та ін.;

- *характерні (директивні) розміри* – розміри, які конструктор вважає необхідним вказати на кресленні, тобто технічні характеристики виробу, що визначаються розрахунком, конструктивними міркуваннями. Ці розміри властиві зазвичай кресленням загального виду технічного проекту, вони необхідні для подальшої розробки робочої документації і мають бути суворо витримані при складанні креслень деталей і складальних одиниць. До них, наприклад, відносять розміри плечей важелів і рукояток, діаметри штурвалів, розміри профілю спеціального різьблення, діаметри отворів і трубопроводів, по яких подається робоче тіло, і т.д.

На кресленнях складальних одиниць проставляються ті розміри, які мають бути виконані і проконтрольовані в поданому складальному кресленні, тобто – всі виконавчі розміри, включаючи розміри для виконання нероз'ємних з'єднань (склепування, зварювання, паяння, запресовування).

З групи довідкових розмірів указують настановні, приєднувальні, габаритні, а з характерних – деякі розміри, що визначають технічні характеристики складальної одиниці, наприклад плечі важелів і їх хід. Відзначимо, що деякі з настановних, приєднувальних і експлуатаційних розмірів можуть бути виконані по кресленню в процесі складання.

На рис. 2.5 показаний приклад креслення складальної одиниці з розмірами, які призначає конструктор [2]. Для наочності ці розміри позначені першими буквами найменування перерахованих груп розмірів, наприклад монтажні – $M_1...M_3$; установчі – $У_1...У_5$ тощо.

Простановка розмірів на складальних кресленнях обумовлена розрахунком, компоновкою, вимогами технології і умовами експлуатації виробів. Призначаючи їх, конструктор тим самим вимагає точного їх виконання в процесі складання або точного взаємозв'язку, узгодження всіх складових частин.

По складальному кресленню виробу робітник повинен правильно зрозуміти принцип роботи і взаємодію деталей. Потім по основному зображенню і номеру переконатися в тому, що на складання поступила необхідна деталь. Прочитати монтажні розміри, з'ясувати, як з'єднуються деталі, з'ясувати розміри, необхідні для додаткової обробки в процесі складання, а також технічні умови на випробування, рухливість деталей, покриття тощо.

На складальних кресленнях слід викреслювати мінімально необхідну кількість зображень, в тому числі розрізів, але при цьому треба, щоб були обов'язково показані всі складові частини, що входять в дану збірку. Для найпростіших випадків можна обмежитися одним зображенням, якщо це не викличе труднощів при виконанні складальних операцій.

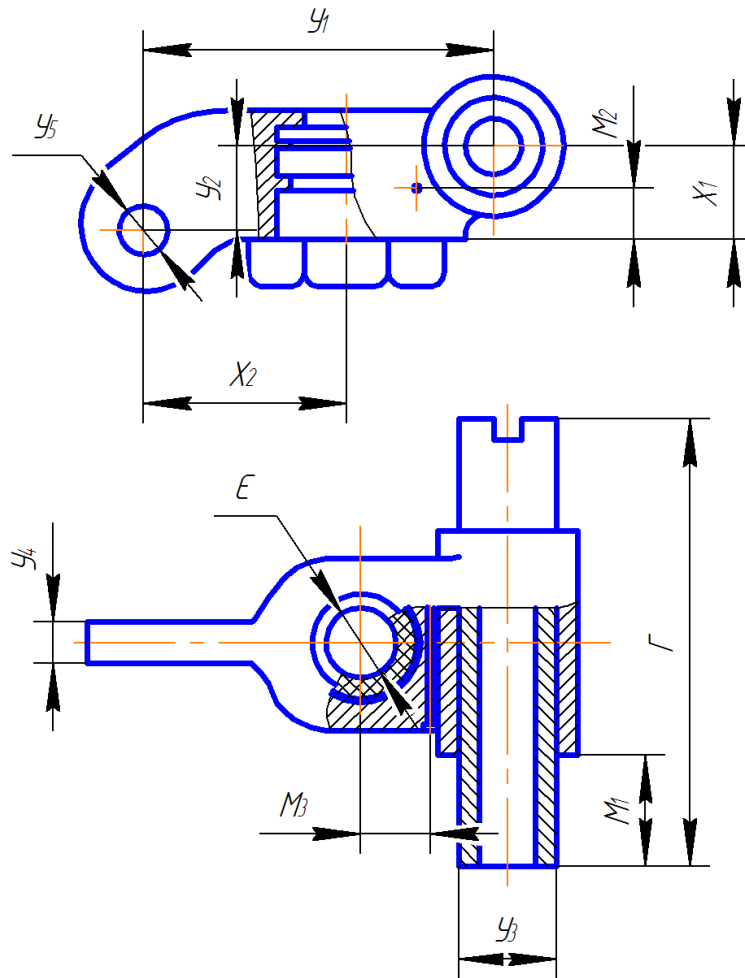


Рис. 2.5 – Види розмірів, які вказуються на складальному кресленні:
 M_1, M_2, M_3 – монтажні розміри; Y_1 - Y_5 – установчі розміри;
 E – експлуатаційні розміри; G – габаритні розміри; X_1, X_2 – інші характерні розміри

На складальних кресленнях можуть бути показані штрихпунктирними потовщеними лініями крайні положення рухомих частин, які, як правило, змінюють зовнішні (габаритні) розміри виробу.

При зображенні виробів, конструктивне положення яких може змінюватися в різних умовах застосування (наприклад, виріб в складеному і розгорнутому положенні або в положенні для перенесення), можна допустити виконання на одному кресленні як зображення основного експлуатаційного конструктивного положення, так і зображення додаткових експлуатаційних конструктивних положень.

Нероз’ємні з’єднання, утворені, наприклад, шляхом зварювання, пайки, склеювання, опресування, обгумування, склепування з декількох складових частин виробів і специфікованих матеріалів, оформлюються складальними кресленнями. Креслення складових частин, що входять у нероз’ємні з’єднання, оформлюються за загальними правилами.

Якщо на складальному кресленні немає вказівок про підбір або пригонку, то складові частини цієї складальної одиниці повинні бути повністю взаємозамінні і не повинні вимагати будь-яких пригонки або підбору

при складанні. Якщо потрібна точність або інші експлуатаційні якості з'єднання досягаються, наприклад, підбором або припасуванням, то необхідно в складальних кресленнях давати вказівки відносно характеру сполучення, методів їх забезпечення і способів контролю.

На складальних кресленнях виробу для всіх розмірів елементів деталей, що сполучаються (як рухомих, так і нерухомих), як правило, дають вказівки про характер з'єднання (посадки, поля допуску) і якості (клас точності). Проставляють номінальні розміри, які відносяться як до отвору так і до валу, а праворуч від номінальних розмірів дається запис у вигляді простого дробу з посадкою отвору в чисельнику і посадкою валу в знаменнику. Ці відомості необхідні робітникові для суворого виконання з'єднання, а також при ремонті виробів.

У позначенні посадки (наприклад, на складальних кресленнях в з'єднаннях) входить номінальний розмір, загальний для обох елементів деталей, що сполучаються, – отвору і валу, за яким слідує позначення полів допусків для кожного елемента починаючи з отвору. При цьому можливі такі форми позначення: $\varnothing 14H7/g6$ (переважна); $\varnothing 14/g6$.

По номеру позицій кріпильних виробів (на кресленні складальної одиниці) і по позначенню в специфікації можна дізнатися їх діаметр.

При створенні складальних креслень виявляти у всіх подробицях форму елементів деталей тут не потрібно, оскільки на робоче місце слюсаря-складальника всі деталі і складальні одиниці зазвичай поступають в готовому вигляді (виняток становлять деталі, які виготовляють за даними самого складального креслення). З цієї причини специфікація зазвичай дається скорочена, без вказівки відомостей про матеріал, з якого виготовлені деталі. Ці відомості отримують безпосередньо по кресленнях деталей. Деталі, з яких складені складальні одиниці, що входять у виріб, в специфікації не перераховуються.

По специфікації ми дізнаємося, що на складання поступлять, наприклад, п'ятнадцять найменувань складових частин, з них дев'ять деталей виготовляються по кресленнях, три найменування – стандартні кріпильні вироби і два – заздалегідь зібрані складальні одиниці. Кількість для кожного найменування вказана в специфікації.

По цьому кресленню легко з'ясувати послідовність складання деталей і складальних одиниць. Відзначимо, що в специфікації і на кресленні порядок запису і позначення складових частин не пов'язують з послідовністю складання, яке відбивається в окремому технічному документі – технологічній карті, складеній по даному кресленню.

У практиці зустрічаються складальні креслення, які нічим не відрізняються від креслень загального вигляду, оскільки всі зображення, пояснюючи взаємне розташування деталей і способи їх з'єднання, одночасно виявляють форму всіх елементів деталей.

2.5 Робочі креслення деталей

Кресленням деталі називається зображення деталі, на якому нанесені необхідні для її виготовлення та контролю розміри, граничні відхилення, позначення шорсткості поверхонь, дані про матеріал, термічну обробку, та інші технічні вимоги до готової деталі [2].

Деталь на робочому кресленні зазвичай змальовують в закінченому вигляді, тобто такою, якою вона повинна поступати на складання. Таким чином, на кресленнях деталей пружини показуються у вільному стані, заклепки – нерозклепанним, і т. п. По таких кресленнях розроблюється весь технологічний процес виготовлення деталі і складаються технологічні карти, на яких деталі змальовують в проміжних стадіях виготовлення.

Основна мета читання креслення – з'ясувати всі відомості, що містяться в ньому, необхідні для виготовлення деталі.

У сучасному виробництві у виготовленні кожної деталі беруть участь працівники різних професій [3]. Кожен виробничник при читанні одного і того ж креслення з'ясовує те, що йому потрібне, і визначає свою участь у виготовленні деталі. Наприклад, перед виготовленням простої деталі з листового матеріалу технолог і робітник по кресленню встановлюють найбільш раціональний розкрій матеріалу, визначають шляхи економії матеріалу, встановлюють послідовність, розмітки тощо.

Форма, розміри і шорсткість поверхні елементів деталі (отворів, відбортовок, развальцьовок і т. п.), що утворені в результаті обробки в процесі складання, вказуються на складальному кресленні, по якому вони виконуються.

Вимоги до шорсткості повинні вказуватися тільки для тих поверхонь, які утворюються за даним кресленням (для поверхонь, утворених різанням, куванням, штампуванням, відливанням і т. ін.). Розміри також вказуються тільки ті, які повинні бути отримані за даним кресленням. Так, наприклад, не слід наносити позначення шорсткості на необроблюваних поверхнях купівельних деталей і деталей з сортового матеріалу, а також не слід наносити розміри, що визначають необроблювані поверхні купівельних деталей або деталей з сортового матеріалу (лист, швелер, кутик і т. п.) – (рис. 2.6).

Кількість зображень (видів, розрізів, перерізів, виносних елементів) на кресленнях деталей має бути мінімальним, але достатнім для пояснення форми і розмірів.

Скорочення кількості зображень може сприяти використанню умовних написів, позначень і знаків, а також вказівки позначення сортового матеріалу у відповідній графі основного напису. Для найпростіших випадків можна обмежитися навіть одним зображенням, якщо це не викличе труднощів при виготовленні деталі.

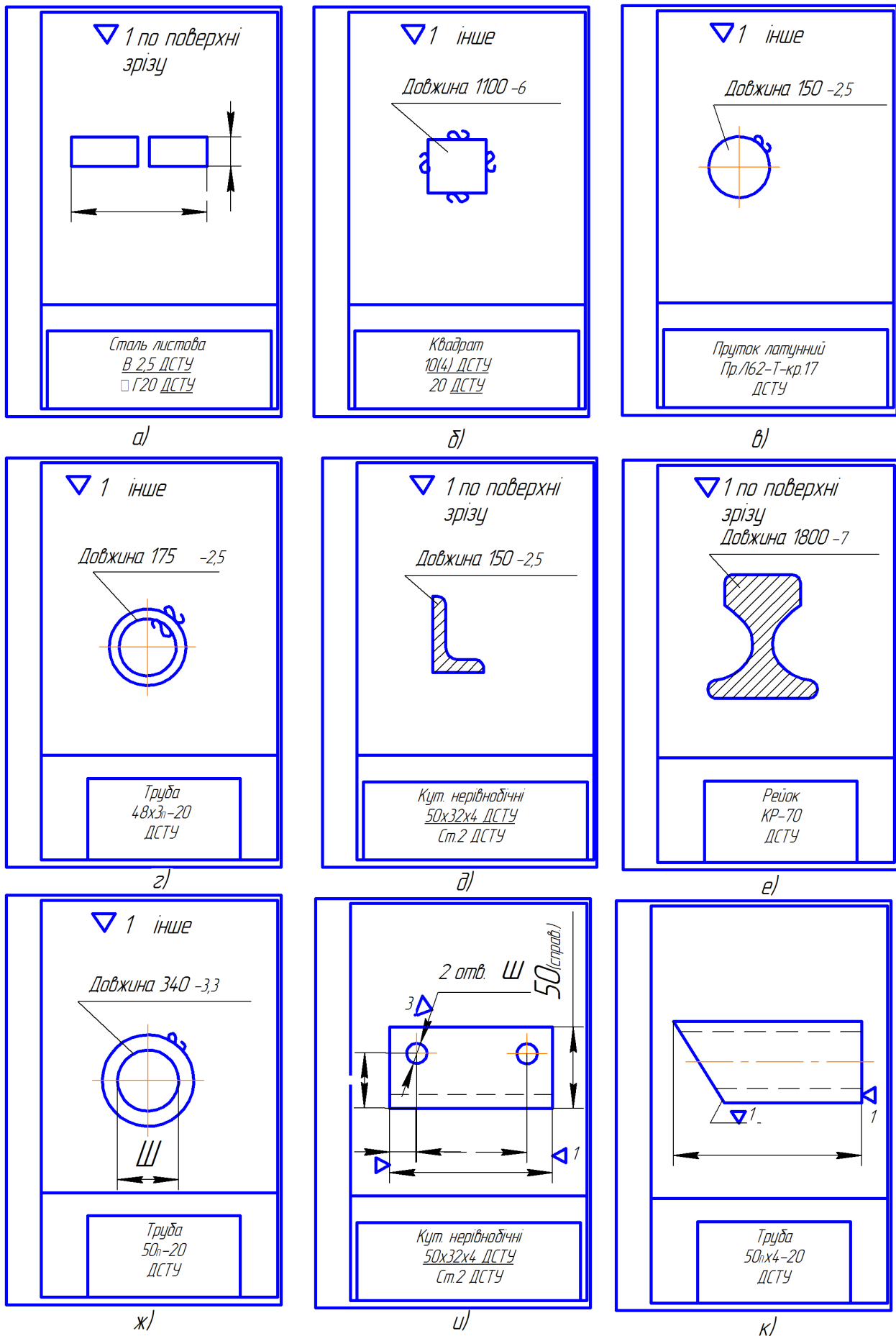


Рис. 2.6 – Приклади креслень деталей із сортового прокату

Приклади:

1. При виконанні креслень деталей, виготовлених з сортового матеріалу (лист, квадрат, круг, труба, кутник, профільна мідь, швелер і т. п.) шляхом відрізки під прямим (рис. 2.6, *a-i*) або косим (рис. 2.6, *к*) кутом до твірної, а також що не піддаються обробці за профілем (рис. 2.6, *a-e, i, к*) або піддаються тільки частковій обробці за профілем (рис. 2.6, *ж*), можна обмежитися одним зображенням. При цьому позначення профілю (сортаменту) має включатися в позначення матеріалу і вказуватися в графі «Матеріал» основного надпису, а розміри і позначення шорсткості поверхонь, утворених за даним кресленням, рекомендується вказувати як показано на рис. 2.6.

2. При виконанні креслень деталей – тіл обертання (валики, втулки, трубки і т. п.) допускається обмежуватися одним зображенням (видом, розрізом або перерізом) при наявності розмірів і позначень, які повністю визначають форму тіла (рис. 2.7, *в-г*).

3. При виконанні креслень деталей зі сферичною поверхнею допускається обмежуватися одним зображенням (видом, розрізом або перерізом) при наявності в позначенні сферичної поверхні відповідного напису типу: *Сфера Ø 60* або *Сфера R 20*.

4. При виконанні креслень деталей з квадратним перетином допускається обмежуватися одним видом або перетином, а квадрат в цьому випадку рекомендується вказувати, як показано на рис. 2.7, *д, е*.

5. При виконанні креслень плоских деталей, що мають постійну товщину, допускається обмежуватися одним видом, а товщину деталі вказувати як показано на рис. 2.7, *а* чи обмежуватися одним перетином (рис. 2.7, *б*).

Якщо форма і розміри деталі в основному з'ясовані необхідною кількістю зображень, але залишилися нез'ясованими деякі окремі елементи, то рекомендується доповнювати креслення, як правило, тільки частковими зображеннями – додатковими або місцевими видами, місцевими розрізами, перерізами або виносними елементами.

З метою скорочення кількості зображень можна частину деталі, що знаходиться між оком спостерігача і січною площиною, зображати штрихпунктирною потовщеною лінією безпосередньо на розрізі («Лінія накладеної проєкції»), а також використовувати складні розрізи або перетини.

Якщо в остаточно оброблених деталях потрібно збереження центрових гнізд (наприклад, в валах електричних машин для можливості обробки колектора як у виробництві, так і в експлуатації), то центрові гнізда зображуються на кресленні із зазначенням всіх необхідних розмірів. Якщо ж наявність центрових гнізд в остаточно виготовлених деталях неприпустима, то в технічних вимогах на кресленні робиться напис: *Центрові гнізда не допускаються*. Якщо наявність або відсутність центрових гнізд конструктивно байдуже, то центрові гнізда на кресленні не зображуються і ніякими примітками не обмовляються. Якщо в таких випадках центрові гнізда потрібні з технологічних міркувань, то відповідні вказівки про центрування і про розміри

центрових гнізд даються тільки в технологічній документації; при цьому розміри центрових гнізд не повинні перевищувати нормальних розмірів, рекомендованих стандартом для даних розмірів деталі.

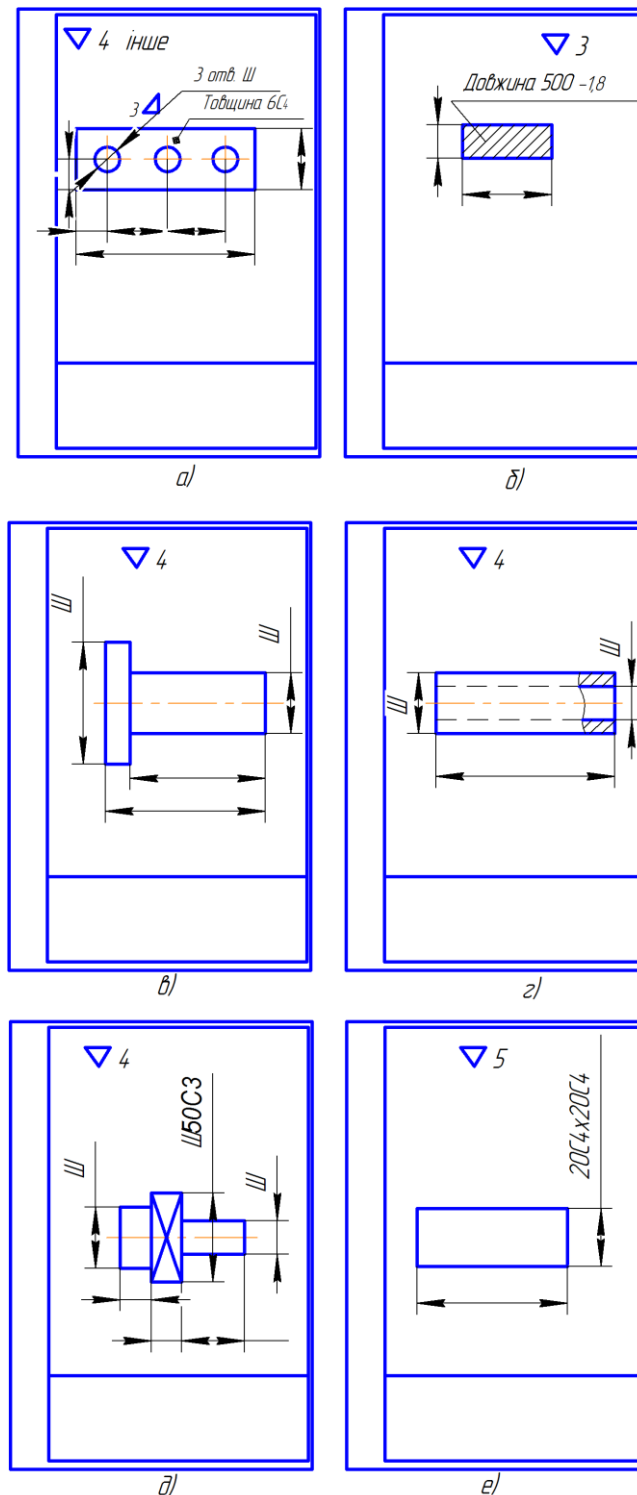


Рис. 2.7 – Приклади креслень плоских деталей та тіл обертання

Деталі, виготовлені з матеріалу, що має лицьову і неліцьову сторони (шкіра, деякі тканини, рифлені сталі та ін.), як правило, викреслюються так, щоб на головному зображенні деталі лицьова сторона матеріалу була

видимою. Деталі з рифленої сталі, як виключення, можуть викреслюватися на головному зображенні так, щоб рифлена (лицьова) сторона була невидимою, бо розмітка таких деталей, як правило, проводиться з нелицьової сторони. Незалежно від цього, якщо розташування лицьової сторони матеріалу не є конструктивно байдужим, то на полиці лінії-винесення поміщається напис типу *Лицьова сторона* або в технічних вимогах на кресленні має бути вказано, яка поверхня деталі має лицьову сторону, наприклад, *Поверхня А повинна мати лицьову сторону матеріала*. Вказівка про лицьову сторону на кресленнях деталей практично необхідна в деталях несиметричних (рис. 2.8, а), а також у випадку, показаному на рис. 2.8, б.

Якщо напрямок прокату (для металевих деталей, що виготовляються з листа або стрічки), напрямок основи (для деталей з текстильного матеріалу) або напрямок шарів (для деталей зі шаруватих матеріалів типу гетинакс, текстоліт і т. п.) не є байдужим, то в технічних вимогах на кресленні цей напрямок має бути обумовлено записом типу: *Напрямок прокату матеріалу по стрічці А* (рис. 2.8, в) або *Напрямок шарів матеріалу паралельно площині А*.

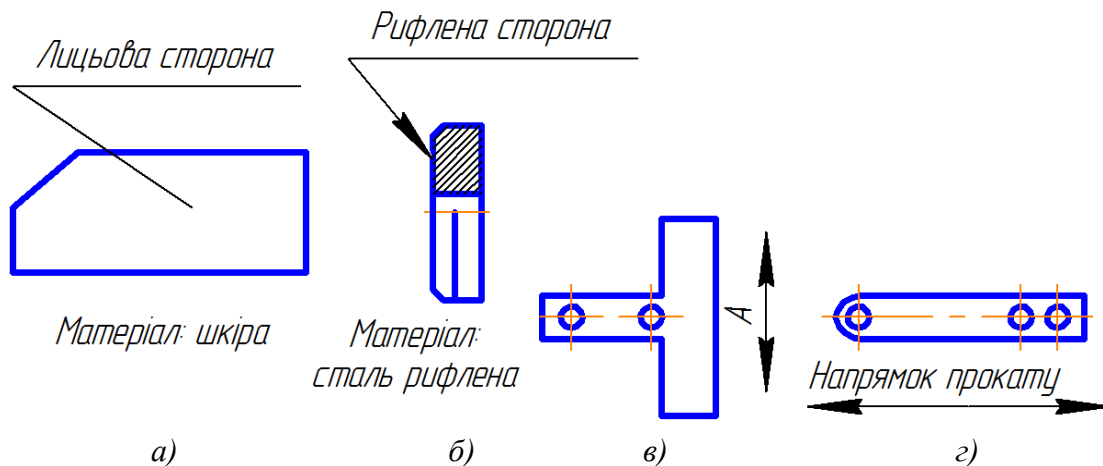


Рис. 2.8 – Приклади креслень деталей, для яких має значення їх орієнтування

Допускається запис про напрямок давати не в технічних вимогах на кресленні, а безпосередньо поблизу стрілки (рис. 2.8, з) або на полиці лінії-винесення від стрілки. Напрямок волокон, шарів, основи і прокату слід вказувати двосторонньою стрілкою (рис. 2.8).

2.6 Креслення складально-детальні

На складові частини індивідуального або допоміжного виробництва, дослідних зразків, пакувальної тари і укладання допускається випуск складально-детальних креслень. На складально-детальному кресленні поряд із зображенням відповідного вузла зображуються також окремі складові частини (переважно деталі), самостійні креслення на які допускається не розробляти, а всі дані, необхідні для їх виготовлення, вказувати на складальному кресленні. При цьому розміри і позначення

шорсткості поверхні наносяться на їх зображенні, що є або частиною основних зображень, або самостійним зображенням даної складової частини на вільному полі креслення. Складові частини виробів, які не оформляються окремими кресленнями, підлягають запису в кутову специфікацію складального креслення за загальними правилами.

Таким чином, у подібних випадках допускається не випускати:

1. Робочі креслення на прості деталі нероз'єднаних з'єднань (зварних, паяних, клепаєних, клейових, збитих цвяхами і т. п.). Зображення, розміри та інші дані таких деталей повинні бути повністю відображені на відповідних складально-детальних кресленнях; при цьому зазвичай обмежуються одним зображенням на полі складально-детального креслення або розмірами та іншими даними, вказуються безпосередньо на зображенні нероз'єданого з'єднання.

2. Робочі креслення на складові частини виробів (наприклад, кабелі, дроти, окремі частини трубопроводів, обшивки каркасів, перегородки, тарни, укладання і т. п.), форма і остаточні розміри яких (довжина, радіус вигину і т. п.) встановлюються за місцем. Всі необхідні дані для виготовлення таких частин відображаються на відповідних складальних кресленнях.

Застосування складально-детальних креслень для серійного виробництва, як правило, неприпустимо. У виняткових випадках знаходять застосування складально-детальні креслення для вузлів, що складаються з декількох деталей, з яких прості деталі оформлені самостійними кресленнями, а одна, найскладніша деталь не має окремого креслення і забезпечена всіма необхідними розмірами і іншими даними безпосередньо на складально-детальному кресленні.

2.7 Креслення монтажні

На монтажних кресленнях:

а) зображується суцільними основними лініями виріб що монтується, установка або комплекти виробів, що підлягають монтажу з даного креслення;

б) зображуються суцільними основними лініями монтажні деталі, вузли і матеріали, що входять в комплект поставки і необхідні для установки, кріплення і взаємного зв'язку монтованих виробів;

в) зображуються суцільними тонкими лініями монтажні деталі (вузли та вироби) і матеріали, необхідні для кріплення і взаємного зв'язку монтованих виробів, що не входять в комплект поставки, але необхідні для монтажу;

г) зображуються суцільними тонкими лініями вироби (пристрої, об'єкти, конструкції та ін.), на яких підлягають монтажу вироби, установки або комплекти виробів;

д) зображуються штрих-пунктирними потовщеними лініями крайні граничні положення рухомих елементів;

е) зображуються суцільними тонкими лініями, при необхідності, кожухи, чохла та інші складові частини монтованих виробів (установок, комплектів виробів), що прикривають елементи виробу в період перевезення або в неробочому стані;

ж) поміщаються, у міру потреби, технічні вимоги до монтажу монтованих виробів (установок або комплектів виробів);

з) вказуються, у міру потреби, координати розташування виробів, установчі та приєднувальні розміри, габаритні розміри, розміри фундаменту, а також мінімальна відстань до навколишніх предметів (стін, колон, стелі, нагрівальних приборів і т. п.), що забезпечують безпечну і нормальну роботу виробу (установки) і зручність його обслуговування;

і) показуються, у міру потреби, розташування маховиків, ручок управління, кнопок та інших елементів, що вимагають доступу;

к) вміщується кутова специфікація, що включає монтовані вироби (установки або комплект виробів), а також монтажні деталі і матеріали, що входять в комплект поставки.

Монтажні деталі, вузли і матеріали, що не входять в комплект поставки, в кутову специфікацію не включаються, а обумовлюються в технічних вимогах на кресленні.

Від монтованих виробів (установок або комплекту виробів), монтажних деталей і матеріалів, включених в кутову специфікацію монтажного креслення, на полицях ліній-виносок повинні бути вказані номери позицій або позначення, так само, як це передбачено при виконанні складальних креслень. При необхідності, поблизу або безпосередньо на зображенні виробів (пристроїв, об'єктів), на яких встановлюються монтовані вироби, зазначаються їх короткі найменування або умовні позначення.

Всі зображення на монтажних кресленнях повинні бути виконані з максимальними спрощеннями, рекомендованими для складальних креслень і загальних видів, тобто показані з мінімальними подробицями і тільки те, що безпосередньо необхідно для монтажу виробу що монтується (установки або комплекту виробів) на місці експлуатації [3].

2.8 Креслення комплектів

Сукупність виробів, вузлів або деталей, об'єднаних спільністю експлуатаційного призначення або іншими ознаками, але не з'єднаних між собою якимось зв'язками, називається **комплектом** (наприклад, комплект електрообладнання крана, комплект запасних частин і т. п.). Складальне креслення комплекту не виконується.

На функціонально пов'язаний комплект складових частин виробу, остаточно збірка яких буде проведена пізніше, наприклад, при складанні (монтажі) цього комплекту на виробі, може бути оформлене складальне креслення комплекту з метою значного спрощення конструкторської

документації, для спрощення комплектації і планування, а також у тих випадках, коли необхідно вказати функціональний зв'язок між предметами або розташування цих предметів при їх використанні [3].

Креслення такого комплекту буде відображати умовний вузол, частково зібраний і частково укомплектований додатковими деталями, необхідними для подальшого складання виробу.

Кресленням комплекту може бути оформлений типовий вузол конструкції, наприклад, сальник або коробка виводів, що представляє собою постійний комплект складових частин виробу. У цьому випадку умовно зображується суміжна складова частина (деталь, вузол), на якій здійснюється складання комплекту; ця частина показується суцільною тонкою лінією і в кутову специфікацію креслення комплекту не включається.

2.9 Креслення довідникові

Для довідок можуть виконуватися креслення на вироби, виготовлені даним підприємством (так звані габаритні), і на купівельні вироби (довідкові).

Габаритне креслення виробу призначене в якості довідкового документа для монтажної організації, внаслідок чого воно повинно містити всі дані, необхідні для установки виробу на об'єкті. Крім того, габаритне креслення використовується при розробці необхідної упаковки і способів транспортування виробу.

Вироби на габаритних кресленнях слід зображати в переважному або найбільш ймовірному робочому положенні, а елементи виробів – в положенні «Відключено».

Габаритні креслення повинні виконуватися з мінімальною кількістю зображень, необхідних і достатніх для вичерпного уявлення про форму і габарити виробів, про способи кріплення виробів при монтажі, про приєднувальні елементи і їх розмірах, а в міру потреби, і про найменші відстані до оточуючих предметів, що забезпечують нормальну роботу виробів і зручність їх обслуговування, про розташування маховиків, ручок управління, кнопок та інших елементів, що вимагають доступу. Крім загальних габаритних розмірів виробу, на габаритних кресленнях, при необхідності, наносяться габаритні розміри окремих виступаючих частин. На габаритному кресленні повинні бути вказані установчі та приєднувальні розміри, необхідні і достатні для того, щоб, використовувати тільки габаритне креслення, конструктор проектної або монтажної організації міг би заздалегідь, до отримання виробу, опрацювати креслення фундаменту і інших елементів кріплення, а також робочі креслення частин пристроїв, сполучених з даним виробом. На габаритних кресленнях елементи приєднання рекомендується супроводжувати вказівками, що однозначно їх визначають.

На габаритних кресленнях наносяться номінальні значення габаритних розмірів, як правило, без граничних відхилень, а установчі і приєднувальні

розміри – з граничними відхиленнями. Для окремих габаритних розмірів можуть бути вказані найбільші можливі розміри (з припискою *max*).

При необхідності на габаритному кресленні показуються координати центру ваги і вказується вага виробу.

На габаритних кресленнях, при необхідності, допускається суцільними тонкими лініями наносити повністю або частково «обстановку» (місце установки, елементи кріплення і суміжні вироби що під'єднуються або їх елементи).

Габаритні креслення повинні виконуватися з найбільшим графічним спрощенням, допустимим для складальних креслень, з тим, щоб не обмежувати можливість використання цих креслень, при оформленні технічної документації серії виконань подібних виробів, що володіють тотожними розмірами і мають однаковий або майже однаковий зовнішній вигляд. Однак, зводити зображення виробів до одного контуру, як правило, не рекомендується. З тих же причин не слід на габаритному кресленні вказувати позначення конкретних виконань виробів.

На покупні стандартні деталі, вузли або вироби доцільно випускати до в і д к о в і креслення, якщо, крім позначення, необхідно вказати додаткові відомості про купівельний виріб, приклад варіант виконання або обробки у випадках, якщо стандарт передбачає кілька варіантів, що не відображаються в позначенні.

Довідкові креслення повинні містити зображення купівельного виробу, вузла або деталі з основними габаритними і установочними розмірами і з іншими довідковими даними, необхідними для приймання виробу, вузла або деталі контролерами підприємства-споживача, а також з даними, необхідними для розгляду та аналізу конструкції, оформлення розрахунків розмірних ланцюгів і т. п.

Довідкове креслення на купівельний виріб, вузол або деталь при привласнює своє позначення незалежно від наявності стандартного чи іншого умовного позначення купівельного виробу, вузла і деталі, що включається безпосередньо в найменування креслення. Якщо стандартне позначення однозначно визначає виконання даної складової частини, то таке позначення може бути присвоєно довідковому кресленню. Наявність довідкових креслень полегшує організацію приймання, зберігання та обліку покупних складових частин виробів.

2.10 Креслення ремонтні

Ремонт виробів, як правило, повинен проводитися на основі взаємозамінності, шляхом заміни окремих несправних (зношених) складових частин виробів новими. Тільки у випадку, якщо така заміна технічно неможлива або економічно недоцільна, слід розробляти ремонтні креслення (рис. 2.9).

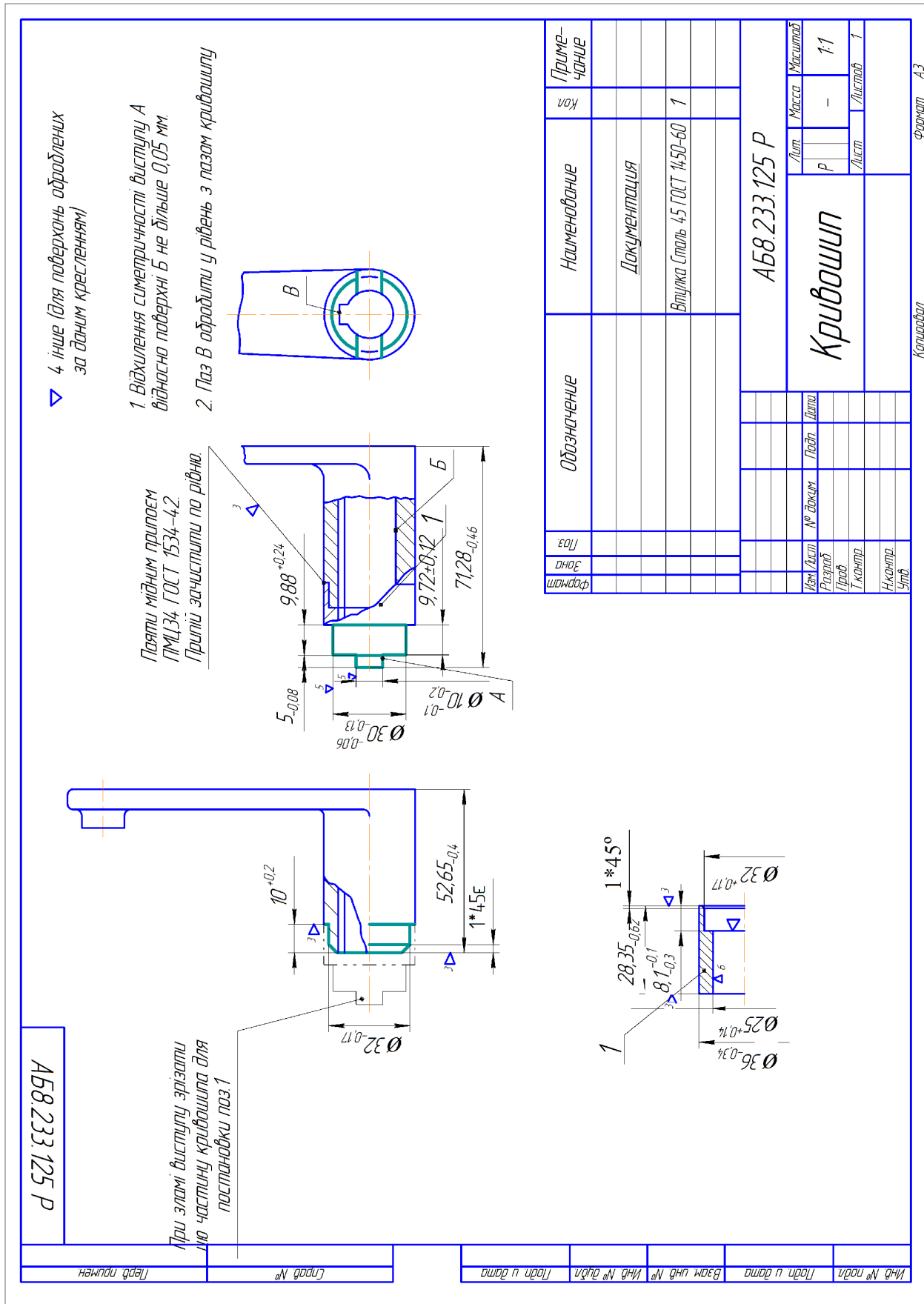


Рис. 2.9 – Приклад ремонтного креслення

З метою забезпечення взаємозамінності, ремонтні креслення слід розробляти виходячи з відновлення окремих зношених складових частин виробів до їх первинних розмірів, встановлених робочими кресленнями основного виробництва [3].

У виняткових випадках, в основному для індивідуального ремонту виробів, допускається розробка ремонтних креслень на виготовлення складових частин виробів із застосуванням ремонтних розмірів (категорійних або пригоночних).

Під пригоночним розміром розуміють розмір, виконаний з урахуванням припуску на пригонку по місцю.

Під категорійним розміром розуміється розмір, що відрізняється від відповідного розміру на кресленні основного виробництва своїм номіналом, але виконуваний з граничними відхиленнями забезпечують при заміні спряженої деталі ремонтovanого виробу ту посадку, яка передбачена кресленнями основного виробництва.

Креслення ремонтні повинні задовольняти всім вимогам, що пред'являються до виконання робочих креслень складових частин виробів основного виробництва з урахуванням нижче наведених зауважень.

На ремонтних кресленнях відновлюваних складових частин виробів слід обмежуватися мінімальними даними, необхідними і достатніми для ремонту; так, наприклад, рекомендується:

а) показувати суцільними основними лініями з мінімальними подробицями зображення оброблюваних (рементованих) ділянок і суцільними тонкими лініями максимально спрощені (зазвичай контурні) зображення необроблюваних ділянок. При зміні конфігурації ремонтovanого складової частини виробу, у мірі потреби, допускається суцільними тонкими лініями на змінюваній ділянці зображати старий обрис складової частини виробу. При ремонті за допомогою відрізання непридатної частини і постановки натомість неї нової відрізану частину, як правило, слід зображувати штрихпунктирними потовщеними лініями. У складових частинах виробів, що піддаються ремонту зварюванням, наплавленням або нанесенням металопокриттів, у міру потреби, допускається давати додаткове зображення складової частини виробу, підготовленої до ремонту;

б) вказувати розміри і позначення шорсткості тільки для поверхонь, що піддаються обробці за даним кресленням; при ремонті складової частини виробу за рахунок зняття шару металу вказується граничний розмір, до якого допускається це зняття;

в) поміщати, у міру потреби, технічні вимоги до ремонтovanого складової частини виробу; при цьому допускається поміщати технологічні вказівки, якщо вони є єдиними, і гарантують належну якість ремонту.

Якщо деталь ремонтується шляхом введення в неї додаткових деталей, наприклад втулки, то ремонтний креслення такої деталі оформлюється як складальне.

Ремонтні креслення деталей з категорійними або пригоночними розмірами слід оформляти як табличні креслення, в яких окремі категорійні або пригоночні розміри на зображенні замінені літерними позначеннями, фактичні значення яких поміщені в таблицю виконань.

У табл. 2.2 приведена рекомендована форма таблиці виконань і приклад її заповнення. Якщо вимоги до ремонту складових частин виробів не потребують особливих графічних пояснень, а також у встановленні ремонтних розмірів (наприклад, ремонт граней гайок, шліца гвинта, усунення забоїн, очищення поверхні від корозії та ін.), то ремонтні креслення не випускаються, а все необхідні вказівки такого роду включаються в технічні умови на ремонт виробу.

Таблиця 2.2

Приклад таблиці виконань ремонтних деталей

Призначення креслення	Категорія ремонтного розміру	Позначення деталей	Розміри в мм		
			d	D	D ₁
Креслення основного виробництва	–	62.45.125	24A ₄ ^(+0.14)	45A ^(+0.27)	60A ^(+0.03)
Креслення ремонтне	1	62.45.125P1	24,5 ^{+0.14}	45,5 ^{+0.27}	60,5 ^{+0.03}
	2	62.45.125P2	25 ^{+0.14}	46 ^{+0.27}	61 ^{+0.03}
	3	62.45.125P3	25,5 ^{+0.14}	46,5 ^{+0.27}	61,5 ^{+0.03}

2.11 Принципові схеми

При вивченні роботи машин, апаратів, механізмів, при їх налазці або ремонті, при монтажі електричного устаткування і електропроводки, гідравлічних і пневматичних систем опалювання і трубопроводів нерідко потрібно тільки з'ясувати принциповий зв'язок між окремими складовими частинами і елементами вмонтованого пристрою, без уточнення його конструктивних особливостей [2].

Для цієї мети і призначаються схеми: кінематичні, гідравлічні, електричні і ін. Кінематичні схеми (див. п. 6.1) відображають зв'язок і взаємодію між рухливими елементами пристроїв, гідравлічні показують систему управління за допомогою рідини, електричні пояснюють принципи роботи і взаємозв'язок між елементами обладнання.

Кінематична схема являє собою умовне площинне або перспективне зображення всіх її механізмів і ланок у їх взаємозв'язку і повинна давати уявлення про порядок приєднання механізмів, розподілі потоків енергії, кінематичних зв'язках елементів машин, про взаємне розташування провідних ланок.

Всі елементи на схемі зображають за допомогою умовних графічних позначень або спрощених зовнішніх обрисів елементів машини. Допускається кінематичні схеми вписувати в контур зображення машини.

Повну кінематичну схему складної машини виконувати на високому якісному рівні часто буває важко, тому в таких випадках можна рекомендувати роздільне складання кінематичних схем приводу і виконавчих механізмів циклічної дії.

Поділ машин на привід і виконавчі механізми полегшує виконання кінематичних схем частин машин відповідно до вимог ГОСТ 2.703-2011. Безпосередньо на кінематичній схемі приводу вказують потужність двигуна, кутову швидкість обертання вихідного вала двигуна і всіх валів машини, діаметри шківів, довжину і тип паса, числа зубців коліс, зірочок, храповиків, модулі зубчастих передач, кроки ланцюгових передач, числа і значення ходів робочих органів.

Всі вали нумеруються римськими цифрами. Всі елементи машини на схемі нумеруються арабськими цифрами в порядку обходу схеми зліва направо або справа наліво і пояснюються на вільному полі креслення текстовою частиною, наприклад за допомогою таблиці. Елементи купівельних або запозичених механізмів (наприклад, редукторів, варіаторів) не нумерують, а порядковий номер привласнюють всьому механізму в цілому.

При описі принципу дій і пристрої машини посилання на цифрові позначення елементів схеми обов'язкові.

Кінематичні схеми виконавчих та інших механізмів циклічної дії зображуються на відміну від кінематичної схеми приводу в масштабі з точним дотриманням відносного розташування ланок і пар. На схемі вказують відстані між нерухомими шарнірами, а також – між ними і осьовими лініями поступально рухомих ланок, а також кутові характеристики вигнутих ланок.

Нерухомі шарніри позначають буквою О з індексом внизу – порядковим номером; рухливі – прописними буквами латинського алфавіту. Ланки нумерують арабськими цифрами. Напрямок обертання ведучого ланки вказують стрілкою. Конструктивні особливості ланок і механізму в цілому, що не роблять впливу на рух механізму та його елементів, кінематичною схемою не враховуються.

У Додатках показано приклад оформлення кінематичної схеми кутера Л5-ФКБ з чашею об'ємом 250 л.

3 ЕТАПИ РОЗРОБКИ ПРОЕКТУ ОБЛАДНАННЯ

3.1 Технічне завдання

Процес створення нових зразків техніки, а особливо таких досить складних її видів, як технологічне обладнання і автоматизовані технологічні лінії харчових виробництв, є формалізованим і відбувається в кілька етапів. Черговість і структура цих етапів покликані в підсумку процесу проектування забезпечити отримання максимально ефективної конструкції виробу за мінімально коротким часом. При цьому робочі параметри виробу повинні бути витримані згідно заданих вимог, у тому числі – по надійності і довговічності.

Таким чином формалізація процесу проектування є не якоюсь догматичною стандартизацією праці конструкторів, але є результатом осмислення практичного досвіду проектування складних виробів в швидкозмінних умовах сучасного технічного прогресу.

Етапи розробки проекту машини або апарату мають наступну послідовність [101]:

- технічне завдання;
- технічна пропозиція;
- ескізний проект;
- технічний проект;
- робочий проект.

У ході цих етапів проект проходить стадії від визначення бажаних характеристик майбутнього виробу до готової робочої документації, за якою можливе масове виробництво виробу і належна його експлуатація.

Розробка нового виробу здійснюється інженерно-технічним персоналом шляхом *проектування і конструювання*. Проектування і конструювання є процесами взаємопов'язаними, які доповнюють один одного. Конструктивна форма об'єкта уточнюється із застосуванням методів проектування – виконанням розрахунків технологічних параметрів, розрахунків на міцність, оптимізації та ін. У свою чергу, проектування можливе лише при попередньо прийнятих варіантах конструктивного виконання. Часто ці два процеси не розрізняють, бо вони виконуються, як правило, фахівцями однієї професії – інженерами-конструкторами. Однак проектування і конструювання – процеси різні.

Проектування передуює конструюванню і являє собою пошук науково обґрунтованих, технічно здійснених і економічно доцільних інженерних рішень. Результатом проектування є проект розроблюваного об'єкта. Проектування – це вибір деякого способу дії, здатного вирішувати при певних умовах і обмеженнях поставлену задачу. Проект аналізується, обговорюється, коригується і приймається як основа для подальшої розробки.

Конструюванням створюється конкретна, однозначна конструкція виробу. Конструкція – це устрій, взаємне розташування частин та елементів

будь-якого предмета, машини, приладу, що визначається його призначенням. Конструкція передбачає спосіб з'єднання, взаємодію частин, а також матеріал, з якого окремі частини (елементи) повинні бути виготовлені. У процесі конструювання створюється зображення і види виробу, розраховується комплекс розмірів з допустимими відхиленнями, вибирається відповідний матеріал, встановлюються вимоги до шорсткості поверхонь, технічні вимоги до виробу і його частин, створюється технічна документація. Конструювання спирається на результати проектування і уточнює всі інженерні рішення, прийняті при проектуванні. Створювана в процесі конструювання технічна документація повинна забезпечити перенесення всієї конструкторської інформації на виріб, що виготовляється, і на його раціональну експлуатацію.

На рис. 3.1 наведена орієнтовна схема прийняття рішень при створенні нової конструкції обладнання. Дана схема дозволяє представити все різноманіття рішень, які повинні бути зважені і вивірені конструктором при проектуванні. Стає також зрозуміло і ієрархія розв'язуваних при цьому завдань.

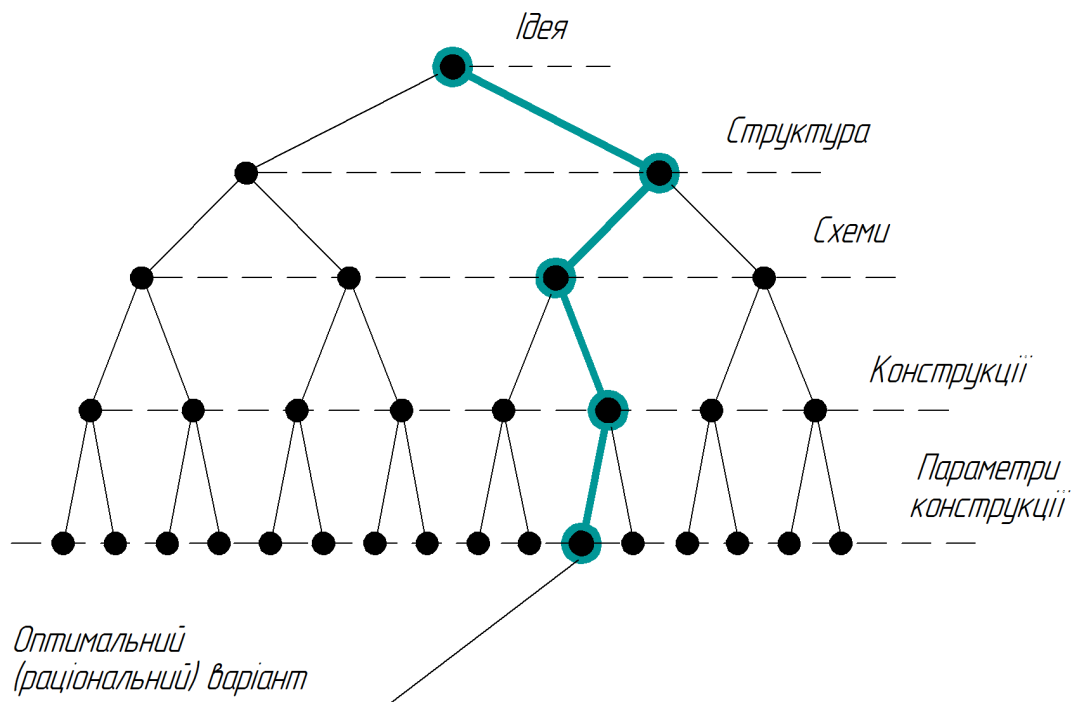


Рис. 3.1 – Дерево рішень при створенні машини від ідеї до конструкції

Проектування і конструювання служать одній меті: розробці нового виробу, який не існує або існує в іншій формі і має інші розміри. Проектування і конструювання – це види розумової діяльності, коли в розумі розробника створюється конкретний уявний образ. Уявний образ піддається уявним експериментам, одночасно оцінюється ефект внесених змін, визначається, як ці зміни могли подіяти на остаточний результат. Уявний образ створюється відповідно до загальних правил проектування і конструювання і згодом приймає остаточний, технічно обґрунтований, вигляд.

У розробку нових виробів входить також ведення науково-дослідних і проектно-конструкторських робіт. Розробка входить в комплекс заходів, спрямованих на випуск виробів промисловістю. Поряд з такими роботами, як розробка технології виготовлення, матеріально-технічне забезпечення і організація виробництва, розробка займає основне місце в технічній підготовці виробництва.

Будучи вихідним, початковим, етапом, розробка здійснює істотний вплив на всі наступні стадії життєвого циклу продукції: виготовлення, звернення і реалізацію, експлуатацію або споживання.

Процес проектування починається з отримання технічного завдання, яке містить основні параметри майбутнього виробу. Технічне завдання є первинним, основним документом, яким керуються проектувальники, приступаючи до розробки нового виробу. Воно визначає основні напрями розробки: конструкцію і принцип роботи майбутнього виробу [101].

Після отримання завдання конструктору необхідно переконатися в дійсній необхідності проектування нового виробу, оскільки укладач завдання може і помилитися, приймаючи те, що здається, за реальну необхідність.

Технічне завдання, що є фундаментом проекту, завжди відображає певну технічну політику в даній галузі техніки. Недопрацьоване, погано продумане технічне завдання може привести до помилок проектування. Може скластися положення, при якому конструкція, що розробляється, виявиться застарілою ще до свого народження.

Технічне завдання є початковим етапом робіт і складається на всі розробки і види робіт, необхідні для створення нового виробу. Воно може передувати науково-дослідним і дослідно-конструкторським роботам. При цьому вимоги, що включаються в технічне завдання, повинні ґрунтуватися на сучасних досягненнях науки і техніки, на виконаних науково-дослідних та експериментальних роботах.

Технічне завдання повинно встановлювати такі показники розроблюваного виробу: прогнозовані показники технічного рівня та якості; основне призначення, характеристика ринку збуту; технічні та тактико-технічні характеристики; рівень стандартизації та уніфікації; техніко-економічні показники; патентно-правові показники; спеціальні вимоги до виробу та ін.

У технічних завданнях обумовлюються етапи розробки та терміни виконання кожного етапу і розробки в цілому.

Якість технічного завдання забезпечується обсягом і повнотою збору матеріалів, необхідних для розробки. При розробці використовуються наступні матеріали: науково-технічна інформація; патентна інформація; характеристика ринку збуту; характеристика виробництва, на якому виріб буде виготовлятися (технологічна оснащеність, кваліфікація кадрів, технологічна дисципліна, рівень організації праці та ін.).

Технічне завдання може бути результатом проведеного етапу робіт виконавцем і складатися по закінченні робіт, як відліковий документ.

Прикладом можуть служити науково-дослідні роботи (НДР), результатом яких є технічне завдання на виконання дослідно-конструкторських робіт. Виконану стадію розробки нового виробу по ЕСКД можна розглядати, як технічне завдання для подальшої розробки (розробки наступної стадії).

У створенні нового складного виробу бере участь багато організацій, об'єднань і підприємств. Залежно від специфіки цієї участі вони можуть виконувати відповідно функції замовника, розробника, виробника і користувача або поєднувати деякі з них. Технічне завдання розробляється, як правило, в конструкторському відділі, але воно може бути розроблено і замовником.

Обов'язок замовника – пред'являти розробнику вихідні дані для розробки виробу. Замовник відповідає за пред'явлені вимоги до нового виробу і вихідні дані і несе повну відповідальність за використання виробу.

На стадії розробки технічного завдання аналізуються патентно-інформаційні матеріали поточного характеру (останні офіційні патентні бюлетені, переклади описів винаходів, дані про промислові зразки та ін.).

Технічне завдання вимагає від його розробника більше ерудиції та більше творчих пошуків, ніж це потрібно при розробці виробу. Тому технічне завдання складається провідними фахівцями, найбільш кваліфікованими працівниками. Незважаючи на те що воно визначає основні характеристики проєктованого виробу, технічне завдання не повинно обмежувати ініціативу розробника при пошуку і виборі ним оптимального вирішення поставленого завдання. Всі зміни та доповнення до технічного завдання, що виникають в процесі аналізу, розробляються, узгоджуються і затверджуються в установленому порядку. Загальний порядок розробки та затвердження технічного завдання встановлює ДСТУ 3574-97 (табл. 3.1).

Технічне завдання оформляють відповідно до загальних вимог до текстових конструкторських документів за ГОСТ 2.105-2016 на аркушах формату А4, як правило, без рамки і основного напису. Номери аркушів (сторінок) проставляють у верхній частині аркуша над текстом. До технічного завдання додаються схеми та ескізи по конструкції майбутнього виробу, а для технологічних розробок технологічні дані та техніко-економічні показники існуючого виробництва. Технічне завдання повинно містити максимум інформації, це полегшує роботу конструктора і скорочує терміни розробки.

Організація розробки складних виробів, що вимагають великих трудовитрат, потребує особливого підходу. До розробки технічного завдання цих виробів проводиться самостійний вид робіт – розробка аванпроєкту.

Аванпроєкт дозволяє більш глибоко попередньо пропрацювати комплекс питань, що визначають необхідність і доцільність створення нового виробу. Аванпроєкт розробляють на продукцію машинобудування і приладобудування, що має найважливіше народногосподарське значення. Аванпроєкт служить вихідною документацією для розробки технічного завдання. Розробка аванпроєкту повинна гарантувати можливість створення продукції, що відповідає за своїми техніко-економічними показниками найвищому світовому рівню на момент освоєння її у виробництві.

Порядок побудови, викладу та оформлення технічного завдання

Основні розділи	Примірний перелік питань, що розглядаються
Найменування та область застосування (використання)	Найменування та умовне позначення продукції. Коротка характеристика області її застосування. Загальна характеристика об'єкта, в якому використовують продукцію. Можливість використання для поставки на експорт. Вид розробки, тобто нова розробка (модифікація або пошукова конструкція) або модернізація наявного виробу
Підстава для розробки	Повне найменування документа, на основі якого розробляють продукцію; організація, що затвердила цей документ, і дата його затвердження. Найменування та умовне позначення теми розробки
Мета і призначення розробки	Експлуатаційні та функціональні призначення і перспективність продукції
Джерела розробки	Перелік науково-дослідних та інших робіт. Перелік експериментальних зразків або макетів
Технічні (тактико-технічні) вимоги	<p>Склад продукції та вимоги до конструктивного виконання. Показники призначення.</p> <p>Функціональні характеристики виробу, тобто принцип дії (механічний, гідравлічний и т.д.), область функціонування (діапазон параметрів продуктів, які виготовляють).</p> <p>Вимоги до готового виробу – точність, вимоги до навантаженості, частота обертання, потужність, продуктивність, тиск, температура, хімічна активність, вимоги до сировини, оброблюваність, вимоги до робочого середовища машин, до навколишнього середовища, до фільтрації, до циклу, до умов дії на частку процесу при порушеннях циклу, до інформації про стан машини і її роботу, до умов живлення и до умів відведення продукції, до енергетичних умов, якості тощо.</p> <p>Робочі умови, тобто вплив зовнішніх умов (механічних, термічних, хімічних, кліматичних), тривалість включення (роботи) і частоту, Зовнішні навантаження, вбудову и умови прив'язки і установки, сигналізацію, наявність транспортних засобів, коефіцієнти завантаження і використання і т. д.</p> <p>Вимоги до експлуатації (автоматизація, шум, техніка безпеки и виробнича санітарія, ремонтпридатність і т. д.).</p> <p>Вимоги до надійності. Вимоги до технологічності. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації. Вимоги безпеки. Естетичні та ергономічні вимоги.</p> <p>Вимоги до патентної чистоти. Порівняння з кращими аналогами, що раніше випускалися, виявлення причин появи нових вимог та міри їх обґрунтованості.</p> <p>Вимоги до складових частин продукції, сировини, вихідних та експлуатаційних матеріалів.</p> <p>Додаткові вимоги. Вимоги до маркування та упаковки. Вимоги до транспортування і зберігання. Спеціальні вимоги.</p>
Економічні показники	Орієнтовна економічна ефективність і термін окупності витрат. Лімітна ціна. Передбачувана річна потреба у продукції. Економічні переваги розроблюваної продукції порівняно з аналогами.

Стадії та етапи розробки	Стадії розробки, етапи робіт і терміни їх виконання (строки, вказані в технічному завданні, є орієнтовними; основні терміни вказуються в плані робіт або в договорі); підприємство-виробник розробляє вироби; перелік документів, що подаються на експертизу, стадії, на яких вона проводиться, і місце проведення
Порядок контролю і приймання	Перелік конструкторських документів, що підлягають узгодженню і затвердженню, і перелік організацій, з якими слід погоджувати документи. Загальні вимоги до приймання робіт на стадіях розробки; кількість виготовлених дослідних зразків продукції. Міру відповідальності конструктора
Порядок контролю і приймання	Перелік науково-дослідних та інших робіт, які обґрунтовують необхідність проведення розробки. Креслення, схеми, описи, обґрунтування, розрахунки та інші документи, які повинні бути використані при розробці. Перелік зацікавлених організацій, з якими погоджують конкретні технічні рішення в процесі розробки продукції. Перелік нового технологічного обладнання, необхідного для випуску нової продукції.
Додаток до технічного завдання	Перелік науково-дослідницьких і інших робіт, що обґрунтовують необхідність проведення розробки. Креслення, схеми, описи, обґрунтування, розрахунки і інші документи, які мають бути використані при розробці. Перелік зацікавлених організацій, з якими погоджують конкретні технічні рішення в процесі розробки продукції. Перелік нового технологічного устаткування, необхідного для випуску нової продукції.

Аванпроект повинен забезпечувати:

- формування прогресивних вихідних вимог до нового виробу, що відповідають вищому світовому рівню, і створення передумов для його раціональної розробки, виробництва та експлуатації;
- виявлення необхідної потреби в цьому виробу для народного господарства та експорту;
- скорочення термінів і витрат на розробку та освоєння нової продукції за рахунок ретельної попередньої проробки основних питань і зниження ймовірності помилок у процесі подальших робіт.

Вихідним документом для розробки аванпроекту є завдання, складене замовником аванпроекту. Завдання на аванпроект повинно містити наступні розділи.

1. Мета розробки: уточнюється призначення нової продукції в порівнянні з продукцією що випускалася раніше.

2. Техніко-економічні показники: наводяться орієнтовні значення основних показників, що визначають економічну ефективність від використання нового виробу.

3. Орієнтовна потреба в продукції: наводиться орієнтовна річна потреба або сумарний обсяг випуску виробів.

4. Умови експлуатації продукції: наводяться основні дані виробничого процесу, в якому передбачається використовувати виріб; застосовуються

при цьому види енергії, сировину, матеріали, характеристики навколишнього середовища, особливості технічного обслуговування і ремонту.

5. Перелік додаткових питань, які потребують вирішення в аванпроектах: відображаються питання, вирішення яких бажано для замовника, але постановка їх у вигляді закінчених вимог неможлива.

6. Умови і строки виконання аванпроекту: встановлюються терміни початку і закінчення розробок, джерела фінансування, порядок розгляду і приймання аванпроекту.

На основі завдання аванпроект розробляє організація – передбачуваний розробник виробу або ця робота виконується на конкурсних засадах.

На етапі розробки аванпроекту виконують:

- дослідження стану питання в галузі створення, виробництва та експлуатації даного виду виробів;
- обґрунтування техніко-економічних показників виробу і пошук шляхів його розробки;
- обґрунтування потреби в новій продукції;
- розробка пропозицій щодо організації розробки, виробництва та експлуатації виробів;
- розробка пропозицій з математичного, інформаційного та інших видів забезпечення в залежності від особливостей виробів;
- оформлення комплексу документів аванпроекту;
- складання проектів технічного завдання на розробку і карти технічного рівня і якості виробів;
- розгляд і затвердження аванпроекту.

У процесі розробки аванпроекту проводять патентні дослідження технічного рівня і тенденцій розвитку техніки, техніко-економічні розрахунки, конструкторські опрацювання, здійснюють прогнозування основних робіт по всьому життєвому циклу виробу з використанням кількісних методів оптимізації параметрів. Розроблений аванпроект піддають експертизи техніко-економічних показників. Результати експертизи оформлюють експертним висновком. На засоби вимірювання проводять метрологічну експертизу. У комплект документів аванпроекту в загальному випадку включають: пояснювальну записку, відомість аванпроекту, схеми, таблиці і розрахунки, креслення загального вигляду, габаритне креслення.

Після опрацювання цих положень конструктор формулює для себе основні вимоги технічного завдання та визначає кінцеву мету. Досвід показує, що термін розробки технічної пропозиції, наприклад, на автоматичну лінію коливається від 4-х місяців до 1 року, а термін розробки технічної пропозиції на виріб середньої складності – близько 3-х місяців.

Зміст технічної документації для проектних стадій визначений стандартами: технічна пропозиція, ескізний проект, технічний проект.

Якщо технічне завдання виконано докладно, з аналізом варіантів і встановленням бажаних, то робота проектувальників полегшується і терміни проектування скорочуються.

3.2 Технічна пропозиція

Після розробки технічного завдання починається процес безпосереднього проектування. Починається він з розробки технічної пропозиції.

Технічна пропозиція розробляється в тому випадку, якщо це передбачено технічним завданням. Її розробляють з метою виявлення додаткових або уточнення існуючих вимог до виробу. Об'єм технічної пропозиції визначається технічним завданням.

Технічна пропозиція передбачає опрацювання в проекті декількох варіантів виробу (від визначення підприємства-виготівника і до вирішення питання про доцільність проектування цього виробу). На цій стадії проектування виявляються можливості, ведеться конструктивне опрацювання варіантів для об'єктивної їх оцінки за показниками технічного завдання, проводяться всебічний аналіз варіантів і порівняння технологічних процесів, переходів, визначаються базовий варіант, економічна і технічна доцільність подальшого проектування.

У об'єм технічної пропозиції входять опрацювання матеріалів по прототипах і аналогах вітчизняного і закордонного виробництва, аналіз їх порівняльних показників, опрацювання варіантів можливих компонентів і т.д. Технічна пропозиція намічає шляхи подальшого проектування. На деякі технічні пропозиції проводиться технічна експертиза.

Технічна пропозиція – це початкова стадія проектування [101]. Вона є відповіддю проектувальника на завдання, вимоги та обмеження, наведені в технічному завданні. Варіант, який висувається технічною пропозицією, ретельно обґрунтовується з використанням для цього теоретичних розрахунків та аналізу практичного досвіду (табл. 3.2). Важливість цього обґрунтування полягає в тому, що технічний рівень і якість варіанту що пропонується мають величезний вплив на подальшу розробку і визначає всі основні характеристики виробу, який розроблюється.

Таблиця 3.2

Роботи, що проводяться при розробці технічної пропозиції

Робота, що проводиться	Сутність роботи
Уточнення технічного завдання	Уточнення того, що в завданні висловлене, що повністю ясно і що не розкрито. Визначення умов і вимог, що підлягають виконанню. Визначення необхідності в додаткових роз'ясненнях і інформації
Аналіз завдання	Вивчення і аналіз формулювання кінцевої мети завдання. Критичне опрацювання кінцевої мети
Підбір матеріалів	Огляд існуючих зразків, аналогічних і близьких за призначенням
Виявлення варіантів	Встановлення особливостей варіантів (принципів дії, розміщення функціональних складових частин і т. п.). Конструктивне опрацювання варіантів, що дає можливість їх оцінки

Перевірка варіантів	Перевірка на патентну чистоту і конкурентоспроможність. Оформлення заявок на винаходи. Перевірка варіантів на відповідність вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії
Оцінка варіантів	Порівняльний аналіз варіантів, виявлення їх переваг і недоліків. Порівняння їх за показниками якості, технологічністю, економічним, стандартизацією та ін.
Вибір оптимального варіанту	Обґрунтування вибору. Встановлення техніко-економічних даних виробу.
Розгляд і затвердження проекту	Розгляд і твердження в установленому порядку. Передача матеріалу для подальшого проектування

При опрацюванні технічної пропозиції просліджуються два етапи.

I етап – *вивчення*: виявлення кінцевої мети і всіх вимог до оброблених деталей, визначення методів контролю їх якості; визначення обмежуючих чинників для виробу згідно технічних вимог і умов його використання; перевірка початкових даних; вивчення інформації і патентних матеріалів; складання огляду і карти технічного рівня.

II етап – *розробка проекту*: розробка схеми обробки і попереднє визначення габаритних розмірів робочого простору; вироблення уявних варіантів можливих рішень, прокреслювання конкурентоздатних варіантів схем виробу без дотримання масштабу, проведення технологічних розрахунків; аналіз схем, вибір якнайкращих (порівняння варіантів), прокреслювання в масштабі визначальних місць виробу і проведення перевірочних міцнісних, економічних і інших розрахунків; уточнення висновків, обмежуючих чинників і кінцевої мети; розробка документації на стадію проектування відповідно до ДСТУ; розробка висновків про доцільність створення виробу і пропозицій; захист представленої документації у замовника; розгляд проекту і його захист на технічній нараді в конструкторському бюро і т.д.

При розробці технічної пропозиції може виявитися, що для ухвалення остаточного варіанту не вистачає інформації. Така ситуація можлива, коли в розробці використовують маловивчену конструкцію або робочий принцип. В цьому випадку необхідно провести додаткові дослідження, які можуть носити теоретичний або експериментальний характер. Найчастіше вони включають виготовлення експериментальних зразків або моделей. Технічна пропозиція розробляється проектною організацією і потім передається розробникові для подальшого опрацювання по встановленому оптимальному варіанту.

Вимоги до виконання технічної пропозиції показані в табл. 3.3.

Комплект документації технічної пропозиції повинен містити відомості про інформацію, використовувану для розробки оптимального варіанту. Порівняльний аналіз має бути відображений в документації з обґрунтуванням вибору оптимального варіанту за всіма техніко-економічними показниками.

**Конструкторські документи технічної пропозиції
і вимоги до їх виконання**

Шифр документу	Документ	Вимоги до виконання
ВО	Креслення загального виду	Зображення виконують з максимальними спрощеннями, передбаченими стандартами ЄСКД.
ГК	Габаритне креслення	Креслення повинні містити зображення варіантів виробу, текстову частину і написи, необхідні для з'ясування варіантів. На кресленні наносяться необхідні позначення, розміри і технічні характеристики.
за ГОСТ 2.701-2008	Схеми	Найменування і позначення складових частин вказують або на лініях-виносках або в таблиці.
ПТ	Відомість технічної пропозиції	Складається на вироби, і в ній записують всі конструкторські документи в порядку, встановленому ГОСТ 2.106-96.
ПЗ	Пояснювальна записка	Виконується за ГОСТ 2.106-96.
ТБ	Таблиці	—
РР	Розрахунки	—
Д...	Інші документи	—
ПФ	Патентний формуляр	По ДСТУ 3574-97
КУ	Карта технічного рівня і якості продукції	—

У пояснювальній записці до технічного проекту наводять: докладний опис конструкції та принципу роботи, опис роботи всіх схем, що входять до складу документації; обґрунтування застосовуваних матеріалів, термообробки і покриттів; вимоги до точності виготовлення та складання виробів; остаточні техніко-економічні розрахунки.

Однією з головних задач розробки технічного проекту є надання виробу таких властивостей, які можуть бути реалізовані при мінімальних трудових і матеріальних витратах як у споживача, так і у виробника.

3.3 Ескізний проект

Ескізний проект виконують тільки в тому випадку, якщо це передбачено технічним завданням або якщо його необхідність виявилась при розгляді у замовника технічної пропозиції, а також при розробці особливо складних проектів.

В ескізного проекту виконується конструкторська проробка оптимального варіанту до рівня принципів конструкторських рішень, що дають загальне уявлення про будову і принципи роботи виробу.

Мета ескізного проекту – розкриття принципової конструктивної і технологічної суті виробу або процесу, розкриття визначальних місць,

конструктивне або технологічне обґрунтування варіанту, що приймається. Сутність – конструкторське підтвердження варіанту, що приймається, в ступені, достатньому для розкриття устрою виробу [101].

Ескізний проект, як і технічна пропозиція, є попереднім (чорновим) проектуванням. Ці проекти здійснюються з метою встановлення принципових конструкторських або технологічних рішень по виробу або процесу. При необхідності детальнішого опрацювання варіантів ескізний проект повинен уточнити компоновання виробу, його модулів, основних вузлів, в них визначаються схеми, стики, межі і зв'язки між модулями або вузлами. Компоновальні креслення розробляються укрупнено. Проте вони повинні давати уявлення про принципову конструктивну побудову виробу, процесу, модулів, вузлів, про ділення виробу на складові частини і про їх взаємну ув'язку.

Розробка компоновань повинна супроводжуватись і підтверджуватись різними функціональними розрахунками кінематичного, технологічного, силового і іншого характеру. Компоновальні креслення вузлів розробляють на підставі компоновальних креслень виробу, створених на стадії технічної пропозиції або одночасно з розробкою креслень вузлів.

В ескізному проекті закладаються основи застосування типових, стандартизованих і уніфікованих складових частин розробки. Особлива увага приділяється застосуванню раніше розроблених і досліджених на практиці вузлів і механізмів. Встановлюються технічні вимоги на складові частини виробу і матеріали, розробку і виготовлення яких доцільно доручити іншим організаціям та підприємствами (табл. 3.4 і 3.5).

Таблиця 3.4

Роботи, що проводяться при розробці ескізного проекту

Робота	Зміст роботи
Принципові конструктивні рішення варіантів складових частин	Розробка в ескізному виконанні: кінематичних схем; попередніх принципів електричних, пневматичних, гідравлічних схем; структурних і компоновальних схем; уточненого загального виду; основних складальних одиниць і виконавчих механізмів.
Оцінка виробу	Оцінка на технологічність. Оцінка за показниками стандартизації та уніфікації. Оцінка відповідності вимогам ергономіки, технічної естетики. Порівняльна оцінка розглянутих варіантів за показниками якості.
Перевірка варіантів виробу	Перевірка варіантів на патентну чистоту і конкурентоспроможність, оформлення заявок на винаходи. Перевірка відповідності варіантів вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії.
Вибір оптимального варіанту	Обґрунтування вибору. Прийняття принципів рішень. Підтвердження висунутих до виробу вимог.
Рішення по виготовленню виробу	Рішення по виготовленню макетів для перевірки принципів роботи. Визначення обсягу конструкторських документів, необхідних для виготовлення макетів. Попереднє рішення питань упаковки і транспортування. Виявлення нових виробів і матеріалів, які повинні бути розроблені іншими підприємствами.
Узгодження проекту	Узгодження і затвердження проекту у встановленому порядку. Складання переліку робіт, які слід провести на наступній стадії розробки.

**Конструкторські документи ескізного проекту
та вимоги до їх виконання**

Шифр документа	Документ	Вимоги до виконання
ВЗ	Креслення загального виду	Повинен містити зображення виробу, текстову частину і написи, необхідні для розуміння конструктивного пристрою виробу. На кресленні наносяться необхідні позначення, опису принципу роботи виробу, вказівки про склад, технічні характеристики, розміри і т. п.
ТК	Теоретичне креслення	Найменування і позначення складальних частин вказують на лініях-виносках або у таблиці. Зображення виконуються з максимальними спрощеннями, без подробиць розробки, але строго в масштабі. Зображення бажано виконувати в натуральній величині.
ГК	Габаритне креслення	Основні спрощення, допущені при розробці ескізного проекту наступні:
По ГОСТ 2.701–2008	Схеми	1) у симетричних конструкцій повністю викреслюється тільки одна сторона, інша обводиться лише контурними лініями;
		2) якщо повторюються однакові деталі або складальні одиниці, їх докладно вимальовують тільки один раз. В інших випадках обмежуються позначенням контуру і поверхонь;
		3) широко застосовуються умовні і спрощені зображення конструктивних елементів, передбачені ЕСКД;
		4) для скорочення числа проекцій застосовуються місцеві розрізи, винесені і накладені перерізи.
ВП ВВ	Відомість покупних виробів Відомість погодження застосування покупних виробів	Складається на вироби, призначені для самостійного постачання. ВП складається згідно ГОСТ. 2.106-96.
ЕП	Відомість ескізного проекту	Складається для виробу, в ній записуються всі конструкторські документи в порядку, встановленому ГОСТ 2.106-96.
ПЗ	Поясню-вальна записка	Виконується за ГОСТ 2.106-96.
ПМ	Програма і методика випробувань	–
ТБ	Таблиці	–
РР	Розрахунки	Можуть бути суміщені з ПЗ
Д...	Документи інші	–
ПФ	Патентний формуляр	Виконується у відповідності з вимогами ДСТУ 3574-97
КР	Карта технічного рівня і якості продукції	-

На стадії ескізного проекту здійснюють наступні операції.

Розробляють варіанти компоновань вузлів, модулів на основі уточненої під час проектування компоновки виробу (глибина опрацювання має бути достатньою для можливості зіставлення варіантів і визначення оптимального); проводять експериментальні роботи. Проводять попередню оцінку точності, технологічності, рівня уніфікації і стандартизації виробу. Перевіряють патентну чистоту і конкурентоспроможність, оформляють патенти. Складають карту рівня, відомості узгодження комплектуючих виробів, проводять порівняльну оцінку. Вибирають оптимальний варіант і проводять його обґрунтування.

Ескізний проект повинен містити креслення загальних видів виробу і основних визначальних його вузлів, технологічні карти, таблиці, маршрути обробки, схеми, записку пояснення, схему обробки і габаритів робочого простору, схему вбудови машини в технологічну лінію, вирішення принципів схем гідро-, пневмо- і електроустаткування, кінематичну схему, циклограму і графічні опрацювання і т. д.

На кресленнях ескізного проекту допускається схемне зображення вузлів. Штрихувати деталі, які потрапили в розріз, необов'язково. На кресленнях рекомендується проставляти тільки ті розміри, які потрібні для довідок і використовуються в пояснювальній записці. Замість збільшення кількості проєкцій на цій стадії допускається використання виривів і перетинів. Креслення на даній стадії доцільно виконувати в масштабі 1:1, оскільки це дає чітке уявлення про конструкцію, пропорції, ув'язку машини.

У пояснювальній записці до ескізного проекту наводяться результати конструкторської опрацювання, у тому числі опис принципу роботи виробу, техніко-економічні показники, а також пропозиції щодо подальших конструкторських і експериментальних робіт. У пояснювальній записці встановлюються вимоги до робіт, які повинні бути проведені при технічному проектуванні.

Зазвичай технічна пропозиція передує ескізному проекту, але ескізний проект може розроблятися відразу безпосередньо за технічним завданням.

3.4 Технічний проект

Технічний проект є основним етапом, на якому завершується стадія творчого створення проекту. Мета технічного проектування – остаточне визначення компоновання виробу, вузлів, деталей, підведення остаточного оцінного підсумку за проектом.

На цьому етапі визначаються конфігурації і розміри деталей, кожного вузла, їх взаємне розташування, переміщення і крайні положення рухомих частин, ухвалюється остаточне рішення по функціонально-експлуатаційних, виробничо-технічних, техніко-економічних вимогах.

Остаточню обґрунтовується доцільність створення виробу в металі, технічний рівень цього виробу, розкривається його дійсна ефективність, уточнюється технічна характеристика, ув'язуються креслення з можливостями виробництва, ведеться і частково закінчується узгодження купувальних виробів, дефіцитних матеріалів тощо.

На кресленнях наносять всі посадочні розміри з допусками, посадками, указують частоту обертання і швидкості подовжніх переміщень, наносять ланцюжки розмірної ув'язки, проставляють дані, що характеризують передачі (модулі, числа зубів, діаметри шківів і т. д.), прив'язують сусідні вузли. Креслення загальних видів вузлів виконують обов'язково в двох-трьох проекціях з розрізами і перетинами.

Технічний проект передуює етапу розробки робочої документації, тому він повинен більш повно визначати проектувану конструкцію і містити остаточний техніко-економічний розрахунок. Від ступеня відпрацювання технічного проекту значною мірою залежать терміни виконання та якість робочої документації.

Номенклатуру конструкторських документів технічного проекту встановлює ГОСТ 2.102-2013 (табл. 3.6, 3.7) [101].

Таблиця 3.6

Роботи, що проводяться при розробці технічного проекту

Робота	Зміст роботи
Розробка остаточних технічних рішень	Остаточна розробка конструктивних рішень виробу і його основних складових частин. Виконання техніко-економічних розрахунків та розрахунків розмірних ланцюгів. Розробка уточнених кінематичних, електричних, пневматичних і гідравлічних схем, систем змащування та ін. Розробка циклограм роботи машини і окремих механізмів. Розробка технічних рішень, що забезпечують показники надійності. Проведення заходів по забезпеченню заданого рівня стандартизації та уніфікації виробу.
Аналіз конструкції та оцінка виробу	Аналіз конструкції виробу на технологічність і відпрацювання його на технологічність. Оцінка виробу щодо його відповідності вимогам ергономіки, технічної естетики. Оцінка можливості транспортування, зберігання і монтажу. Оцінка експлуатаційних даних виробу (взаємозамінність, зручність обслуговування, ремонтпридатність, контроль якості виробу тощо). Оцінка технічного рівня і якості виробу. Перевірка виробу на патентну чистоту і конкурентоспроможність, оформлення заявок на винаходи. Перевірка відповідності прийнятих рішень вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії.
Забезпечення працездатності та виготовлення виробу	Розробка, виготовлення та випробування макетів, необхідних для перевірки конструктивних рішень. Остаточне оформлення заявок на розробку і виготовлення нових виробів і матеріалів, що застосовуються в розроблюваному виробі. Виявлення номенклатури покупних виробів, погодження застосування покупних виробів. Розробка креслень складальних одиниць і деталей, якщо це необхідно, спеціальних пристосувань і обладнання, потрібних для виготовлення виробу.
Погодження проекту	Розгляд, погодження та затвердження документів технічного проекту. Узгодження габаритних, встановлювальних і приєднувальних розмірів з замовником або основним споживачем. Складання переліку робіт, які слід провести на стадії розробки робочої документації.

**Конструкторські документи технічного проекту
та вимоги до їх виконання**

Шифр документа	Документ	Вимоги до виконання
–	Креслення деталі	Може бути поєднане з габаритним кресленням (ГК)
ВЗ ТК ГК по ГОСТ 2.701-2008	Креслення загального виду Теоретичне креслення Габаритне креслення Схеми	Креслення загального виду для технічного проекту, як і для ескізного проекту. Крім того, при необхідності приводять: вказівки про вибрані посадки деталей; технічні вимоги до виробу (застосування покриттів, методів зварювання тощо); технічні характеристики виробу.
ВП ВВ	Відомість покупних виробів Відомість погодження застосування покупних виробів	Складається на вироби, призначені для самостійного постачання. Відомість покупних виробів, з проставляється згідно ГОСТ 2.106-96.
ТП	Відомість технічного проекту	Складається на вироби; у ній записуються всі конструкторські документи в порядку, встановленому ГОСТ 2.106-96.
ПЗ	Пояснювальна записка	Виконується за ГОСТ 2.106-96.
ТВ	Технічні умови	Складають на вироби, призначені для самостійного постачання за ГОСТ 2.114-2016.
ПМ	Програма і методика випробувань	–
ТБ	Таблиці	–
РР	Розрахунки	Можуть бути суміщені з ПЗ
Д..	Документи інші	
ПФ	Патентний формуляр	Виконується у відповідності з вимогами ДСТУ 3574-97.
КР	Карта технічного рівня і якості продукції	–

У пояснювальній записці наводять: докладний опис конструкції і принципу роботи, опис роботи всіх схем, що входять до складу документації; обґрунтування застосовуваних матеріалів, термообробки і покриттів; вимоги до точності виготовлення та складання виробів; остаточні техніко-економічні розрахунки.

Однією з головних задач розробки технічного проекту є надання розроблюваному виробу таких властивостей, які можуть бути реалізовані при мінімальних трудових і матеріальних витратах як у споживача, так і виробника об'єкта.

3.5 Робочий проект

Робочий проект – це визначення конфігурації і основних розмірів деталей і їх взаємозв'язку у вузлі, виробі, розробка загальних видів вузлів і решти технічної документації. Мета робочого проектування – надання кресленням вигляду, зручного для виробництва. Сутність робочого проектування – остаточна розробка всієї технічної документації проекту [101].

Робоча конструкторська документація розробляється для виготовлення дослідного зразка настановних серій і серійного або масового виробництва. На цій стадії вирішуються не принципові конструкторські розробки (вони остаточні розроблені на проектних етапах), а питання конструкторських і технологічних розробок оригінальних деталей. ГОСТ 2.103-68 передбачає створення робочої конструкторської документації та коригування її по результатам випробування дослідного зразка (дослідної партії), виготовленого за вказаною конструкторською документацією.

Під час виконання робочого проекту проводять опрацювання зауважень замовника і виготівника за попередніми стадіями проектування, видачу завдань співвиконавцям, завдання масштабу виконання загального виду вузла, складання специфікацій і графіку робіт.

Розробляють компоувальні креслення виробів, вузлів, конструкцій елементів виробу і деталей, необхідні схеми, технічні вимоги. Виконують розрахунки, що дозволяють обґрунтовано задавати її параметри і техніко-економічні показники, проводять аналіз конструкції на технологічність з урахуванням можливостей підприємства-виготівника виробу. Оцінюють конструкцію з точки забезпечення ергономіки, естетики, техніки безпеки, надійності, експлуатаційних показників, ремонтпридатності, зручності обслуговування і так далі. Враховують результати експериментальних робіт і на їх основі коректують проект. Завершують роботи по перевірці на патентну чистоту, оформляють патентний формуляр, заявки на винахід, проводять узгодження комплектуючих виробів, відливок тощо. Проект оцінюють по технічному рівню, ефективності, конструктивності, собівартості і т. д., завершують уточнення технічного завдання. Захищають проект у виготівника і при необхідності у замовника.

Робочий проект завершує процес проектування. На даній стадії розробляються креслення деталей, монтажні схеми, складаються експлуатаційні документи. До здійснюваних при цьому технічних робіт належать контроль креслень, складання технічних вимог, простановка розмірів і допусків від технологічних баз, вибір квалітетів точності і параметрів шорсткості, виявлення вимог до форм деталей, вказівка на кресленнях вимог про термічної, хіміко-термічної і зміцнювальної обробки і т. д.

Під час робочого проектування допрацьовують загальні види вузлів, розробляють креслення деталей і зварних елементів, завершують всі розробки. Проводять контроль (конструкторський, технологічний, нормалізаційний, метрологічний), допрацьовують креслення загальних видів вузлів

після закінчення деталювання і контролю по наявних зауваженнях, пов'язують компоувальні креслення, завершують всі узгодження і оформлення всієї документації на проект. Остаточо комплектують проект і передають його підприємству-виготівнику. Після цього проводиться виготовлення та випробування дослідного зразка, установочних серій, головної серії; коректування конструкторських документів по результатам виготовлення та випробування.

Стадія розробки робочої конструкторської документації найбільш тривала і вимагає найбільших витрат часу і коштів, тому важливе значення має раціональна організація розробок і ув'язка всіх вирішуваних питань різними виконавцями. У розробці робочої конструкторської документації застосовується безліч способів і прийомів раціонального створення конструкцій виробів. Всі вони об'єднуються за такими основними принципами конструювання: найбільшою експлуатаційною продуктивністю; найменшою вартістю виробництва та експлуатації; найменшою матеріаломісткістю та енергоємністю; найбільшою надійністю; оптимальною уніфікацією та стандартизацією.

Підсумовуючи вищесказане, слід зауважити, що наявність всіх проектних стадій розробки конструкторської документації (технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний і технічний проекти) необов'язкова. Вони застосовуються залежно від новизни і складності розроблюваної конструкції і залежно від програми випуску. Нерідко окремі стадії розробки об'єднуються, і, таким чином, скорочуються проектні роботи. Об'єднання стадій розробки не означає, що можна ігнорувати вимоги до розроблюваної конструкції, властиві стадії, на якій вирішено не випускати проектну документацію. Необхідно пам'ятати, що надмірне скорочення проектних документів призводить до погіршення якості робочої документації, а це може викликати зайву витрату коштів і часу при впровадженні.

Для простих виробів одиничного виробництва розробка ведеться зазвичай в одній стадії – техно-робочий проект. У ньому не випускається проектна документація, а обмежуються розробкою робочих креслень.

3.6 Розрахунки при проектуванні

Проектування технологічних ліній і машин нерозривно пов'язане з розрахунками. Конструкція проектного виробу обумовлена складом, устроєм, параметрами і взаємним розташуванням її частин: машин, апаратів, приладів та іншого обладнання, а також складальних одиниць і деталей, з яких це обладнання складається.

Процес конструювання полягає в проведенні графічних та розрахункових операцій з метою вибору та обґрунтування таких варіантів конструктивних рішень, які забезпечують розробку оптимальної конструкції, що відповідає вимогам технічного завдання по функціонально-технічним

параметрам, надійності, технологічності, безпеки, нешкідливості, ергономічності і естетичності.

При проектуванні обладнання харчових виробництв застосовуються такі види розрахунків:

- технологічні (розрахунок режимів обробки, продуктивності, ритму, такту і т. ін.);
- енергетичні (розрахунок двигунів, приводів, нагрівачів, охолоджувачів, енергоносіїв і т. ін.);
- геометричні (розрахунок розмірних ланцюгів, координат, зазорів і натягів і т. ін.);
- кінематичні (розрахунок передавальних відносин кінематичних ланцюгів, розрахунок траєкторії і т. ін.);
- міцнісні (розрахунок навантажень, напружень, міцності, деформацій і т. п.);
- динамічні (розрахунок сил, швидкостей, прискорень і т. п.);
- жорсткості та вібростійкості (розрахунок жорсткості, коливань, вібрацій і т. ін.);
- гідравлічні та аеродинамічні (розрахунок форми найменшого опору для рухомих тіл і т. ін.);
- надійності (розрахунок працездатності, довговічності, безвідмовності, терміну служби і т. ін.);
- економічні (розрахунок трудомісткості, маси, вартості, ефективності і т. ін.) [104].

При цьому основні параметри технологічного обладнання або лінії залежать, насамперед, від заданої продуктивності.

Технологічний розрахунок. При такому розрахунку враховують параметри, види і особливості технологічного процесу, здійснюваного на обладнанні розроблювальної конструкції. В основі технологічного розрахунку лежать: технічне завдання, в якому зазначені продуктивність лінії і груповий асортимент готової продукції; стандарти, рецептури та технологічні інструкції з вироблення виробів; інструкції з визначення виробничих потужностей підприємств відповідної галузі харчового підкомплексу АПК та інша нормативно-технічна документація.

Технологічний розрахунок включає в себе розрахунки розмірів і швидкостей робочих органів конструкцій, розрахунки характеристик теплообмінних поверхонь апаратів.

Об'ємна витрата будь-якого i -го компонента W_i (м³/год):

$$W_i = \frac{P_T \cdot \gamma_i}{100 \rho_i},$$

де P_T – теоретична продуктивність лінії, кг/год; γ_i – масова частка i -го компонента в випущеній продукції, %; ρ_i – густина (насіпна маса) i -го компонента, кг/м³.

Визначення основних конструкторських характеристик обладнання (місткості, робочих об'ємів, розмірів і швидкостей робочих органів і т. д.) істотно залежить від принципів його роботи: чи є конструкція періодичної або безперервної дії. У першому випадку конструктивні параметри залежать як від продуктивності основного обладнання для обробки продукту, так і від тривалості завантаження і вивантаження. У другому випадку тривалість завантаження і вивантаження не враховують, оскільки вони поєднані в часі з обробкою продукту, але при цьому необхідно визначити швидкість його переміщення.

Для конструкції періодичної дії місткість робочої ємності V_n (м^3):

$$V_T = \sum W_i \cdot T_u \cdot K_3,$$

де $\sum W_i$ – сумарна об'ємна витрата оброблюваних компонентів, $\text{м}^3/\text{год}$; T_u – тривалість циклу (сумарний час на завантаження, обробку і вивантаження продукту), год; K_3 – конструктивний коефіцієнт запасу, що враховує розширення або вспінювання оброблюваного продукту, нерівномірність порцій, утворення воронки при перемішуванні рідини і т. п.

За розрахованим значенням місткості робочої ємності визначають габаритні розміри, задаючись її формою і виходячи з конструктивних міркувань.

Для конструкцій безперервної дії місткість робочої частини, що пропускає потік оброблюваного продукту, V_H (м^3):

$$V_T = \sum W_i \cdot \tau_n \cdot K_3,$$

де τ_n – тривалість технологічної операції, год.

При розробці конструкцій безперервної дії одне з важливих завдань попередніх досліджень і експериментів – обґрунтований вибір швидкості впливу робочих органів або робочого середовища на оброблюваний продукт (наприклад, частота обертання ножів кутера). Оптимальне значення цієї швидкості залежить від багатьох факторів: хімічної, фізичної або мікробіологічної природи технологічного процесу, структурно-механічних характеристик оброблюваного продукту, конструктивного виконання робочих органів і т. ін.

При конструюванні технологічних машин слід мати на увазі, що параметри режиму впливу робочих органів на продукт насамперед повинні забезпечити ефективну і високоякісну його обробку. Режими впливу повинні бути такими, щоб були виключені негативні наслідки обробки і зниження харчової цінності оброблюваного продукту через зміну його хімічного складу і споживчих властивостей.

Як правило, до початку конструкторських робіт оптимальну швидкість впливу слід визначити на етапі попередніх досліджень і рекомендувати розробникам у вигляді вихідних даних. За відомою швидкості потоку можна визначити поперечний переріз потоку F (м^2) і довжину L (м) робочої частини конструкції:

$$F = \frac{\sum W_i}{v}, \quad L = v \cdot \tau_n,$$

де v – швидкість потоку, м/год.

По знайденому значенню перерізу потоку можна обчислити перетин каналу, врахувавши поправочні коефіцієнти, що враховують нерівномірність заповнення каналу, нерівномірність і коливання швидкості, опору потоку і т. д. Знаючи перетин каналу та керуючись конструктивними міркуваннями, можна визначити його форму і геометричні розміри.

Кінематичний розрахунок. Основні кінематичні параметри робочих органів необхідно знати для того, щоб отримати одиницю продукції (або одиниці проміжного продукту) в суворо певний відрізок часу – робочий цикл, який є величиною, зворотною продуктивності. Тому, обробляючи продукт (безперервно або періодично), робочі органи повинні мати заданий ритм руху, переміщуючись з необхідною швидкістю або частотою обертання. Встановивши робочий цикл конструкції, можна знайти потрібний ритм роботи її окремих робочих органів, а при відомих конструктивних параметрах останніх обчислити їх необхідні швидкості руху.

При виборі законів руху і параметрів робочих органів потрібно враховувати прискорення останніх, так як при великому прискоренні зростають сили інерції, що діють як на оброблюваний продукт, так і на опори робочого органу. При великих значеннях сил інерції може порушуватися зв'язок робочого органу та продукції, в результаті чого технологічна операція буде виконуватися неякісно.

Виконуючи кінематичний розрахунок приводу пристрою, визначають основні кінематичні параметри, які повинні бути зазначені потім на кінематичній схемі. Крім того, ці дані необхідні для розрахунку елементів приводу на міцність.

Циклограми розробляють для взаємної ув'язки структури виконавчого механізму, до складу якого входить робочий орган, що обробляє продукт, і кінематика окремих ланок цього механізму. У циклограмі відображені сукупність, тривалість і співвідношення робочих і холостих ходів, а також зупинок (вистоїв) робочих органів пристрою. Циклограма дає наочне уявлення про злагоджену роботу окремих механізмів, що приводять у рух робочі органи, спрямовані на виконання технологічних операцій. За циклограмою можна також визначити кінематичну взаємодію всіх робочих органів у будь-який момент часу і при необхідності знайти конкретні значення таких параметрів, як переміщення, швидкість і прискорення. Ці дані використовують для енергетичного розрахунку та розрахунку на міцність.

Енергетичний розрахунок. Такий розрахунок проектованої конструкції виконують з метою вибору її приводу, визначення його характеристик, що забезпечують працездатність і надійність конструкції з урахуванням необхідної кількості енергії. Витрата потрібної енергії залежить

від швидкості руху робочого органу і значення результуючої сили, прикладеної до нього при роботі пристрою. Результуюча сила формується взаємодією багатьох сил, що виникають при роботі технологічної машини, основними з яких є наступні.

Сили опору – це технологічні сили, на подолання яких витрачається робота, необхідна для виконання технологічного процесу. Значення цих сил залежить від багатьох факторів: фізико-механічних властивостей оброблюваного продукту, швидкості і температурних режимів обробки, продуктивності машини, матеріалу і форми робочих органів і т. п. Правильно обчислити технологічні сили надзвичайно важливо, тому що від того, наскільки точно будуть відповідати їх прийняті значення істинним навантаженням при роботі машини, залежить якість її функціонування. Зазвичай технологічні сили визначають експериментальним або розрахунковим шляхом на етапах попередніх досліджень і проектування конструкції і видають конструктору в якості вихідних даних.

Сили невиробничого опору – це сили, на подолання яких витрачається додаткова робота над тією, що необхідна для подолання корисного опору. В основному невиробничі сили пов'язані з подоланням сил тертя в кінематичних парах.

Динамічні сили – це сили інерції, що виникають при русі елементів конструкції з прискоренням. Їх значення залежить від прискорення і маси рухомих деталей конструкції.

Сили невиробничого опору і динамічні сили зазвичай розраховують при конструюванні пристрою.

Всі зазначені сили під час роботи конструкції, як правило, не залишаються постійними. За певний проміжок роботи (цикл) змінюються їх напрямки і значення. Тому дуже важливо встановити той момент часу, в який елементи конструкції виявляються навантаженими найбільшим сумарним зусиллям, за яким потім і виконують енергетичний розрахунок та розрахунок на міцність. Крім того, треба брати до уваги те, що в цілому ряді технологічних машин, які перероблюють харчову сировину, пускові навантаження можуть набагато перевищувати номінальні сили, розраховані для сталого режиму роботи машини.

Розрахунок необхідної потужності передбачає обчислення необхідної кількості енергії на ведучому валу пристрою і на валу електродвигуна.

Обчисливши необхідну потужність електродвигуна, підбирають його типорозмір. Так як для розраховується приводу можуть бути обрані двигуни з різними значеннями частоти обертання валу і відповідно різні передавальні механізми, то розглядають кілька варіантів кінематичної структури приводу. Оптимальним визнають варіант, що відповідає конкретним вимогам конструктивного виконання та умовам експлуатації проектованої машини.

При цьому треба враховувати, що з підвищенням частоти обертання зменшуються маса і габарити двигуна, знижується його вартість,

але при цьому зменшується ресурс. Тому для приводу загального призначення, якщо немає спеціальних вказівок, переважно застосування двигунів з частотою обертання 1500 або 1000 хв^{-1} .

Теплотехнічний розрахунок. Такий розрахунок виконують для того, щоб визначити основні конструктивні параметри і розміри теплообмінних апаратів, а також необхідну витрату теплоносіїв (пари, води, хладагентів, повітря, топкових газів тощо). Тепловий розрахунок теплообмінних апаратів заснований на спільному рішенні рівняння теплового балансу і рівняння теплопередачі.

Отримані значення конструктивних параметрів основних робочих емоностей, органів, площ і т.п. обумовлюють як габарити зазначених елементів окремо, так і габарити проєктованих машин і апаратів. Крім того, знаючи їх, можна провести правильну раціональну компоновку окремих складових частин лінії в цілому, вибрати типи транспортувальних і допоміжних пристроїв, призначити види і місця розміщення можливих контролюючих приладів, регулюючих пристосувань і т.п.

Конструктивні параметри апарату залежать насамперед від способу передачі теплоти від одного теплоносія до іншого.

При конструюванні теплообмінної апаратури необхідно забезпечити високий тепловий потік, економічність апарату і раціональний температурний режим на опрацьований продукт.

Розрахунки на міцність. За допомогою розрахунків на міцність встановлюється технічна характеристика, розміри, форма перетинів навантажених деталей, запас міцності і довговічності у всіх умовах і при всіх навантаженнях, при яких конструкція повинна працювати.

У більшості випадків окремі параметри і розміри перерізів конструктор вибирає дослідним шляхом або виходячи з конструктивних міркувань, так як розрахунок дає занадто малі перетини, які в конструкції застосувати неможливо. Але в тих випадках, коли повинна досягатися висока точність або розробляється відповідальна конструкція, проведення розрахунків є єдиним способом досягнення оптимального результату.

На точність розрахунків впливає методика розрахунку – вибір схеми сил або параметрів, схематизація конструкції і визначення величин сил і моментів, що діють на конструкції. Застосування методики більш точних розрахунків дозволяє значно зменшити масу виробу, зменшуючи коефіцієнт запасу для відповідальних деталей до $1,3-1,5$.

Визначення схеми навантаження та основних параметрів часто буває складним. Перед проведенням динамічних розрахунків і розрахунків на міцність здійснюється вивчення та аналіз джерел сил: встановлюються види діючих сил, точки докладання та напрями їх дії, наприклад гравітаційна сила, сила інерції, сила, викликана прискоренням; сила зовнішнього впливу; сила різання; сила, викликана температурними розширеннями, і т. д.

Для спрощення розрахунків у практиці приймають спрощену схему навантажень, яка є ідеалізацією реальної схеми. Відкидаються сили і параметри, вплив яких на результат розрахунку незначний. Розрахункові схеми складних просторових систем умовно розглядаються в певних площинах, де використовується результуюча сила, а рівномірно розподілене навантаження приймається, як концентроване і т. п.

Не менш складним є визначення значень сил і параметрів, які входять в розрахунки і визначають їх точність. Діючі сили можуть бути статичними (I категорія), пульсуючими (II категорія), знакозмінними (III категорія) і ударними. Динаміка сил ускладнює визначення їх чисельного значення.

Застосування методики розрахунків, що не відповідає діючим умовам, так само як і неправильне визначення сил та параметрів і їх чисельних значень, призводить до помилки. В результаті помилки весь розрахунок втрачає своє значення, незважаючи на правильне виконання математичних дій.

Щоб створити конструкцію легку і міцну, з високими технічними показниками, конструктор зобов'язаний починати розрахунки з перших стадій проектування. На початку проектування не варто робити складних розрахунків великої точності. На початкових стадіях відомі величини і параметри недостатньо точні і можуть змінюватися в процесі подальшого проектування. Тут мають місце приблизні, попередні розрахунки за спрощеною методикою.

Розрахунки в залежності від їх місця в процесі проектування діляться на *проектні* та *перевірочні*.

Проектні розрахунки застосовуються для визначення вихідних даних для встановлення розмірів вузлів і деталей нескладної конфігурації, причому ці розрахунки ведуться за спрощеною методикою.

Основні етапи проведення проектного розрахунку:

- складають спрощену розрахункову схему сил і моментів;
- визначають розрахунком їх чисельні значення;
- вибирають матеріали по механічним і технологічним властивостям з урахуванням їх вартості та дефіцитності;
- визначають розміри деталей і погоджують їх з даними стандартів;
- вимальовують деталі в зборі і перевіряють їх на відповідність обраної конструкції.

Якщо необхідно, конфігурацію деталі міняють і розрахунок повторюють.

Іноді вигідніше вибрати конструкцію і форму виробу, керуючись накопиченим досвідом з вибору форми і розмірів подібних виробів. Потім слід провести *перевірочний* розрахунок, за основними критеріями працездатності, тобто визначити запаси міцності в розрахункових перетинах і зіставити їх з допустимими. Основні етапи проведення перевірного розрахунку такі:

- вибір матеріалу з технологічних і міцністних міркувань;
- вибір конструкції, форми і розмірів з наявного досвіду або згідно простим, наближеним розрахунками;
- визначення схеми навантаження і розрахунок навантаження;
- визначення напруги в розрахункових перетинах;
- прийняття рішення про відповідність обраної конструкції деталі.

Якщо перетин деталі не відповідає критеріям міцності, міняють її розмір або конфігурацію і повторюють розрахунок. Розрахункові розміри в небезпечному перерізі збільшують в тих випадках, коли аналітично неможливо підрахувати технологічні напруги, що діють в цих перетинах (ливарні та зварювальні напруги, викликані термообробкою складної просторової конструкції, монтажні напруги та ін.).

Якщо деталь має високий ступінь відповідальності, збільшують запас міцності. Для відповідальних деталей іноді проводять експериментальну перевірку розрахунків.

Розрахунки і конструювання пов'язані між собою, вони доповнюють і коригують один одного. Розрахунки вказують шлях, яким варто йти, щоб отримати найкращий технічний результат. Так як конструювання нерозривно пов'язане з економічними проблемами, то будь-який результат конструкторського розрахунку перевіряється з точки зору економічної доцільності. Тому всі розрахунки, які застосовуються в проектуванні, відносять до техніко-економічних.

Розрахунки покликані дати відповідь на питання, з яких конструктор не має експериментальних даних, щоб забезпечити надійність, працездатність і ефективність конструкції.

4 НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

У сучасних умовах швидкого технічного прогресу зростання обсягів виробництва на підприємствах харчової галузі в ряді випадків виявляються ефективними тільки при високому темпі оновлення парку обладнання. Причиною тому є інтенсивний розвиток технології харчових виробництв, який обумовлює як зміну технологічних процесів, що використовуються в промисловості, так і, відповідно, зміну машинно-апаратного оформлення технологічних ліній.

Застарілі типи машин і апаратів, які довгий час застосовуються в харчовій промисловості, витісняються новим високопродуктивним і економічним устаткуванням. Це обладнання характеризується підвищеними швидкостями технологічних процесів переробки сировини, розширеними технологічними можливостями, підвищеним рівнем автоматизації при можливому зменшенні розмірів обладнання і зниженні витрат на обробку одиниці готової продукції тощо.

Безумовно, створення нових, більш ефективних видів і моделей устаткування, а також впровадження їх у виробництво в короткі терміни були б неможливими без цілеспрямованої роботи конструкторів і постановки їх діяльності на досить міцну методичну основу.

На сьогоднішній день відпрацьовано ряд положень, які дають змогу конструкторам обладнання харчових виробництв від самого початку процесу проектування виробу вибрати найефективніші шляхи отримання «сильних», раціональних конструктивних рішень.

4.1 Задачі, які ставляться перед конструктором

Інженер-механік повинен застосовувати загальноінженерні знання для вирішення конкретних технічних завдань. Під час проектування обладнання він повинен не сліпо копіювати існуючі зразки, а осмислено конструювати, вибираючи з різноманіття конструктивних рішень найбільш доцільні варіанти, які відповідають конкретним умовам [46].

Для здійснення цієї задачі конструктор має володіти постулатами, що дозволять йому ґрунтовно проаналізувати досліджувану конструкцію та обрати найбільш раціональні шляхи її вдосконалення.

Можна сформулювати наступні вимоги, яких конструктору варто дотримуватися при створенні нових і вдосконаленні відомих конструкцій машин і апаратів:

1) підпорядковувати конструювання завданню збільшення економічного ефекту, який визначається, насамперед, корисною віддачею машини, її довговічністю та вартістю експлуатаційних витрат за весь період використання машини;

2) домагатися максимального підвищення корисної віддачі шляхом збільшення продуктивності машин і обсягу виконуваних ними операцій;

- 3) добиватися всемірного зниження витрат на експлуатацію машин шляхом зменшення енергоспоживання, вартості обслуговування і ремонту;
- 4) максимально збільшувати ступінь автоматизації машин з метою збільшення продуктивності, підвищення якості продукції і скорочення витрат на працю;
- 5) усіляко збільшувати довговічність машин як засіб підвищення фактичної чисельності машинного парку і збільшення їх сумарної корисної віддачі;
- 6) попереджати технічне старіння машин, забезпечуючи їх тривалу вживаність, закладаючи в них високі початкові параметри і передбачаючи резерви розвитку і послідовного вдосконалення;
- 7) закладати в машини передумови інтенсифікації використання в експлуатації шляхом підвищення їх універсальності і надійності;
- 8) передбачати можливість створення похідних машин з максимальним використанням конструктивних елементів базової машини;
- 9) прагнути до скорочення кількості типорозмірів машин, добиваючись задоволення потреб споживачів мінімальною кількістю моделей шляхом раціонального вибору їх параметрів і підвищення експлуатаційної гнучкості;
- 10) прагнути до задоволення потреб споживачів мінімальним випуском машин шляхом збільшення їх корисної віддачі і довговічності;
- 11) конструювати машини з розрахунком на безремонтну експлуатацію з повним усуненням капітальних ремонтів та із заміною відновних ремонтів на комплектацію машин змінними вузлами;
- 12) уникати виконання поверхонь тертя безпосередньо на корпусах деталей; для полегшення ремонту поверхні тертя виконувати на окремих, легко замінюваних деталях;
- 13) послідовно витримувати принцип агрегатності; конструювати вузли у вигляді незалежних агрегатів, що встановлюються на машину у зібраному вигляді;
- 14) виключати підбір та припасування деталей при складанні; забезпечувати повну взаємозамінність деталей;
- 15) виключати операції вивіряння, регулювання деталей і вузлів за місцем; передбачати в конструкції фіксуючі елементи, які забезпечують правильне встановлення деталей і вузлів при складанні;
- 16) забезпечувати високу міцність деталей і машини в цілому способами, що не вимагають збільшення маси (надання деталям раціональних форм з якнайкращим використанням матеріалу, застосування матеріалів підвищеної міцності, введення зміцнювальної обробки);
- 17) приділяти особливу увагу підвищенню втомної міцності деталей; надавати деталям раціональних за втомною міцністю форм; зменшувати концентрацію напружень; застосовувати втомно-зміцнювальну обробку;
- 18) вводити у машини, вузли і механізми яких працюють при циклічних і динамічних навантаженнях, пружні елементи, що пом'якшують поштовхи і коливання навантаження;

19) надавати конструкціям високої жорсткості доцільними способами, які не вимагають збільшення маси (застосування порожнистих і оболонкових конструкцій; блокування деформацій поперечними і діагональними зв'язками; раціональне розташування опор і вузлів жорсткості);

20) усіляко збільшувати експлуатаційну надійність машин, добиваючись, по можливості, повної безвідмовності їх дії;

21) робити машини невибагливими до догляду; скорочувати обсяг операцій обслуговування, усувати періодичні регулювання, виконувати механізми у вигляді агрегатів, що самообслуговуються;

22) запобігати перенапруженню машини в експлуатації; вводити автоматичні регулювальники, запобіжні та граничні пристрої, що унеможливають експлуатацію машини на небезпечних режимах;

23) усувати можливість поломок і аварій в результаті невмілого або недбалого поводження з машиною; вводити блокування, які унеможливають неправильне маніпулювання органами управління; максимально автоматизувати управління машиною;

24) унеможлилювати неправильне складання деталей і вузлів, які потребують точної координації відносно один одного; вводити блокування, що допускають складання тільки в потрібному положенні;

25) усувати періодичне змащення; забезпечувати безперервну автоматичну подачу змащувального матеріалу до з'єднань, що труться;

26) уникати відкритих механізмів і передач; укладати механізми в закриті корпуси, що запобігають проникненню бруду, пилю і вологи на поверхні тертя і дають змогу організувати безперервне мащення;

27) забезпечувати надійну страховку різьбових з'єднань від самовідвинчування; внутрішні з'єднання фіксувати методами позитивного стопоріння (шплінти, відгинні шайби тощо);

28) запобігати корозії деталей, особливо у машин, які працюють на відкритому повітрі або в контакті з хімічно-активним середовищем, застосуванням стійких лакофарбових і гальванічних покриттів і виготовленням деталей з корозійностійких матеріалів;

29) зменшувати вартість виготовлення машин шляхом надання конструкціям технологічності, уніфікації, нормалізації, зменшення металоємності, скорочення кількості типорозмірів машин;

30) зменшувати масу машин шляхом збільшення компактності конструкцій, застосування раціональних кінематичних і силових схем, усунення невігідних видів навантаження, заміни згинання на розтягування-стискання, а також шляхом застосування легких сплавів і неметалевих матеріалів;

31) всемірно спрощувати конструкцію машин; уникати складних конструкцій, що мають багато деталей;

32) замінювати в усіх випадках, де це можливо, механізми зі зворотно-поступальним рухом на вигідніші механізми з обертовим рухом;

33) забезпечувати максимальну технологічність деталей, вузлів і машини в цілому, закладаючи в конструкцію передумови найбільш продуктивного виготовлення і складання;

34) скорочувати обсяг механічної обробки, передбачаючи виготовлення деталей із заготовок з формою, близькою до остаточної форми виробу; замінювати механічну обробку продуктивнішими способами обробки без зняття стружки;

35) здійснювати максимальну уніфікацію елементів конструкції з метою здешевлення машини, скорочення термінів її виготовлення, доведення, а також з метою полегшення експлуатації і ремонту;

36) усіляко розширювати застосування нормалізованих деталей; дотримуватися ДСТУ, галузевих нормалей тощо;

37) не застосовувати оригінальні деталі і вузли там, де можна обійтися стандартними, нормальними, уніфікованими, запозиченими і купованими деталями і вузлами;

38) економити дорогі й дефіцитні матеріали, застосовуючи їх повноцінні замінники; при неминучості застосування дефіцитних матеріалів зводити їх витрату до мінімуму;

39) прагнути, як загальне правило, до здешевлення виготовлення, але не обмежувати витрати на виготовлення деталей, які є ключовими для довговічності і надійності машини; виконувати такі деталі з якісних матеріалів, застосовувати для їх виготовлення технологічні процеси, що забезпечують найбільше підвищення надійності і терміну служби;

40) надавати машині простих і гладких зовнішніх форм, що полегшують догляд за машиною, її санітарну обробку та утримання;

41) дотримуватися вимог технічної естетики, надаючи машинам струнких архітектурних форм; покращувати зовнішню обробку машин;

42) зосереджувати органи управління і контролю, по можливості, в одному місці, зручному для огляду і маніпулювання;

43) робити доступними і зручними для огляду вузли і механізми, які потребують періодичної перевірки;

44) гарантувати безпеку обслуговуючого персоналу; попереджати можливість нещасних випадків шляхом максимальної автоматизації робочих операцій, введення блокувань, застосування закритих механізмів і установа захисних огорож;

45) у машинах-знаряддях і автоматах забезпечувати можливість регулювання і налагоджування механізмами ручного прокручування, повільного прокручування від приводного двигуна (з реверсом, якщо того вимагають умови налагоджування);

46) у машинах з приводом від електродвигуна враховувати можливість неправильного включення двигуна; забезпечувати можливість реверсної роботи машини або вводити запобіжні пристрої (обгінні муфти);

47) ретельно вивчати досвід експлуатації машин і оперативно вводити в конструкцію виправлення дефектів, що виявляються в експлуатації; вивчення експлуатації є найкращим засобом вдосконалення машин і ефективним способом підвищення кваліфікації конструктора;

48) безперервно удосконалювати конструкцію машин, які знаходяться в серійному виробництві, підтримуючи їх на рівні зростаючих вимог промисловості;

49) вивчати тенденції розвитку галузей економіки, що використовують проектовані машини; вести перспективне проектування, розраховане на задоволення далеких запитів споживачів;

50) при проектуванні нових конструкцій, а також машин, призначених для нових технологічних процесів, перевіряти усі нові елементи за допомогою експерименту, моделювання, завчасного виготовлення і випробування вузлів;

51) ширше використовувати досвід виконаних конструкцій, а також суміжних (а в потрібних випадках – і віддалених за профілем) галузей машинобудування.

4.2 Економічні основи конструювання обладнання

Завдання конструктора полягає у створенні машин, які повною мірою відповідають потребам промисловості, дають найбільший економічний ефект і володіють найвищими техніко-економічними і експлуатаційними показниками.

Головними показниками обладнання є: висока продуктивність, економічність, міцність, надійність, мала маса і металоємність, габарити, енергоємність, обсяг і вартість ремонтних робіт, витрати на оплату праці операторів, висока довговічність і ступінь автоматизації, простота і безпека обслуговування, зручність управління, складання і розкладання [46].

Питома вага кожного з перелічених чинників залежить від призначення машини:

- у машинах-генераторах і перетворювачах енергії на першому плані стоїть величина ККД, що визначає досконалість перетворення енергії, яка витрачається, на корисну;
- у машинах-знаряддях (технологічному обладнанні) – продуктивність, чіткість і безвідмовність дії, ступінь автоматизації;
- у металорізальних верстатах – продуктивність, точність обробки, діапазон виконуваних операцій;
- у приладобудуванні – чутливість, точність, стабільність свідчень;
- у транспортній техніці, особливо в авіаційній і ракетній, – мала маса конструкції, високий ККД двигуна, що обумовлює малу масу бортового запасу палива.

Проектуючи машину, конструктор повинен добиватися всебічного збільшення її рентабельності і підвищення економічного ефекту за весь період роботи. Величина економічного ефекту залежить від широкого комплексу технологічних, організаційно-виробничих і експлуатаційних чинників. Розглянемо лише ті способи підвищення економічності, які безпосередньо пов'язані з конструюванням і залежать від діяльності конструктора.

Економічний чинник відіграє первинну роль у конструюванні. За частковими аспектами конструкції не слід забувати про основну мету конструювання – збільшення економічного ефекту машин.

Багато конструкторів вважають, що економічно конструювати – означає зменшувати вартість виготовлення машини, уникати складних і дорогих рішень, застосовувати найдешевші матеріали і найпростіші способи обробки. Це тільки невелика частина завдання. Головне значення має те, що економічний ефект визначається величиною корисної віддачі машини і сумою експлуатаційних витрат за весь період роботи машини.

Вартість машини є тільки однією – не завжди головною, а інколи й дуже незначною – складовою цієї суми.

Економічно спрямоване конструювання повинне враховувати весь комплекс чинників, які визначають економічність машини, і правильно оцінювати відносне значення цих чинників. Це правило часто ігнорують. Прагнучи до здешевлення продукції, конструктор нерідко добивається економії в одному напрямі і не помічає інших, набагато ефективніших шляхів підвищення економічності. Більш того, часткова економія, здійснена без урахування сукупності всіх чинників, нерідко веде до зниження сумарної економічності машин.

Головними чинниками, які визначають економічність машин, є величина її корисної віддачі, довговічність, надійність, витрати на оплату праці операторів споживання енергії і вартість ремонтів.

Нехай H – період експлуатації машини, h – фактичний час роботи машини за цей період. Середній за період експлуатації коефіцієнт використання буде

$$\eta_{ек} = \frac{h}{H}$$

Якщо машина працює до вичерпання свого механічного ресурсу, то h є довговічністю машини D (загальне можливе її напрацювання за період експлуатації). Тоді

$$\eta_{ек} = \frac{D}{H}$$

Величина $\eta_{ек}$ для машин, які працюють за календарним режимом, залежить головним чином від кількості робочих змін і холостого часу (простої через несправності машини, недовантаження через порушення виробничого ритму).

При роботі в одну, дві і три зміни середні значення коефіцієнта використання відповідно $\eta_{ек} = 0,2; 0,4; 0,6$. При цілорічній безперервній роботі $\eta_{ек} = 0,95-1$. У машин періодичної дії, наприклад машин сезонного застосування (консервне виробництво), коефіцієнт використання знижується.

Рентабельність машини q виражається відношенням корисної віддачі машини V_d за певний період до суми витрат P за той же період:

$$q = \frac{V_d}{P}$$

Сума витрат у загальному випадку складається з вартості: E_n – енергії, яка витрачається, M_T – матеріалів і заготовок, I_n – інструменту, Pr – оплати праці операторів, Ob – технічного обслуговування, P_m – ремонту, H_k – накладних цехових і заводських витрат, A_m – амортизаційних витрат:

$$P = E_n + M_T + I_n + Pr + Ob + P_m + H_k + A_m.$$

Величина q має бути більшою 1, інакше машина працюватиме збитково і сенс її існування втрачається.

Річний економічний ефект від роботи машини (річний дохід)

$$Q = O_T - P = O_T \left(1 - \frac{P}{O_T}\right) = O_T \left(1 - \frac{1}{q}\right),$$

де O_T – річна віддача, грн./рік; P – сума експлуатаційних витрат, грн./рік.

Сумарний економічний ефект $\sum Q$ за весь період служби машини (загальний прибуток) дорівнює різниці сумарної віддачі $\sum O_T$ і суми витрат $\sum P$ за період служби

$$\sum Q = \sum O_T - \left(\begin{array}{l} \sum E_n + \sum M_T + \sum I_n + \\ + \sum Pr + \sum Ob + \sum P_m + \\ + \sum H_k + \sum A_m \end{array} \right).$$

Віддача машини і експлуатаційні витрати, за винятком $\sum A_m$ і $\sum P_m$, пропорційні тривалості фактичної роботи за h період експлуатації.

Амортизаційні витрати за період експлуатації дорівнюють вартості C машини. Ремонтні витрати не перебувають в прямій залежності від h ; їх розмір і періодичність визначаються умовами експлуатації і надійністю машини.

Виділяючи чинники $\sum P_m$, отримуємо

$$\sum Q = h[O_T - (E_n + M_T + I_n + Pr + Ob + H_k)] - \sum P_m - C.$$

Якщо машина працює до вичерпання механічного ресурсу, то

$$\sum Q = D[O_T - (E_n + M_T + I_n + Pr + Ob + H_k)] - \sum P_m - C.$$

Підвищення віддачі може виражатися або в збільшенні кількості одиниць продукції, або в збільшенні вартості кожної одиниці (підвищення якості продукції, збільшення обсягу операцій, виконуваних над заготовкою). У першому випадку витрата матеріалів та інструменту пропорційна віддачі $M_T = I_n = aO$, де a – частка вартості матеріалу та інструменту у вартості продукції, що коливається залежно від профілю продукції в межах 0,1–0,5.

В такому випадку рівняння набуває наступного вигляду:

$$\sum Q = D[O_T(1 - a) - (E_n + Tr + Ob + H_k)] - \sum P_m - C.$$

Накладні витрати прийнято виражати в частках трудових витрат: $H_k = bTr$, де b – чинник пропорційності, що коливається залежно від типу і організаційної структури виробництва в межах 0,5–3.

Тоді отримуємо

$$\sum Q = D[O_T(1 - a) + E_H + (1 + b)T_P + O_B] - \sum P_M - C.$$

Термін окупності $H_{ок}$ визначається як період служби, при якому сумарний економічний ефект дорівнює вартості машини, тобто

$$C = H_{ок}\eta_{ек}(O_T - P) - A_M,$$

де P – річні експлуатаційні витрати

$$P = E_H + M_T + I_H + P_P + O_B + H_K.$$

Витрати на ремонт, як правило, вельми малі і в перші роки експлуатації їх ігнорують.

Витрати на амортизацію за термін окупності

$$A_M = \frac{CH_{ок}}{H} = \frac{CH_{ок}\eta_{ек}}{H},$$

де H – період служби машини.

Після підстановки значення A_M отримуємо $H_{ок} = \frac{C}{\eta_{ек}(O_T - P - \frac{C}{D})}$.

Назвемо коефіцієнтом експлуатаційних витрат відношення k суми витрат за весь період роботи машини до її вартості

$$k = \frac{\sum P}{C} = \frac{D(E_H + M_T + I_H + P_P + O_B + H_K) + \sum P_M + C}{C}.$$

Тоді рівняння можна представити у вигляді

$$\sum Q = DO_T - kC.$$

Коефіцієнт вартості машини (відсоткове відношення вартості машини до суми витрат)

$$c = \frac{C}{\sum P} 100\% = \frac{1}{k} 100\%.$$

Як видно, коефіцієнт експлуатаційних витрат зростає зі збільшенням довговічності і при великих значеннях D може досягати 50÷100. Відповідно знижується частка вартості машини в загальній сумі витрат.

Структурний аналіз. Визначимо залежність економічного ефекту від довговічності, віддачі та експлуатаційних витрат.

Підвищення вартості машини, спрямоване на збільшення її довговічності, є цілком доцільним, оскільки вигреш від збільшення довговічності набагато перевершує зниження економічного ефекту через здорожчання машини. Наприклад, збільшення початкової довговічності в 5 разів (з 2 до 10 років), яке супроводжується підвищенням вартості машини навіть удвічі, збільшує економічний ефект в 9 разів.

Зниження енергоспоживання (збільшення ККД обладнання) в цьому випадку впливає у край незначно. Підвищення ККД навіть на 20 % збільшує економічний ефект при $B=1$ рік тільки на 2,5 % а при $B = 10$ років – на 1,3 %.

Зниження витрат на працю (часткова автоматизація, яка допускає застосування менш кваліфікованої праці) в реальних межах на 30 % збільшує економічний ефект порівняно з початковим в 1,35 разу при $B=1$ рік і в 1,2 разу при $B=10$ років.

Найефективнішим є збільшення віддачі (підвищення продуктивності обробки, застосування спеціалізованого оснащення, автоматизація тощо). Так, збільшення віддачі в 1,5 разу підвищує економічний ефект порівняно з початковим в середньому в 2 рази, а збільшення віддачі удвічі – в 3 рази.

Наведений розрахунок є схематичним. Окрім обумовлених вище припущень, які спрощують, в ньому не врахована динаміка зміни експлуатаційних чинників, наприклад вірогідного підвищення вартості енергії та матеріалів з часом, зменшення продуктивності обладнання у міру зношування. Проте він дає виразне уявлення про вплив експлуатаційних витрат на економічний ефект для машин-знарядь (технологічного обладнання). В інших категоріях машин і при іншій структурі експлуатаційних витрат вплив різних чинників на економічний ефект може бути іншим.

Існує широка категорія машин (неавтоматизовані металорізальні верстати, автомобілі, дорожні, будівельні, сільськогосподарські машини тощо), які не можуть функціонувати без постійно прикріпленого оператора. Тут витрати на працю відносно великі і не піддаються істотному скороченню. Відповідно є невеликим значення вартості машини в сумі експлуатаційних витрат, як це показано в попередньому прикладі.

У машин, які тривалий час можуть функціонувати без участі оператора (електродвигуни, електрогенератори, насоси, компресори тощо), витрати на працю складаються тільки з вартості періодичного догляду і спостереження за їх роботою.

У деяких галузях промисловості, що використовують високомеханізоване устаткування з великою кількістю однотипних одиниць (наприклад текстильна промисловість), значного скорочення витрат на працю можна досягти переходом на багатOVERSTATNE обслуговування.

До машин, в яких витрати на працю мінімальні, відносять напівавтомати і автомати. У цієї категорії машин вищою є відносна роль вартості машини.

У теплових машин та апаратів чинник енергоспоживання відсоує на задній план вартість машини, а інколи і витрати на працю. Є машини, в яких витрата енергії незначна внаслідок високого ККД (електрогенератори, редуктори тощо). Якщо, до того ж, невелика і витрата на оплату праці, то вартість машини набуває домінуючого значення.

Вартість машини за інших рівних умов вирішальною мірою залежить від серійності випуску. При масовому випуску вартість машини невелика і її роль в експлуатаційних витратах значно менша, ніж у машин малосерійного або, тим більше, індивідуального випуску.

Слід зазначити, що разом зі зменшенням індивідуальної вартості машин існує ефективніший спосіб зниження вартості машинобудівної

продукції в цілому – скорочення номенклатури об'єктів виробництва шляхом вибору раціонального типажу машин і задоволення потреб споживачів найменшою кількістю їх типорозмірів.

У машин деяких класів велике значення мають витрати на амортизацію, обслуговування і ремонт виробничих будівель і споруд. Ці витрати можуть багаторазово перевищувати витрати, пов'язані з експлуатацією машин.

Економічний розрахунок, подібний наведеному вище, дозволяє у кожному окремому випадку визначити структуру експлуатаційних витрат, їх відносну роль і встановити основи раціонального, з економічної точки зору, проектування машини.

Як загальне правило економічний ефект найбільшою мірою залежить від величини корисної віддачі і довговічності машини. Ці чинники повинні стояти в центрі уваги при конструюванні машин. Таке ж велике значення має надійність, що визначає обсяг і вартість ремонтів, виконуваних за час експлуатації машин. У попередньому прикладі роль вартості ремонтів дещо затушована тим, що в розрахунку прийнята примірна вартість ремонту, приблизно однакова за весь період експлуатації вартості машини. Інакше кажучи, вартість ремонту прийнята такою, якою вона має бути при правильній конструкції машини і раціональній її експлуатації у стабільній економічній ситуації.

На практиці витрати на ремонт можуть досягати дуже значної величини, перевищуючи в деяких випадках вартість машин у декілька разів. Інколи витрати на ремонт поглинають більшу частку прибутку, що приносить машина, це робить експлуатацію машини нерентабельною.

Нині актуальним є перехід на безремонтну експлуатацію. Під цим розуміють усунення капітальних ремонтів; усунення відновного ремонту і заміна його ремонтом комплектації, здійснюваним заміною зношених вузлів і агрегатів; усунення щоденних ремонтів, спричинених поломкою і зношуванням деталей, і заміна їх систематичним проведенням планово-запобіжних ремонтів.

Перехід на безремонтну експлуатацію є комплексним завданням. Передумовами рішення цієї задачі є: збільшення терміну служби зношуваних деталей, побудова машини за агрегатним принципом, що допускає незалежну заміну деталей і вузлів, що складають пари тертя; створення на машинах фіксуючих поверхонь, що не зношуються і служать базами при установленні змінних деталей.

Конструктивні заходи мають супроводжуватися організаційно-технічними заходами, головним із яких є централізоване виготовлення запасних деталей і вузлів.

Зі сказаного вище зовсім не впливає, що конструктор може послабити увагу до завдання зменшення вартості машин. Як було показано, роль чинника вартості залежить від категорії машин і може бути значною у машин з малими енергоспоживанням і витратами на купівлю, а також

у машин з відносно невеликим періодом служби. Необхідно тільки правильно оцінювати значення цього чинника серед інших чинників підвищення економічності і уміти поступитися ним у випадках, коли зменшення вартості вступає у суперечність з вимогами збільшення корисної віддачі, довговічності і надійності.

Вплив довговічності на об'єм продукції. Сумарний об'єм продукції, що видається машиною за весь період її служби ΣS , в грошовому вираженні дорівнює добутку річної віддачі O_T на фактичну тривалість її роботи

$$\Sigma S = O_T \cdot H \cdot \eta_{\text{вик.}}$$

Припускаючи, що машина відпрацьовує повний ресурс довговічності,

$$\Sigma S = O_T \cdot D.$$

Річний об'єм продукції групи машин дорівнює добутку річної віддачі кожної машини на коефіцієнт використання $\eta_{\text{вик.}}$ і кількість одночасно N машин, що знаходяться в експлуатації:

$$\Sigma S = O_T \cdot \eta_{\text{вик.}} \cdot N.$$

Кількість машин, які функціонують у кожний досліджуваний проміжок часу:

$$N = n \cdot H,$$

де n – чисельність річного випуску машин.

$$\text{Тоді: } \Sigma S = O_T \cdot \eta_{\text{вик.}} \cdot H \cdot n = O_T \cdot D \cdot n.$$

Отже, сумарний об'єм продукції, що віддається машиною за період її служби, і річний об'єм продукції групи машин, що одночасно функціонують, пропорційні добутку річної віддачі на довговічність машини.

Збільшення довговічності, наприклад в два рази, викликає збільшення об'єму річної продукції удвічі. При одночасному збільшенні в два рази віддачі об'єм продукції зростає в чотири рази. Якщо об'єм річної продукції заданий, то підвищення довговічності і віддачі дозволяє скоротити пропорційно добутку річного $n \cdot h$ випуск машин з істотним вигоном у сумарній вартості випуску машин і оплати праці при загальному підвищенні економічного ефекту.

Загальний висновок може бути наступним: збільшення корисної віддачі і довговічності – це найбільш ефективний і вигідний спосіб збільшення об'єму промислової продукції і підвищення економічного ефекту машин.

Збільшення довговічності дозволяє пропорційно скоротити річний випуск машин без зниження об'єму промислової продукції, при зменшенні загальної вартості виготовлення машин, значному зниженні експлуатаційних витрат, підвищенні рентабельності сумарного економічного ефекту.

Збільшення довговічності як спосіб підвищення чисельності машинного парку, об'єму продукції і енергонасиченості галузей економіки є незрівнянно вигіднішим, ніж просте збільшення випуску машин, що не супроводжується підвищенням їх довговічності.

Збільшення випуску машин вимагає введення нових підприємств, розширення площ і устаткування існуючих підприємств або (найбільш економічно доцільний спосіб) збільшення отримання продукції з існуючого устаткування шляхом інтенсифікації виробничого процесу. У першому і другому випадках зростають витрати на виготовлення машин. В усіх випадках зростають експлуатаційні витрати внаслідок збільшення кількості діючих машин.

Збільшення віддачі і довговічності машин, як правило, супроводжується відносно невеликим підвищенням вартості машин і, разом з тим, у зв'язку зі скороченням кількості діючих машин, зменшує експлуатаційні витрати. Кінцевий результат є таким же: збільшення фактичної чисельності парку діючих машин і збільшення об'єму промислової продукції, але при незрівнянно менших витратах і значному зростанні економічного ефекту.

Доцільно поєднувати збільшення чисельного випуску зі збільшенням корисної віддачі і довговічності машин, а в необхідних випадках і стримувати чисельний випуск, віддаючи перевагу вигіднішому способу збільшення віддачі і довговічності машин.

4.3 Основні технологічні принципи харчової технології

Як відомо, провідну роль у розвитку харчової промисловості відіграє саме технологія харчових виробництв. Вона обумовлює специфіку переробки харчової сировини та отримання кінцевого продукту із заданими поживними, смаковими і органолептичними властивостями. Таким чином, технологія визначає види і послідовність технологічних операцій, а специфіка їх проведення визначає принцип дії та зрештою конструкцію обладнання харчових виробництв.

Машини і апарати повинні задовольняти вимогам прогресивної технології, яка диктує прийняття оптимальних конструкторських рішень при створенні нового або модернізації існуючого устаткування. Саме тому конструктору необхідно знати загальні принципи харчової технології і в своїй роботі керуватися ними.

До основних технологічних принципів харчової промисловості відносять [18]:

- якнайкраще використання сировини;
- скорочення часу проведення процесу;
- раціональне використання енергії і устаткування;
- оптимальний варіант.

Дотримання цих принципів можливе лише з урахуванням фундаментальних фізико-хімічних і біологічних закономірностей переробки харчової сировини.

Найзагальнішим показником досконалості технологічного процесу є питомі або приведені витрати на одиницю продукції при обмеженнях за якістю продукції, відсутності шкоди навколишньому середовищу і дотриманні техніки безпеки.

Принцип якнайкращого використання сировини. У переробних галузях АПК вартість початкової сировини становить значну частку загальної вартості виробництва. Повне використання сировини є одним із основних методів зниження питомих витрат на виготовлення харчової продукції. Першим етапом при аналізі і синтезі технологічних схем має бути складання матеріального балансу, який враховує початкові основні, допоміжні та інертні продукти, а також цільові побічні продукти і відходи, що утворюються. Матеріальний баланс дозволяє оцінити ступінь використання початкової сировини і встановити етапи процесу, на яких його використовують ефективніше.

Матеріальний баланс технологічного процесу складають на основі балансу окремих його ділянок або одиничних елементів. За основу зазвичай приймають кількість продукту, що отримується за одиницю часу.

Основними критеріями якості сільськогосподарської сировини для виробництв, пов'язаних з виділенням із початкового продукту певних компонентів (цукор, масло, білки), є високий вміст потрібного компонента, мінімальна кількість сторонніх домішок і відсутність пошкоджень та вад сировини.

Вміст основних компонентів у сировині визначає витрату сировини на одиницю продукції. Невідповідність якості сировини технологічним вимогам веде до додаткових витрат на виробництво готового продукту.

Підвищена витрата сировини призводить до зниження продуктивності технологічної лінії по цільовому продукту, збільшення витрат праці, енергії і води на одиницю продукції, тобто до підвищення її собівартості. У випадках, коли продуктивність встановлюється по кількості сировини, що переробляється за одиницю часу, якість сировини впливає на кількість виробленої продукції і ступінь використання устаткування.

При виробленні продуктів з особливими вимогами до смаку і аромату (соки, вина) виникають труднощі при доборі сортів із відповідним складом. Особливого значення набувають терміни зберігання і переробки плодів і ягід, оскільки з часом в них змінюється склад компонентів, що впливають на якісні показники готового продукту. Такі ж проблеми виникають і в молочній промисловості.

У консервній промисловості розповсюдження механізованого збирання сировини призводить до значної кількості сторонніх домішок, порізів і пошкоджень плодів.

У випадках, коли технологічний процес відбувається без зміни складу сировини (виробництво компотів, консервація овочів), разом з чистотою сировини і відсутністю пошкоджень та вад важливу роль відіграють стандартні розміри і правильна форма сировини.

Особливо суворі вимоги до якості харчової сировини висуваються при виробництві дієтичних продуктів і продуктів дитячого харчування. Тут існують суворі обмеження щодо застосування добрив і пестицидів при вирощуванні та обробці овочів і фруктів.

Нині вирішується проблема розширення сировинних ресурсів за рахунок створення штучної їжі. Суть технології перетворення органічних речовин шляхом фізичної, хімічної і мікробіологічної обробки полягає у витяганні з них окремих складових частин і рекомбінації їх для створення харчових продуктів з новими живильними і смаковими властивостями. Особливо подібним чином можна збільшити ресурси білка.

Принцип скорочення часу проведення процесу. Інтенсифікації процесу досягають збільшенням різниці потенціалів, кінетичних коефіцієнтів і поверхні зіткнення фаз. Швидкість будь-якого процесу перетворення або розділення пропорційна рушійній силі і обернено-пропорційна опору. Рушійна сила є різницею характерних для даного процесу потенціалів або виражає віддаленість системи від стану рівноваги.

Збільшення концентрацій взаємодіючих компонентів є одним із найпоширеніших способів інтенсифікації процесу. Підвищення вмісту корисного компонента в твердій сировині називається *збагаченням*, а в рідкій і газоподібній – *концентрацією*.

Значний вплив на швидкість процесу і стан рівноваги справляє тиск. Найсильніше він впливає на швидкість процесів у газовому середовищі, а також при взаємодії газів з рідинами і твердими тілами, меншою мірою – на процеси в рідкій і твердій фазах. У харчовій промисловості зміною тиску користуються для інтенсифікації процесів випаровування, ректифікації, гідролізу полісахаридів та ін.

Для інтенсифікації процесів сорбції, десорбції і сушіння застосовують принцип зміни температури. Рушійна сила цих процесів виражається як різниця концентрацій. При зниженні температури зменшується парціальний тиск газового компонента над матеріалом, що приводить до збільшення рушійної сили і, відповідно, загальної швидкості процесу.

При одночасній зміні температури і тиску ще більше зростає рушійна сила процесу. Збільшення поверхні зіткнення фаз у гетерогенних системах, залежно від виду системи і режиму процесу, можна досягти вживанням тиску, температури, концентрації реагентів, каталізаторів тощо.

Основними способами збільшення поверхні дотику фаз у системі «газ–рідина» є: розподіл рідкої фази у вигляді тонкої плівки на поверхні насадок або створення спеціальних плівкових течій; розвиток поверхні рідкої фази за рахунок її диспергування; розвиток поверхні взаємодіючих фаз за рахунок диспергування газу в об'ємі рідини; створення зваженого шару рухомої піни. З усіх типів апаратів найбільшої поверхні зіткнення фаз для системи «газ–рідина» досягають у пінних апаратах.

Основні способи збільшення поверхні і застосування для систем «газ–тверде тіло» і «рідина–тверде тіло»: механічне перемішування подрібненого твердого матеріалу на полицях апарату, які омиваються газом або рідиною; перемішування подрібненого твердого матеріалу потоком газу або рідини; пропускання потоків газу або рідини через нерухомий шар твердого подрібненого матеріалу; перемішування зернистого матеріалу

в зваженому, киплячому шарі, який утворюється при пропусканні газу або рідини. З усіх типів апаратів найбільшої поверхні зіткнення фаз досягають при роботі в киплячому (псевдозрідженому) шарі.

Принцип раціонального використання енергії. Виробництва харчової галузі споживають велику кількість енергії, яка витрачається на проведення технологічних операцій, транспортування та інші допоміжні операції. Витрата електроенергії визначається кількістю кіловат на одиницю продукції, теплової енергії – відповідною кількістю палива або теплоти. Електрична енергія в основному використовується в приводних пристроях машин і апаратів. Теплова енергія становить основу технологічних операцій сушіння, нагріву, випаровування та ін.

Ефективність використання енергії в технологічному процесі встановлюють складанням енергетичного балансу, який базується на законі збереження маси і енергії. Для складання теплового балансу необхідно мати значення питомих теплоємностей, речовин, які беруть участь у процесі взаємодії, теплових ефектів хімічних реакцій і фазових перетворень. На основі цих даних, а також хімічного складу і кількостей взаємодіючих речовин в окремих потоках можна розрахувати статті приходу і витрати балансу окремих етапів процесу і зрештою – всього технологічного процесу.

Заощадити енергію можна за рахунок застосування сучасних типів приводів, менш енергоємних технологічних операцій, багатократного використання теплоти, зменшення її втрат в навколишнє середовище, регенерації теплоти або повторного її використання, доведення технологічних операцій до необхідного ступеня завершеності тощо. Одним із способів економії енергії є витягання її з потоку початкового продукту перед спрямуванням його на подальшу переробку.

Принцип раціонального використання устаткування. Суть цього принципу полягає в отриманні максимального виходу продукції з одиниці об'єму чи поверхні апарату (машини) або з одиниці площі (довжини) робочих органів. Він характеризує ступінь використання робочого простору.

Один із способів реалізації принципу раціонального використання устаткування – узгодження одиничних операцій і технологічних потоків. Для збільшення рівномірності потоків один періодично працюючий апарат можна замінити деякою кількістю менших апаратів. Їх кількість дорівнює кількості операцій, з яких складається процес. При цьому цикл роботи кожного подальшого апарату зміщується щодо циклів сусіднього апарату на період, який дорівнює тривалості найкоротшої операції.

При безперервних процесах узгодженість роботи устаткування ґрунтується на правильному виборі продуктивності апаратів.

Для дотримання принципу раціонального використання устаткування до машин і апаратів висувають основні вимоги: максимальна або задана продуктивність і висока інтенсивність роботи; найбільший вихід продукту з оптимальною розподільчою здатністю процесу; мінімальні енергетичні витрати на технологічні й транспортні операції; стійкість режиму, просто-

та управління і безпека при обслуговуванні; низька вартість самого апарату і ремонту, ремонтпридатність і надійність у роботі.

Принцип оптимального варіанта. Цей принцип передбачає якнайкраще поєднання послідовності операцій, їх фізико-хімічних і біологічних закономірностей, технологічних режимів, конструктивних параметрів машин і апаратів, основних законів управління і економіки відповідно до конкретних умов підприємства, які спрямовані на поліпшення якості харчового продукту і зниження витрат на його виробництво.

Цей принцип виражається у виборі такої послідовності операцій, режимів, типів машин і апаратів, порядку їх розміщення, сполучних комунікацій і засобів механізації і автоматизації, яка забезпечувала б досягнення заданих цілей при мінімальних витратах.

Поняття оптимального розміщення устаткування включає: забезпечення найменшої протяжності комунікацій; використання природних тисків для транспортування сипких продуктів і рідин; забезпечення якнайкращих умов переміщення продукту; централізоване розміщення однотипних апаратів; дотримання заданої черговості виконання операцій і правил техніки безпеки. Відступ від цих принципів допустимий тільки в тому випадку, якщо їх дотримання вступає в суперечність з вимогами охорони навколишнього середовища або охорони праці.

Принцип оптимального варіанта обов'язково передбачає вирішення питань комплексної механізації і автоматизації. У харчовій промисловості особливо гостро стоїть питання механізації трудомістких процесів на стадіях приймання сировини і відпуску готової продукції.

При визначенні доцільності проведення процесу періодичним або безперервним способом зазвичай порівнюють економічні показники обох методів, зокрема собівартість отримуваної продукції. У собівартість продукції включають: постійні витрати (амортизаційні і експлуатаційні, заробітна плата); змінні (електроенергія, пара, вода); витрати на сировину. Різниця між ціною продукту і собівартістю виробництва становить прибуток (або збиток) від роботи підприємства.

Принцип оптимізації технологічних процесів передбачає використання системи методів і засобів, що забезпечують скорочення витрат на виробництво продукції, сучасних технічних рішень, якнайкращих технологічних режимів, прогресивного устаткування, комплексної механізації і автоматизації.

4.4 Напрямки модернізації обладнання

Машини і апарати харчових виробництв мають характеризуватися високими техніко-економічними показниками, які включають основні параметри, віднесені до продуктивності устаткування.

Такими параметрами, як вже зазначалося в п. 4.2, є: маса, габарити, займана площа, витрати електроенергії, води і пари, кількість дефіцитних

матеріалів, вартість обслуговування й інші витрати, пов'язані з експлуатацією устаткування, поточними і капітальними ремонтами, вартістю машини і величиною амортизаційних відрахувань.

Якщо наведені в попередніх пунктах вимоги до роботи конструктора обладнання харчових виробництв та загальні принципи харчової технології розглядати відносно конструкції обладнання, то стає можливим визначити основні напрями модернізації технологічного обладнання харчових виробництв (рис. 4.1) [18].

У процесі технічного вдосконалення конструкції устаткування підвищується продуктивність, посилюються найбільш відповідальні вузли і деталі, зростають основні виробничі параметри (швидкість, тиск, температура), механізуються і автоматизуються допоміжні й транспортні операції. Конструкція машини має бути надійною, задовольняти вимогам ергономіки і мати належне естетичне оформлення.

Особливе значення в харчовій промисловості має вибір матеріалів для виготовлення робочих органів устаткування. Вибраний матеріал має бути стійким при дії на нього робочого середовища обробки, а також мати високу зносостійкість.

Конструкція машини повинна відповідати вимогам оптимальних технологічних процесів її виготовлення. Це досягається одночасним вирішенням двох основних завдань: забезпеченням високої продуктивності і довговічності, а також досягненням максимальної економічності у виготовленні, монтажі, експлуатації і ремонті.

Необхідно прагнути до того, щоб всі робочі органи мали індивідуальні електроприводи, а машина в цілому – автоматичне управління, що створює сприятливі умови для впровадження автоматизованої системи управління технологічним процесом.

При проектуванні нового або модернізації існуючого устаткування необхідно прагнути до того, щоб технологічний процес, який проходить у ньому, здійснювався в оптимальному режимі.

Перед початком проведення робіт з модернізації устаткування ретельно вивчають з метою визначення особливостей його конструкції і її впливу на перебіг технологічного процесу. За результатами цього встановлюють зміст і об'єм вдосконалення конструкції.

Як правило, основні конструктивні завдання щодо модернізації визначаються вимогами виробництва і станом техніки відповідної галузі в поточний момент. Проте, оскільки устаткування відібране для модернізації, слід всебічно проаналізувати можливість внесення елементів модернізації скрізь, де це допустимо без корінних переробок і де це диктується сучасними вимогами і можливостями.

Підвищення продуктивності устаткування досягають в основному за рахунок інтенсифікації технологічних процесів на основі збільшення швидкості руху робочих органів машини; зміни технологічного режиму підвищенням температури, тиску й інтенсифікації тепло/масообмінних, хімічних і біологічних процесів.

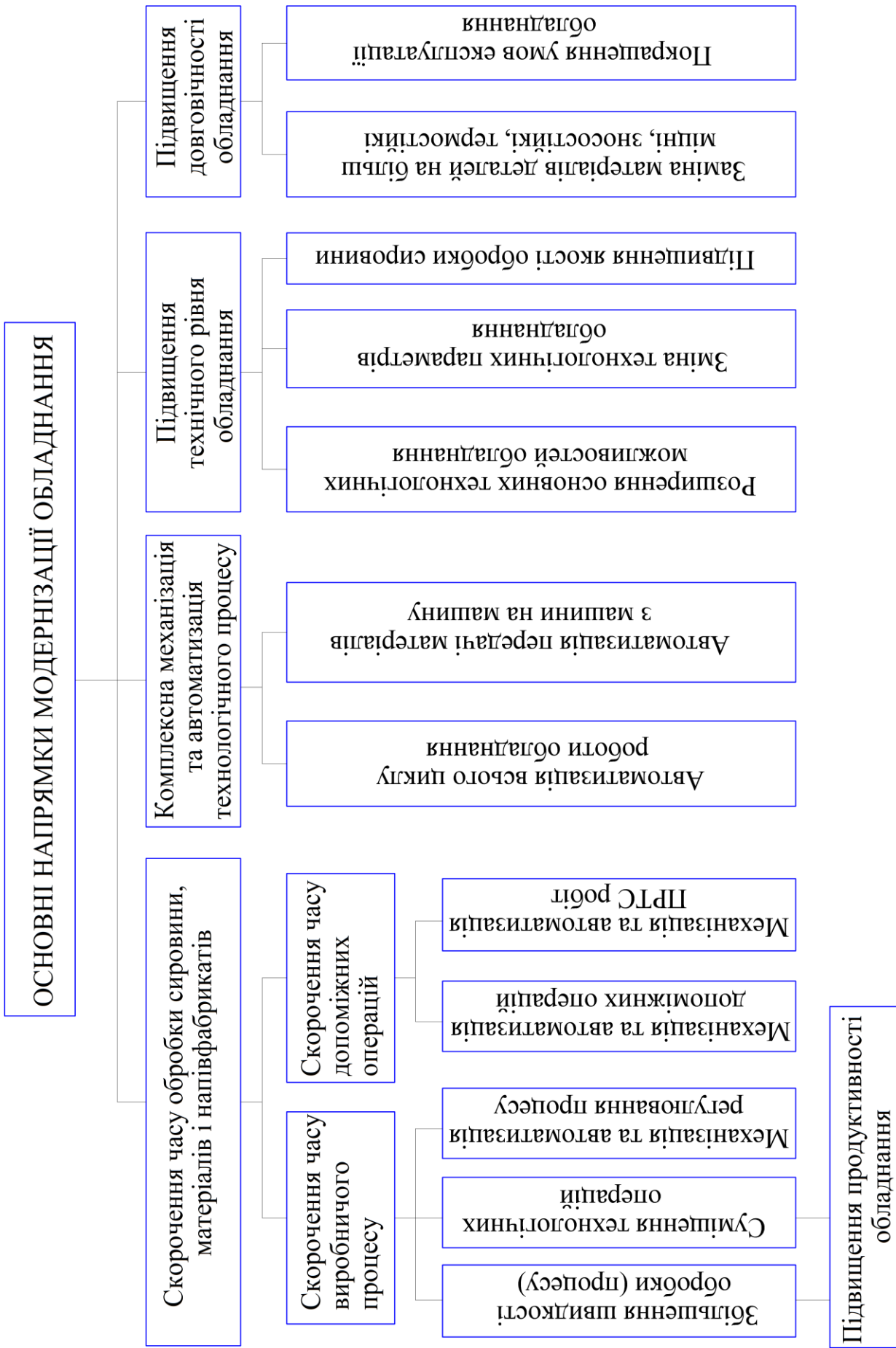


Рис. 4.1 – Напрямки модернізації обладнання харчових виробництв

Цей вид робіт вимагає перевірки розрахунком міцності конструкції в нових умовах, при необхідності їх посилення, заміни матеріалів, ряду вузлів, засобів автоматичного регулювання і контролю, введення нових запобіжних пристроїв; скорочення втрат часу підвищенням надійності роботи машин і зменшенням часу на допоміжні операції.

При модернізації обладнання періодичної дії особлива увага має бути приділена механізації подачі продукту в апарат.

Поліпшення експлуатаційних якостей устаткування досягають за рахунок підвищення довговічності деталей і механізмів, що забезпечують скорочення простоїв через ремонт, і безпеки обслуговування. Цей вид модернізації передбачає механізацію і автоматизацію робочого циклу і допоміжних операцій, механізацію підйомно-розвантажувальних транспортно-складських (ПРТС) робіт, вдосконалення управління і обслуговування устаткування, надійне і повне видалення відходів, механізацію і автоматизацію контролю якості.

Зниження собівартості устаткування досягають такими заходами: заміною дорогих або дефіцитних матеріалів дешевшими із збереженням при цьому експлуатаційних якостей обладнання, зниженням маси деталей за допомогою зміни форми і профілів, застосуванням легших матеріалів; підвищенням технологічності конструкції (заміна складних відливок і поковок простішими або зварними конструкціями, зменшення кількості і розмірів оброблюваних поверхонь тощо).

Прискорення технологічного процесу за рахунок збільшення швидкостей робочих органів. Підвищення швидкохідності робочих органів досягається за рахунок зменшення передавального числа приводу. При цьому не слід прагнути до широкого діапазону регулювання, оскільки це різко ускладнює конструктивне рішення.

При підвищенні швидкохідності машини можлива зміна навантажень на всі основні ланки, що вимагає їх посилення. При цьому розраховують запас міцності в усіх ланках кінематичного ланцюга і перевіряють потужність електродвигуна. Підвищення швидкохідності робочих органів машини зазвичай спричиняє удосконалення основних валів і підшипників, введення циркуляційної системи мащення, поліпшення якості обробки поверхонь робочих органів, додаткову термічну обробку деталей, заміну підшипників ковзання підшипниками кочення.

При підвищенні швидкохідності машини можлива поява вібрації в процесі роботи. Одним із методів боротьби з вібраціями, разом із застосуванням амортизувальних пристроїв, є підвищення жорсткості модернізованого устаткування.

Інтенсифікація технологічних режимів. При модернізації устаткування в ньому має бути створений режим роботи, який забезпечує швидший перебіг технологічного процесу. Інтенсифікація процесів дозволяє зменшити кількість і розміри устаткування, необхідного для забезпечення заданої продуктивності. Це дає змогу знизити капітальні й експлуатаційні витрати та собівартість продукції.

Всі процеси, що проходять при переробці харчової сировини, поділяються на чотири основні групи.

Механічні – процеси, основою яких є механічна дія на продукт (подрібнення, перемішування, сортування, пресування). Рушійна сила цих процесів – механічна або відцентрова дія.

Гідродинамічні – процеси, основою яких є рух у рідких і газоподібних системах (перемішування, фільтрування, осадження). Рушійна сила цих процесів – гідростатичний або гідродинамічний тиск.

Теплові – процеси, основою яких є зміна теплового стану середовища, що бере участь у процесі (нагрівання і охолодження, випаровування, конденсація). Рушійна сила цих процесів – різниця між температурами двох середовищ.

Масообмінні – процеси, основою яких є масообмін між фазами (абсорбція, адсорбція, екстрагування, сушіння, кристалізація, ректифікація). Рушійна сила цих процесів – різниця концентрацій речовин у різних фазах.

Кожний процес вимагає індивідуального підходу, але є деякі універсальні рішення: безперервність процесу; протиструминність потоків, що приводить до збільшення рушійної сили тепло-масообмінних процесів; оновлення поверхні контакту фаз, яке сприяє зниженню термічного опору; використання вторинних енергоресурсів, що дає значну економію тепла.

Інтенсивність механічних і гідродинамічних процесів можна збільшити за допомогою низькочастотних коливань (вібрації), що сприяють очищенню елементів фільтрувальних апаратів, зменшенню тертя матеріалу при його русі по поверхні (центрифугування або ін.), створенню в рідині коливань (перемішування, миття коренеплодів), зменшенню зусиль різання (різання сировини) тощо. Методи інтенсифікації і підвищення ефективності процесів миття і очищення сировини від домішок ґрунтуються на використанні струменевих течій, удару струменя об перешкоду, віялових струменів та інших різновидів гідродинамічних дій (вібротурбулізація, інфразвук, електрогідравлічний удар тощо).

Основними шляхами інтенсифікації процесу різання сировини є підвищення зносостійкості ножів і надання оптимальних форм різальній кромці. Для інтенсифікації процесів перемішування перспективним є використання кавітації і суперкавітації.

Основні способи підвищення інтенсивності роботи теплової апаратури – збільшення швидкості руху теплоносія. Цього досягають підбором труб оптимального діаметра або розбиттям пучка труб на ходи міжтрубними перегородками; поліпшення відбору конденсату і газів, які не конденсуються; повне використання поверхні нагріву. При модернізації випарних апаратів слід мати на увазі, що інтенсивність передачі тепла – від гріючої пари до киплячого розчину – в кожному корпусі випарної установки, а отже, й інтенсивність випаровування, залежить від різниці температур гріючої пари і кипіння розчину і від величини коефіцієнта теплопередачі.

Істотно інтенсифікувати теплообмін можна застосуванням різного роду коливань (вібрації, пульсації в рідині, ультразвук) як самої теплообмінної поверхні, так і середовища, яке служить теплоносієм.

На інтенсивність процесу екстрагування справляють вплив: підготовка сировини, вибір розчинника, режим роботи тощо. При модернізації екстракторів слід враховувати, що кращий контакт продукту з розчинником підвищує продуктивність апарату і збільшує глибину витягання цінних речовин з продукту. Для інтенсифікації процесу екстрагування часто застосовують циркуляцію розчинника біля границі розділу фаз за допомогою механічних дій, гідродинамічними методами, електромагнітними полями тощо. Крім того, процес екстрагування можна інтенсифікувати також активацією рідкої фази (електричне поле, дезінтеграція, кавітація та ін.), нестационарною зміною параметрів процесу (коливання температури, тиск, пульсація), збільшенням градієнта перенесення, режимними або конструктивними чинниками.

Процеси абсорбції і адсорбції можна інтенсифікувати дрібнодисперсним розпорошенням рідкої фази, секціонуванням апаратів, забезпеченням рівномірної щільності зрошування по перетину апарату, застосуванням явищ інжекції і кавітації.

Інтенсифікація процесу кристалізації може бути досягнута за допомогою додаткового введення енергії для перемішування робочого середовища (механічна або гідродинамічна циркуляція), застосуванням антиадгезійних покриттів, використанням сучасних засобів контролю процесу кристалізації. Особливо перспективним є створення вакуум-апаратів безперервної дії.

Процеси сушіння матеріалів з найбільшою інтенсивністю проходять у псевдозрідженому і розпилювальному режимі їх здійснення. Тут модернізація може бути спрямована на створення за допомогою конструктивного вирішення руху висушеного матеріалу в режимі псевдозрідження при мінімально можливій витраті теплоносія і мінімальному віднесенні часток матеріалу.

Збільшення довговічності деталей і механізмів. Основний напрям модернізації устаткування з метою збільшення його довговічності – збільшення терміну служби деталей і скорочення тривалості ремонту.

Оскільки причиною зупинки устаткування для ремонту є обмежений термін служби його деталей, збільшення довговічності устаткування досягають створенням механізмів із меншою кількістю швидкозношуваних деталей, подовженням термінів їх служби шляхом виготовлення із зносостійких матеріалів, зменшенням сил, що діють у сполученнях, поліпшенням умов експлуатації (детальніше див. Розділ 7).

При цьому необхідно вирішити такі питання: розробити нові конструкції деталей, застосувати більш зносостійкі матеріали, забезпечити якість сполучень, застосувати прогресивні методи експлуатації і ремонту.

Зниження металоємності устаткування. Зниження металоємності ґрунтується на використанні раціональних конструктивних і технологічних рішень у поєднанні з вибором сучасних матеріалів і профілів. Це безпо-

середньо пов'язано із застосуванням нових неметалічних матеріалів, міцнісні показники яких знаходяться в тих же межах, що й металеві. Вибір матеріалів безпосередньо залежить як від міцнісних властивостей, так і від корозійної стійкості, електро- і теплопровідності, технологічних та інших властивостей.

При використанні нових матеріалів для полегшених деталей і вузлів слід виходити з того, що основним критерієм є мінімально допустиме значення запасу міцності. При постійних навантаженнях приймається 1,5–2-кратний запас міцності, а при змінних – 2–3-кратний запас відносно межі втоми. Це дозволяє шляхом заміни металевих деталей пластмасовими зменшити їх масу в 2,5–6 разів, знизити собівартість в 3–6, трудомісткість виготовлення – в 3–8, а кількість технологічних операцій скоротити в 5–10 разів. До неметалічних матеріалів, які можна використовувати для заміни неіржавіючої сталі і кольорових металів, відносять також металокерамічні і керамічні, такі, що володіють високою хімічною стійкістю і електроопором. Їх доцільно застосовувати при виготовленні деталей контрольно-вимірювальних приладів, насосів для перекачування розчинів кислот, солей і лугів, пористих підшипників, фільтрів, емкостей для корозійного середовища.

При модернізації устаткування широко застосовують різні композиції з металів і пластмас (наприклад, девкон: 80 % сталі та 20 % пластмаси). Композицію з пластмаси і металевого порошку застосовують також як в'язкий герметизувальний матеріал для трубопроводів.

При цьому особливу увагу слід приділяти забезпеченню необхідного терміну служби і надійності деталей, оскільки інколи зменшення маси спричиняє необхідність підвищеної витрати запасних частин в умовах експлуатації.

Підвищення технологічності конструкцій. Порівняння конструкцій устаткування одного і того ж призначення, що випускається вітчизняними і зарубіжними підприємствами, дає можливість визначити раціональні шляхи його модернізації: заміна складних відливок і поковок простішими; скорочення номенклатури вживаних профілів, кріпильних виробів (т. зв. метизів); зменшення кількості і розмірів оброблюваних поверхонь, спрощення їх форми.

Конструктивні і технологічні вирішення машин одного і того ж призначення можуть бути різними, причому кожне з цих рішень, у свою чергу, може різко відрізнятися за масою, складністю деталей і вузлів.

При модернізації, спрямованій на підвищення технологічності конструкцій, ефективним є застосування профілів з конструктивних і жаростійких сталей і сплавів, що приводить до зниження витрати металу на виготовлення окремих деталей і вузлів (у 4–6 разів), скорочення трудомісткості виготовлення і підвищення міцності деталей устаткування.

При виготовленні деталей, що потребують механічної обробки, особливо ефективно застосування пластмас, оскільки в цих випадках витрати праці скорочуються у кілька разів через зменшення кількості і розмірів оброблюваних поверхонь та спрощення форми деталей.

5 РОЗРОБЛЕННЯ НОВИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИ ВДОСКОНАЛЕННІ ОБЛАДНАННЯ

Розвиток техніки, зокрема машин і апаратів харчової промисловості, неможливий без участі технологів, експлуатаційників, ремонтників та інших фахівців. Але найбільш суттєвий вплив на технічний прогрес у цій галузі роблять конструктори. Саме завдяки їх наполегливій праці з'являються нові типи обладнання, застосовуються нові фізичні принципи дії, ведеться прогнозування розвитку галузі.

У сучасних умовах технічного прогресу та ринкової економіки не лише процеси проектування, конструювання та впровадження у виробництво нових виробів мають відбуватись із високим ступенем динамічності, але й продукування ідей, що будуть взяті за основу нових виробів, також повинно відбуватись із максимальною продуктивністю.

Для вирішення цієї задачі конструктор має володіти ефективними методиками розробки нових технічних рішень. При цьому можна виділити два загальні випадки:

- поступове вдосконалення існуючих і раніше відомих моделей обладнання (модернізація);
- створення принципово нових або таких видів обладнання, що істотно відрізняються від раніше відомих оригінальністю та ефективністю застосованих технічних рішень.

Відповідно, можна виділити і методики розробки нових технічних рішень, які є оптимальними при вирішенні зазначених задач, – це методи послідовного розвитку машин та методи, які базуються на положеннях теорії технічних систем. Вільне володіння ними дозволяє конструкторові забезпечувати швидкий розвиток техніки, яка випускається підприємством, і забезпечувати стійкі конкурентні переваги цієї продукції порівняно з продукцією інших виробників.

5.1 Методи послідовного розвитку машин

Ефективним і економічним способом створення широкої гами обладнання є створення на базі початкової моделі ряду похідних машин однакового призначення, але з різними показниками потужності, продуктивності, діапазоном виконуваних операцій тощо. Цей метод називається *уніфікацією*.

Уніфікація (від лат. *unio* – єдність і *facere* – робити) – це приведення різних видів продукції і засобів її виробництва до раціонального мінімуму типорозмірів, марок, форм, властивостей і т. ін.

Основна мета уніфікації – усунення невиправданого різноманіття виробів однакового призначення і різнотипності їх складових частин і деталей, приведення до можливої одноманітності способів їх виготовлення, складання, випробувань тощо.

Уніфікація – важливий напрям у розвитку сучасної техніки, комплексний процес, який охоплює питання проектування, технології, контролю та експлуатації машин, механізмів, апаратів.

Уніфікацію поділяють на:

- *модифікаційну*, тобто уніфікацію між базовою моделлю і конструктивними модифікаціями, виконуваними на її основі;
- *внутрішньотипову* (розмірно-конструктивну), тобто уніфікацію між однотипними виробами, які мають різні параметри;
- *міжтипову*, тобто уніфікацію складальних одиниць і деталей виробів, що відрізняються конструкцією, але мають подібні величини основних параметрів;
- *загальну*, тобто уніфікацію подібних за призначенням деталей і складальних одиниць виробів, які не мають конструктивної подібності та відрізняються розмірами основних параметрів.

В процесі уніфікації дотримується принцип конструктивної спадковості – у виріб нової конструкції максимальною мірою вводять деталі та вузли, які вже застосовувалися в інших конструкціях, з якомога більшою кількістю однакових параметрів (особливо базових і приєднувальних розмірів). Це забезпечує взаємозамінність і багаторазове використання вже перевічених конструкцій.

Уніфікація дозволяє шляхом застосування загальних конструктивних рішень використовувати принцип агрегування, створювати на одній основі різні модифікації виробів, випускати устаткування однакового призначення, але різної розмірності з одних і тих же вузлів і деталей.

Уніфікація асортименту і марок різних видів матеріалів і напівфабрикатів дає можливість звести їх кількість до доцільної номенклатури, скоротити час переналагодження обладнання, збільшити кількість виробів у партії і т. д. Уніфікація технологічних процесів, способів виготовлення, методів виробництва, контролю та випробувань дозволяє значно скоротити типаж вживаного устаткування, оснащення, інструментів та приладів.

Широке використання принципів уніфікації дозволяє значно зменшити обсяг конструкторських робіт і період проектування, скоротити терміни створення нового обладнання, знизити вартість освоєння нових виробів, підвищити рівень механізації і автоматизації виробничих процесів шляхом збільшення серійності, зниження трудомісткості і організації спеціалізованих підприємств. При уніфікації підвищуються якість продукції, її надійність і довговічність завдяки більш ретельному відпрацюванню технологічності конструкції виробів і технології їх виготовлення. Уніфікація знижує номенклатуру запасних частин, спрощує і здешевлює ремонт обладнання, покращує основні техніко-економічні показники машинобудівних та експлуатаційних організацій.

Існує декілька напрямів вирішення задачі уніфікації конструкцій обладнання харчових виробництв. Не всі вони є універсальними. В більшості випадків кожний метод застосовний тільки до певних категорій машин, причому їх економічний ефект є різним. Деякі з цих методів тісно змикаються один з одним, провести чітку межу між ними складно, можливе поєднання і паралельне застосування двох або декількох методів [46].

5.1.1 Секціонування

Метод секціонування полягає в розділенні машини на однакові секції і утворенні похідних машин набором уніфікованих секцій.

Секціонуванню добре піддаються багато видів підйомно-транспортних пристроїв (стрічкові, скребкові, ланцюгові, шнекові транспортери). Секціонування в цьому випадку зводиться до побудови каркаса машин із секцій і складання машин різної довжини з новим опорним полотном (рис. 5.1, а). Особливо просто секціонуються машини з ланковим несучим полотном (ковшові елеватори, пластинчасті транспортери з полотном на основі втулково-роликових ланцюгів), у яких довжину полотна можна змінювати вилученням або додаванням ланок (рис. 5.1, б).

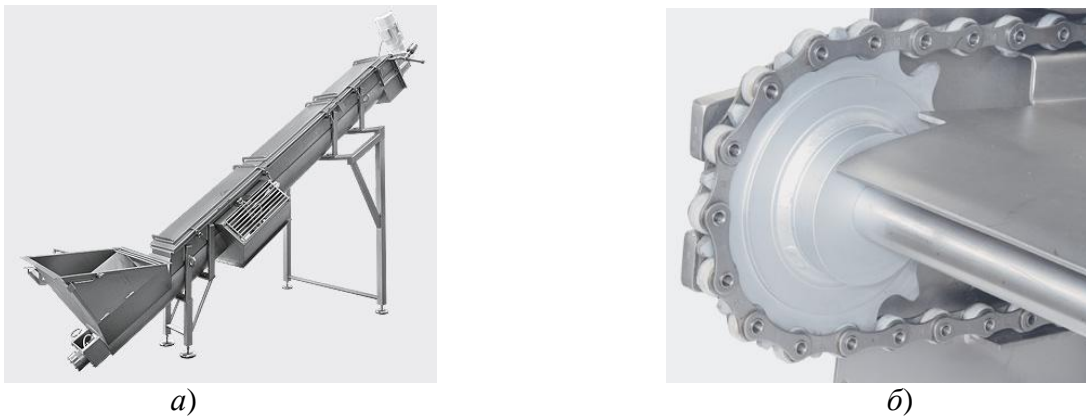


Рис. 5.1 – Підйомно-транспортне обладнання як об’єкт секціонування:
а) шнековий транспортер; б) втулково-роликовий ланцюг ланцюгового транспортера

На економічність утворення машин цим способом мало впливає введення окремих нестандартних секцій, які можуть знадобитися для пристосування довжини машини до місцевих умов.

Секціонуванню піддаються також дискові фільтри, відцентрові, вихрові й аксіальні гідравлічні насоси та ін. В останньому випадку набором секцій можна отримати ряд багатоступінчастих насосів різного тиску, уніфікованих по основних робочих органах. Застосування методу для утворення пластинчастих теплообмінників (рис. 5.2) дозволяє змінювати їх продуктивність у широких межах без надлишкових витрат на виготовлення додаткової кількості оригінальних деталей та елементів.

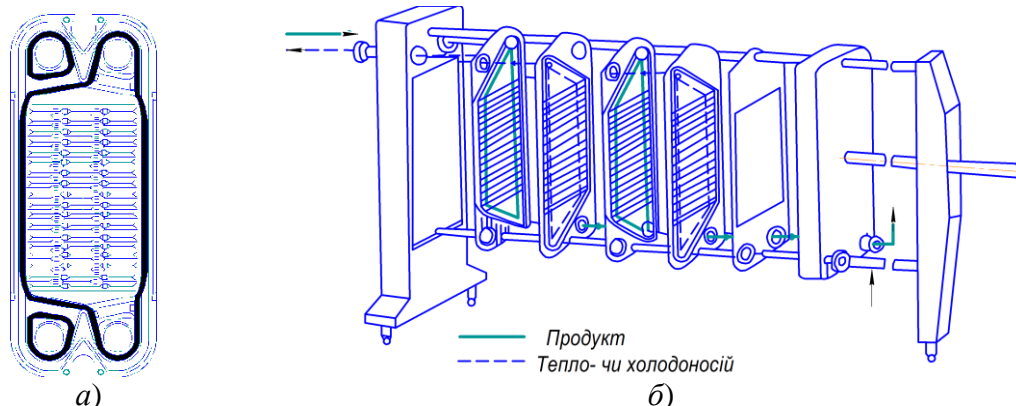


Рис. 5.2 – Пластинчастий теплообмінник як об’єкт секціонування:
а) пластина; б) схема утворення пакета пластин теплообмінника

5.1.2 Метод зміни лінійних розмірів

При цьому методі задля отримання різної продуктивності машин і агрегатів змінюють їх довжину, зберігаючи форму поперечного перетину головних робочих органів або робочої зони.

При розвитку обладнання харчових виробництв цей метод можна використовувати для різних типів машин і апаратів: ємкісних, ротативних та ін., продуктивність яких пропорційна довжині робочої зони або ротора. Таким обладнанням можуть бути (рис. 5.3, а, б, в) танки для молочних продуктів, автоклави, шестерінчасті і лопатеві насоси, компресори, змішувачі, вальцеві дробарки, хлібопекарські та кондитерські тунельні печі, колеса зубчастих передач та ін.

Цей метод також використовується для утворення машин різної продуктивності шляхом збільшення діаметральних розмірів їх робочих органів. Форма поперечного перерізу та будова робочих органів або робочої зони при цьому також зберігаються. Прикладом такого обладнання можуть бути фаршемішувачі (рис. 5.3, г), м'ясорізальні вовчки (рис. 5.3, д), печі (рис. 5.3, е, ширина поду), транспортери, ємкісні апарати тощо.

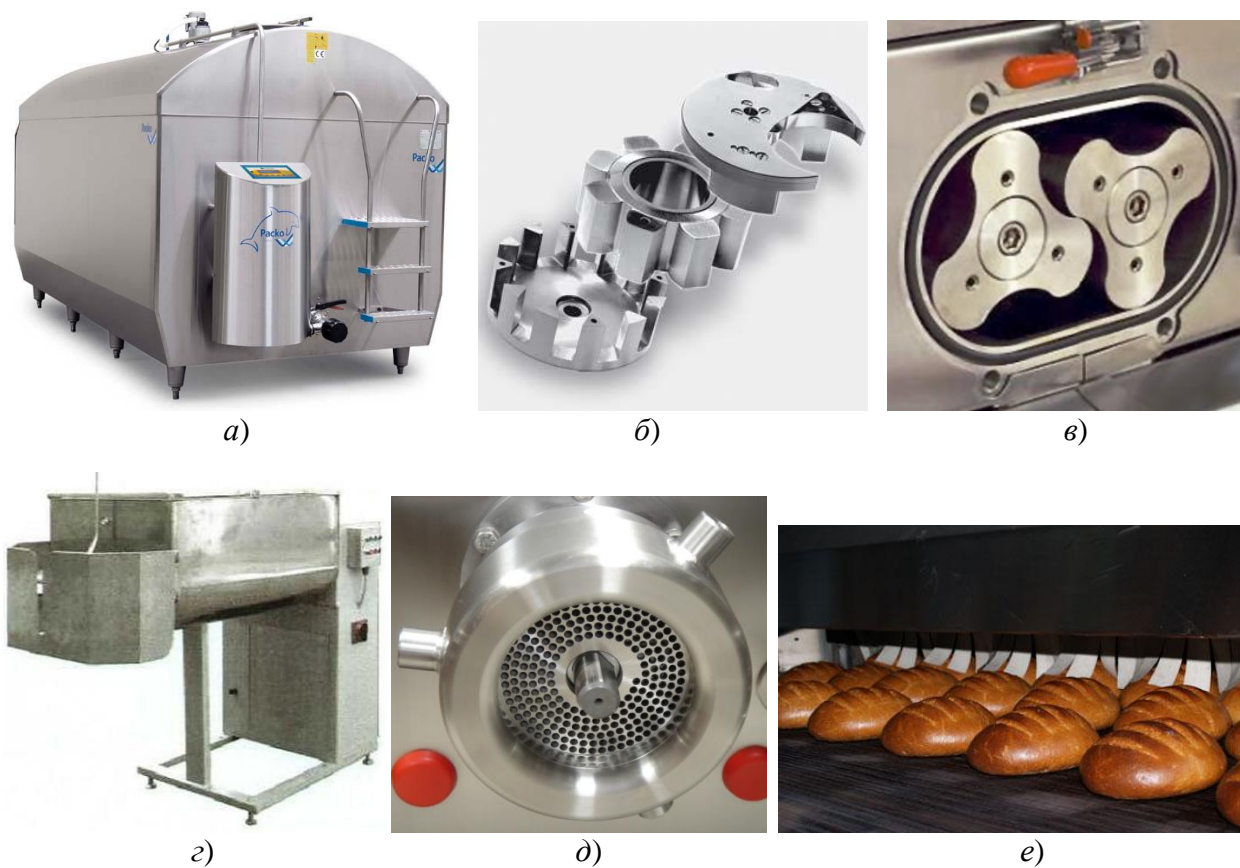


Рис. 5.3 – Приклади видів обладнання харчових виробництв, при розвитку яких може бути використаний метод зміни лінійних розмірів:
а) танк для попереднього зберігання молока; б) робочі органи шестеренного фаршевого насоса шприца; в) кулачковий насос мішалки-емульсатора;
г) фаршемішувач; д) різальний вузол вовчка; е) тунельна хлібопекарська піч

Ступінь уніфікації при цьому методі невеликий, повністю уніфікуються лише кришки торців корпусів і допоміжні деталі. Головний економічний вигащ дає зменшення витрат на проектування, збереження основного технологічного устаткування для обробки роторних деталей і внутрішніх порожнин корпусів, а також збереження технологічних процесів виготовлення елементів робочих органів та зон.

5.1.3 Метод базового агрегату

В основі цього методу лежить застосування базового агрегату, який можна перетворювати на машини різного технологічного призначення шляхом приєднання до нього спеціального змінного устаткування.

Прикладом використання такого підходу до розвитку обладнання є комплекс обладнання та оснащення, базовим агрегатом в якому є вакуумний шприц для наповнення ковбасних оболонок (рис. 5.4, 5.5).

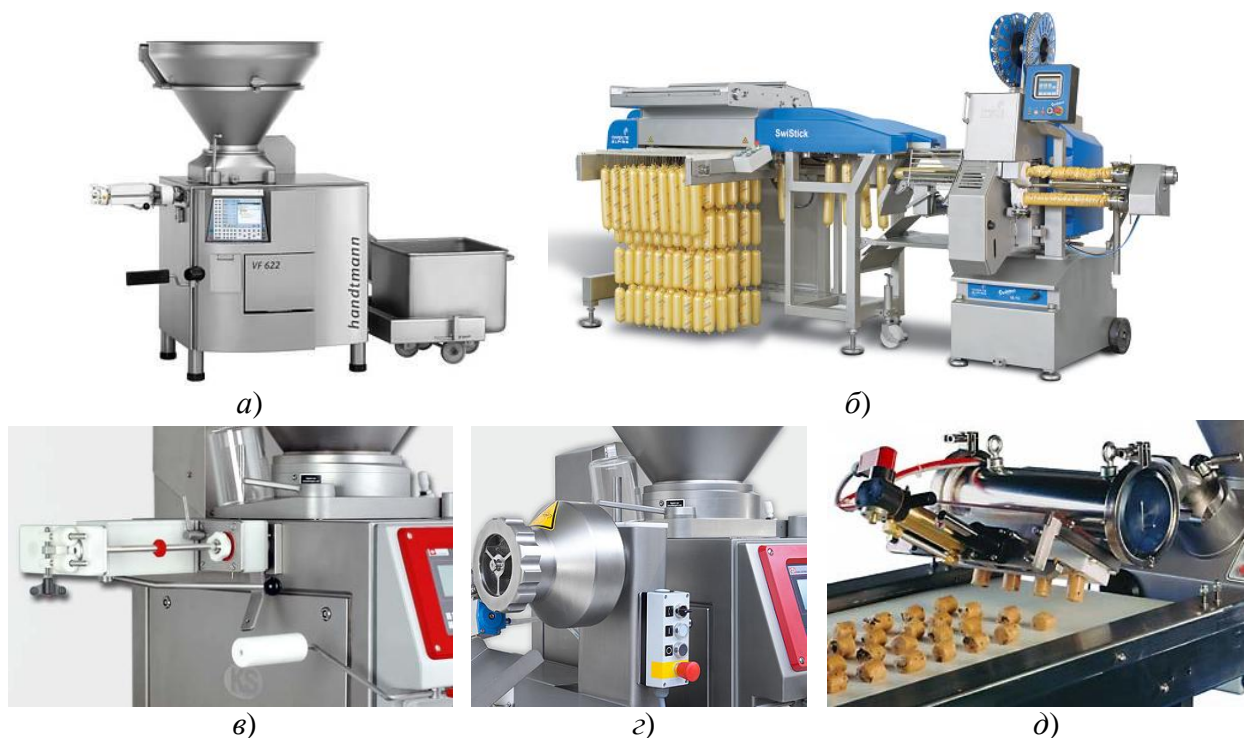


Рис. 5.4 – Змінне устаткування, що приєднується до шприців:

- а)* шприц вакуумний для наповнення ковбасних оболонок; *б)* автоматичний кліпсатор та пристрій автоматичного навішування ковбасних батонів на копильні палки;
- в)* перекутник для формування сосисок; *г)* вовчкова насадка;
- д)* пристрій для формування штучних виробів

Сучасні шприци оснащуються потужними сервоприводами та високопродуктивними фаршеви́ми насосами. Це, в поєднанні з електронною системою керування, дозволяє дозувати ковбасні та інші вироби з великою точністю та з великою продуктивністю. Сучасні типи фаршеви́х насосів, які застосовуються в шприцах, дають змогу створювати високі нагнітальні тиски і в той же час мінімально пошкоджувати та нагрівати продукт при транспортуванні. Всі ці зазначені позитивні якості шприців дозволили використовувати їх як базу для створення широкої гами наповнювальних та дозувальних автоматів.

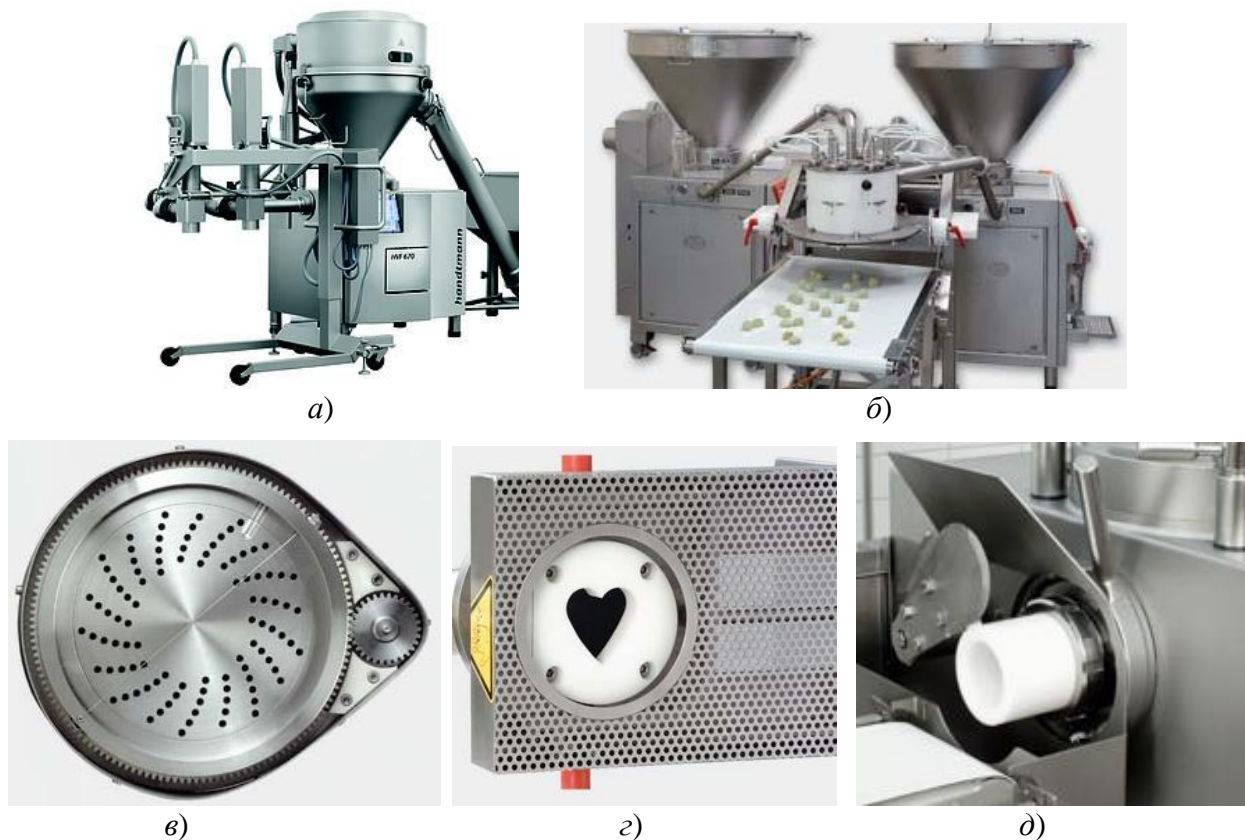


Рис. 5.5 – Змінне устаткування, що приєднується до шприців:

- а) насадка для дозування інгредієнтів готових страв в упаковку;
- б) діафрагма для ко-екструзії кондитерських виробів з начинкою;
- в) головка для формування фрикадельок;
- г) фільера для формування та дозування фігурних виробів;
- д) пристрій для дозування хлібобулочних виробів

Виробниками шприців пропонується значна номенклатура приставок і додаткового оснащення, які дають можливість: автоматично кліпсувати ковбасні батони та навішувати їх на коптильні палки, формувати сосиски шляхом перекручування їх оболонки, формувати оптимальну дрібнозернисту структуру сирокочених ковбас, дозувати в тару суміші готових страв та страв швидкого приготування, формувати вироби оригінальної форми, виготовляти вироби з начинкою, хлібобулочні вироби та ін. При цьому як сировина можуть використовуватися всі види м'ясного фаршу, шинка, пасти, тістові та картопляні маси, кетчупи, маринади тощо.

Все це дозволяє виробникам такого обладнання значно збільшити попит на свою продукцію, не витрачаючи надлишкових капітальних вкладень на розробку та виготовлення спеціалізованих видів машин для виконання зазначених операцій.

Прикладом застосування цього методу є також насадка для сепарації м'яса птиці, яка встановлюється на звичайний м'ясорізальний вовчок, наприклад моделі К7-ФВП-200 виробництва ВАТ «Полтавамаш».

Слід зазначити, що приєднання спеціального устаткування вимагає розробки додаткових механізмів і агрегатів (приводів, підйомних і поворотних механізмів, патрубків, клапанів, елементів пневмоприводу та ін.) які, в свою чергу, можна значною мірою уніфікувати.

5.1.4 Конвертація

При конвертації базову машину або основні її елементи використовують для створення агрегатів різного призначення, інколи близьких, а інколи різних за видом робочого процесу.

Прикладом конвертації може служити переведення поршневих повітряних компресорів (рис. 5.6) на інший газ (аміак, фреон). В цьому випадку при переведенні необхідно враховувати відмінність фізичних і хімічних властивостей робочих агентів і відповідно вибрати матеріали робочих деталей.

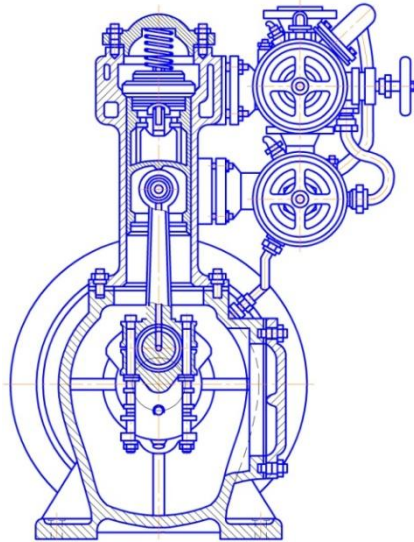


Рис. 5.6 – Поршневий компресор

5.1.5 Компаундування

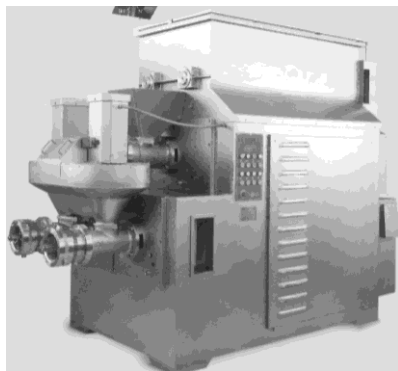
Метод компаундування (паралельного з'єднання машин або агрегатів) застосовують з метою збільшення загальної потужності або продуктивності установки.

Машини, що поєднуються, можуть бути або встановлені поруч як незалежні агрегати, або пов'язані між собою пристроями для синхронізації, транспортування та ін., або ж конструктивно об'єднані в один агрегат.

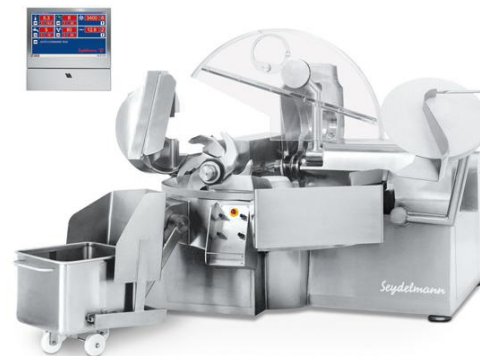
На рис. 5.7 наведено приклади видів обладнання харчових виробництв, при створенні яких було використано метод компаундування.

Застосування у вовчку-мішалці двох різальних комплектів із індивідуальними подавальними шнеками дозволяє уникнути надмірного нагрівання фаршу при його русі крізь різальний комплект (рис. 5.7, а).

Кутер із двома ножовими головками, кожна з яких має індивідуальний привод, володіє підвищеною продуктивністю при подрібненні фаршу для сирокочених ковбас (рис. 5.7, б). Така конструкція кутера дозволяє пришвидшити процес кутерування фаршу без підвищення частоти обертання ножів, що дає змогу забезпечити при цьому таку зернистість фаршу, яка визначається технологічним регламентом виготовлення даного виду ковбас. До того ж, стає можливим проводити перемішування фаршу однією з ножових головок під час роботи іншої в режимі подрібнення.



а)



б)



в)

Рис. 5.7 – Конструкції обладнання, утворені методом компаундування:
а) вовчок-мішалка з подвійними робочими зонами подрібнення сировини;
б) кутер з двома ножовими валами; в) фасувальний автомат, що має дві каруселі

Застосування в одній конструкції автомата для фасування молочних продуктів у пластикову тару (рис. 5.7, в) двох каруселей (роторів) дозволяє підвищити удвічі його продуктивність порівняно з однокарусельним. У той же час така будова машини робить її компактнішою порівняно з однокарусельним автоматом або з автоматом лінійного типу, що мають таку саму продуктивність. Як видно з рис. 5.7, в, автомат має загальний для обох каруселей транспортер для відведення продукції.

5.1.6 Модифікація

Модифікацією називають переробку машини з метою пристосування її до інших умов роботи, операцій і видів продукції без зміни основної конструкції.

На рис. 5.8, 5.9 наведено приклади обладнання, конструкцію якого було модифіковано відносно базової моделі машини.

На рис. 5.8, а зображено вакуум-варильний кутер, конструкція якого змінена для реалізації технологічного процесу приготування м'ясних паштетів та ліверних ковбас. Процес приготування цих продуктів передбачає чергування операцій подрібнення сировини та її теплової обробки і він найчастіше реалізується за допомогою двох видів обладнання: кутера та варильного котла. Вакуум-варильні кутери дозволяють реалізовувати термічну обробку сировини одночасно з її подрібненням або перемішуванням. При цьому зменшуються використовувані виробнича площа і капітальні витрати, збільшується продуктивність лінії, зменшується ручна

праця внаслідок усунення проміжних транспортних та завантажувально-вивантажувальних операцій, підвищуються смакові якості продукту і термін його зберігання, зменшуються втрати сировини.

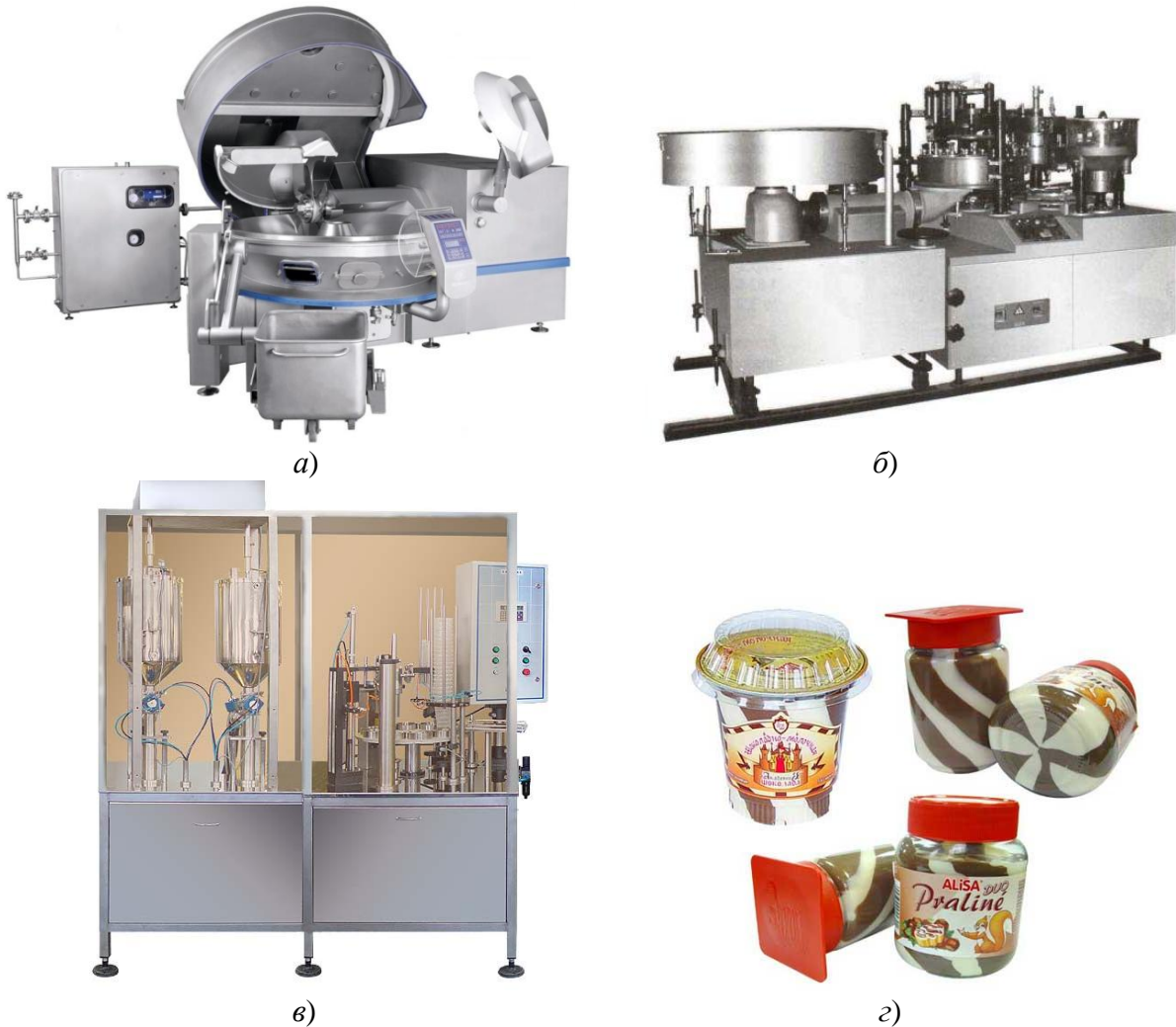


Рис. 5.8 – Приклади модифікації обладнання:

а) вакуум-варильний кулер; б) автомат для наповнення жерстяної тари м'ясних консервів; в) фасувальний автомат для наповнення тари двокомпонентним продуктом з можливістю утворення спіральних смуг; г) готовий продукт

На рис. 5.8, б зображено автомат для дозування та фасування м'ясних консервів. Його конструкція може підлягати зміні відповідно до типу продукту, що виготовляється, та типорозміру тари, яка при цьому використовується. Так, на ньому може встановлюватись додаткова башта (ротор) для дозування суміші жиру з сіллю, а також замінюватись башта для дозування м'яса на таку, що матиме інший діаметр мірних стаканів відповідно до діаметра жерстяної тари.

Автомат для фасування двокомпонентних в'язких молочних продуктів у пластикову тару модифіковано згідно з вимогами до зовнішнього виду нового готового продукту (рис. 5.8, в, г). Введенням додаткових конструктивних елементів забезпечено можливість повороту пластикової тари навколо вертикальної осі при її підніманні до патрубка дозатора під час

дозування продукту. Завдяки цьому стає можливим виготовляти двоконпонентний продукт, маса якого розташована в тарі у вигляді спіральних смуг (рис. 5.8, з).

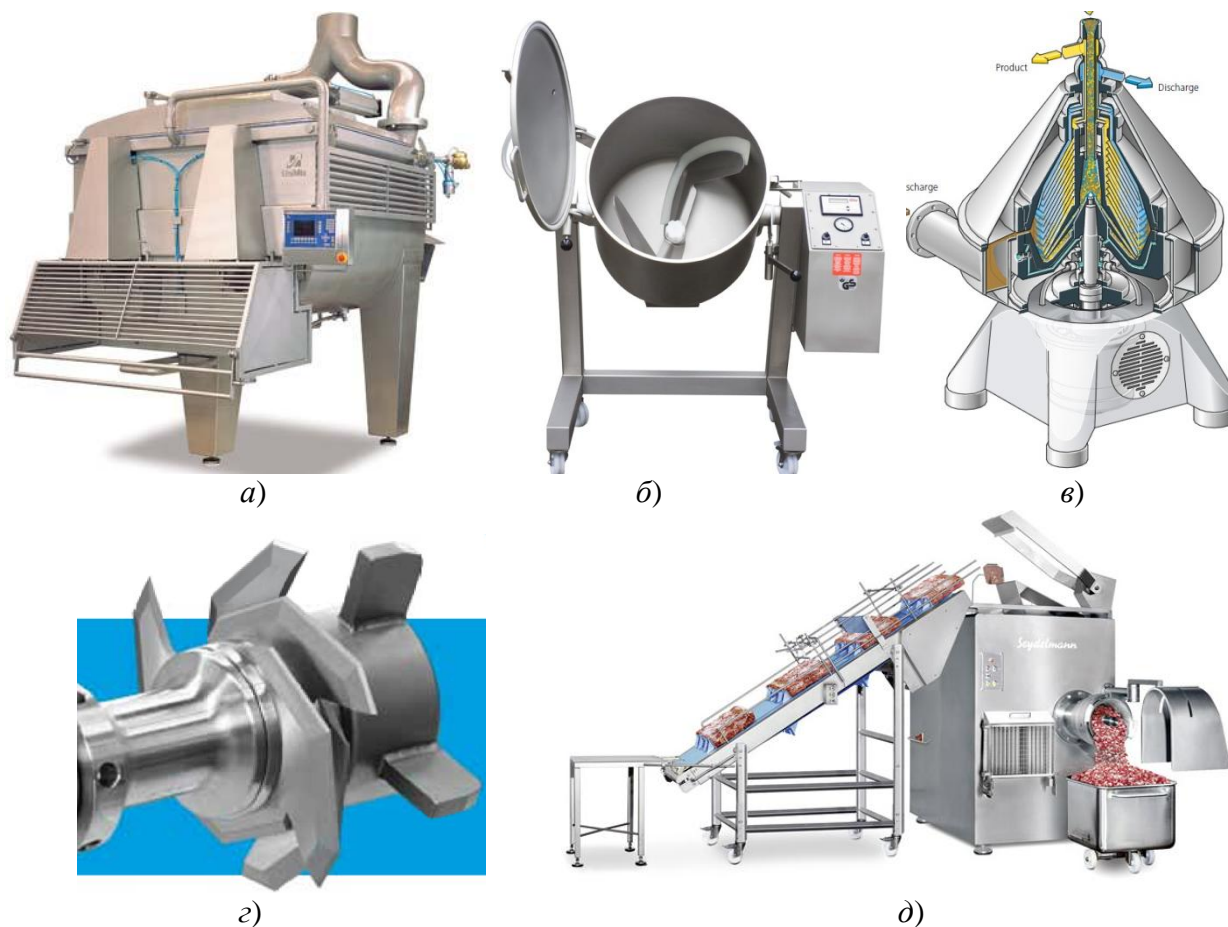


Рис. 5.9 – Приклади модифікації обладнання:
 а) вакуумний фаршезмішувач-дефростатор; б) масажер-мішалка;
 в) сепаратор для відділення сирного пилу; г) різальний комплект емульсатора
 для подрібнення овочевої сировини; д) вовчок-дробарка

Установка *GEA ColdSteam M* (рис. 5.9, а) дозволяє проводити дефростацію (розморожування) м'яса при мінімальних втратах м'ясного соку та тривалості технологічного циклу. Завдяки використанню пари невисокої температури та застосуванню вакууму розморожування відбувається за 10–15 хв., а сировина не обварюється та не змінює колір. Також усувається необхідність охолоджувати сировину перед технологічною обробкою, що, в свою чергу, дозволяє знизити втрати електроенергії. Установка виготовляється на базі вакуумного фаршезмішувача *GEA UniMix V*.

Масажер-мішалка, що зображений на рис. 5.9, б, має лопаті такої конфігурації, яка дозволяє використовувати цю машину відповідно як масажер крупнокускової м'ясної сировини і як змішувач фаршу. Цим самим досягається адаптування машини до умов обробки різної сировини.

Відцентровий сепаратор-молокоочисник із автоматизованим вивантаженням осаду модифіковано з метою його використання для відділення

сирного згустку (сирного пилу). Модифікований сепаратор (рис. 5.9, в) має барабан зміненої конструкції, що адаптована до відділення і вивантаження значної кількості густого сирного пилу.

Зображений на рис. 5.9, г різальний комплект дозволяє використовувати емульситатори та мікрокутери для подрібнення не лише м'ясної, а й овочевої сировини. Різальні пари «ніж-решітка» або «ротатор-статор» замінено на комплект серпоподібних ножів, при цьому будова решти елементів обладнання залишається незмінною.

Вовчок-дробарка (рис. 5.9, д) призначений для подрібнення замороженого м'яса в блоках з температурою до -25°C крізь решітки діаметром 400 мм. Він має один шнек, який є універсальним – подрібнювальним і робочим. При цьому м'ясні блоки в бункері притискаються до шнека спеціальними штовхачами, що приводяться в дію від гідроприводу. В конструкції вовчка-дробарки знайшло місце застосування модифікованих елементів – шнека, який має підвищену міцність і витки із загостреними ребрами. Застосування такої схеми подрібнення заморожених блоків дозволяє отримати наступні переваги: спрощення конструкції і зменшення вартості машини за рахунок виключення габаритного і масивного подавального шнека, його підшипникових опор і приводу; зменшення габаритів машини і використання виробничої площі; спрощення і зменшення часу підготовки вовчка до роботи і його санітарної обробки.

В інших випадках модифікація обладнання для роботи з різними видами сировини, тепло- або холодоносіїв зводиться переважно до заміни матеріалів на більш корозійно- та зносостійкі, на більш жароміцні або холодо-стійкі. Складнішою є модифікація машин з метою їх пристосування до різних операцій або виробів. В цьому випадку метод модифікації тісно змикається з методом агрегування.

5.1.7 Агрегування

Агрегування полягає в створенні машин шляхом поєднання уніфікованих агрегатів, які є автономними вузлами, що встановлюються в різній кількості та комбінаціях на загальній станині (рис. 5.10).

Основні переваги агрегування: скорочення термінів і вартості проектування і виготовлення машин, спрощення обслуговування і ремонту, можливість переналагодження машин для обробки різноманітних деталей.

На рис. 5.10, а зображено машину, що утворена шляхом поєднання в одному корпусі двох окремих агрегатів – вовчка та кутера. Такий тип м'ясопереробних машин використовується на підприємствах малої потужності – в ковбасних цехах або на підприємствах громадського харчування. Перевагою такої будови машини є спрощення конструкції, суттєве зменшення використовуваної виробничої площі та зменшення тривалості міжопераційних транспортних операцій порівняно з застосуванням двох окремих спеціалізованих видів обладнання. Спрощення конструкції досягається за рахунок використання спільної станини, спільних елементів приводу та спільного пульта керування, при цьому зменшується вартість обладнання.

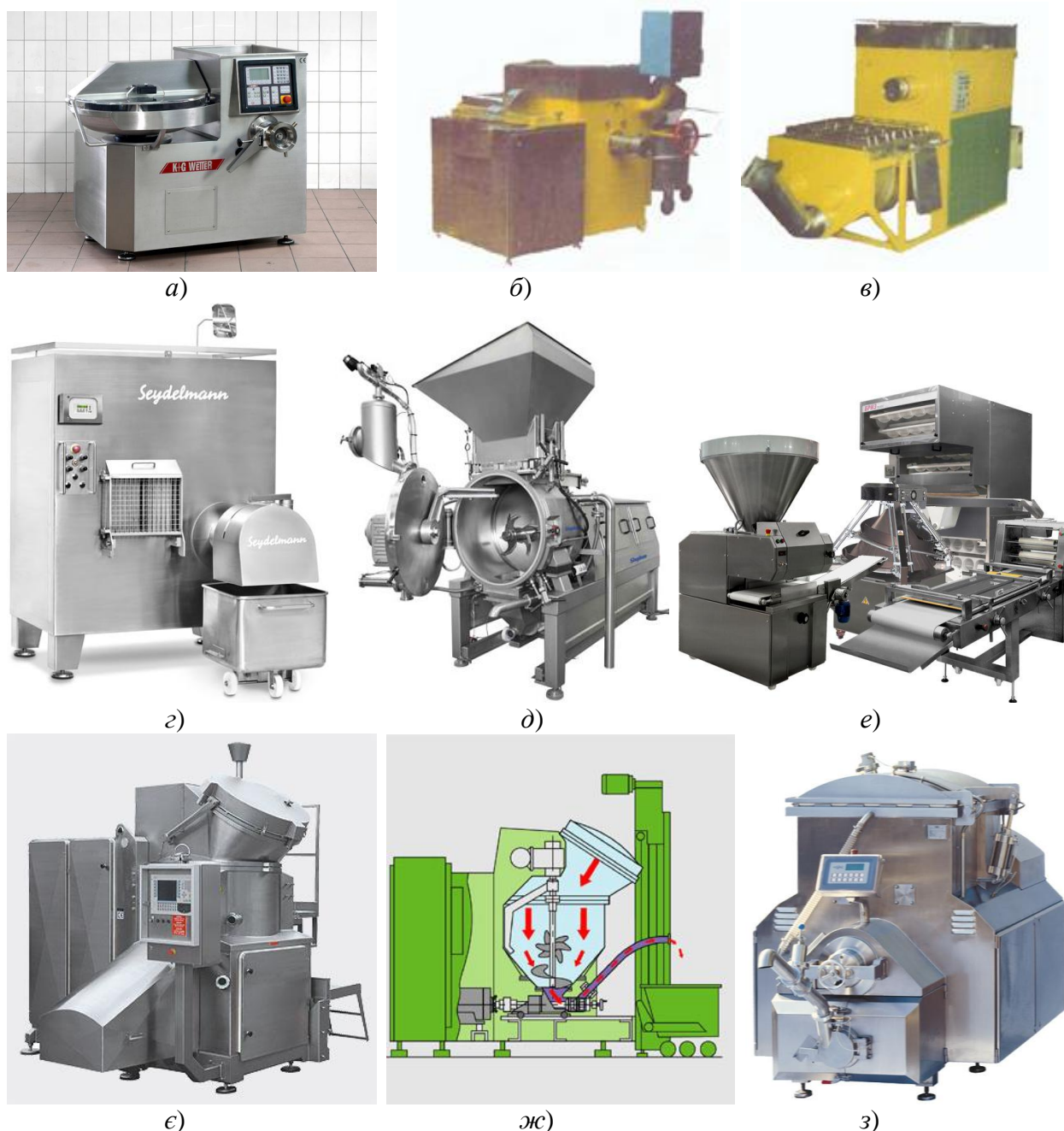


Рис. 5.10 – Приклади агрегування обладнання харчових виробництв:
 а) вовчок-кутер; б) фаршеготувальний агрегат; в) вовчок-змішувач;
 г) вовчок-мішалка; д) автомат для плавлення сирної маси; е) тістообробний агрегат;
 є, ж) процес-автомат для переробки м'ясної сировини; з) мішалка-емульситатор

На рис. 5.10, б зображено фаршеготувальний агрегат вітчизняної конструкції, який містить модулі, що реалізують процес подрібнення кускового м'яса, змішування та кутерування. На рис. 5.10, в представлено агрегат, що складається з вовчка та фаршезмішувача, які змонтовані на спільній станині. Такий агрегат дозволяє реалізувати процес соління м'ясного фаршу при компактному машинно-апаратному оформленні.

Класичним прикладом агрегування обладнання харчових виробництв можна вважати вовчок-мішалку (рис. 5.10, г). В такій машині змінено конфігурацію бункера та збільшено його об'єм. В бункері розташовано один

або два змішувальні вали з лопатями, а нижче – робочий шнек вовчка з різальним комплектом. Такі машини в сучасних умовах використовуються в технологічних лініях разом із вовчком-дробаркою: крупний м'ясний шрот після вовчка-дробарки потрапляє в бункер вовчка-мішалки, де змішується з рецептурними компонентами фаршу та водою, після чого проводиться остаточне мілке подрібнення утвореної суміші. Такий агрегат має спрощену та здешевлену конструкцію, займає значно меншу виробничу площу й обумовлює зменшення втрат часу та витрат ручної праці на транспортування сировини між операціями.

На рис. 5.10, *д* зображено автомат для плавлення сирної маси при виготовленні плавлених сирів. Цей автомат реалізує процес подрібнення шматків твердого сиру швидкообертливими ножами, нагрівання та плавлення сирної маси завдяки використанню в конструкції чаші теплової сорочки, перемішування маси мішалкою, вакуумування та охолодження сирної маси в кінці технологічного циклу. Цим самим забезпечується суттєве підвищення продуктивності обладнання, здешевлення його конструкції, підвищення надійності та зменшення об'єму експлуатаційних робіт, зменшення габаритів.

Тістообробний агрегат (рис. 5.10, *е*) дозволяє реалізувати процеси ділення (дозування) тістових заготовок, їх округлювання, розкочування та вистоявання. Основна перевага використання такого комплексу обладнання – підвищення продуктивності технологічного ланцюжка та зменшення габаритів комплексу обладнання.

Процес-автомат (рис. 5.10, *є, ж*) дає змогу реалізувати операції подрібнення кускової м'ясної сировини, змішування, вакуумування, термічної обробки, тонкого подрібнення та охолодження. Ці машини створювались як альтернатива вакуум-варильним кутерам, при цьому вони є значно дешевшими за кутер. Порівняно з використанням низки спеціалізованих машин, процес-автомати дозволяють, окрім зазначених вище аналогічних переваг, зменшити бактеріальне забруднення сировини за рахунок здійснення усіх операцій в одній машині, що позитивно впливає на якість готового продукту та на термін його зберігання.

Конструкція мішалки-емульситатора дає можливість проводити змішування та вакуумування фаршу і тонке його подрібнення (рис. 5.10, *з*), що також приводить до підвищення техніко-економічних показників комплексу обладнання. Машина складається з діжі фаршемішувача та емульситатора, що розташований нижче випускного отвору з діжі. Подача в'язкого вакуумованого фаршу до емульситатора відбувається примусово, за допомогою шнекового живильника.

Частковим випадком агрегатування є використання стандартизованих вузлів і агрегатів із серійних мотор-редукторів, що випускаються промисловістю, насосів, компресорів, а також запозичення з виробів, які серійно виготовляються, вузлів і агрегатів (коробок швидкостей, механізмів перемикання муфт, фрикціонів і т. д.).

5.1.8 Універсалізація машин

Універсалізація має на меті такі цілі: розширення функцій машин, збільшення діапазону виконуваних ними технологічних операцій, розширення номенклатури видів оброблюваної сировини тощо. Одна універсальна машина замінює декілька спеціалізованих, що виконують окремі операції.

Універсалізація збільшує пристосованість машин до вимог виробництва і підвищує коефіцієнт використання обладнання. Її головне економічне значення полягає в тому, що вона дозволяє скоротити кількість об'єктів виробництва (для машинобудівних підприємств) та скоротити кількість обладнання, яке має використовуватись в умовах харчових підприємств.

Розширити функції і сфери застосування обладнання можна шляхом:

- введення додаткових робочих органів;
- введення додаткових операцій, які реалізують додаткові фізичні способи обробки сировини та впливу на неї;
- додавання змінного оснащення;
- введення гнучкого регулювання параметрів робочих процесів.

На рис. 5.11 наведено приклади обладнання харчових виробництв, в конструкції яких реалізовано принцип універсалізації.

Яскравим прикладом застосування цього методу до розвитку обладнання є конструкція універсальної термокамери для теплової обробки ковбасних виробів (рис. 5.11, *а*). За рахунок введення в конструкцію додаткових вузлів для генерування теплових потоків і для подачі теплоносіїв у зону обробки, а також за рахунок використання розвиненої системи керування стало можливим проводити декілька етапів теплової обробки ковбасних виробів в одному апараті (обжарювання, варіння, копчення, сушіння). Це дозволяє істотно зменшити капітальні вкладення на утворення ділянки теплової обробки, виробничу площу, витрати ручної праці при обслуговуванні та експлуатації обладнання, а також зменшити тривалість технологічного циклу за рахунок виключення міжопераційних переміщень сировини.

Термокамери REICH AIRMASTER IC дають змогу проводити не лише теплову обробку, а й інтенсивне охолодження продукту в одній камері [82]. Це виявилось енергетично виправданим, зважаючи на те, що теплоємність нержавіючої сталі в 10 разів нижча за теплоємність харчової продукції, яку необхідно термічно обробляти або охолоджувати. Завдяки використанню потужних нагрівачів та потужної системи охолодження, а також завдяки застосуванню запатентованої рециркуляції турбіни та вентиляторів зі збільшеною у чотири рази потужністю стає можливим проводити швидко нагрівання та охолодження камери і продукції в ній. Потужні повітряні потоки дозволяють значно скоротити тривалість технологічного процесу та зменшити втрати вологи з продукту в 3–4 рази. Застосування пародимогенератора для копчення також обумовлює зменшення втрат маси та зменшення тривалості обробки продукції.

Сучасні масажери (рис. 5.11, *б*) можуть використовуватись як для масажування м'ясної сировини (при виготовленні продуктів делікатесної

групи), так і для дефростації (розморожування) заморожених м'ясних блоків. Цьому сприяє конструктивне виконання внутрішньої частини робочої камери (значний вільний об'єм та наявність підйомних ребер), а також застосування в конструкції масажера теплової сорочки, яка може використовуватись для охолодження сировини (при її масажуванні) та для її нагрівання (при дефростації). Загалом, таке виконання обладнання дозволяє отримати покращення низки техніко-економічних показників.

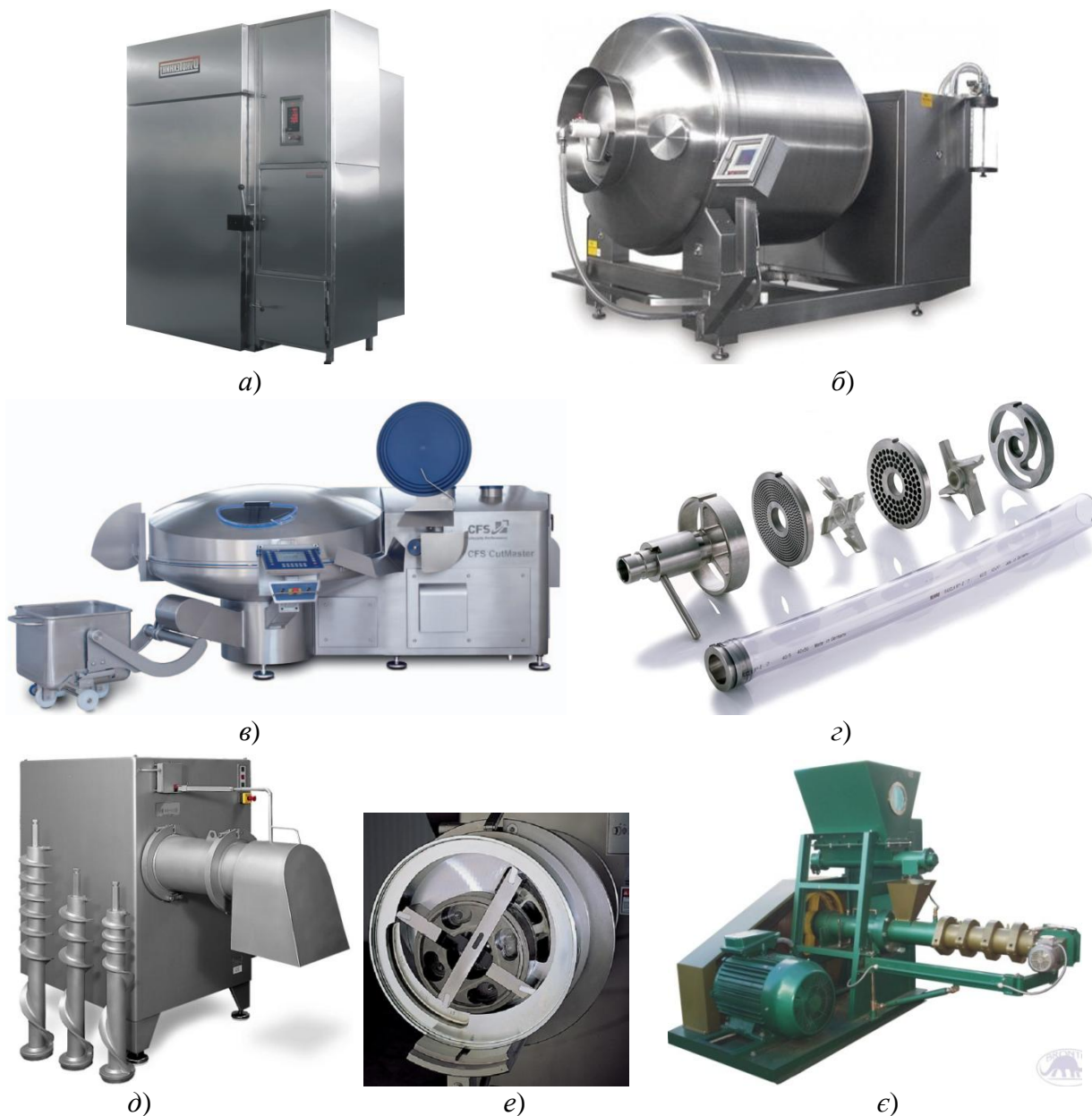


Рис. 5.11 – Приклади універсалізації конструкції обладнання:

- a) універсальна термокамера; б) масажер; в) вакуум-варильний кутер;
г) жилувальний різальний комплект вовчка; д, е) вовчок-дробарка; е) екструдер

Вакуумні кутери (рис. 5.11, в) в сучасному виконанні володіють збільшеною встановленою потужністю, підвищеними швидкостями обертання ножової головки, ножами з підвищеною міцністю та ефективністю роботи, а також оснащуються частотними перетворювачами у приводі. Все це

дозволяє використовувати кутери для попереднього подрібнення кускової м'ясної сировини (в тому числі охолодженої), а також свинячої шкірки, власне кутерування та емульгування шляхом високошвидкісного подрібнення.

Обертання ножової головки в режимі реверсу при пониженій частоті обертання дає змогу проводити ефективно перемішування фаршу. Зазначені конструктивні особливості дозволяють використовувати сучасні кутери як альтернативу цілому комплексу обладнання: вовчку, власне кутеру, фаршезмішувачу та емульситатору. Цим самим суттєво спрощується оснащення технологічної дільниці.

Різальний комплект вовчка, що зображений на рис. 5.11, з, дозволяє проводити не лише поетапне подрібнення м'яса, а й його жилування – відділення жил, хрящів та скалок кісток. Відділення твердих частинок проводиться з поверхні вихідної решітки, оскільки саме через мілкі отвори частинки не можуть бути продавлені і внаслідок цього вихідна решітка може забиватися, що зрештою зупиняє роботу вовчка. Виконання похилих пазів на лезах останнього ножа дає змогу поступово зсувати тверді частинки до осьового отвору вихідної решітки та виводити їх крізь спеціальний патрубок. Цим механізується трудомістка операція жилування м'яса і, як наслідок, суттєвим чином підвищується продуктивність лінії. На підвищення продуктивності лінії впливає і покращення надійності роботи вовчка, оскільки відпадає необхідність його періодичної зупинки задля чищення решітки.

На рис. 5.11, д зображено універсальний вовчок-дробарку *GEA CFS UniGrind*. Як відомо, при виготовленні ковбас для попереднього подрібнення м'ясної сировини у вигляді заморожених блоків застосовується такий набір обладнання: вовчок-дробарка (для подрібнення заморожених блоків до стану шроту) та вовчок (для кінцевого мілкового подрібнення крізь вихідну решітку з отворами малого діаметра). Необхідність використовувати додатковий вовчок для кінцевого мілкового подрібнення сировини обумовлена тим, що у звичайних вовчках-дробарках неможливо використовувати вихідні решітки з мілкими отворами. Це обумовлено тим, що при подрібненні заморожених м'ясних блоків як вихідну решітку вовчка використовують решітки великого діаметра з отворами збільшеного діаметра (задля можливості транспортування та подачі достатньо габаритних уламків м'ясних блоків). При цьому товщина решітки також має бути збільшеною з умови дотримання необхідної жорсткості та міцності решітки великого діаметра. Через це неможливо застосовувати мілкі отвори в останній решітці, оскільки їх подовження (відношення довжини до діаметра) відповідно до товщини решітки буде значним, а, як відомо, такі протяжні отвори володіють значним гідравлічним опором. Як наслідок – шнек не в змозі протискувати крупний м'ясний шрот крізь мілкі отвори, і процес роботи машини порушується.

Вовчок *GEA CFS UniGrind* призначений для реалізації обох операцій в одній машині, що дозволяє суттєво спростити та здешевити машинно-апаратне оформлення ділянки. В конструкції вовчка передбачено

використання ексцентриково-лопатевого насоса (рис. 5.11, е), який розташовано поміж решітками різального комплексу. Ротор насоса обертається разом із пальцем шнека та ножами. Процес роботи вовчка-дробарки полягає у наступному: загостреним витком шнека м'ясний блок подрібнюється на крупні уламки, які потім додаткового подрібнюються різальною парою «ніж-приймальна решітка». Після цього маса, що доведена до стану фаршу і має покращену плинність, протискується ексцентриково-лопатеvim насосом під підвищеним тиском крізь вихідну решітку з мілкими отворами та остаточно подрібнюється ножем. Як результат, внаслідок незначних конструктивних змін машини досягається зменшення кількості використовуваного технологічного обладнання на цьому етапі з 2 до 1. При цьому відбувається покращення низки техніко-економічних показників технологічної лінії.

Екструдер (рис. 5.11, є) дозволяє замінити одночасно декілька типів машин, оскільки реалізує декілька видів обробки зернової сировини: подрібнення, змішування, нагрівання, спресовування. Причому, досягається такий комплексний вплив на сировину використанням, по суті, одного робочого органу – шнека, який має ділянки різного конструктивного виконання. Завдяки своїй будові екструдер є високопродуктивним, простим за конструкцією та експлуатацією видом обладнання.

При застосуванні описаного методу вдосконалення техніки важливо раціонально визначити доцільний ступінь універсалізації того чи іншого виду обладнання.

Універсальні машини, які розраховані на дуже велику номенклатуру виробів або діапазон операцій, є складними за конструкцією, громіздкими і незручними в обслуговуванні. Інколи доцільніше створювати ряд машин, кожна з яких має помірний ступінь універсалізації. В цілому такий ряд охоплює всю необхідну номенклатуру. В інших випадках універсальні машини можна доповнити двома-трьома спеціалізованими машинами, призначеними для виготовлення виробів, які різко відрізняються за габаритами або конфігурацією від основного виробу.

5.1.9 Інші методи

Комплексна нормалізація. Близький до агрегування метод комплексної нормалізації застосовується для агрегатів простого типу (відстійників, випарних установок, змішувачів, емкісних апаратів). Простота конструктивних форм цих агрегатів дозволяє нормалізувати всі або майже всі елементи їх конструкції. Нормалізації по типорозмірах піддаються обичайки резервуарів, днища, кришки, люки, арматура, стійки. Нормалізують також вузли (теплообмінники, приводи мішалок, дозуючі пристрої) і т. д.

Особливістю апаратів цього типу є широке застосування допоміжного купувального устаткування (насосів, фільтрів, приладів контролю і керування, засобів автоматизації).

З нормалізованих деталей, уніфікованих вузлів і купувального устаткування можна komponувати апарати:

- з однаковим робочим процесом, але з різними розмірами і продуктивністю;
- однакового призначення, але з різними параметрами робочого процесу (тиском, вакуумом, температурою);
- різного призначення і з різним робочим процесом.

Уніфіковані ряди. В деяких випадках можливе утворення ряду похідних машин різної продуктивності шляхом зміни кількості головних робочих органів і їх застосування в різних поєднаннях. Такі ряди називають «сімейством», гаммою або серією машин.

Цей спосіб може бути застосований до машин, продуктивність яких залежить від кількості робочих органів.

Метод забезпечує наступні технологічні і експлуатаційні переваги:

- спрощення, прискорення і здешевлення процесів проектування і виготовлення машин;
- можливість застосування високопродуктивних методів обробки уніфікованих деталей;
- зменшення термінів доведення і освоєння дослідних зразків (завдяки «відпрацьованості» головних робочих органів);
- полегшення експлуатації;
- скорочення термінів підготовки обслуговуючого технічного персоналу і термінів ремонту машин, спрощення постачання запасними деталями.

Обмеження застосування методу уніфікації. Методи утворення похідних машин і їх рядів на основі уніфікації не є універсальними і всеохоплюючими. Кожен з них призначений для обмеженої категорії машин. Багато машин за конструкцією не допускають утворення похідних машин. Недоцільно утворювати похідні ряди для спеціалізованих машин, машин великої продуктивності і т. д., які залишаються в категорії індивідуального проектування.

Уніфікація нерідко супроводжується погіршенням якості, особливо у випадку похідних рядів великого діапазону. Крайні члени ряду за габаритами, металоємністю, питомою масою і експлуатаційними показниками, як правило, поступаються спеціалізованим машинам. Таке погіршення можна допустити, якщо уніфікація забезпечує великий економічний ефект, а габарити і маса мають другорядне значення.

Не можна перебільшувати і роль утворення похідних машин і їх рядів як спосіб здешевлення машин. Ці методи застосовні обмежено і за ефективністю поступаються іншим методам (автоматизації і механізації виробництва, скороченню кількості типорозмірів машин та ін.).

Послідовний розвиток машин. Надання машині резервів розвитку дозволяє систематично удосконалювати машину і підтримувати її показники на рівні зростаючих вимог техніки. Метод розвитку позбавляє від необхідності періодичної заміни застаріваючих моделей, забезпечує на довгі роки стабільний випуск однієї конструкції, дає великий економічний ефект і є одним із головних способів зниження вартості машинобудівної продукції.

Види резервів, які закладаються в конструкцію, залежать від призначення машин. У теплових машин початкова модель повинна володіти резервом робочого об'єму, ресурсами збільшення частоти обертання і поліпшення тепловою процесу. Технологічні машини, для яких на першому плані стоїть продуктивність, повинні мати ресурси підвищення швидкодійності, збільшення об'єму і діапазону виконуваних операцій. В усіх випадках слід забезпечити запаси міцності і жорсткості початкової моделі. Це не означає, що базова модель має бути занадто важкою, – важливо підсилити найбільш напружені деталі і вузли. Величезне значення має раціональність силової схеми машини, що визначає здатність до форсування.

Вдосконалення машин нерідко вимагає подальшого введення додаткових агрегатів (редукторів, коробок швидкостей, засобів автоматизації). Необхідно забезпечити їх установа без зміни конструкції машини, залишаючи для них місце і заздалегідь передбачаючи приєднувальні поверхні.

Разом з використанням початкових резервів слід безперервно удосконалювати машину, користуючись технологічними і конструктивними прийомами, що з'являються з часом, і добиваючись зниження маси, енергоємності, підвищення довговічності, надійності, ступеня автоматизації, збільшення зручності обслуговування.

Метод резервів і послідовного розвитку, на відміну від інших, описаних вище, є універсальним і застосовним до всіх категорій і класів машин, у тому числі й унікальних.

5.2 Методи пошуку інноваційних високоефективних технічних рішень

5.2.1 Теорія технічних систем як основа винахідництва

Значного підвищення ефективності роботи обладнання та його техніко-економічних показників можна досягти лише при застосуванні передових, а тому в певному розумінні – нетрадиційних, технічних рішень. Зростання складності інженерних задач, у свою чергу, вимагає застосування ефективних методів їх вирішення, що ґрунтуються на закономірностях розвитку техніки.

При створенні складних технічних об'єктів все ширше застосовується системний підхід. Суть системного підходу при проектуванні технічних об'єктів полягає в розгляді будь-якого об'єкта як системи взаємопов'язаних елементів, що створюють одне ціле, і врахуванні взаємних зв'язків між окремими елементами та самою системою.

Теорія технічних систем багато в чому ґрунтується на положеннях теорії вирішення винахідницьких задач (рос. – ТРИЗ), засновником якої є Г. С. Альтшуллер зі своїми однодумцями та учнями.

В теорії технічних систем поділ системи на елементи дає можливість розглядати об'єкт, як мінімум, на трьох рівнях (підсистема, система, надсистема), що є основною характеристикою системного підходу [26]. Такий поділ дозволяє спростити вивчення і перетворення навіть дуже складних

систем, не упускаючи при цьому нічого важливого. Для більш повного аналізу системи необхідно уявляти її в минулому, теперішньому і майбутньому часі. Пов'язавши структуру системи з її часовою характеристикою, можна одержати так звану багатоекранну систему мислення. Вона дає змогу побачити взаємозв'язок змінюваних елементів.

Розробникам нової техніки доцільно використовувати системний підхід як при проектуванні, так і при конструюванні. Основним поняттям при цьому є технічна система (нею може бути будь-який технічний виріб, пристрій, комплекс обладнання, вузол або його елементи).

Технічна система (ТС) – це сукупність упорядковано взаємодіючих елементів з властивостями, що не зводяться до властивостей окремих елементів, яка призначена для виконання конкретних корисних функцій.

Технічна система має чотири головні (фундаментальні) ознаки:

- система призначена для виконання певних цілей, тобто для виконання корисних функцій (функціональність);
- система складається з частин, тобто має структуру (цілісність);
- елементи (частини) системи пов'язані один з одним, з'єднані відповідним чином і організовані в просторі й часі (організація);
- кожна система в цілому має певну особливу властивість, яка не дорівнює простій сумі властивостей її складових елементів (системна якість).

Відсутність хоча б однієї ознаки не дозволяє вважати об'єкт технічною системою.

Системні властивості – це сукупні (інтегральні) властивості, які не дорівнюють властивостям елементів, що входять у систему, і які виникають тільки при створенні системи.

Розрізняють два типи системних властивостей:

- системний ефект – непропорційно велике підсилення (зменшення) властивостей, які є у елементів;
- системна якість – поява нової властивості, якої не було в жодного з елементів до включення їх у систему.

Щоб точніше визначити системний ефект (якість) певної ТС, можна застосувати простий прийом: потрібно розділити систему на складові елементи й подивитись, яка якість (або ефект) зникне. Наприклад, на окремих частинах токарного верстата неможливо точити деталь, однак на верстаті без коробки подач, задньої бабки і коробки швидкостей, маючи привод, шпиндель з патроном, різець, супорт і напрямні на станині, можна точити деталь. А без різця й супорта вже неможливо виточити деталь. Якщо провести аналогічний аналіз для інших випадків, то можна визначити, що всі об'єкти в світі є системами.

Можна розділити вугілля, цукор, голку на складові частини і подивитися, коли вони втрачають свої головні ознаки. Всі вони відрізняються один від одного лише тривалістю процесу розділення: голка перестає бути голкою при розділенні на дві частини, а вугілля і цукор – при розділенні до атома.

Можливі три випадки виникнення системного ефекту (якості) при формуванні зв'язків елементів:

- позитивні властивості складаються, посилюються, а негативні – залишаються незмінними;
- позитивні властивості складаються, а негативні – взаємно знищуються;
- до суми позитивних властивостей додаються перетворені негативні властивості.

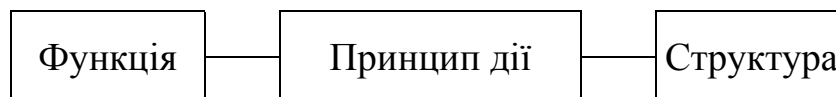
Технічна система називається повною, якщо вона має все необхідне для виконання своїх функцій без участі людини. Переважна більшість відомих технічних систем неповні й дуже багато з них є технічними системами, які розвиваються.

Технічною системою, що розвивається, є система, яка зазнає за час свого існування низки послідовних вдосконалень, що пов'язані спільністю головної корисної функції та відмінні одне від одного спрямованою змінною параметрів системи.

Функція – це здатність ТС виявляти свою властивість (якість, користь) задля задоволення потреби і для перетворення предмета праці (виробу) у потрібну форму або величину. Кожна ТС може виконувати декілька функцій, з яких тільки одна є робочою (головна функція), інші – допоміжні, супутні, що полегшують виконання головної.

Структура (цілісність) – це незмінна в процесі функціонування ТС сукупність елементів і зв'язків між ними, які визначаються фізичним принципом здійснення необхідної корисної дії.

Формування структури є основою синтезу системи. При цьому зберігається примат функції над структурою за схемою:



Вибір принципу дії ТС однозначно визначає її структуру, тому їх необхідно розглядати разом. Принцип дії (структура) – це відображення мети (функції). Головна задача у виборі принципу дії – надійне забезпечення послідовності дій від кінцевої події до початкової. Кінцева подія – це дія, що відбувається на робочому місці, тобто – це здійснення функції ТС.

Головна вимога до структури ТС – це мінімальні втрати енергії і однозначність дії (виключення помилок), тобто наявність належної енергетичної провідності, а також надійність причинно-наслідкового ланцюжка.

За вибраним принципом дії слід скласти функціональну схему (рис. 5.12). При першій побудові функціональної схеми доцільна така послідовність кроків:

- 1) формулюється головна корисна функція (ГКФ) системи;
- 2) визначається фізичний принцип дії робочого органу на виріб;
- 3) обирається або синтезується робочий орган;

4) до робочого органу прилаштовуються трансмісія, двигун, джерело енергії, орган керування;

5) будується у першому наближенні функціональна схема:

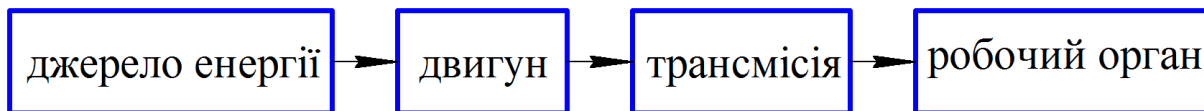


Рис. 5.12 – Функціональна схема технічної системи

б) виявляються недоліки та можливі неполадки у схемі, розробляються більш детальні схеми з урахуванням ієрархії підсистем; підсистеми, які недостатньо ефективно виконують функції, замінюються або добудовуються новими елементами.

Елементи повинні бути узгоджені за формою, властивостями, доповнювати один одного, створювати корисні властивості, взаємно посилювати позитивні та взаємно нейтралізувати шкідливі властивості та якості. Це основний механізм виникнення системного ефекту (або системної якості).

Форма є зовнішнім проявом структури ТС, а структура – внутрішнім змістом форми. Ці два поняття тісно взаємопов'язані. В ТС може мати перевагу один із цих факторів і він може диктувати умови втілення іншому.

Форма у більшості випадків залежить від вимог надсистеми. Можна виділити такі види вимог до форми:

- функціональні (кут заточування леза ножа та ін.);
- ергономічні (зручність утримання, зручність встановлення тощо);
- технологічні (простота і зручність виготовлення, обробки, транспортування);
- експлуатаційні (довговічність, міцність, стійкість, зручність ремонту та обслуговування);
- естетичні (дизайн форми, кольору тощо).

Організація ТС виникає тоді, коли між елементами утворюються об'єктивно закономірні, узгоджені та стійкі у часі зв'язки (відносини). При цьому одні властивості (якості) елемента висуваються на перший план (працюють, реалізуються, посилюються), а інші обмежуються (гасяться, маскуються). В процесі роботи корисні властивості трансформуються у функції – в дію, поведінку.

Головний орієнтир у процесі синтезу системи – це одержання майбутньої системної властивості (системного ефекту або якості).

В теорії технічних систем ми виділяємо такі основні положення (інструментарій), які доцільно використовувати в практичній діяльності:

- закони розвитку технічних систем;
- типові прийоми вирішення технічних протиріч;
- стандарти на розв'язування технічних протиріч;
- функціонально-вартісний аналіз.

5.2.2 Закони розвитку технічних систем

Закони розвитку технічних систем мають високу практичну цінність. Ці закони можна пізнати і цілеспрямовано використовувати.

Розвиток ТС описується трьома групами законів:

- загальні (універсальні) закони, які справедливі для будь-якої системи, що розвивається, незалежно від її природи (це закони діалектики);
- закони розвитку, які є спільними для досить численних груп систем, вони пояснюють рушійні сили і механізми перетворення систем через виникнення та вирішення суперечностей з метою збільшення їх корисних функцій;
- окремі закони, котрі характерні тільки для певного виду систем (наприклад вимірювальних, транспортних та ін.).

Дотепер визначено вже 11 законів розвитку ТС:

- 1) повноти частин системи;
- 2) енергетичної провідності системи;
- 3) узгодження ритміки системи;
- 4) етапності розвитку ТС і переходу в надсистему;
- 5) витискання людини із ТС;
- 6) нерівномірності розвитку частин системи;
- 7) збільшення ступеня ідеальності системи;
- 8) розгортання – згортання ТС;
- 9) збільшення ступеня динамічності та керованості системи;
- 10) переходу з макрорівня на мікрорівень;
- 11) узгодження – розузгодження ТС.

Закони можна об'єднати у три блоки: закони принципової життєздатності ТС (закони 1–3), характерні для періоду виникнення та формування ТС; закони періоду зростання та розвитку ТС (закони 4–8); закони завершального етапу розвитку та переходу до нової системи (закони 9–11) [26].

Знання і використання законів на практиці дозволяє інженеру у короткий термін, а головне, правильно і відповідно до напрямів і тенденцій розвитку системи розв'язувати широке коло виробничих і економічних задач.

Закони принципової життєздатності технічних систем

Будь-яка технічна система утворюється в результаті синтезу окремих частин в одне ціле. Як наслідок, з'являється нова (системна) властивість, що не зводиться до властивостей окремих елементів. Так, система «шприц» володіє властивістю формувати ковбасні батони, якою жоден з її елементів не володіє.

Проте не кожне об'єднання частин дає життєздатну систему. Існують принаймні три закони, виконання яких необхідне для того, щоб система виявилась працездатною.

Закон повноти частин системи. Необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є наявність основних частин системи і їх мінімальна працездатність.

ТС повинна бути функціонально повною, тобто перелік можливостей системи (в першу чергу, перелік її підсистем) повинен включати все мінімально необхідне та достатнє для виконання ГКФ.

Кожна технічна система повинна включати чотири основні частини (рис. 5.13):

- двигун;
- трансмісію, що містить передавальний і виконавчий механізми;
- робочий орган;
- орган керування.

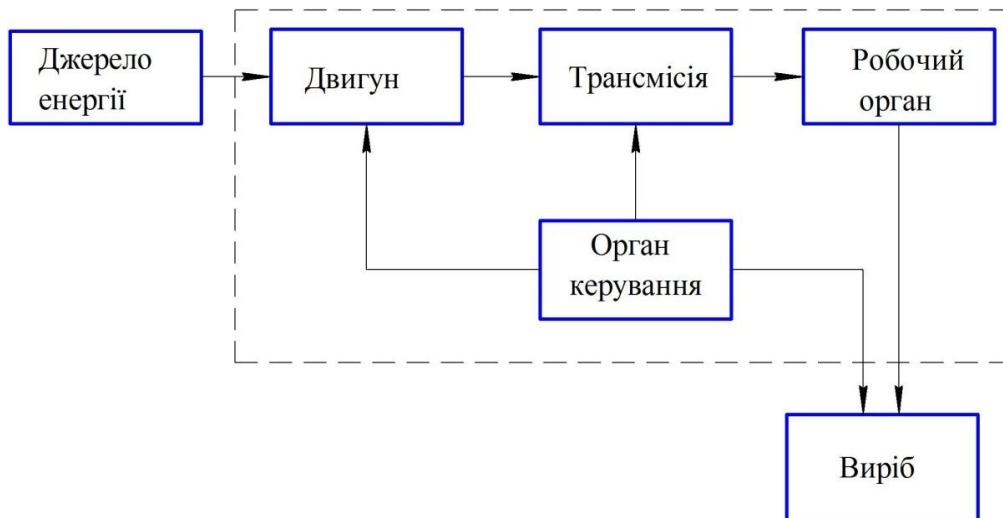


Рис. 5.13 – Структура технічної системи

Причому ці частини повинні бути готові для виконання своїх функцій з урахуванням умов роботи. Тільки в цьому випадку система буде працездатною. Коли хоча б одна частина відсутня, то це ще не ТС (в крайньому разі, вона не повна), а якщо хоча б одна частина непрацездатна, то ТС «не виживе», тобто не зможе використовуватись у реальних умовах експлуатації. Насамперед, ця вимога відноситься до органів та системи керування.

Двигун – це елемент ТС, в котрому енергія перетворюється на потрібний їй вид. Трансмісія (передавальний та виконавчий механізми) – елемент ТС, через котрий енергія передається від двигуна до робочого органу. Робочий орган – елемент ТС, що виконує основну функцію системи. Орган керування – елемент ТС, який нею керує.

Знання законів дозволяє визначити, чи є досліджувана сукупність елементів технічною системою. ТС з'являється тоді, коли до робочого органу «прилаштовуються» замість людини трансмісія і двигун. Із першого закону впливає дуже важливий для практики наслідок: щоб технічна система була керованою, необхідно, щоб була керованою хоча б одна з її частин.

Перший закон є елементарним і очевидним. Однак при створенні та вдосконаленні ТС він часто порушується, ігнорується.

Закон енергетичної провідності системи. Необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є можливість проходження енергії крізь всі її частини.

Будь-яка технічна система є перетворювачем енергії. Таким чином, передача енергії від однієї частини системи до іншої може бути *речовинною* (наприклад вал, шестірні і т. д.), *польовою* (наприклад електромагнітним полем) і *речовинно-польовою* (наприклад передача енергії потоком заряджених частинок). Багато винахідницьких задач зводиться до підбору того чи іншого виду передачі, найбільш ефективного в даних умовах.

Закон допомагає розв'язувати задачі в тому випадку, якщо ставити самому собі запитання: чи є в ТС наскрізний прохід енергії, чи існує добра провідність між частинами ТС і органами керування, яке поле найкраще проводить речовини ТС, чи можна застосовувати більш кероване поле, яке поле найкраще використовувати для нової підсистеми (вводити нове або використовувати існуюче)?

Закон узгодження ритміки частин системи. Необхідною умовою принципової життєздатності технічної системи є узгодження або свідоме розлагодження ритміки всіх частин системи (частоти коливань, періодичності, рельєфу і т. д.).

Із закону узгодження ритміки випливає ряд правил:

- у технічних системах дія поля повинна бути узгоджена (або розлагоджена) з власною частотою виробу (інструменту);
- у технічних системах мають бути узгоджені (або розлагоджені) частоти застосовуваних полів;
- якщо дві дії, наприклад змінювання і вимірювання, несумісні, то одну дію здійснюють в паузах іншої;
- пауза в одній дії повинна бути заповнена іншою корисною дією.

Так, наприклад, продуктивність обладнання технологічних ліній повинна бути однаковою або узгодженою між собою.

Робота функціональних вузлів машин-автоматів та їх робочих органів для пакування або фасування харчових продуктів повинна бути узгоджена між собою задля забезпечення максимальної продуктивності машини-автомата та виключення можливості пошкодження продукту або елементів обладнання. Під час вистояння каруселі фасувальних напівавтоматів функціональні вузли виконують свої робочі цикли, а під час холостих ходів робочих органів карусель виконує поворот на один кутовий крок.

Частота коливань вертикальних вібраційних транспортерів сипкої сировини узгоджена зі швидкістю підйому та падіння частинок сировини.

У відцентрових сепараторах застосовано демпфування коливань радіальної (горлової) підшипникової опори. Використання підпружиненої (рис. 5.14, *а*, *б*) зовнішньої обійми 1 підшипника дозволяє «розлагодити» робочу частоту обертання вертикального вала 2 з його власною частотою коливань. Завдяки цьому під час розгону барабана сепаратора при проходженні критичної (резонансної) частоти обертання не відбувається надмірної деформації та руйнування консолі вертикального вала 2, оскільки він має можливість виконувати радіальне зміщення (рис. 5.14, *б*). Подібним чином при проектуванні кутерів перевіряється умова невідповідності робочої частоти обертання ножового вала його критичній частоті.

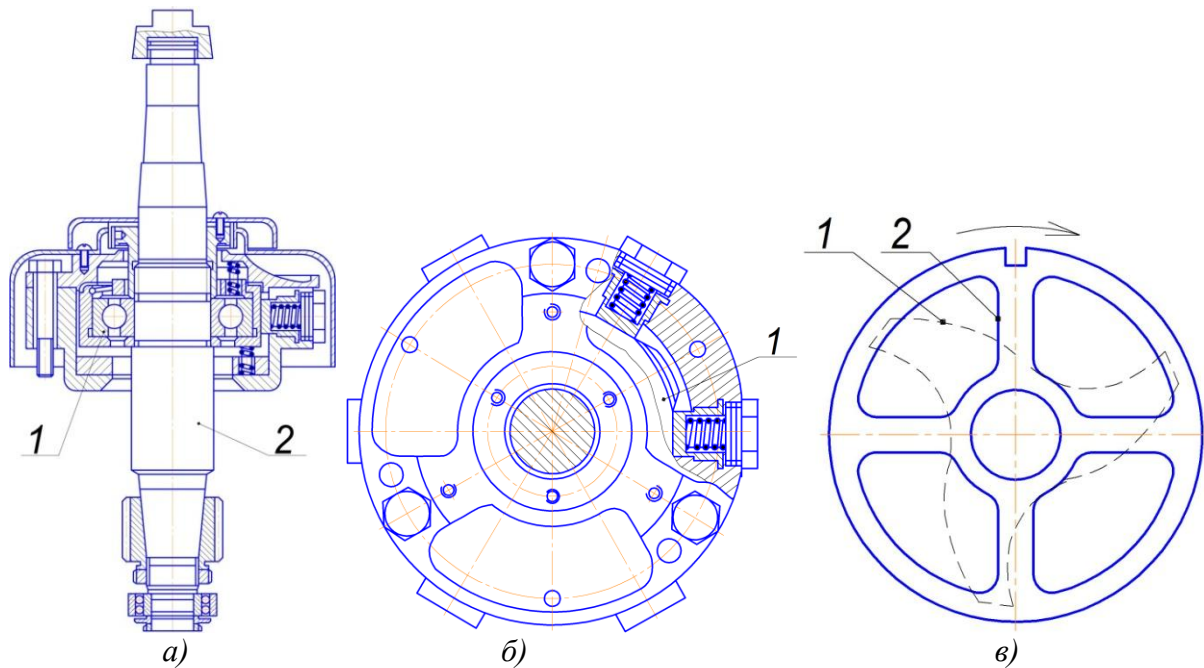


Рис. 5.14 – Приклади конструкцій вузлів, в яких реалізовано узгодження параметрів роботи окремих деталей

Застосування фрикційної муфти в приводі відцентрових сепараторів дозволяє узгодити вимоги щодо досягнення високої робочої частоти обертання барабана (близько 5000 хв^{-1}) та малих енерговитрат на проведення процесу розгону і малої встановленої потужності електродвигуна приводу. Фрикційна муфта дає змогу проводити розгін плавно, не витрачаючи на це надмірної потужності, що є виправданим у цьому випадку, оскільки пуск сепараторів проводиться один або лише кілька разів за робочу зміну.

Іншим прикладом може бути узгодження продуктивності шнека вовчка і пропускної спроможності його різального вузла, узгодження кривизни гвинтових канавок робочого циліндра із геометрією витків шнека тощо. Конструкція приймальної решітки має бути узгоджена [63] з конструкцією ножа, який працює в парі з нею (рис. 5.14, в): чи то леза ножа 1, чи то різальні кромки 2 отворів решітки мають бути криволінійними з метою забезпечення найоптимальніших умов різання; ніж повинен мати зменшену на одиницю кількість лез порівняно з кількістю отворів решітки з метою усунення пульсацій споживаної потужності приводу.

Сучасні кліпсатори є яскравим прикладом узгодження режимів і ритму роботи взаємопов'язаних систем (рис. 5.15, а). Подача сировини шприцем, робота кліпсатора та робота пристрою для навішування ковбасних батонів на копильні стрижні контролюється загальною системою керування. Це дозволяє досягти максимальної продуктивності формування ковбасних батонів та мінімізувати кількість бракованої продукції.

Як відомо, при роботі ковбасних шприців з натуральною оболонкою операція надівання її на цівку шприца займає достатньо багато часу. Цим самим суттєво знижується продуктивність шприца, оскільки під час

надівання оболонки він простоює, незважаючи на високу подавальну спроможність фаршевого насоса. Застосування намотувального ролика (рис. 5.15, б) з електроприводом дозволяє узгодити ритміку загальної системи, забезпечивши швидке надівання оболонки і, відповідно, мінімальне простоювання машини.



Рис. 5.15 – Приклади обладнання, в яких реалізовано узгодження параметрів роботи окремих агрегатів

В ємкісних апаратах для зберігання молока його подача здійснюється не вертикально вниз на днище, а на стінки ємкості з метою усунення спінювання молока. Цим досягається узгодження режиму подачі сировини з її фізико-механічними властивостями.

Закон узгодження ритміки системи використовується при створенні та вдосконаленні переважної кількості ТС харчових виробництв.

Закони періоду зростання і розвитку технічних систем

Ці закони визначають динаміку розвитку технічних систем.

Етапність розвитку ТС і перехід у надсистему. ТС розвиваються поетапно і, вичерпавши можливості свого розвитку, підключаються до надсистеми в ролі однієї з частин. При цьому подальший розвиток йде на рівні надсистеми, хоча здійснити такий перехід вони можуть і на іншому етапі свого розвитку.

Життя технічної системи (як і інших систем) можна зобразити у вигляді S-подібної (логістичної) кривої (рис. 5.16), яка показує, як змінюються в часі головні характеристики системи (потужність, продуктивність, швидкість і т. д.). Незважаючи на індивідуальні особливості, притаманні різним технічним системам, ця крива має характерні ділянки, загальні для всіх систем. В «дитинстві» (ділянка 1) технічна система розвивається повільно. Потім настає доба зростання і розвитку (ділянка 2), технічна система швидко удосконалюється, починається масове її застосування. Потім темпи розвитку її починають спадати (ділянка 3). Настає зрілість (система вичерпує себе). Далі система або деградує, замінюючись принципово іншою системою *Б*, або на довгий час зберігає свої показники (ділянка 4).

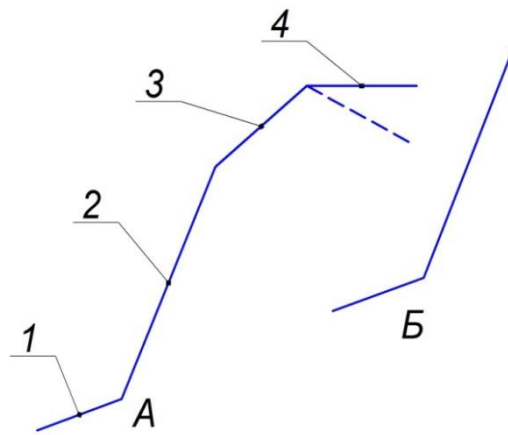


Рис. 5.16 – Життєвий цикл технічної системи

Так, розвиток фаршезмішувачів привів до появи агрегованих машин: вовчків-мішалок, мішалок-емульсаторів і кутер-мішалок, що можна розглядати як реалізацію функції змішування фаршу на рівні технологічної лінії (надсистеми). Так само в хлібопекарській промисловості з'явилися тістоготувальні агрегати, які виконують функції тістомісильних машин, бункерів для бродіння тіста та тістоділильних машин.

На рис. 5.17 зображено життєві цикли окремих видів обладнання, що використовуються в м'ясопереробній промисловості.

На рис. 5.18, а зображено типову криву зміни кількості винаходів, які відносяться до досліджуваної технічної системи. Перший пік означає, що кількість винаходів збільшується в період переходу до масового застосування системи. Другий пік на рис. 5.18, а обумовлений прагненням продовжити життя системи.

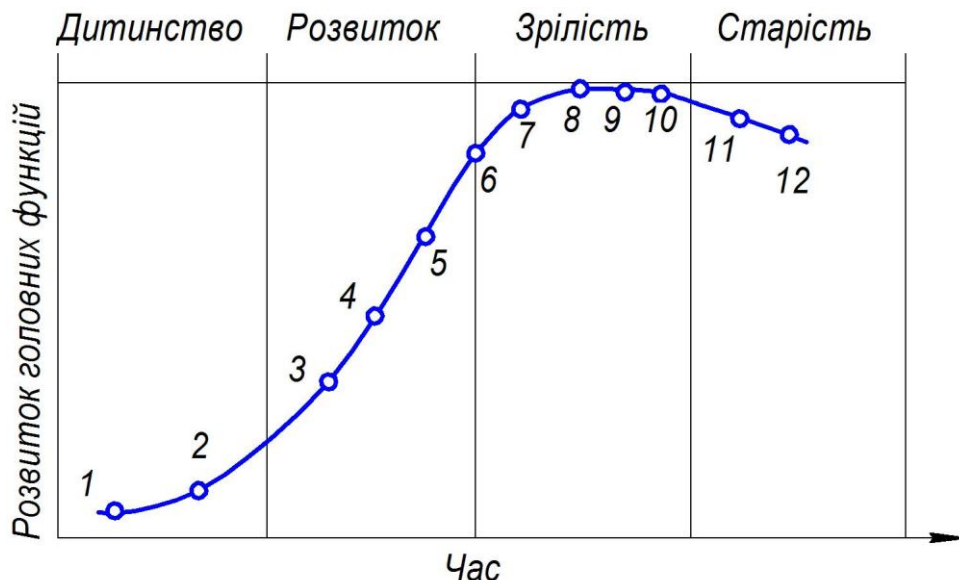


Рис. 5.17 – Життєвий цикл м'ясопереробного обладнання та технологій:

- 1 – установки для лазерного та гідроабразивного різання м'яса; 2 – нанотехнології в модифікації сировини; 3 – нанотехнології в пакуванні; 4 – обладнання для обробки сировини надвисоким тиском; 5 – мехатронні системи та робототехніка; 6 – ін'єктори; 7 – масажери; 8 – кутери; 9 – емульсатори; 10 – вовчки; 11 – камери повітряного заморожування; 12 – вертикальні автоклави

На рис. 5.18, б показано зміну рівня винаходів. Перші винаходи, які створюють основу технічної системи, завжди мають високий рівень. Поступово цей рівень знижується. Пік на рисунку відповідає винаходам, які забезпечують системі можливість масового використання. За цим піком йде спад: рівень винаходів неухильно знижується, наближаючись до нуля. А тим часом з'являються нові винаходи високого рівня, які належать до наступної системи.

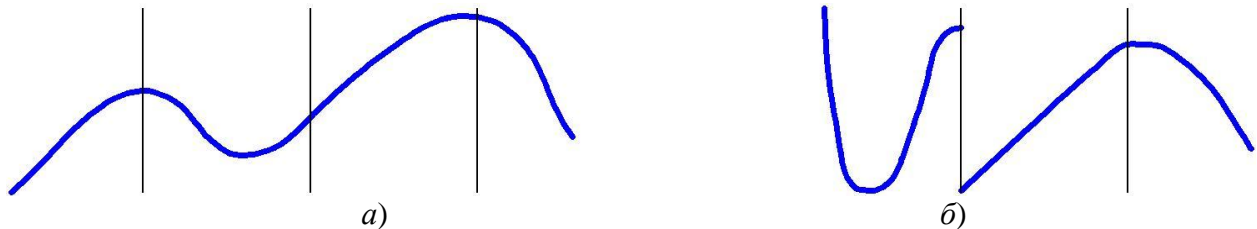


Рис. 5.18 – Зміна кількості винаходів та їх рівня

Перші винаходи, незважаючи на їх дуже високий рівень, не дають прибутків від використання: технічна система існує на папері або в одиничних зразках, в ній багато дрібних недоліків та недоробок. Прибуток починає з'являтися після переходу до масового використання ТС.

Інженеру потрібно знати особливості «життєвих кривих» технічних систем. Це необхідно для правильної відповіді на запитання, яке досить важливе для винахідницької практики: «Треба чи ні вирішувати цю задачу та вдосконалювати вказану в ній технічну систему або треба поставити нову задачу і створити щось принципово нове?». Щоб відповісти на це запитання, потрібно знати резерви розвитку цієї системи. Майже завжди можна зібрати відомості про перебіг попереднього розвитку цієї системи і побудувати графіки зміни одного з показників системи (швидкість, продуктивність, потужність, точність і т. д.).

Закон етапності розвитку ТС і переходу її в надсистему підказує розробнику, що вдосконалення ТС слід вести в напрямку витискання людини з неї та все більшої передачі функцій елементам самої системи. При своєму розвитку ТС набуває нових якостей, які реалізуються додатковими (новими) конструктивними елементами та вузлами.

Так, шприци для набивки ковбас з часом отримали новий вузол з власним приводом – вовчкову насадку (рис. 5.19, а), яка призначена для формування належного рисунка на зрізі сирокочених ковбас типу салямі. В цьому випадку шприци перейняли частину функцій, виконуваних вовчком.

Розвиток емкісних апаратів для молока привів до ускладнення їх конструкції, але одночасно з цим – до суттєвого підвищення ефективності їх роботи. Використання зовнішнього теплообмінника 1 (рис. 5.19, б) дозволяє значно зменшити тривалість нагрівання та охолодження молока, а також знизити енерговитрати на проведення цих процесів.

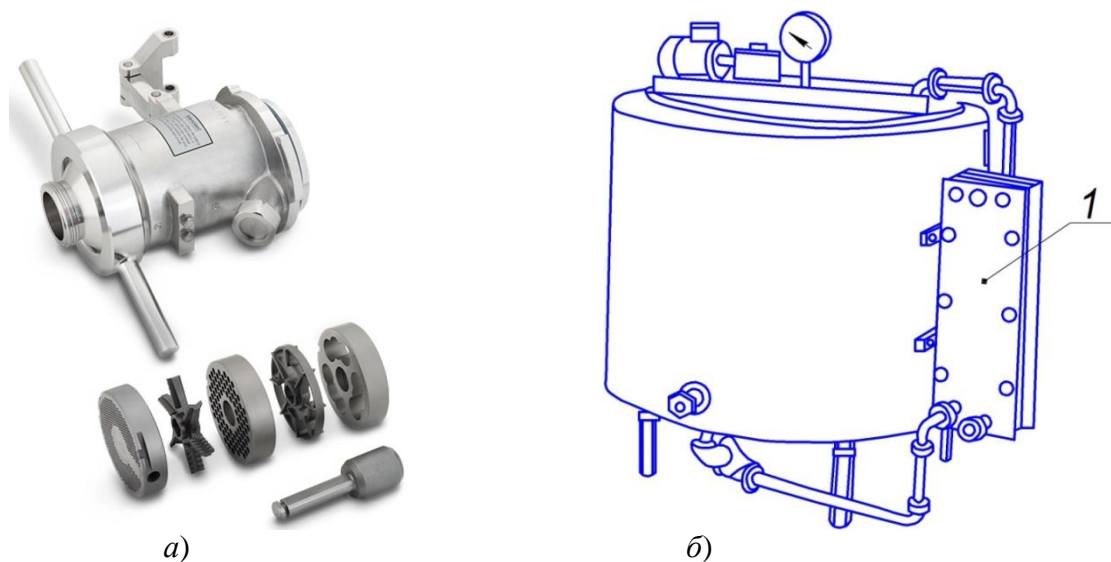


Рис. 5.19 – Приклади «розгортання» технічних систем

Іншими прикладами «розгортання» ТС можуть бути застосування двох робочих циліндрів у фризерах періодичної дії, застосування в кутерах системи вакуумування, поява вузла подрібнення заморожених м'ясних блоків у вовчках, використання теплової сорочки та системи подачі рідкого азоту у фаршесмішувачах тощо.

Закон нерівномірності розвитку частин системи. Розвиток частин системи йде нерівномірно: чим складніша система, тим більш нерівномірним є розвиток її частин.

Нерівномірність розвитку частин системи є причиною виникнення технічних та фізичних суперечностей і, відповідно, нових винахідницьких задач. Це обумовлено тим, що при введенні кожної технічної новинки відбувається не тільки позитивний, а й негативний, небажаний ефект.

Закон збільшення ступеня ідеальності ТС. Розвиток всіх систем йде в напрямку збільшення ступеня ідеальності. Це головний закон розвитку техніки.

Ідеальна технічна система – це та система, маса, об'єм і площа якої наближаються до нуля, хоча її спроможність виконувати роботу при цьому не зменшується. Інакше кажучи, ідеальна система – це той випадок, коли системи немає, а функція її виконується.

Оскільки для виконання функції потрібен тільки матеріальний об'єкт, то за зниклу (ідеалізовану) систему ці функції повинні виконувати інші системи (сусідні ТС, над- або підсистеми). «Чужа» функція, що береться до виконання, може бути аналогічною власній і тоді відбувається просто збільшення головної корисної функції (ГКФ) досліджуваної системи. Якщо ж функції не збігаються, виникає збільшення кількості функцій системи. Зникнення систем і збільшення ГКФ або кількості функцій, які виконуються, – дві сторони загального процесу ідеалізації.

В теорії технічних систем є орієнтир, який відповідає головному закону розвитку техніки (збільшенню ступеня ідеальності), – це *ідеальний кінцевий результат* (ІКР).

ІКР – уявний абсолютний підсумок вирішення поставленої задачі. ІКР формулюють за простою схемою: один з елементів «хворого» місця системи чи зовнішнього середовища сам усуває шкідливу (непотрібну, зайву) дію. «Сам» – тобто без участі людини, без додаткового споживання енергії, без надсистем, без втручання підсистем, абсолютно «без нічого».

Звичайно, повною мірою досягти такого результату неможливо. ІКР – це орієнтир, який дозволяє орієнтуватися на найкращий розв’язок. Таким чином, вдосконалюючи технічну систему, розробник повинен прагнути до передачі функцій одних ТС елементів іншим, цим самим підвищуючи ступінь ідеальності системи.

Одним із простих прикладів застосування рішення, що наближене до ІКР, є наступний (рис. 5.20). В автоматі для етикетування пляшок з напоями задача піднімання пляшок при їх виведенні з каруселі була вирішена шляхом використання енергії самої каруселі – було застосовано нерухому напрямну, наштовхуючись на яку, пляшки при обертанні піднімалися, чим і забезпечувалось їх надійне зняття з карусельного столу без використання додаткових механізованих пристроїв.

Іншим прикладом може бути збірна конструкція [58] решітки вовчка, яка забезпечує одночасне виконання низки вимог до неї (рис. 5.21, а). Детальніше властивості цієї решітки описані у п. 5.2.5.

Ще одним прикладом ідеалізації технічної системи за рахунок зменшення кількості її елементів може бути будова установки [59] для відновлення різальних властивостей робочих органів м’ясорізальних машин (рис. 5.21, б, в). Відомі моделі заточувальних верстатів для різального інструменту кутерів і вовчків мають такі недоліки: відсутність простих конструкцій, що здатні забезпечити автоматизоване заточування ножів кутера; не забезпечено можливість заточувати різальний інструмент кутерів і вовчків на одному верстаті; не забезпечено поєднання функцій заточувального обладнання та обладнання для зміцнення різального інструменту.

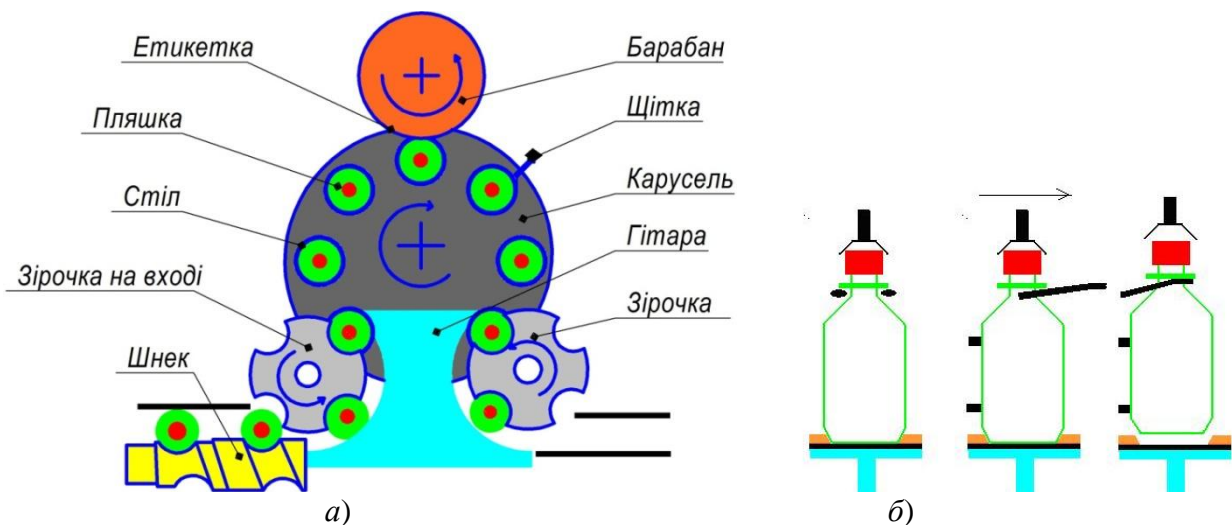


Рис. 5.20 – Схема роботи автомату для етикетування пляшок

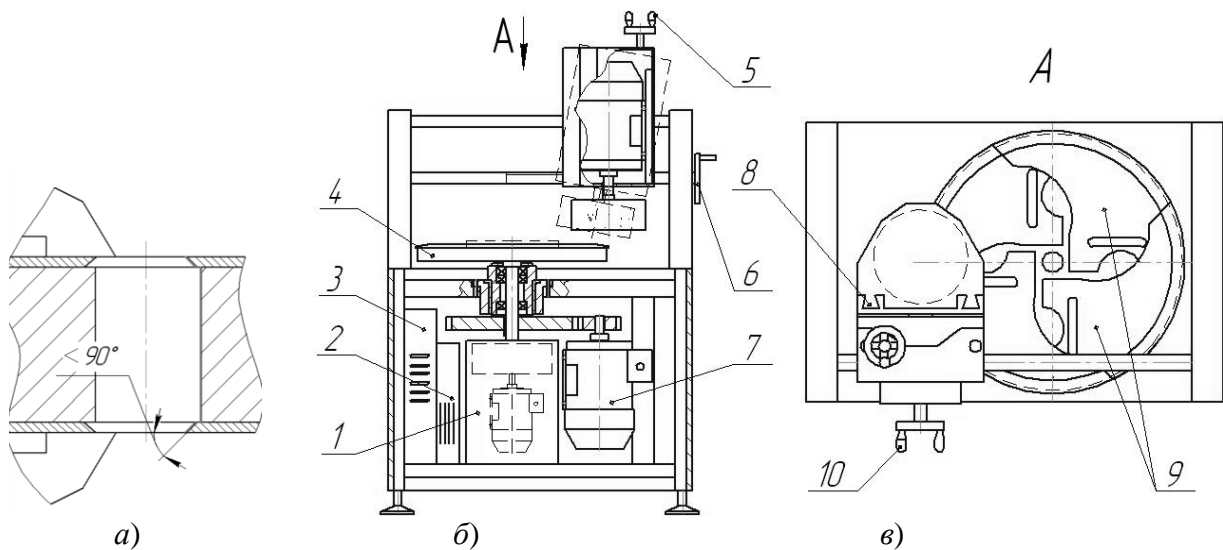


Рис. 5.21 – Приклади підвищення ступеня ідеальності обладнання:
 а) решітка збірної конструкції; б, в) установка для заточування та зміцнення різального інструменту: 1 – привод вертикальної подачі планшайби; 2 – генератор електроімпульсних розрядів; 3 – блок керування; 4 – планшайба; 5 – маховик вертикальної подачі заточувального круга; 6 – маховик горизонтальної подачі заточувального круга; 7 – привод планшайби; 8 – модульний затискний пристрій; 9 – оброблювальний різальний інструмент; 10 – маховик кутової подачі заточувального круга

Виконання ножів кутера такими, як зображено на рис. 5.21, в, і наявність змінних модулів для заточування і зміцнення ножів дозволяє отримати такі переваги:

- зменшення номенклатури заточувального обладнання за рахунок можливості заточування різних типів різального інструменту на одному верстаті (ножі кутера, ножі і решітки вовчка, дискові ножі);
- можливості зменшення оплати праці оператора завдяки зменшенню ручної праці під час роботи установки;
- можливості виконання різних видів технологічної обробки різального інструменту (заточування, наплавлення, електроіскрове легування, вигладжування) на одному типі пристрою після кожного переточування, що дозволяє комплексно збільшити довговічність різального інструменту.

В конструкції сепараторів вузол відведення молока являє собою приклад підвищення ступеня ідеальності. Так, застосування гвинтових канавок у відповідному пристрої (рис. 5.22, а) дозволило ефективно використовувати значну кінетичну енергію молока, що обертається разом із барабаном, і перетворювати її на потенціальну енергію потоку. Цим самим забезпечено підвищений нагнітальний тиск у мережі відведення молока, що означає реалізацію функції насоса без його фактичної наявності.

У вовчках прикладом підвищення ступеня ідеальності можуть слугувати низка елементів конструкції. Так, створення жиловальних різальних комплектів дозволило проводити відділення жил, хрящів, скалок кісток під час подрібнення м'яса у вовчку. Стало можливим як реалізувати суто процес

подрібнення м'яса, так і позбутися трудомісткої ручної праці з жилювання сировини. Конструкції агрегованих і універсалізованих машин (вовчок-мішалка, вовчок-дробарка, вовчок-варильник) володіють розширеними технологічними функціями, що дозволяє зменшити номенклатуру використовуваного обладнання. При цьому функції інших машин (фаршезмішувача, дробарки, варильного котла) реалізуються при лише незначному ускладненні конструкції самого вовчка (вводяться та посилюються окремі елементи).

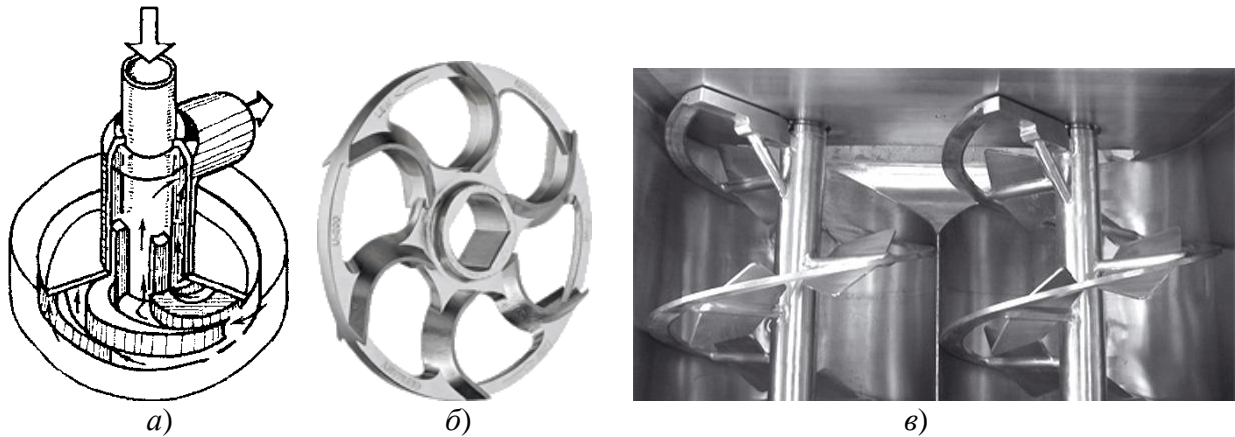


Рис. 5.22 – Приклади підвищення ступеня ідеальності обладнання

Закон підвищення ступеня ідеальності застосовується не лише до вузлів обладнання, а й до його окремих деталей. На рис. 5.22, б зображено ніж вовчка із силовим кільцем. Така будова ножа дозволяє якнайкраще наблизитись до «ідеального кінцевого результату» – найвищий ступінь подрібнення сировини (оскільки лез багато), найвища продуктивність вовчка (оскільки леза вузькі, вони незначно перекривають решітку) та найвища міцність лез (міцність лез підвищено за рахунок силового кільця).

Так само раціональне конструктивне виконання лопатей змішувача (рис. 5.22, в) обумовлює підвищення ефективності змішування сировини без помітного ускладнення конструкції машини. Це відбувається за рахунок того, що зовнішня спіраль змішувального вала спрямовує рух сировини в одному осьовому напрямку, тоді як стійки, що утримують спіраль, які є лопатями, спрямовують сировину у зворотному напрямку.

В емульсаторах передній скіс 1 на лопатях ножа виконує функцію ділянки шнека, нагнітаючи сировину в напрямку отворів решітки 2 (рис. 5.23, а). Цим самим підвищується ступінь «ідеальності» конструкції машини – надійне і продуктивне нагнітання сировини крізь решітку різального вузла здійснюється без використання додаткових вузлів і агрегатів, що, відповідно, зменшує складність, металоємність та габарити машини.

Застосування скосу 1 на тильній стороні ножів кутера (рис. 5.23, б), а також застосування приводу, що здатен забезпечити реверс ножового вала з малою частотою обертання, дозволяє реалізувати в кутерах перемішування фаршу, виконуючи цим самим функцію фаршезмішувача. Застосування в конструкції кутерів системи обігріву чаші та системи подачі

рідкого азоту дозволяє реалізовувати технологічні можливості варильних котлів та проводити швидке заморожування парного м'ясного шроту.

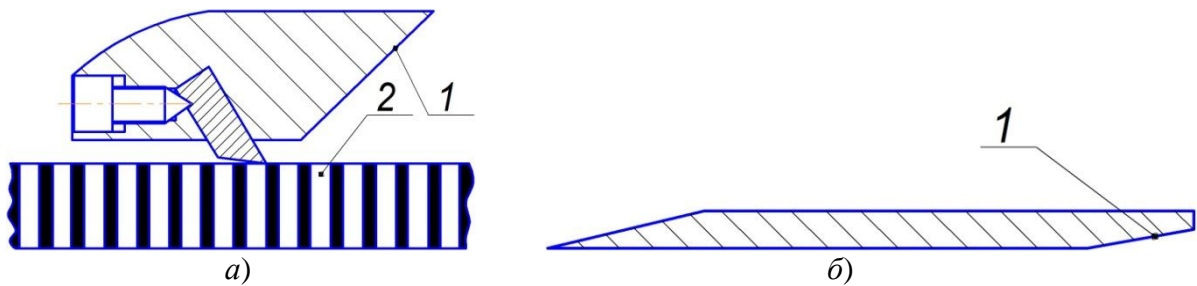


Рис. 5.23 – Приклади підвищення ступеня ідеальності обладнання

Конструкція емульсатора [68], що зображена на рис. 5.24, дозволяє виконувати автоматизоване переналагодження ступеня подрібнення сировини в *online*-режимі. Різальний вузол емульсатора складається з двох пар «ротор-статор» та містить ступінь попереднього подрібнення у вигляді пари «ніж-решітка». Робочі поверхні різальних пар «ротор-статор» виконано конічними, причому з різними кутами конусності.

При необхідності зміни ступеня подрібнення сировини вмикається привод 1, і обойма 2 разом зі ступицею 3 і тягами 4 зміщується вздовж осі ножового вала 5 (на зразок емульсаторів *Karl Schnell FD*). При цьому змінюється зазор між ротором 6 і статором 7, а також між ротором 8 і статором 9. Так, при значенні кута $\alpha_1=15^\circ$ і кута $\alpha_2=5^\circ$ та при зміщенні тяг 4 вправо (за рис. 5.24) на 8 мм значення зазору між ротором 6 і статором 7 змінюється з 1 до 3 мм (на 2 мм), а значення зазору між ротором 8 і статором 9 змінюється з 0,3 до 1 мм (на 0,7 мм), що обумовлює перехід на грубіше подрібнення сировини. Таким чином, забезпечується диференційована зміна робочих зазорів при однаковому зміщенні роторів.

Наявність циліндричних робочих поверхонь 10 і 11 дає змогу проводити проміжне подрібнення сировини після ножа 12 та перед зазором, що створений конічними робочими поверхнями 13 і 14. Це дозволяє забезпечити максимальну поступовість подрібнення сировини в різальному вузлі. Так, при значенні діаметра 7 мм отворів перфорованої решітки 15, значенні зазору 1 мм між ротором 6 і статором 7, значенні зазору 0,3 мм між ротором 8 і статором 9 незмінний зазор між робочими поверхнями 10 і 11 в 3 мм дозволяє забезпечити належне подрібнення сировини при її надходженні від решітки 8 до конічних робочих поверхонь 13 і 14. Ступінь попереднього подрібнення (ніж 12 та решітка 15) дає змогу подрібнювати сировину на вовчку крізь отвори 8 мм, що значно зменшує втрати м'ясного соку та підвищує продуктивність вовчка. Пропонована конструкція емульсатора дозволяє значно зменшити витрати на різальний інструмент, оплату праці оператору, простоювання технологічної лінії.

В описаній конструкції емульсатора для зміщення роторів використовується один пристрій, а робочі зазори змінюються так, як при використанні двох окремих пристроїв для індивідуального зміщення роторів. Цим самим підвищується «ідеальність» конструкції емульсатора.

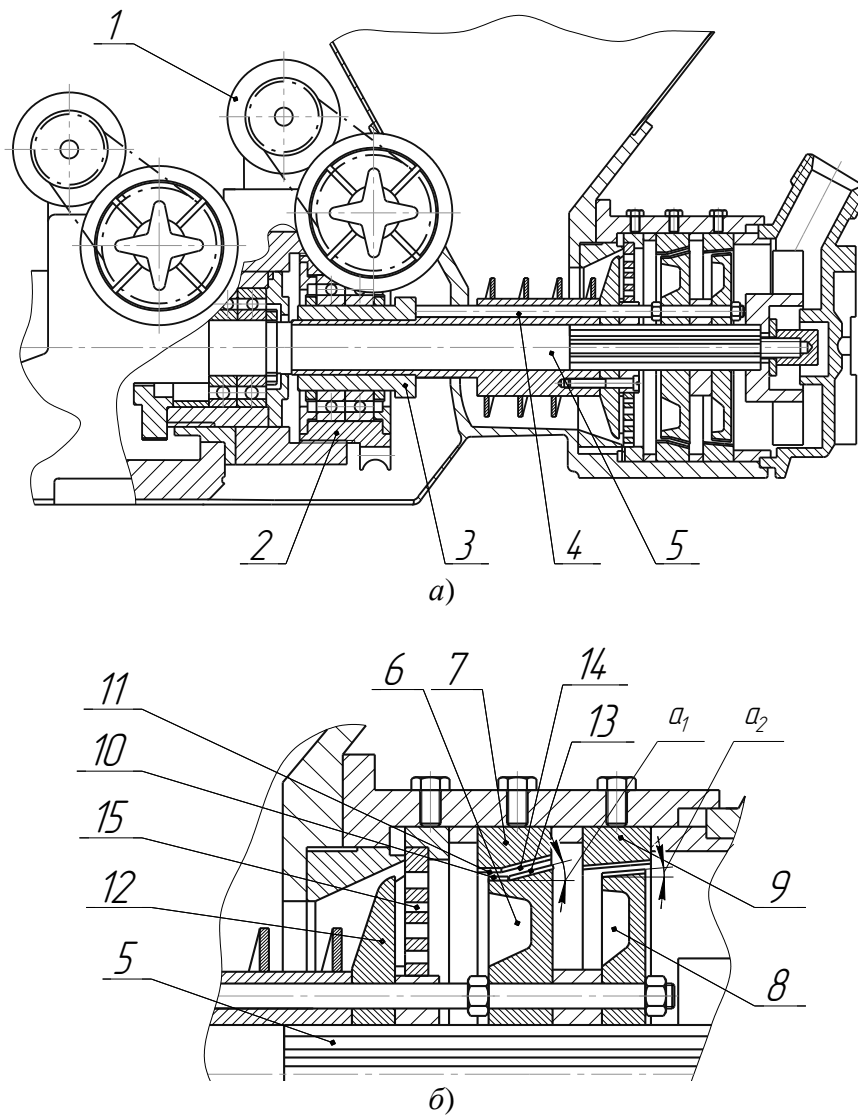


Рис. 5.24 – Схема конструкції емульситатора

В сучасних ковбасних шприцах задача підвищення їх фактичної продуктивності вирішується, в тому числі, і шляхом використання штучної ковбасної оболонки, яка спресована в гільзи. Таке рішення дозволяє проводити автоматичну заміну та встановлення оболонки на цівку шприца, причому на таку операцію витрачається мінімум часу. Все це наближує сучасні моделі шприців до «ідеального кінцевого результату» – безперервної роботи шприців по наповненню ковбасних оболонок.

Термокамери на сьогоднішньому етапі їх розвитку втілюють у своїй конструкції виконання декількох функцій, які раніше були властиві спеціалізованому обладнанню – варіння ковбасних виробів, обсмажування, копчення, охолодження. Завдяки цьому виконання поставлених цілей (технологічних операцій) реалізується при суттєво меншій кількості обладнання, що і є підвищенням ступеня «ідеальності» термокамер.

Цікавим прикладом застосування цього закону розвитку ТС може бути конструкція пластинчастих теплообмінників пастеризаційно-охолоджувальних установок. Використання в теплообміннику секції регенерації, в якій відбувається теплообмін між молоком, що вже спастеризоване

та має температуру близько 75 С, і молоком, яке тільки надходить у теплообмінник і має температуру близько 4 С, дозволяє заощадити значну кількість теплової енергії. Таку енергію необхідно витратити як на охолодження гарячого пастеризованого молока, так і на нагрівання холодного свіжого молока, що надходить. Це технічне рішення також може бути прикладом застосування прийому «обернути шкоду на користь» для усунення технічних протиріч (див. п. 5.2.3): при «правильному» сполученні двох недоліків (необхідності витрат теплової енергії) вони взаємно «знищуються».

В барабанних охолоджувачах сиру запропоновано використовувати не лише охолодження внутрішньої стінки циліндра, а й охолодження зовнішньої стінки барабана. Таке рішення дозволяє пришвидшити охолодження шару сиру, який знаходиться поміж циліндром і барабаном, і цим самим підвищити одиничну продуктивність охолоджувача. Це означає, що охолоджувач тих самих габаритів і металоємності володітиме продуктивністю значно більшого охолоджувача звичайної конструкції.

Зернові екструдери є прикладом того, як декілька достатньо відмінних технологічних операцій можуть бути реалізовані в одній машині та робочим органом однієї, по суті, конструкції. Так, шнек екструдера призначений для подрібнення зерен сировини, перемішування, нагрівання, транспортування та пресування. За рахунок цього екструдювання сировини проводиться за допомогою достатньо простого та компактного обладнання, що в цьому сенсі є більш «ідеальним», ніж використання для цієї мети низки технологічних машин.

Як видно з наведених вище прикладів, закон підвищення ступеня «ідеальності» ТС має широке використання і дозволяє вирішувати безліч задач як на рівні вдосконалення обладнання, так і на рівні вдосконалення окремих його вузлів та навіть деталей.

Пам'ятаючи цей закон, можна завжди знайти в досліджуваному об'єкті (машині, апараті) невирішені проблемні задачі та визначити напрямки його розвитку.

Закони завершального етапу розвитку технічної системи і переходу до нової системи

Закон підвищення динамічності і керованості ТС. Розвиток технічних систем йде в напрямку збільшення ступеня дисперсності (заміна «великих» ланок на сукупність «малих»), гнучкості і рухомості, тобто підвищення ступеня динамічності і керованості.

Суть цього закону полягає в тому, що підвищення динамічності надає системі можливість зберігати високу ідеальність при значних змінах зовнішніх умов, тобто можливість пристосовуватися до зовнішніх умов, зберігаючи при цьому свою працездатність.

На законі динамізації ґрунтуються два стандартні рішення: динамізація речовини системи і динамізація поля (силового поля).

Динамізація речовини здебільшого починається з розділення речовини на дві шарнірно з'єднані частини. Далі динамізація йде по лінії:

один шарнір – багато шарнірів – гнучка речовина – рідина – газ – поле (або за аналогією). Інколи динамізація закінчується заміною речовинного зв'язку польовим.

Динамізація поля в простішому випадку здійснюється переходом від постійної дії до імпульсної, потім до змінних і нелінійних полів.

Знання законів розвитку ТС дозволяє побачити і точно сформулювати винахідницькі задачі. Якщо ми знаємо, що будь-яка ТС проходить стадію динамізації, треба визначити, на якому етапі вона в цей момент знаходиться, і здійснити наступний крок.

Отже, якщо у ТС, яка удосконалюється, визначені елементи та взаємозв'язки між ними, то розробник повинен знати, що наступний етап у розвитку системи – це її динамізація й підвищення керованості.

Збільшення керованості виражається у збільшенні ступеня репольності (слово «реполь» складено з двох слів «речовина» і «поле»): нерепольні системи намагаються стати репольними, а в репольних системах розвиток йде шляхом збільшення зв'язків між елементами, підвищення гнучкості, «чутливості» елементів, збільшення кількості елементів. Закони розвитку реполів розглянуто в п. 5.2.4.

Прикладом динамізації конструкції обладнання може бути зміна будови зернового екструдера (рис. 5.25, більш детально – п. 5.2.5). Авторами запропоновано використовувати індивідуальні приводи 5 і 6 для обертання шківів 3 і 4. За рахунок цього стає можливим змінювати частоту обертання конусного наконечника 2 відносно шнека 1, тобто – підвищити ступінь динамізації вказаних елементів конструкції. Таке рішення дозволяє оперативно регулювати інтенсивність нагріву сировини залежно від її вологості, температури навколишнього середовища та від етапів технологічного циклу екструдювання.

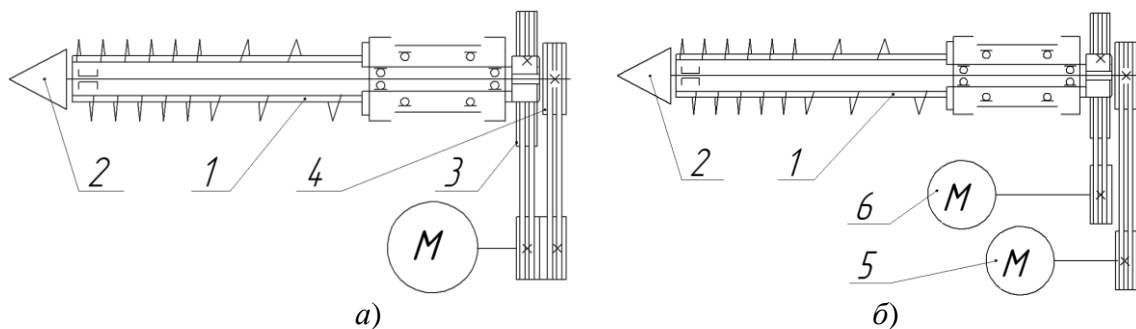


Рис. 5.25 – Приклади динамізації конструкції зернових екструдерів:
 а) з диференційованим приводом пресувального шнека та конусного наконечника;
 б) з роздільним їх приводом

Підлягають дії цього закону і прості системи. Наприклад, в минулому ножі кутера виготовлялися суцільними, тобто подвійними (рис. 5.26, а). Згодом конструкція ножевої головки зазнала змін – одинарні ножі почали встановлюватись на ножеві блоки, які, до того ж, мали рухомі елементи для радіального зміщення ножів (рис. 5.26, б). Таке рішення дозволило

зміщувати ножі в радіальному напрямку після кожного їх заточування з метою забезпечення заданих мінімальних значень зазору між ножами і чашею кутера (рис. 5.26, в).

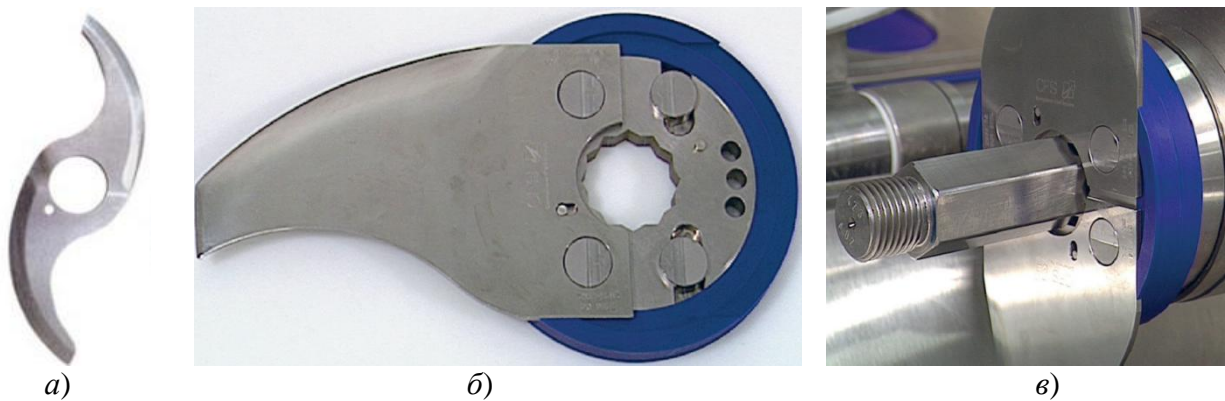


Рис. 5.26 – Приклади динамізації конструкції ножових блоків кутера:
 а) суцільний подвійний ніж; б) ножовий блок із встановленим на ньому ножом;
 в) ножовий блок, встановлений на ножовому валу кутера

Ножі вовчка також зазнали динамізації. Наявність змінних різальних вставок дозволяє істотно зменшити витрати дорогих зносостійких легированих сталей на виготовлення ножа (рис. 5.27, а). Таким чином, досягається зменшення собівартості ножів та експлуатаційних витрат на них. Динамізація в цьому випадку полягає в заміні суцільних лез на такі, що містять додаткові рухомі елементи.

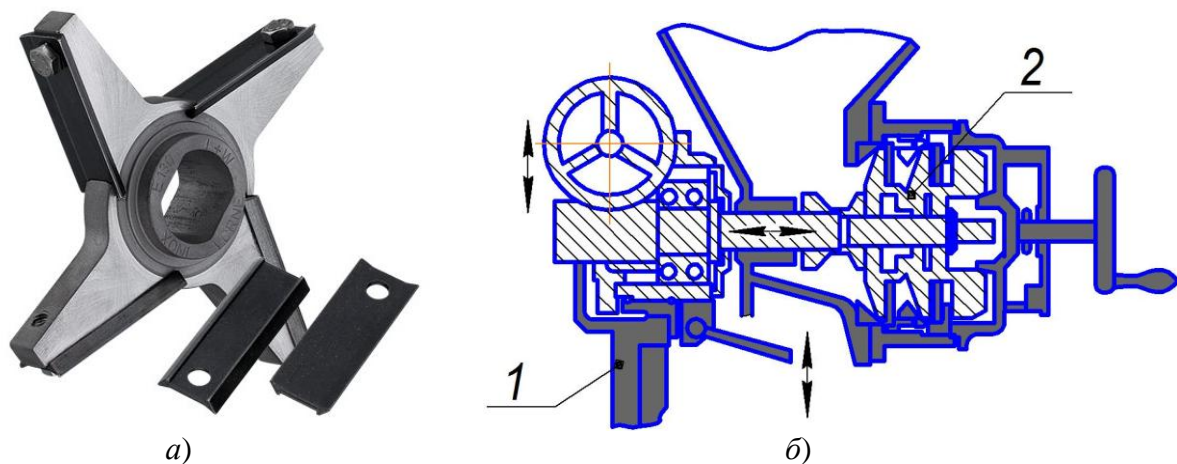


Рис. 5.27 – Приклади динамізації елементів конструкції обладнання:
 а) ніж вовчка зі змінними різальними вставками; б) система зміщення ножів емульсатора відносно решіток (1 – корпус; 2 – рухома система ножового валу)

В конструкції емульсаторів передбачено можливість зміщення ножів відносно решіток (рис. 5.27, б). При цьому задля зміщення ножів застосовано низку додаткових рухомих елементів: ножі зміщуються разом із ножовим валом та підшипниковою опорою за допомогою черв'ячної пари. Така будова емульсатора дозволяє регулювати зусилля притискання ножів до решіток, товщина яких змінюється в процесі експлуатації.

В емульситаторах ножі зі змінними різальними вставками зазнали подальшої динамізації – тильна сторона вставок 1 виконана сферичною, як і поверхня гнізда в ножі 2 (рис. 5.28, а). За рахунок цього вставка має можливість самовстановлюватися відносно решітки при складанні різального вузла і, таким чином, забезпечувати щільне прилягання лез до площини різання решітки.

Сучасні моделі кутерів є прикладом широкої динамізації елементів конструкції. Виконання вакуумного насоса рухомим, таким, що здатен викочуватись зі станини машини, суттєво спрощує його технічне обслуговування (рис. 5.28, б).

Ножі кутера змінної товщини є прикладом динамізації форми (рис. 5.28, в). Товщина a ножа в зоні посадочної частини 1 перевищує товщину b в зоні 2 кінця леза ножа. Таке конструктивне виконання дозволяє забезпечувати мінімальну товщину ножа b в зоні найбільших лінійних швидкостей кутерування (в зоні найбільших лобових тисків на лезо та найбільш інтенсивного нагріву сировини). В той же час забезпечується найбільша товщина a , яка необхідна в зоні найбільшого напруження матеріалу ножа (в зоні посадочної частини 1), що пояснюється положеннями теорії опору матеріалів напруженого стану балки, що консольно закріплена. Така будова ножа дозволяє забезпечити його належну міцність та мінімізувати нагрів фаршу при кутеруванні.

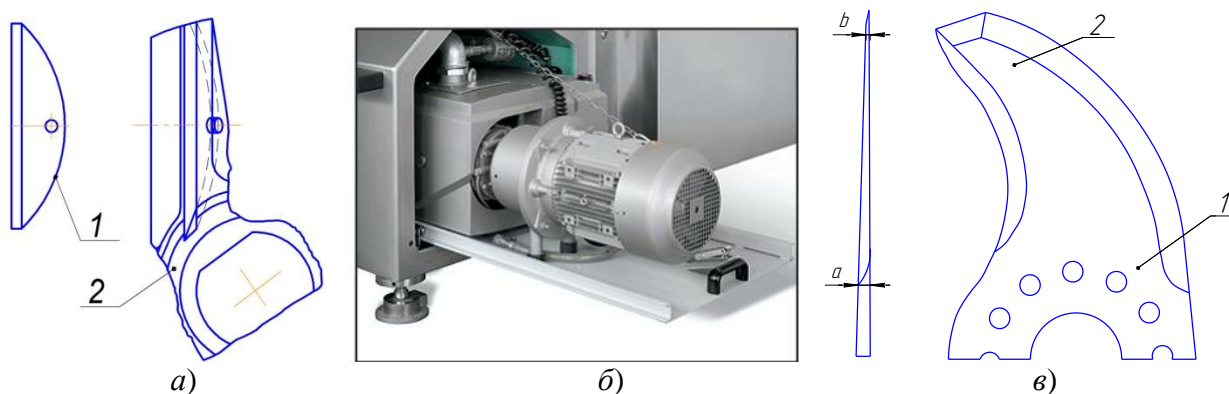


Рис. 5.28 – Приклади динамізації елементів конструкції обладнання:

- а) ніж емульситатора зі змінними різальними вставками, які здатні самовстановлюватися; б) вакуумний насос кутера, який викочується; в) ніж кутера змінної товщини

Використання в системі приводу ножового вала багатошвидкісного електродвигуна, а також частотного перетворювача може слугувати прикладом динамізації силового поля – стає можливим змінювати в широких межах частоту обертання ножової головки та, відповідно, змінювати інтенсивність силового впливу на сировину.

Прикладом збільшення керованості системи може бути застосування в конструкції кутера електронного гальма ножового вала. Його використання дозволяє оперативно реагувати на ситуацію в робочій зоні кутера і, таким чином, суттєво покращити умови охорони праці.

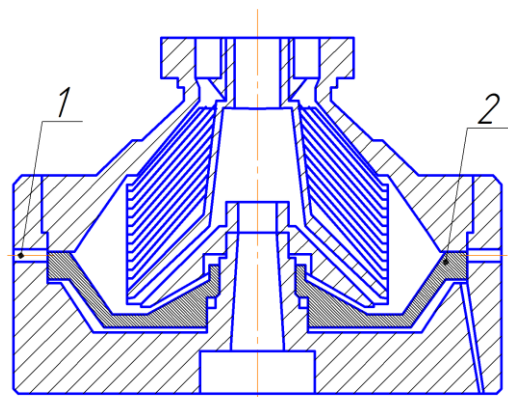
Задля ефективної та надійної роботи інших машин – ін'єкторів стало необхідним динамізувати їх головні робочі органи – голки (рис. 5.29, *a*). З метою попередження руйнування голок при ін'єктуванні м'ясо-кісткової сировини кожен голку в блоці підпружинено. Завдяки цьому вони можуть занурюватись у м'язову тканину сировини, але при досягненні кістки кожна окремо взята голка піднімається, чим і забезпечується її цілісність.

В ін'єкторах також трапляється і динамізація силового поля. За рахунок спреї-ін'єктування (інтенсивного мілкодисперсного впорскування розчину під високим тиском) досягається збільшення кількості поданого в сировину розчину та краще його утримання м'язовою тканиною. Все це в сумі приводить до збільшення виходу готового продукту.

Високопродуктивні відцентрові сепаратори також втілюють у своїй конструкції як динамізацію речовини, так і динамізацію поля. Виконання барабана (рис. 5.29, *б*) з вивантажувальними вікнами 1 та рухомим поршнем 2 (рух вниз-уверх) дозволило проводити вивантаження осаду без зупинки сепаратора та без розкладання самого барабана. Застосування поступового розгону барабана до робочої швидкості обертання (динамізація поля) дозволяє суттєво зменшити встановлену потужність приводу і, таким чином, здешевити конструкцію сепаратора.



a)



б)

Рис. 5.29 – Приклади динамізації елементів конструкції обладнання:
a) блок голок ін'єктора; *б)* барабан відцентрового сепаратора з автоматизованим вивантаженням осаду

На рис. 5.30 зображено схему робочої камери екструдера [74]. Відомим конструкціям екструдерів властивий такий недолік, як високі непродуктивні втрати сировини. Його причиною є те, що під час пуску екструдера протягом значного часу сировина не нагрівається до заданої температури через інтенсивне відведення тепла в об'єм деталей робочої камери та в навколишнє середовище. Наслідком цього є необхідність або чекати, поки екструдер вийде на робочу температуру (відбуваються втрати сировини), або зміщувати вручну фільтеру у напрямку до конусного наконечника задля збільшення опору руху сировини з фільтери і, як наслідок, для тривалішого нагріву однієї порції сировини.

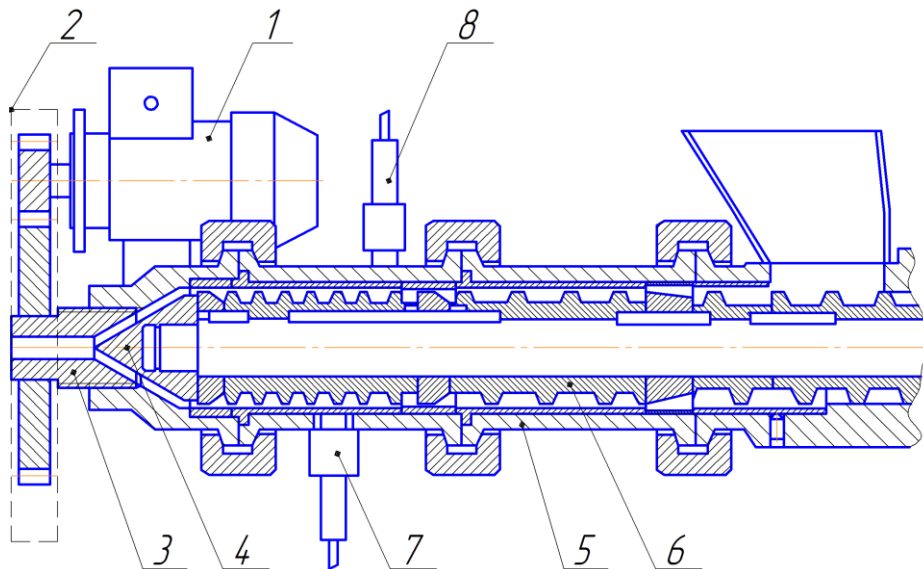


Рис. 5.30 – Приклад динамізації конструкції зернового екструдера

Задля вирішення цієї задачі екструдер оснащується приводом, що містить кроковий електродвигун 1 та зубчасту передачу 2, який приводить у рух філь'єру 3. При обертанні в нарізці філь'єра 3 зміщується в напрямку конусного наконечника 4. Внаслідок того, що між філь'єрою 3 та конусним наконечником 4 забезпечується мінімальний робочий зазор, створюється максимальний гідравлічний опір виходу сировини. Завдяки цьому протягом часу, коли усі деталі циліндра 5 та шнека 6 нагріваються до сталої робочої температури, відбувається мінімальна витрата оброблюваної сировини з екструдера під час його пуску.

В момент, коли деталі циліндра 5 та шнека 6 нагріються до сталого значення температури (цей момент часу визначається за сигналами термодатчиків 7 та 8), термодатчики видають сигнал на блок керування, а той – на електродвигун 1 приводу філь'єри. Філь'єра 3 зміщується у напрямку від конусного наконечника 4, забезпечуючи між ним робочий зазор, який дозволяє досягти максимальної продуктивності екструдера при заданій температурі екструдювання сировини.

Іншими прикладами динамізації елементів обладнання можуть бути наступні. Застосування обертючих миючих пристроїв в ємкісних апаратах для зберігання молока та молочних продуктів дає змогу підвищити ефективність очищення стінок ємкості (за рахунок підвищення напору розчину, що розпилюється у вузькому секторі) та забезпечити належне омивання всієї внутрішньої її порожнини (за рахунок обертання форсунки).

Використання в конструкції фаршесмішувачів індивідуальних приводів змішувальних валів та вивантажувального шнека дозволяє підвищити ефективність змішування фаршів (за рахунок різних швидкостей та реверсного обертання змішувальних валів), а також забезпечити надійне і швидке вивантаження сировини (за рахунок спеціального робочого органу з індивідуальним приводом). Все це приводить до підвищення ефективності роботи машини та ступеня її керованості.

В пастеризаційно-охолоджувальних установках будова пластинчастого теплообмінника може слугувати прикладом дроблення елементів конструкції. Збільшення кількості пластин дозволяє зменшувати товщину шару сировини поміж пластинами і, таким чином, підвищувати ефективність теплообміну та продуктивність апарату.

Застосування підвищеного тиску пастеризованого молока в секції регенерації пастеризаційно-охолоджувальної установки дає змогу уникнути змішування пастеризованого молока з молоком, що тільки надходить на пастеризацію. Цим самим забезпечується підвищений термін зберігання готового продукту (пастеризованого молока) навіть у випадку порушення герметичності гумових ущільнень по периметру пластин (в цьому випадку забезпечується гарантоване потрапляння вже спастеризованого молока в необроблене, а не навпаки). Це технічне рішення також є прикладом динамізації силового поля.

Ще одним прикладом застосування закону динамізації може бути використання турбулізуючих вставок у тепловій сорочці фризера для приготування морозива. Такі вставки турбулізують потік хладагента в тепловій сорочці, що забезпечує покращені умови для проведення теплообмінного процесу. Цим забезпечується швидке охолодження молочної суміші в робочому циліндрі та підвищення ефективності роботи фризера.

Закон підвищення ступеня динамічності, як і закон підвищення ступеня «ідеальності» ТС, широко використовується при розвитку обладнання. Результати використання цього закону можна побачити в безлічі конструкцій машин, апаратів та їх елементів.

Використовуючи цей закон, інженер має всі можливості покращити технологічні або експлуатаційні показники обладнання «вже сьогодні», в короткий час, не очікуючи, поки будуть знайдені та випробувані принципово нові методи обробки сировини, конструкційні матеріали, вузли або агрегати.

Закон переходу з макрорівня на мікрорівень. Розвиток робочих органів системи йде спочатку на макро-, а потім на мікрорівні.

В більшості сучасних ТС робочими органами є суцільні металеві деталі, наприклад гвинти літаків, колеса автомобілів, різці, верстати і т. д. Такі суцільні металеві елементи увесь час вдосконалюються, але залишаються «заліззячками», тобто розвиваються в межах макрорівня. Однак неодмінно настає момент, коли подальший розвиток на макрорівні стає неможливим. Система, зберігаючи свою функцію, принципово перебудовується: її робочий орган починає діяти на мікрорівні. Замість «заліззячок», робота здійснюється молекулами, атомами, іонами, електронами тощо. Наприклад, для свердління надтвердих матеріалів застосовують промінь лазера, в реактивних літаках тяга створюється потоком розжарених газів і плазми, термообробка харчової сировини здійснюється не топковими газами, а НВЧ-випромінюванням і т. ін.

Перехід з макро- на мікрорівень є однією з головних тенденцій розвитку сучасних ТС. Тому при розв'язуванні винахідницьких задач необхідно

звертати особливу увагу на переходи «макро-мікро» і фізичні ефекти, що реалізують цей перехід. Можливий також такий напрям переходу з макро- на мікрорівень, як збільшення ступеня дроблення речовини і об'єднання подроблених частин у нову систему.

Спираючись на закон переходу від «макро-» до «мікрорівня», можна достатньо впевнено прогнозувати розвиток ТС.

Прикладом переходу на мікрорівень в першому наближенні може бути створення в ножах кутера додаткових різальних кромки (рис. 5.31). Достатньо широкого використання набули перфоровані ножі, отвори яких відіграють роль різальних кромки (рис. 5.31, а). Проте в подальшому було встановлено, що сировина не встигає проходити крізь отвори.

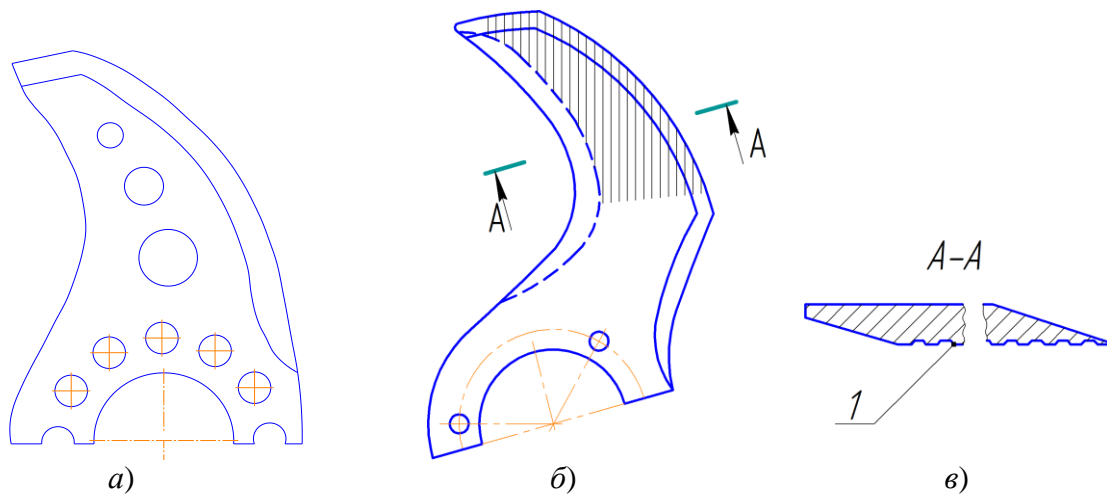


Рис. 5.31 – Види ножів кутера з додатковими різальними кромками:
а) перфорований ніж; б, в) ніж із рифленням на боковій поверхні

Тому були розроблені ножі з рифленням 1 на боковій поверхні (рис. 5.31, б, в), які володіють підвищеною різальною здатністю і в той же час – підвищеною міцністю. В цьому випадку перехід на мікрорівень спостерігається саме для додаткових різальних елементів ножа.

Схожий розвиток спостерігається і для конструкції вивантажувального диска кутера. Перехід здійснено від такої форми робочої поверхні диска, яка являла собою усічений конус, до такої, що складається з низки коротких циліндричних ділянок 1 (рис. 5.32, а) [107]. Така будова забезпечує спрямоване виштовхування продукту з чаші кутера, що суттєво спрощує процес вивантаження та підвищує його продуктивність, оскільки сировина спрямовується безпосередньо у візок, через що оператор має можливість проводити вивантаження без пауз.

В конструкції підшипникових опор ножового вала кутерів також спостерігається перехід на мікрорівень (рис. 5.32, б). Використання стисненого повітря замість густого консистентного мастила, як наповнювача для лабіринтного ущільнення ножової головки забезпечує покращений захист підшипника кочення [108]. Стиснене повітря під надлишковим тиском подається по патрубку 1 в простір поміж манжетою 2 і лабіринтним ущільненням 3 та виходить крізь гумове ущільнення 4. Цим самим

забезпечується гарантоване запобігання потрапляння частинок сировини в підшипникову опору, що підвищує надійність її роботи та довговічність. Використання стисненого повітря як середовища, що герметизує, має додаткову важливу перевагу перед системами, в яких з цією метою використовується консистентне мастило – стає можливим гарантовано запобігти потраплянню сторонніх домішок у фарш, що дозволяє вести мову про більш високі стандарти забезпечення якості продукції. Мастило в підшипник 5 подається по патрубку 6.

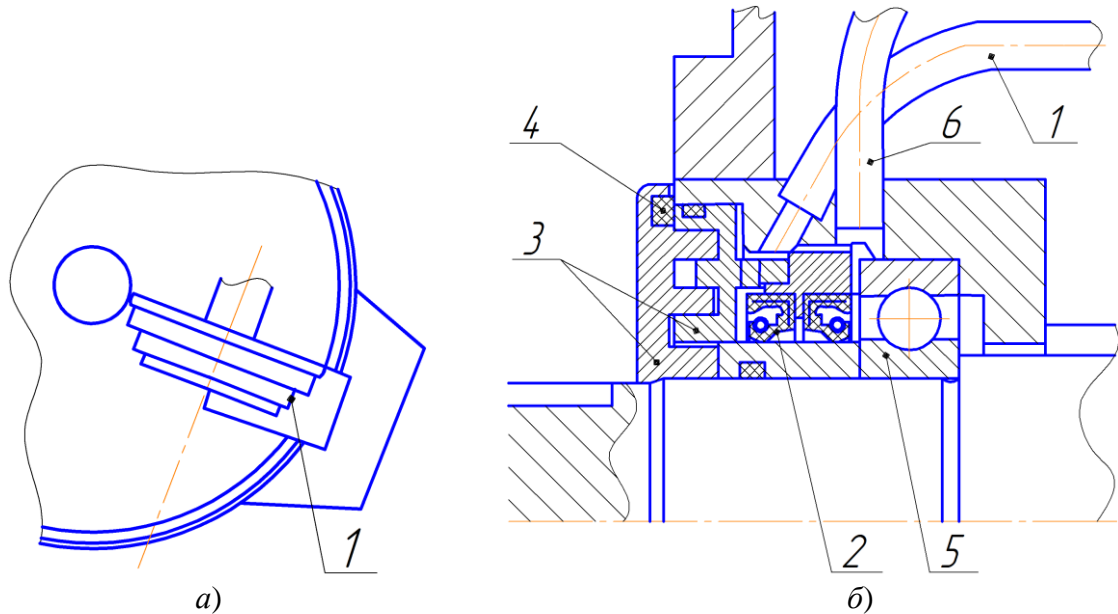
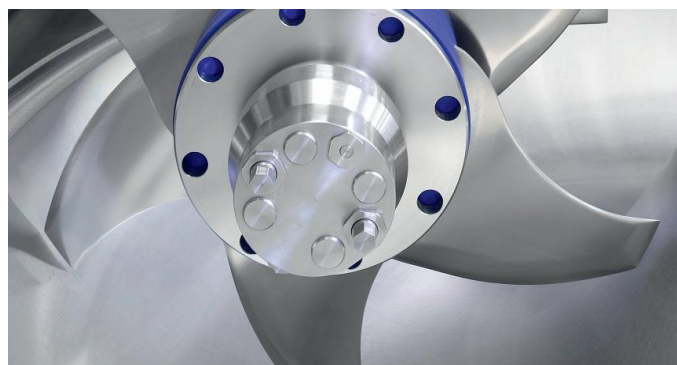


Рис. 5.32 – Приклади переходу на мікрорівень при вдосконаленні вузлів кутера:
 а) вивантажувальний диск зі ступінчастою робочою поверхнею;
 б) ущільнення підшипникової опори ножевого вала за допомогою стисненого повітря

При вдосконаленні ножової головки кутера було здійснено наступний перехід на мікрорівень: фіксацію ножової головки механічним з'єднанням «гвинт–гайка» (рис. 5.33, а) було замінено на фіксацію за допомогою гідравлічного затискного пристрою (рис. 5.33, б). В результаті стало можливим у 3–4 рази зменшити тривалість операції встановлення та зняття ножової головки.



а)



б)

Рис. 5.33 – Перехід на мікрорівень при вдосконаленні ножової головки кутера:
 а) фіксація ножової головки за допомогою гайки гвинтового з'єднання;
 б) ножова головка з гідравлічним пристроєм фіксації

Ще одним прикладом застосування в кутерах переходу на мікрорівень є використання в конструкції підшипникових опор ножового вала гідродинамічних або гідростатичних підшипників ковзання (рис. 5.34) замість підшипників кочення [67]. Ножовий вал кутера 1 встановлено у корпусі 2 на підшипниках ковзання 3, кожен з яких виконаний у вигляді декількох концентрично-розташованих втулок 4. На ножовому валу 1 встановлено ножову головку, яка складається з ножових блоків 5 модифікованої конструкції (із зменшеним діаметром планшайби).

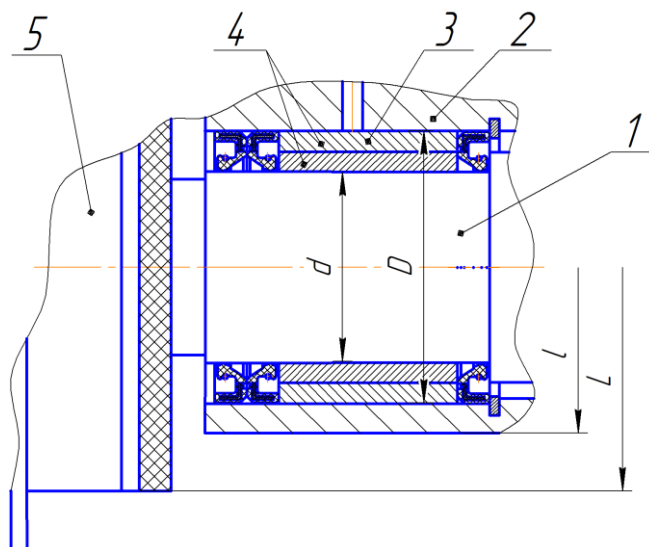


Рис. 5.34 – Будова підшипникової опори ножового вала кутера з гідродинамічним підшипником ковзання

Запропоновані зміни дозволяють збільшити коефіцієнт завантаження чаші кутера. Так, для кутера Л5-ФКБ при незмінному значенні d значення D зменшується від 115 до 85 мм, значення l – від 90 до 52 мм, а значення L – від 100 до 70 мм, що приводить до збільшення коефіцієнта завантаження чаші від 0,6 до 0,75, або до умовного збільшення об'єму чаші з 250 до 312 л при незмінному коефіцієнті завантаження чаші 0,6. Це дозволяє істотно підвищити продуктивність кутера без надмірного підвищення його собівартості.

Ще одним позитивним ефектом від використання підшипників запропонованої будови є, як відомо, їх висока здатність гасити вібрації ротора. В цьому випадку це дозволяє виконувати станину (корпус) кутера меншої маси та меншої жорсткості, ніж у випадку використання підшипників кочення. Внаслідок цього створюється можливість виготовляти корпус кутера зварним, а не литим, що значно підвищує технологічність і зменшує вартість його виготовлення в сучасних умовах виробництва.

Застосування гідродинамічних підшипників ковзання дозволяє отримати ще одну перевагу, а саме – зменшити напруження у ножовому валі та збільшити величину зусилля, що передається. Як відомо, діаметр обертового вала, який навантажений силами ваги закріплених на консолях вузлів, залежить як від величини обертового моменту на валу, так і від величин сил ваги вузлів і відстаней між їх центрами ваги та підшипниковими

опорами. Слід забезпечити необхідну жорсткість ножового вала на згинання задля усунення перекошування підшипників в опорах.

Ножовий вал кутера (рис. 5.35) під час роботи навантажено обертовим моментом $M_{об}$ від сил різання, силою ваги ножової головки P_H та силою ваги шківів ножового вала $P_{ш}$. Сили P_H та $P_{ш}$ утворюють згинальний момент $M_{згин}$. В такому разі діаметр ножового вала визначається як $d = f(M_{об} + M_{згин})$, де згинальний момент, в свою чергу, визначається як $M_{згин} = f(l_1; l_2)$.

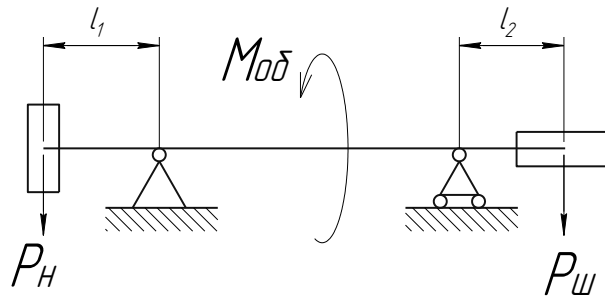


Рис. 5.35 – Схема силового навантаження ножового вала

Гідродинамічні підшипники ковзання володіють підвищеною несучою здатністю, що дозволяє зменшити їх габарит. Виконання при цьому ножової головки такою (рис. 5.36), що містить стакан 3, на який встановлюються ножові блоки 4, дозволяє розмістити передній підшипник ковзання 2 ножового вала всередині центрального отвору стакану 3 [70]. Шків 5 також виконано таким, що має центральний ступінчастий отвір, в порожнині якого розташовано підшипникову опору.

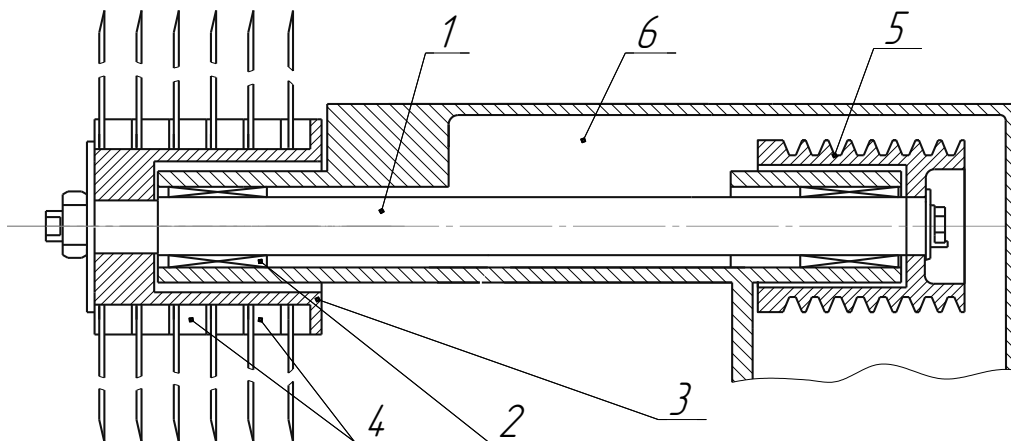


Рис. 5.36 – Будова системи ножового вала підвищеної жорсткості

Завдяки цьому створюються умови, коли $l_1 = l_2 = 0$. Це приводить до того, що $d = f(M_{об})$, тобто на ножовий вал діє тільки обертовий момент $M_{об}$, згинальний момент $M_{згин}$ відсутній. В такому разі стає можливим зменшити діаметр ножового вала або при незмінному значенні діаметра вала можна суттєво збільшити обертовий момент $M_{об}$, що передається.

В результаті стає можливим значно (до двох разів) збільшити мо-

мент різання, тобто збільшити удвічі кількість ножових блоків 4, з яких складається ножова головка. При цьому стає можливим на базі однієї конструкції виготовляти кутери, відповідно до замовлення, із стандартною та із збільшеною у два рази кількістю ножових блоків. Це значно економічно вигідніше, ніж виготовлення звичайних кутерів із двома ножовими головками, кожна з яких має індивідуальний привод, ножовий вал і т. ін.

Вище були наведені приклади переходу на мікрорівень в межах, так би мовити, механічних деталей. Прикладами переходу на мікрорівень у більш повному його розумінні можуть бути наступні технічні рішення.

В сучасних моделях вовчків реалізовано вимірювання жирності перероблюваної сировини в режимі «он-лайн». Здійснюється таке вимірювання за допомогою рентгенівського випромінювання, що пронизує потік сировини, який проходить крізь приймальну решітку вовчка.

У харчовій промисловості достатньо давно відомі та поширені процеси розділення неоднорідних систем за допомогою мембранних технологій – мікрофільтрація, ультрафільтрація та зворотний осмос, які прийшли на зміну звичайному фільтруванню. Використання таких методів дозволяє відділяти з рідини частинки, розмір яких значно менший за 0,05 мкм.

У теплових процесах, особливо при сушінні, смаженні та випіканні, значного поширення набули технології, які базуються на використанні електромагнітного поля надвисокої частоти. В такому разі, як відомо, нагрів сировини здійснюється не за допомогою теплового агента, частинки якого мають «макророзмір», а за допомогою приведення в рух самих молекул сировини при дії на них змінного електромагнітного поля. Такі технології володіють важливими перевагами: швидкий нагрів сировини і відсутність недо- і перенагрітих шарів сировини.

На сьогоднішній день відомі способи подрібнення м'ясної та м'ясокісткової сировини, що здійснюються не за допомогою різального інструменту (ножів, решіток тощо), а шляхом використання гідроабразивного різання та лазерного випромінювання [28, 29]. Причому технологія лазерного різання м'ясної сировини в цьому випадку є наступним кроком переходу на мікрорівень відносно технології гідроабразивного різання.

І, нарешті, розвивається значна кількість нанотехнологій, що призначені як для модифікації пакувальних матеріалів, так і для зміни поживних і технологічних властивостей харчової сировини та харчових продуктів.

Застосування нанотехнологій у виробництві пакувальних матеріалів дозволяє реалізувати наступне [9]: ефект самоочищення поверхні упаковки; покриття, що перешкоджають запотіванню (антиконденсатні); поліпшення бар'єрних властивостей і механічної стабільності пакувальних матеріалів; упаковка з антимікробною активністю; інтелектуальна (інтерактивна) упаковка. Також передбачається виконання таких функцій упаковкою: поглинання кисню; поглинання CO₂; генерування пари етанолу; поглинання етилену; індикація наявності етилену; антимікробний агент (або мікробний агент); регулювання вологості; антиоксидантні властивості;

поглинання холестерину; ароматизуюча упаковка; поглинання смаку і емітерування запаху; термоактивні функціональні плівки і функціональні тканини; захист від фальсифікації.

Застосування нанотехнологій у виробництві харчових продуктів [83] охоплює наступні групи задач (рис. 5.37).

Загалом, перехід на мікрорівень є об'єктивним законом розвитку обладнання і технологій, що особливо наочно спостерігається нині.

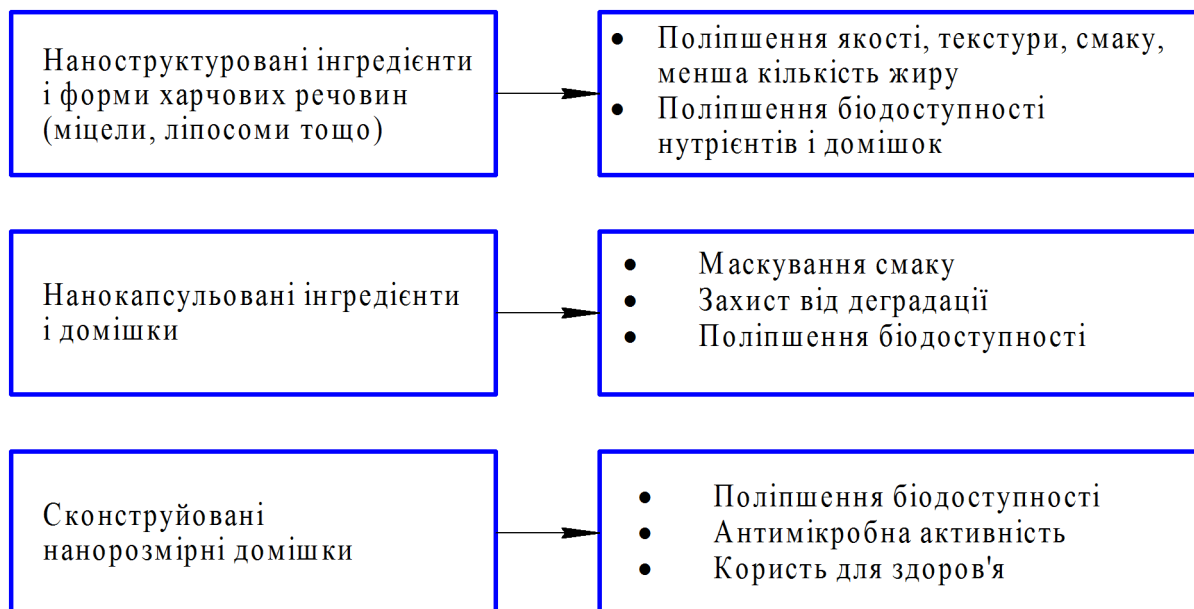


Рис. 5.37 – Перспективи застосування нанокomпонентів у харчовій технології

Цей закон необхідно пам'ятати при розробці рішень по вдосконаленню обладнання, що дозволить спрямовувати пошук рішень у напрямку узгодження з перспективою подальшого розвитку техніки та технологій харчових виробництв. Інакше кажучи, використання цього закону може дозволити, як мінімум, уникнення прийняття заздалегідь тупикових концепцій і технічних рішень, а, як максимум, – допомогти в розробці прогресивних технологій, технологій «майбутнього».

Закон узгодження-розузгодження ТС. Аналіз історії розвитку багатьох ТС показує, що всі вони проходять чотири етапи узгодження-розузгодження параметрів, які забезпечують ефективне функціонування цих систем:

1-й етап. При створенні системи відбувається узгодження та підбір необхідних підсистем, котрі утворюють основний функціональний ланцюжок. До підсистем, крім вимоги забезпечення мінімальної працездатності, ставиться вимога сумісності однієї з іншою, тому трапляється, що підсистема, яка найкращим чином виконує свою функцію поза системою, виявляється не кращою для системи, що створюється.

2-й етап. Процес узгодження-розузгодження супроводжується підвищенням ідеальності системи як за рахунок зменшення ідеальності функції відшкодування, так і за рахунок підвищення якості виконання корисних

функцій. При цьому часто виникає типова суперечність: узгодження одних параметрів приводить до погіршення розузгодження інших.

3-й етап. Динамізація та розгортання системи – цілеспрямована зміна окремих параметрів підсистем або всієї системи для отримання додаткового корисного ефекту (надефекту).

4-й етап. Саморегулювання системи, при якому параметри системи змінюються керовано (а в подальшому й самокеровано), так, щоб набувати оптимальних значень залежно від умов роботи, аж до переходу у надсистему. Чим вищий ранг ТС, чим вона складніша, тим чіткіше проявляється етапність зміни параметрів, оскільки не можна вирішувати питання розвитку та еволюції, якщо не розкрито: «що це таке» і «як побудовано».

Чотири етапи чітко простежуються у розвитку багатьох видів обладнання. Цікавим у цьому сенсі є приклад розвитку м'ясорізального вовчка.

На першому етапі виникали питання узгодження підсистем: який принцип дії повинна мати машина для подрібнення кускового м'яса, з чого вона повинна складатися? Зрештою було знайдено «формулу» подрібнювальної машини: обертовий гвинт або шнек продавлює сировину крізь пластину з отворами, сировина розрізається ножом, який обертається разом зі шнеком, та різальними кромками отворів пластини.

Почався другий етап – узгодження-розузгодження параметрів (пошук оптимальної конструкції). Скільки шнеків має бути: один, два або три? Якими повинні бути параметри шнека: крок витків постійний або змінний, шнек одно- або двозахідний, діаметр вала має сталі значення або змінне по довжині? Скільки решіток має бути в різальному вузлі – одна, дві, три або більше? Ножі повинні бути двосторонні або кожен має працювати в парі тільки з однією решіткою? Скільки лез має бути у ножа, якої вони повинні бути товщини? Яка форма різальних кромок лез ножа найкраща: радіальна або зміщена пряма, у вигляді дуги кола, у вигляді спіралі Архімеда, евольвенти тощо? Отвори решітки мають бути виконані під прямим кутом до торця чи ні, отвори мають бути розташовані по вершинах квадратів, трикутників чи по спіралі, отвори мають бути циліндричними чи конічними? Робочий циліндр повинен мати ребра на своїй внутрішній поверхні чи ні? Якщо ребра мають бути, то якої саме конфігурації – прямі чи криволінійні? Чи має бути наявний подавальний шнек, яку він повинен мати конфігурацію (циліндричний або конічний), скільки їх має бути та як вони повинні бути розташовані? До закінчення цього етапу визначилась класична (в розумінні на сьогоднішній час) схема вовчка.

На третьому етапі почалася цілеспрямована динамізація та розгортання системи «Вовчок» із одночасним збільшенням ступеня її дисперсності. Робочий та подавальний шнеки почали приводитись в дію від окремих електродвигунів, що збільшило керованість системи при обробці різної сировини. З'явилася конструкція вовчка з роздільним приводом пустотілого робочого шнека та ножового вала (див. рис. 5.89, а). Електродвигун головного приводу

став багатoshвидкісним, а пізніше – з можливістю безступінчастої зміни частоти обертання при використанні частотного перетворювача. З'явився пристрій для фіксації приймальної решітки за допомогою рухомих стрижнів з метою усунення коливань різального комплекту. Ножі почали виконуватися зі змінними різальними вставками, що дозволило зменшити їх вартість. Робочий шнек став виготовлятися таким, що складається з полімерного гвинта, який насаджено на сталевий вал малого діаметра. Підвищено технологічність виготовлення ребер у робочому циліндрі: в циліндр вставляється металева гільза, в якій виконано косі наскрізні пази, перемички між пазами реалізують, по суті, функцію ребер при їх класичному виконанні. Різальний вузол отримав можливість виконувати жилування сировини за допомогою різального інструменту зміненої будови. Вовчки отримали власні вбудовані завантажувачі сировини з гідроприводом, змінено тип фаршевого насоса на двогвинтовий та ексцентриково-лопатевий. Спочатку подавальний, а потім і робочий шнек отримали можливість подрібнювати заморожені м'ясні блоки своїм загостреним витком, а також багато іншого запропоновано в сучасних конструкціях цих машин.

На четвертому етапі почало втілюватися саморегулювання системи «Вовчок». Система керування сучасних машин має змогу в автоматичному режимі змінювати частоту обертів робочого та подавального шнеків на меншу, якщо привод починає працювати в перевантаженому стані (тобто у випадку забивання отворів решіток або у випадку потрапляння надто твердої та в'язкої сировини в робочий циліндр вовчка). Це дозволяє підвищити довговічність машини. Реалізовано онлайн-вимірювання жирності оброблюваної м'ясної сировини у вовчках, що здійснюється за допомогою сканування її рентгенівськими променями. З метою зменшення зношування різального інструменту та потрапляння продуктів зношування у сировину введено систему автоматизованого зміщення решіток відносно ножів (на початку роботи машини система визначає положення контакту решіток з ножами, а потім проводить зміщення решіток на визначену відстань у кілька мікрометрів). Надалі слід очікувати й інших змін у конструкції вовчків, спрямованих на їх саморегулювання.

Загалом, при створенні нових та поліпшенні існуючих ТС необхідно враховувати послідовність етапів, інакше не уникнути невдач. Не можна, наприклад, переходити з першого етапу на третій, обминувши другий.

Якщо система перебуває на першому етапі, не можна переходити до масового впровадження. Якщо система не вступила в третій етап, не можна створювати із системи надсистему.

ТС у своєму розвитку обов'язково проходить етапи вивчення складу системи, взаємозв'язку її елементів, цілеспрямованих змін окремих параметрів і «динамізації». Вдосконалення ТС потрібно вести у напрямку послідовного проходження нею цих етапів, не порушуючи їхньої послідовності, інакше – невдача неминуча.

Сумісна дія законів розвитку технічних систем

Виділення окремих законів розвитку ТС є грубим порушенням. Насправді вони діють у сукупності, забезпечуючи ефективний, всебічний розвиток системи. Наслідок одного закону нерідко тісно переплітається із наслідком іншого, тобто часто йдеться про одну й ту ж закономірність, яка розглядається з різних боків.

Закони розвитку ТС виявлені на основі аналізу вже існуючих систем. Проте вони мають прогностичну силу, що дозволяє створювати на їх базі техніку майбутнього.

Відбувається це тому, що в основу цих законів покладені прогресивні тенденції розвитку різних систем, які були виявлені при аналізі багатьох сотень тисяч винаходів. Наприклад, будівництво відстає від машинобудування в галузі використання легких та міцних матеріалів, але суттєво випереджає їх у застосуванні композитів. Вони давно відомі у будівництві (залізобетон) і тільки порівняно недавно почали широко використовуватись у машинобудуванні. Використання в машинобудуванні попередньо напружених композитів або композитів, ступінь напруженості матеріалу яких змінюється у процесі експлуатації, майже ніде не освоєне (наприклад, у тілі Останкінської телевежі прокладені сталеві канати, натяг яких можна змінювати). Отже, тенденція використання особливих композитних матеріалів, зокрема в харчовому машинобудуванні, – прогресивна майбутня тенденція (так, в сучасних моделях кутерів використовують станини зі спеціально спроектованого композиційного матеріалу, що здатен до 10 разів краще поглинати коливання). А закони являють собою комплекс таких найефективніших тенденцій із різних галузей.

Сумісну дію законів розвитку ТС можна простежити, наприклад, на еволюції кутерів. Перші кутери з серпоподібними ножами та чашею приводились в дію вручну або від ножного приводу. У 1886 р. громадянин міста Аален (Німеччина) Луїс Зайдельманн розробив першу стаціонарну м'ясорубку, яка приводилась в дію водою (на зразок водяного млина). Машина такого типу почали користуватися популярністю у м'ясопереробників. У 1910 р. наступний власник фірми, також на ім'я Луїс Зайдельманн, почав випуск м'ясорубок і кутерів, які вперше приводилися в рух від зовнішнього трансмісійного приводу. Слід зауважити, що у той час м'ясопереробники використовували машини з ножами, що коливалися, які рухалися з малою швидкістю, тому кутер «*Seydelmann*», ножі якого здійснювали до 800 об/хв⁻¹, вважався за революцію в м'ясному виробництві.

У 1950 р. з'явилася конструкція кутерів з індивідуальним вбудованим електродвигуном, ремінною та ланцюговою передачею. Далі конструкція еволюціонувала в таку, що оснащена високообертним, багатошвидкісним електродвигуном підвищеної потужності (1958 р.). Також вперше в кутерах було застосовано програмну систему керування, яка дозволяла програмувати весь цикл роботи машини. Кутери оснащуються гідравлічним завантажувальним пристроєм (1959 р.). Впроваджуються

кутери із системою вакуумування сировини, яка дозволяє підвищити термін зберігання продукту. В 1965 р. з'являються кутери, привод яких дозволяє реалізувати змішування сировини при знижених частотах обертання ножового вала, що усуває необхідність використовувати фаршемішувач у технологічній лінії. З метою покращення санітарно-гігієнічних умов переробки сировини конструкція кутерів починає виготовлятися повністю з корозійностійкої сталі. У 1973 р. було вперше розроблено варильний кутер, використання якого дає можливість істотно спростити технологічний процес виробництва вареної ковбаси і паштетів.

Різальний інструмент також проходить низку етапів розвитку. Добираються найкращі форми різальної кромки ножів відповідно до виду виготовлюваного продукту. Суцільні дволезові ножі замінюються на однолезові, які мають можливість радіального зміщення відносно чаші. Вводяться балансувальні елементи до будови ножової головки. Створюються та вдосконалюються системи зміщення ножів у ножовому блоці. Ножові блоки отримують можливість забезпечити підвищену довговічність ножів та покращені санітарно-гігієнічні умови. Відпрацьовуються найбільш ефективні способи технологічного зміцнення лез ножів, добираються найбільш зносостійкі та витривалі сталі для їх виготовлення. Починають виготовлятися перфоровані ножі, які потім трансформуються у ножі з рифленням і додатковими різальними кромками. Будова ножових головок дозволяє в широких межах змінювати схему розташування ножів у ній, з'являються бар'єрні ножі тощо.

Створено кутери з частотним перетворювачем у системі приводу, що розширює технологічні можливості кутерів і дозволяє економити електроенергію (2000 р.). У сучасних моделях цих машин застосовано водяне охолодження електродвигунів приводу ножового вала, що дає змогу забезпечити оптимальний температурний режим роботи двигуна. При цьому відпрацьоване тепло електродвигуна використовується для нагрівання води для технічних цілей.

Введено систему автоматичного балансування ножового комплекту, яка дозволяє забезпечити компенсацію дисбалансу ножової головки під час обертання ножового вала, а також зупинити ножовий вал у разі виникнення дисбалансу (наприклад при поломці ножа). При цьому усувається необхідність виконання ручних операцій по балансуванню. Застосовано системи герметизації підшипникових вузлів ножового вала за допомогою стисненого повітря або подачі густого мастила. Починають використовуватися системи автоматичного мащення точок тертя, станини зі спеціальних композитних матеріалів із покращеною вібропоглинаючою здатністю, енергоощадне керування приводом кутера та створення можливості пікового підвищення обертового моменту. Уже введено систему спектрального онлайн-аналізу рецептурного складу, вмісту та структури перероблюваної сировини у кутері.

Достатньо наочним прикладом комплексного застосування законів розвитку ТС може бути конструкція сучасних кліматичних камер для дозрівання сирокочених ковбас (рис. 5.38).

З метою забезпечення оптимальних умов обробки ковбасних батонів у кліматичній камері суттєво збільшено кількість патрубків подачі повітря (розгортання ТС), робота яких має індивідуальне керування, що дозволяє уникнути застійних зон у повітряному середовищі камери та забезпечити ефективне омивання повітрям ковбасних батонів (підвищення динамічності та ступеня керованості ТС). При цьому параметри повітря (температура, вологість, швидкість руху) узгоджені, в тому числі й за часом, з етапами технологічного процесу ферментації ковбас (узгодження ритміки ТС).

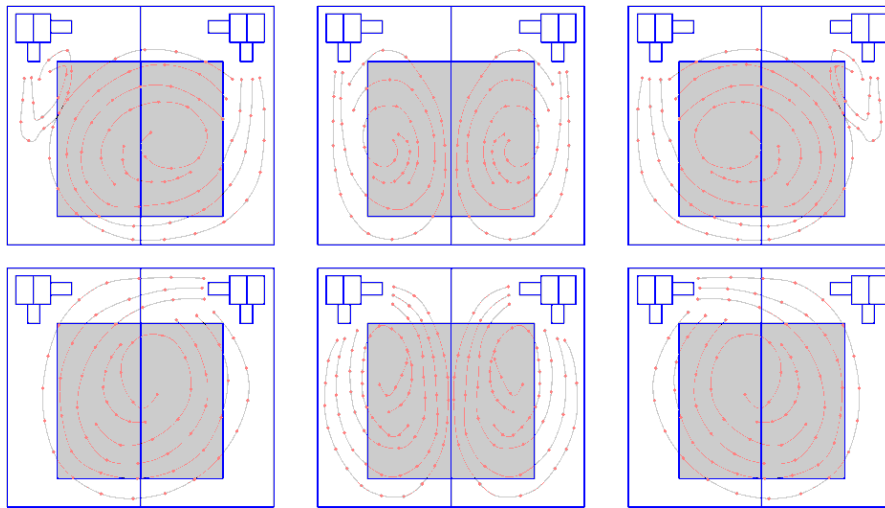


Рис. 5.38 – Будова кліматичних камер як приклад сумісної дії законів розвитку ТС

Всі ці приклади доводять доцільність та ефективність використання для розвитку кутерів законів динамізації, узгодження, нерівномірності розвитку частин, підвищення ступеня ідеальності та керованості, переходу в надсистему та на мікрорівень.

Отже, в процесі свого розвитку система почергово (а часто й паралельно) підлягає дії усіх видів закону розвитку ТС, що дозволяє вважати їх за вельми цінний практичний інструмент у руках інженера з обладнання харчових виробництв.

5.2.3 Типові прийоми вирішення винахідницьких задач

Перелік типових прийомів – це свого роду настільний довідник винахідника. Цей довідник інженер повинен розглядати як основу, яку необхідно самостійно поповнювати новими рішеннями [26].

Прийом 1. Принцип дроблення. Розділити об’єкт на незалежні частини. Виконати об’єкт розбірним. Збільшити ступінь дроблення об’єкта.

Наприклад, робочий шнек зернових екструдерів марки BRONTO виконано у вигляді низки коротких гвинтів (секцій), встановлених на довгий вал. Це здешевлює виробництво шнека за рахунок зменшення габаритів відливок. Також при цьому покращується ремонтпридатність шнека – можна замінювати окремі його секції, які працюють у зоні найбільших тисків і найбільше зношуються.

Шнек вовчків фірми MADO також виконано розбірним – на металевий вал насаджується поліамідний шнек, обертання до якого передається за допомогою штифтів. Така будова шнека здешевлює його виробництво та зменшує витрати енергії на тертя об м'ясну сировину порівняно із суцільними металевими шнеками.

Збільшити ступінь дроблення збірних ножів вовчка (рис. 5.27, *a*) можна, виконавши різальні вставки такими, що складаються з металевої основи, яка призначена для фіксації на лезі ножа, та нанесеного на її робочі поверхні зносостійкого покриття. Це дозволяє додатково зменшити експлуатаційні витрати на різальний інструмент.

Прийом 2. Принцип винесення. Відокремити від об'єкта частину, що «заважає» (властивість, що «заважає») або, навпаки, виділити єдино потрібну частину (потрібну властивість).

Наприклад, застосування виносного теплообмінника в ємкісних апаратах дозволяє отримати низку переваг (рис. 5.19, *b*). Винесення пульта керування кутера дає змогу розташовувати його у найбільш зручному місці (рис. 6.82, *a*). Застосування єдиного пульта керування технологічною лінією (рис. 6.77) дозволяє позбутися низки індивідуальних пультів обладнання. Розташування різьбового кріплення змінної пластини збірної решітки вовчка поза робочою зоною самої решітки дає можливість забезпечити надійну фіксацію пластини та легку її заміну. Винесення опорного леза в секторному ножі вовчка (рис. 5.58, *b*) із зони нагнітання сировини шнеком дозволяє збільшити продуктивність вовчка і в той же час – сприймати зусилля, які діють на вузькі леза.

Прийом 3. Принцип місцевої якості. Перейти від однорідної структури об'єкта (або зовнішнього середовища, зовнішнього впливу) до неоднорідної. Різні частини об'єкта повинні мати (виконувати) різні функції. Кожна частина об'єкта повинна знаходитися в умовах, найбільш сприятливих для її роботи.

Наприклад, ніж кутера (рис. 5.39) має низку поверхонь, які мають різну конфігурацію та функціональне призначення: лезо 1 виконане криволінійним задля найкращих умов різання, задня грань 2 виконана увігнутою для зменшення площі тертя об фарш та зменшення його нагріву, скіс 3 на задній грані призначений для перемішування фаршу на реверсі, а буртик 4 на скосі – для попередження подрібнення частинок фаршу. Конфігурація робочої частини ножа у вигляді трапеції з більшою основою у місці закріплення 5 сприяє належній міцності ножа при меншій її площі.

Виконання ножа змінної товщини в радіальному напрямі дозволяє зменшити опір різанню та нагрів фаршу на кінці ножа при належній міцності ножа в найбільш напруженій зоні – біля посадочної частини. Аналогічно зміщення отворів перфорації 6 до кінця леза сприяє покращенню емульгування фаршу (більші лінійні швидкості різання та робота в зоні гарантованої наявності сировини, внизу чаші кутера) та покращенню міцності

ножа, оскільки найбільш напруженою є зона біля посадочної частини. Змінна товщина ножа в коловому напрямі дозволяє підвищити міцність ножа без збільшення нагрівання фаршу, оскільки при різанні сировина огинає ніж з боку заточки, не контактуючи з боковою поверхнею 7. Протилежна бокова поверхня 8 ножа має заглиблення для зменшення тертя об фарш та для неперешкоджання подачі сировини в зону різання, змінна глибина α заглиблення враховує швидкість подачі сировини чашею та дозволяє підвищити міцність ножа.

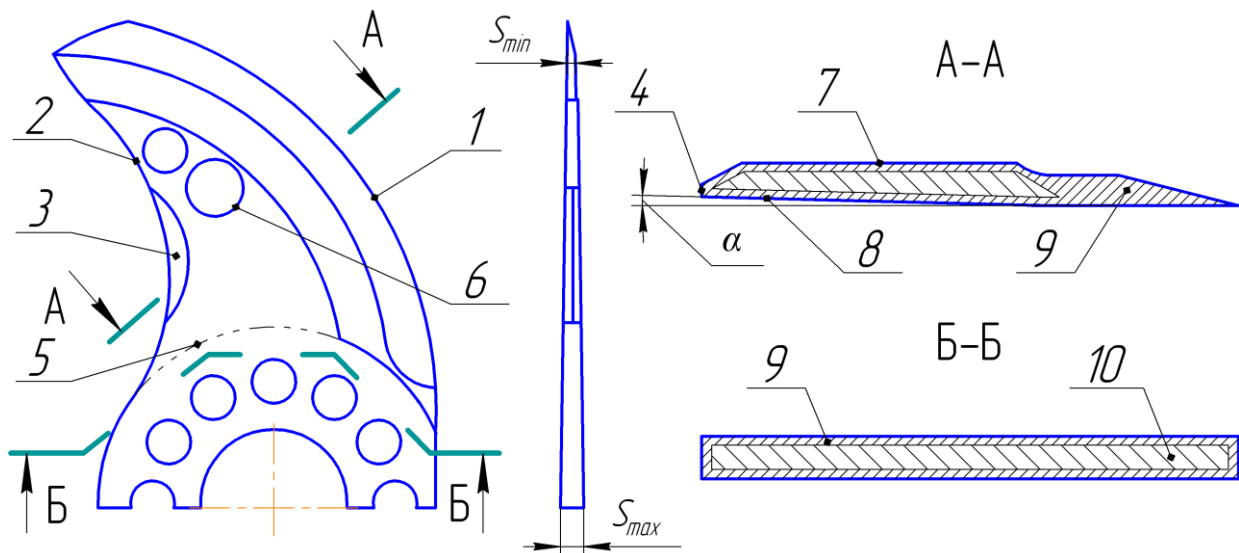


Рис. 5.39 – Будова ножа кутера

Ще одним прикладом цього принципу є поверхневе легування та зміцнення деталей, що дозволяє забезпечити найкращі властивості металу в зонах деталі, які перебувають у різних умовах роботи. Зокрема ніж кутера повинен мати високу міцність і зносостійкість, витримувати ударні та знакозмінні навантаження (рис. 5.39). Для цього його лезо загартовується на всю глибину 9, серцевина корпусу ножа 10 є в'язкою, а поверхня корпусу 9 загартовується задля попередження появи втомних тріщин.

Іншим прикладом цього принципу є змінне магнітне поле F_{mag} в барабанних млинах (рис. 5.40) [55], що враховує зміну впливу відцентрової сили $F_{відц.}$, сили тертя $F_{тр.}$ та сили тяжіння G . Це дозволяє піднімати металеві кулі на більшу висоту без зайвих витрат енергії.

Застосування лопатей 1 на зовнішній частині внутрішнього барабана 2 двобарабанної сушарки дозволяє змінити траєкторію 3 руху сировини та підвищити продуктивність машини (рис. 5.41) [52].

При нагріванні води в ультразвукових теплогенераторах після достатнього її нагріву пропонується [51] зменшувати напір водяного потоку та змінювати частоту власних коливань резонуючої пластини, оскільки при нагріванні води кількість енергії, необхідної для виникнення кавітації, зменшується. Стає можливим зменшити енергію, споживану насосом.

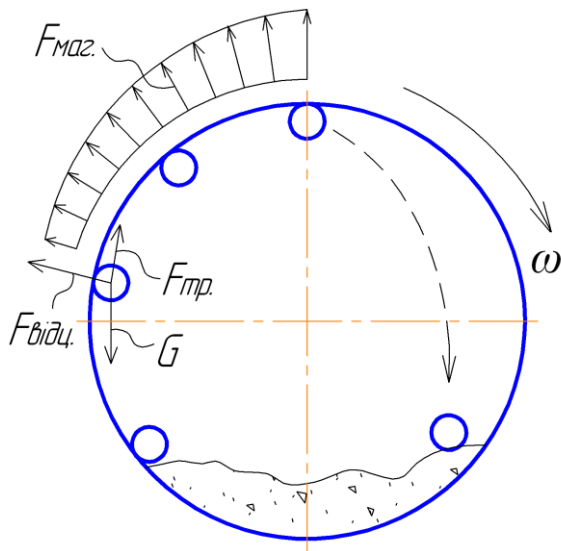


Рис. 5.40 – Схема барабанного млина

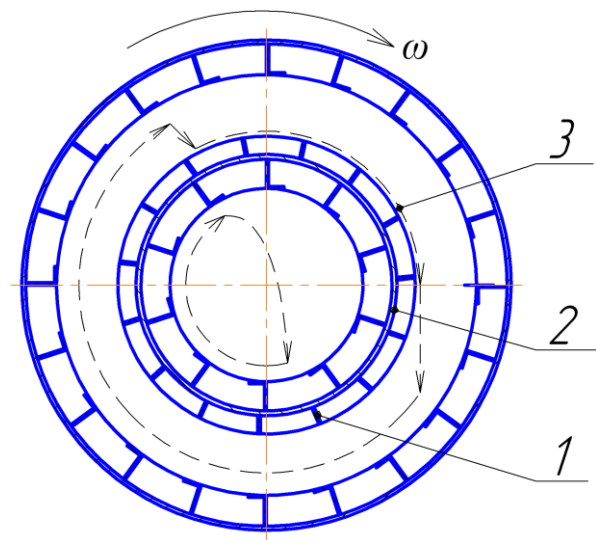


Рис. 5.41 – Схема двобарабанної сушарки

Прикладом цього принципу є також обладнання, в якому різні частини обертового ротора мають різні швидкості обертання (рис. 5.25). Особливо наочно видно застосування принципу місцевої якості в конструкції вдосконаленого екструдера (рис. 5.47–5.52).

Прийом 4. Принцип асиметрії. Перейти від симетричної форми об'єкта до асиметричної.

Наприклад, згідно з останніми дослідженнями ножі вовчка почали виготовлятися із лезами, які розташовані не радіально, а з ексцентриситетом. Леза повинні бути певним чином зорієнтовані відносно центрального посадочного отвору, цим досягається винесення леза із зони найбільш інтенсивної подачі сировини шнеком та до підвищення продуктивності вовчка. Бункери вовчків-дробарок і побутових м'ясорубок виконуються асиметричними відносно шнека, оскільки надійне захоплення сировини шнеком відбувається лише з одного боку. Застосування в мікрокутерах різальних пар із різною конусністю дозволяє отримати ряд переваг (рис. 5.24).

Прийом 5. Принцип об'єднання. З'єднати однорідні або призначені для суміжних операцій об'єкти. Об'єднати у часі однорідні або суміжні операції.

Наприклад, у різноманітних машинах-автоматах робота різних робочих органів відбувається одночасно задля якнайшвидшого виконання усіх технологічних операцій. В кутерах з двома ножовими головками перемішування фаршу сирокочених ковбас відбувається одночасно з його подрібненням. В сучасних високопродуктивних слайсерах одночасно нарізається декілька ковбасних батонів. При виготовленні формового хліба округлювання тістових заготовок відбувається не в спеціальній машині, а під час руху на стрічковому транспортері під дією нерухомої напрямної.

Прийом 6. Принцип універсальності. Об'єкт виконує кілька різних функцій, завдяки чому відпадає необхідність в інших об'єктах.

Наприклад, ніж кутера призначений для подрібнення сировини і для її перемішування. Шнек зернового екструдера подрібнює, перемішує, нагріває та подає сировину. Мішалка-масажер може працювати як масажер та як звичайний фаршесмішувач. Вовчок-жилувальник реалізує і подрібнення м'яса, і його жилування. Так само вовчок-мішалка реалізує функцію і фаршесмішувача. Вакуумний варильний кутер заміняє собою вовчок, кутер, вакуумний фаршесмішувач, емульситатор і варильний котел.

Прийом 7. Принцип «матрьошки». Один об'єкт розміщений всередині іншого об'єкта, який, у свою чергу, знаходиться всередині третього і т. д. Один об'єкт проходить крізь порожнину в іншому об'єкті.

Наприклад, два коаксіальні барабани дозволяють значно зменшити довжину барабанної сушарки (рис. 5.41). Роздільний привод вовчка (рис. 5.25, а), при якому крізь пустотілий шнек проходить швидкообертотий ножовий вал, дозволяє суттєво підвищити продуктивність машини.

Прийом 8. Принцип антиваги. Компенсувати вагу об'єкта з'єднанням з іншими об'єктами, що володіють підйомною силою. Компенсувати вагу об'єкта взаємодією із середовищем (за рахунок аеро-, гідродинамічних та інших сил).

Прийом 9. Принцип створення попереднього напруження. Заздалегідь надати об'єкту напруження, що протилежні недопустимим або небажаним робочим напруженням. Принцип попередньої антидії. Якщо за умовами задачі необхідно здійснити якусь дію, треба заздалегідь зробити антидію.

Наприклад, застосування в механізованому вузлі затиску різального комплексу вовчка пружини для створення робочого зусилля, а гідроциліндра – для короткочасного зусилля відкривання дозволяє підвищити надійність роботи системи (рис. 5.86). Якщо при навиванні пружини дріт одночасно закручувати навколо своєї осі, то отримана таким чином заздалегідь напружена пружина «подвійного» закручування за своїми механічними показниками набагато краща (авт. св. № 316509).

Прийом 10. Принцип попереднього виконання. Заздалегідь виконати необхідну зміну об'єкта (повністю або хоча б частково). Заздалегідь розставити об'єкти так, щоб вони могли вступити в дію з найбільш зручного місця і без витрат часу на доставку.

Наприклад, попереднє змішування борошна з водою у спеціальному вихровому пристрої шляхом розпилювання двох компонентів назустріч один одному дозволяє значно прискорити процес замісу тіста. Підігрівання свіжого повітря, яке подається в пальник печі, шляхом змішування з відпрацьованими топковими газами дає змогу зменшити витрати палива. Розпилювання борошна та води в тонкому шарі на стрічку конвеєра дозволяє значно прискорити процес замісу тіста на наступному етапі [19].

Фірмою *Metalquimia* представлено нове технологічне рішення виготовлення сирокоченої ковбаси: запропоновано змінити порядок

технологічних операцій – спочатку йде нарізка на слайсерах, а потім сушіння ковбасних шматочків [15]. Зважаючи на їх значно меншу товщину порівняно з ковбасними батонами, стало можливим як кардинально зменшити тривалість операції сушіння, так і спростити технологічне оформлення ділянки.

Прийом 11. Принцип «заздалегідь підкладеної подушки». Компенсувати відносно невисоку надійність об'єкта заздалегідь підготовленими аварійними засобами.

Наприклад, додавання у водогінну воду інгібіторів корозії дозволяє суттєво підвищити довговічність трубопроводів та обладнання. В багатьох машинах із напруженим режимом роботи використовують запобіжні штифти або муфти – при перевантаженні приводу руйнується запобіжний елемент, а не відповідальна деталь (в матричних грануляторах та ін.). На сучасних м'ясопереробних підприємствах використовуються запасні функціональні модулі обладнання – при виході обладнання з ладу його робота поновлюється в короткий термін шляхом заміни всього модуля. Цим досягається істотна мінімізація збитків через псування харчової сировини.

Прийом 12. Принцип еквіпотенціальності. Змінити умови роботи так, щоб не доводилося піднімати або опускати об'єкт.

Наприклад, узгоджене розташування шнеків вовчка та поверхонь допоміжного візка (рис. 6.81, б) дозволяє значно полегшити роботу обслуговуючому персоналу.

Прийом 13. Принцип «навпаки». Замість дії, що диктується умовами задачі, здійснити зворотну дію (наприклад, не охолоджувати об'єкт, а нагрівати). Зробити рухому частину об'єкта (або зовнішнього середовища) нерухомою, а нерухому – рухомою. Перевернути об'єкт «догори ногами».

Численні приклади застосування цього прийому наведено на рис. 6.165–6.172.

Прийом 14. Принцип сфероїдальних поверхонь. Перейти від прямолінійних частин об'єкта до криволінійних, від плоских поверхонь до сферичних, від частин, виконаних у вигляді куба або паралелепіпеда, до кульових конструкцій. Використовувати ролики, кульки, спіралі. Перейти до обертального руху, використовувати відцентрову силу.

Наприклад, сферичні посадочні поверхні застосовано в ножі вовчка, який здатен самовстановлюватися (рис. 5.85). У кульових млинах використовуються кульові робочі органи, які ефективно подрібнюють сировину.

Прийом 15. Принцип динамічності. Характеристики об'єкта (або зовнішнього середовища) повинні змінюватися так, щоб бути оптимальними на кожному етапі роботи. Розділити об'єкт на частини, здатні переміщатися відносно один одного.

Приклади наведено в описі закону динамізації (п. 5.2.2).

Прийом 16. Принцип часткового або надлишкового рішення. Якщо важко отримати 100 % необхідного ефекту, треба отримати «трохи менше» або «трохи більше». Завдання при цьому може істотно спроститися.

Наприклад, задля гарантованого забезпечення герметичності ущільнень пластинчастого теплообмінника пастеризаційно-охолоджувальної установки, а саме для унеможливлення потрапляння необробленого молока в пастеризоване, в секції регенерації пастеризоване молоко подається під вищим тиском, завдяки чому в разі нещільностей саме воно потрапляє в необроблене, а не навпаки. Задля гарних різальних властивостей леза ножів кутера повинні мати складну криволінійну форму, проте такі леза складно загострювати, тому були винайдені ножі, леза яких складаються з прямих відрізків, які вписані у зазначені криві. Часткове зменшення площі контакту лез з решіткою в емульсаторі дозволяє зменшити нагрів фаршу до допустимих меж (рис. 5.81).

Прийом 17. Принцип переходу в інший вимір. Труднощі, пов'язані з рухом (або розміщенням) об'єкта по лінії, усуваються, якщо об'єкт набуває можливості переміщатися в двох вимірах (тобто на площині). Відповідно, завдання, пов'язані з рухом (або розміщенням) об'єктів в одній площині, усуваються при переході до тривимірного простору. Багатоповерхове компонування об'єктів замість одноповерхового. Нахилити об'єкт або покласти його «набік». Використовувати зворотну сторону наявної площі. Використовувати оптичні потоки, що падають на сусідню площу або на зворотну сторону наявної площі.

Прикладом цього принципу може бути решітка емульсатора (рис. 5.81, б). Перехід від горизонтальних танків для молока до вертикальних дозволяє значно зменшити використовувану виробничу площу.

Прийом 18. Використання механічних коливань. Привести об'єкт у коливальний рух. Якщо такий рух вже відбувається, збільшити його частоту (аж до ультразвукової). Використовувати резонансну частоту. Застосувати замість механічних вібраторів п'єзовібратори. Використовувати ультразвукові коливання в поєднанні з електромагнітними полями.

Відома велика кількість прикладів застосування цього прийому в обладнанні харчових виробництв. Це і зернові сепаратори, вібраційні транспортери, вібраційні млини тощо. Застосування вібрації дозволяє інтенсифікувати механічні та масообмінні процеси (змішування фаршу, екстракції речовин, відстоювання, різання тощо), зменшити витрати енергії на тертя (при роботі різального вузла вовчків та ін.).

Прийом 19. Принцип періодичної дії. Перейти від безперервної дії до періодичної (імпульсної). Якщо дія вже здійснюється періодично, змінити періодичність. Використовувати паузи між імпульсами для іншої дії.

Наприклад, ударне різання дозволяє суттєво зменшити енерговитрати на проведення процесу. Імпульсна подача мийно-дезінфікуючого розчину дає змогу інтенсифікувати очищення поверхонь. Сучасні методи імпульсної обробки харчової сировини високим тиском дозволяють

покращити якість готового продукту, замінити термообробку та механізувати ручні процеси [99].

Приєм 20. Принцип безперервності корисної дії. Вести роботу безперервно (всі частини об'єкта повинні весь час працювати з повним навантаженням). Усунути холості та проміжні ходи.

Прикладом використання цього принципу може бути вдосконалена [56] конструкція автомата (рис. 5.42, а) для фасування в'язких молочних продуктів у пластикову тару, а саме – розроблений поршневий дозатор подвійної дії (рис. 5.42, б). При його роботі видача відміреної дози продукту відбувається одночасно з відмірюванням наступної дози. При використанні цього рішення можливе підвищення продуктивності автомата до 30 %.

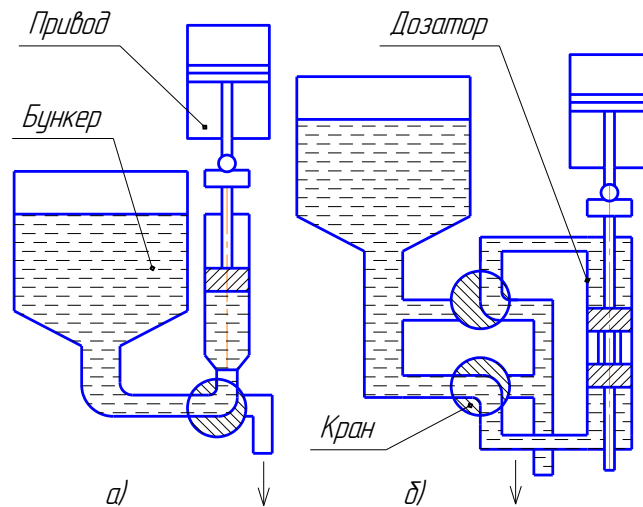


Рис. 5.42 – Схема фасувального автомата підвищеної продуктивності

Приєм 21. Принцип «проскакування». Вести процес або окремі його етапи (наприклад шкідливі або небезпечні) на великій швидкості.

Наприклад, принцип тонкого подрібнення фаршу в кутерах полягає у використанні такого швидкого руху ножів, при якому сировина, яка вільно лежить у чаші, не встигає зміститися під дією сил інерції і підлягає розрізанню. У відцентрових сепараторах задля уникнення руйнування вертикального вала перехід через резонансну частоту вала проводиться достатньо швидко, а для зменшення динамічних навантажень на вал застосовано підпружинену в радіальному напрямі підшипникову опору.

Приєм 22. Принцип «обернути шкоду на користь». Використовувати шкідливі фактори (зокрема шкідливий вплив середовища) для отримання позитивного ефекту. Усунути шкідливий чинник за рахунок додавання іншого шкідливого фактора. Посилити шкідливий чинник до такої міри, щоб він перестав бути шкідливим.

Наприклад, при кутеруванні фарш інтенсивно відкидається ножами із зони різання, третється об чашу та гальмується, при цьому внаслідок високої швидкості (близько 100 м/с) фарш інтенсивно нагрівається. Запропоновано використовувати нерухомі ножі, які стоять на шляху фаршу, що відкидається обертовими ножами. Це дає змогу використовувати кінетичну енергію фаршу для його додаткового подрібнення, а не для нагрівання.

Яскравим прикладом реалізації цього принципу є секція регенерації пластинчастого теплообмінника пастеризаційно-охолоджувальної установки – гаряче пастеризоване молоко віддає своє тепло холодному, яке тільки подається в теплообмінник, чим забезпечується «безкоштовне» одночасне охолодження та нагрівання відповідних молочних напівфабрикатів.

Прикладом посилення шкідливого чинника є забезпечення швидкого та зручного зняття змінних пластин у збірній решітці вовчка після кожної робочої зміни. Цим досягається уникнення накопичення залишків продукту та м'ясного соку в зазорах між пластиною і диском решітки та уникнення необхідності ретельно ущільнювати цей зазор.

Приєм 23. Принцип зворотного зв'язку. Ввести зворотний зв'язок. Якщо зворотний зв'язок є, змінити його.

Прикладом є сучасні системи автоматизації обладнання, мехатроніка. Такі системи дозволяють автоматично змінювати режими роботи обладнання залежно від габаритів та внутрішньої структури сировини, аналізувати хімічний та рецептурний склад сировини в онлайн-режимі, забезпечувати швидке автоматичне укладання штучних об'єктів складної конфігурації у форми тощо. Поряд з цим є й простіші випадки застосування цього принципу – в кутерах *Laska* рівень забрудненості повітряних фільтрів у станині кутера контролюється шляхом вимірювання швидкості повітряного потоку, який нагнітається вентилятором охолодження електродвигуна головного приводу.

Приєм 24. Принцип «посередника». Використовувати проміжний об'єкт-переносник. Використовувати проміжний об'єкт, що переносить або передає дію. На час приєднати до об'єкта інший (що легко видаляється) об'єкт.

Наприклад, при нанесенні леткого інгібітору атмосферної корозії для отримання покриття внутрішніх поверхонь складних деталей крізь деталь продувають нагріте повітря, яке насичене парами інгібітору. В багатьох хімічних і масообмінних процесах використовують зв'язувальні речовини, від яких потім відділяється цільовий компонент на наступних технологічних етапах.

Приєм 25. Принцип самообслуговування. Об'єкт повинен сам себе обслуговувати, виконуючи допоміжні і ремонтні операції. Використовувати відходи (енергії, речовини).

Наприклад, у сучасних машинах використовують системи автоматичного мащення вузлів та діагностики їх працездатності. В кутерах марки *Seydeltmann* використовуються системи автоматичного балансування ножових головок. У хлібопекарських печах застосовують економайзери – теплообмінники, в яких тепло відпрацьованих топкових газів використовується для попереднього підігрівання води, що подається у вигляді пари в зону гіротермічної обробки тістових заготовок у печі. В декантерах фірми *Alfa Laval* використовуються спеціальні напрямні для відведення рідини з ротора, на які тисне рідина під дією відцентрових сил, чим забезпечується сутте-

ве енергозбереження при обертанні ротора. Відходи виробництва одних видів молочних продуктів використовуються при виробництві інших (сироватка для приготування морозива тощо). У м'ясній промисловості відходи використовують для виготовлення ліків, технічних продуктів, кормів для тварин та добрив.

Приєм 26. Принцип копіювання. Замість недоступного, складного, дорогого, незручного або крихкого об'єкта використовувати його спрощені і дешеві копії. Замінити об'єкт або систему об'єктів їх оптичними копіями (зображеннями). Використовувати при цьому зміну масштабу (збільшити або зменшити копії). Якщо використовуються видимі оптичні копії, перейти до копій інфрачервоних або ультрафіолетових.

Наприклад, в сучасних слайсерах використовують систему рентгенівського сканування продукту, яка дозволяє забезпечувати нарізання скибок однакової маси незалежно від рівномірності густини продукту по його об'єму (нарізання твердого сиру, грудинки тощо), чим замінюється зважування продукту.

Система аналізу і прогнозування напівтуш безконтактним способом *CSB-Image-Meater* здійснює аналіз напівтуш для прийняття оптимальних рішень по схемах подальшої переробки і реалізації отримуваної сировини [15]. Автоматичний збір даних здійснюється за допомогою цифрової камери, яка послідовно робить знімки зрізів свинячих напівтуш в режимі реального часу при потоковому способі виробництва. Продуктивність системи – до 1500 туш за годину. Система дозволяє в автоматичному режимі по кожній напівтуші отримати точний прогноз виходу як по окремій цінній частці сировини (окорок, корейка, лопатка, грудинка), так і загальне співвідношення складу сировини (вміст кісток, м'яса, жиру).

Для контролю наявності сторонніх включень у сировині та в запакованому готовому продукті використовуються пристрої рентгенівського сканування [20]. При цьому можливим є вимірювання маси, підрахування компонентів, виявлення відсутніх, деформованих або зламаних виробів, контроль рівня наповнення упаковки, її герметичності тощо. Зрештою стає можливим видалення неякісного зразка продукції з технологічного потоку в режимі on-line.

Приєм 27. Дешева недовговічність взамін дорогої довговічності. Замінити дорогий об'єкт набором дешевих об'єктів, поступившись при цьому деякими якостями (наприклад довговічністю).

Наприклад, тара для багатьох харчових продуктів виготовляється у вигляді пластикових стаканчиків, пляшок, контейнерів, полімерних пакетів та мішків. У лезах ножів вовчка застосовують змінні різальні вставки. Мотор-редуктори, які використовують у сучасному обладнанні, підлягають повній заміні після закінчення терміну експлуатації.

Приєм 28. Заміна механічної системи. Замінити механічну систему оптичною, акустичною або «запаховою». Використовувати електричні, магнітні й електромагнітні поля для взаємодії з об'єктом. Перейти

від нерухомих полів до рухомих, від фіксованих – до мінливих у часі, від неструктурних – до таких, що мають певну структуру. Використовувати поля в поєднанні з феромагнітними частинками.

Прикладом є застосування ПВЧ-випромінювання для теплової обробки харчових продуктів на заміну звичайних печей. Перемішування харчових середовищ може проводитись за допомогою металевих тіл, які приводяться в рух змінним електромагнітним полем. В сучасних приводах технологічного обладнання застосовують електронні системи, які дозволяють змінювати частоти обертання робочих органів у широких межах (див. закон динамізації, п. 5.2.2). Пристрої для проставлення дати на упаковці замінюються на лазерні маркувальники. В ножовому блоці кутерів *CutMaster* вбудовано постійні магніти, що дозволяє, на відміну від гвинтових з'єднань, проводити складання ножового блоку безпосередньо на ножовому валу кутера (рис. 5.26, в) [81].

Приєм 29. Використання пневмо- і гідроконструкцій. Замість твердих частин об'єкта використовувати газоподібні й рідкі: надувні та гідронаповнювальні, повітряну подушку, гідростатичні та гідрореактивні.

Наприклад, застосування гідродинамічних і гідростатичних підшипників в опорах ножового вала кутера дозволяє підвищити навантаження на вал, збільшити кількість ножів у ножовій головці та покращити гасіння вібрацій у кутері [патенти]. Для транспортування ламких виробів застосовують контейнери та упаковку, які наповнюються стисненим повітрям, чим досягається м'яке фіксування виробів при транспортуванні.

Приєм 30. Використання гнучких оболонок і тонких плівок. Замість звичайних конструкцій використовувати гнучкі оболонки і тонкі плівки. Ізолювати об'єкт від зовнішнього середовища за допомогою гнучких оболонок і тонких плівок.

Наприклад, перекачувати рідкі продукти переробки тварин дозволяють передувочні баки, в яких перекачуване середовище витісняється за допомогою гнучкої мембрани, яка деформується під дією стисненого повітря. Згідно з авт. св. № 183624 пропонується прискорити сушіння виробів шляхом застосування опорних поверхонь, які покриті струмопровідними полімерними плівками, крізь які пропускають електричний струм.

Приєм 31. Застосування пористих матеріалів. Виконати об'єкт пористим або використовувати додаткові пористі елементи (вставки, покриття тощо). Якщо об'єкт уже виконаний пористим, попередньо заповнити пори якоюсь речовиною.

Наприклад, численними перевагами володіє метод ультрафільтрації молочної сировини за допомогою напівпроникних мембран. Застосування порожнистих валів та конструкційних профілів у машинобудуванні дозволяє підвищити міцність конструкцій з одночасним зменшенням їх матеріаломісткості. Застосовуються звукоізоляційні пористі покриття внутрішніх поверхонь машин та подвійні стінки їх станин. Насичення м'ясних продуктів розсоллом крізь пустотілі голки ін'єкторів володіє істотними перевагами

порівняно з проколюванням сировини суцільними голками та подальшим зануренням у розсіл. Застосування піни дозволяє інтенсифікувати масообмінні процеси між рідиною та газом.

Приєм 32. Принцип зміни забарвлення. Змінити забарвлення об'єкта або зовнішнього середовища. Змінити ступінь прозорості об'єкта чи зовнішнього середовища. Для спостереження за погано видимими об'єктами або процесами використовувати фарбувальні добавки. Якщо такі добавки вже застосовуються, використовувати мічені атоми.

Наприклад, прозорі стінки і дверцята пакувальних автоматів та ін. дозволяють контролювати надійне проходження робочого процесу. Для виявлення кінців стрічки в рулоні біля місця з'єднання наносять мітку флуоресцентною або фосфоресцентною речовиною, при подальшій переробці її легко виявити детекторним приладом.

Приєм 33. Принцип однорідності. Об'єкти, які взаємодіють з даним об'єктом, повинні бути зроблені з того ж матеріалу (або близького йому за властивостями).

Наприклад, в зону ендотермічної реакції вводять пари тих же вихідних продуктів, які, конденсуючись, виділяють потрібне для перебігу реакції тепло (авторське свідоцтво СРСР № 163162).

Приєм 34. Принцип відкидання і регенерації частин. Частина об'єкта, яка виконала своє призначення або стала непотрібною, повинна бути відкинута (розчинена, випарена і т. д.) або видозмінена безпосередньо в ході роботи. Частини об'єкта, що втрачаються, повинні бути відновлені безпосередньо в ході роботи.

Приєм 35. Зміна фізико-механічних параметрів об'єкта. Змінити агрегатний стан об'єкта. Змінити концентрацію або консистенцію. Змінити ступінь гнучкості. Змінити температуру.

Наприклад, з метою усунення періодичних операцій по установці оболонки на цівку шприца компанією *Handtmann* представлено нову технологію шприцювання *ConPro* – відбувається одночасна коекструзія гелевої оболонки *Rudin VegaGasing* і м'ясного фаршу за допомогою двох окремих шприців-наповнювачів [15]. Гелева оболонка, завдяки дії особливого сольового розчину, твердне, утворюючи еластичну і міцну оболонку, до складу якої входять натуральні рослинні компоненти на основі альгінату. Нова технологія дає можливість скоротити виробничі витрати на 40 % .

Заморожування рідкої та в'язкої начинки шоколадних цукерок складної форми дозволяє проводити наступне їх глазурування та отримувати штучні вироби складної будови. Для отримання чіткої зернистості фаршу сирокочених ковбас, його перед кутеруванням заморожують. Застосування зрідженого газу дозволяє швидко охолоджувати м'ясний шрот у кутерах, завдяки чому зберігаються високі нативні властивості парної м'ясної сировини, на відміну від заморожування у холодильних камерах. При проведенні масообмінних процесів у системі «газ–в'язка рідини» задля інтенсифікації процесу в'язку рідину перед подачею газують.

Приєм 36. Застосування фазових переходів. Використовувати явища, що виникають при фазових переходах, наприклад зміна об'єму, виділення або поглинання тепла і т. д.

Наприклад, при конденсації водяної пари в конденсаторах теплового обладнання відбувається виділення тепла. Сучасні теплоізолюючі панелі дозволяють суттєво покращити збереження заданого температурного режиму в приміщеннях промислових холодильників (цехів). Такі панелі містять той чи інший гелеподібний наповнювач, який здатен змінювати агрегатний стан під впливом температури зовнішнього середовища [1]. Так, у нічний час при охолодженні повітря гель твердне, а вдень, при підвищенні температури, – стає рідким, чим охолоджує зовнішнє середовище. При таких фазових переходах відбувається збереження та передача теплової енергії. Це приводить до енергоощадного підтримання температури в холодильнику на заданому рівні, що, в свою чергу, приводить до істотного зменшення усушки продукції в холодильнику. Будова таких теплоізолюючих панелей товщиною 1,25 см забезпечує таку ж ефективність теплоізоляції, як шар бетону товщиною 25 см.

Приєм 37. Застосування термічного розширення. Використовувати термічне розширення (або стискування) матеріалів. Якщо термічне розширення вже використовується, застосувати кілька матеріалів з різними коефіцієнтами термічного розширення.

Наприклад, для точних переміщень і для отримання великих зусиль застосовують не механічні пристрої, а металеві елементи, які під дією електричного струму нагріваються та розширюються. В теплових реле застосовуються біметалеві пластинки, частини яких мають різні коефіцієнти теплового розширення, що приводить до згинання пластини при нагріванні.

Приєм 38. Застосування сильних окиснювачів. Замінити звичайне повітря збагаченим. Замінити збагачене повітря киснем. Впливати на повітря кисень-іонізуючими випромінюваннями. Використовувати озонований кисень. Замінити озонований (або іонізований) кисень озоном.

Наприклад, застосування озону в харчовій промисловості дозволяє забезпечити надійну бактерицидну обробку приміщень та обладнання. Збагачення озоном повітря дає змогу інтенсифікувати процеси горіння палива, наприклад газу в хлібопекарських печах.

Приєм 39. Застосування інертного середовища. Замінити звичайне середовище інертним. Вести процес у вакуумі.

Наприклад, вакуумування фаршу в кутерах, фаршезмішувачах та ін. дозволяє подовжити термін придатності готового продукту внаслідок пригнічення окиснювання сировини. Те саме використовується у вакуумних упаковках харчових продуктів. Для пригнічення окиснювання продукту і для підвищення жорсткості упаковки застосовують наповнення її інертним газом. Аналогічно використовують інертний газ при кутеруванні фаршу – в готових ковбасах буде відсутній кисень, але структура ковбаси буде «м'якою», не жорсткою, як при вакуумуванні.

Установка *ColdSteam M* від компанії *GEA* дозволяє проводити дефростацію м'яса при мінімальних втратах м'ясного соку та тривалості циклу: завдяки використанню пари невисокої температури та вакуумуванню розморожування відбувається за 10-15 хв., а сировина не обварюється та не змінює колір. До того ж, усувається необхідність попередньо охолоджувати сировину, що також знижує втрати електроенергії.

Приєм 40. Застосування композиційних матеріалів. Перейти від однорідних матеріалів до композиційних.

Наприклад, станина кутера, яка виготовлена з композиційного матеріалу, має гарні вібропоглинальні властивості (рис. 6.84, 6.85). Інший композиційний матеріал (суспензія частинок кремнію в мастилі) здатний тверднути в електричному полі, що дозволяє гнучко оперувати таким середовищем.

5.2.4 Стандартні рішення усунення технічних протиріч

Стандарти дозволяють описати процес знаходження правильного рішення технічного протиріччя у символічному вигляді, що нерідко спрощує вирішення задачі [26]. Реполь – це сумісна дія речовини і поля.

КЛАС 1 ПОБУДОВА І РУЙНУВАННЯ РЕПОЛЬНИХ СИСТЕМ

1.1 СИНТЕЗ РЕПОЛІВ

Головна ідея цього підкласу чітко відображена в стандарті 1.1.1: для синтезу працездатної технічної системи необхідно, в простому випадку, перейти від нереполя до реполя. Нерідко побудова реполя нашоується на труднощі, обумовлені різними обмеженнями на введення речовин і полів. Стандарти 1.1.2–1.1.8 показують відповідні типові обхідні шляхи.

1.1.1 Синтез реполя. Якщо дано об'єкт, що погано піддається потрібним змінам, і умови не містять обмежень на введення речовин і полів, задачу вирішують синтезом реполя, вводючи елементи, яких бракує.

1.1.2 Перехід до внутрішнього комплексного реполя. Якщо дано реполь, який погано піддається потрібним змінам, і умови завдання не містять обмежень на введення добавок в наявні речовини, задачу вирішують переходом (постійним або тимчасовим) до внутрішнього комплексного реполя, вводючи у В1 або В2 добавки, що збільшують керованість або надають реполю потрібних властивостей.

1.1.3 Перехід до зовнішнього комплексного реполя. Якщо дано реполь, що погано піддається потрібним змінам, а умови містять обмеження на введення добавок у наявні речовини В1 або В2, задачу вирішують переходом (постійним або тимчасовим) до зовнішнього комплексного реполя, приєднуючи до В1 або В2 зовнішнє В3, що збільшує керованість або надає реполю потрібних властивостей.

1.1.4 Перехід до реполя на зовнішньому середовищі. Якщо дано реполь, що погано піддається потрібним змінам, а умови містять обмеження на введення в нього або приєднання до нього речовин, задачу вирішують добудовою реполя, використовуючи як речовину, що вводиться, наявне зовнішнє середовище.

1.1.5 Перехід до реполя на зовнішньому середовищі з добавками. Якщо зовнішнє середовище не містить речовин, необхідних для побудови реполя за стандартом 1.1.4, ці речовини можуть бути отримані заміною зовнішнього середовища, його розкладанням або введенням в нього добавок.

1.1.6 Мінімальний режим дії на речовину. Якщо потрібний мінімальний (дозований, оптимальний) режим дії, а забезпечити його за умовами завдання важко або неможливо, треба використовувати максимальний режим, а надлишок прибрати. При цьому надлишок поля прибирають речовиною, а надлишок речовини – полем.

1.1.7 Максимальний режим дії на речовину. Якщо потрібно забезпечити максимальний режим дії на речовину, а це з тих або інших причин неприпустимо, максимальну дію слід зберегти, але спрямувати її на іншу речовину, пов'язану з першою.

Якщо потрібний вибірково-максимальний режим (максимальний у певних зонах при збереженні мінімального в інших), поле має бути максимальним. У першому випадку в місця, де необхідна мінімальна дія, вводять захисну речовину. У другому випадку в місця, де необхідна максимальна дія, вводять речовину, яка дає локальне поле.

1.2 РУЙНУВАННЯ РЕПОЛІВ

У підклас 1.2 входять стандарти на руйнування реполів і усунення або нейтралізацію шкідливих зв'язків у них. Найбільш сильна ідея цього підкласу – це мобілізація необхідних елементів за рахунок використання наявних речово-польових ресурсів. Особливо важливим є стандарт 1.2.2, за яким функції нової речовини виконує речовина, що вже наявна в системі, але видозмінена.

1.2.1 Усунення шкідливого зв'язку введенням сторонньої речовини. Якщо між двома речовинами у реполі виникають пов'язані – корисна і шкідлива – дії (причому безпосереднє зіткнення речовин зберігати не обов'язково), задачу вирішують введенням між речовинами сторонньої третьої речовини, «дармової» або достатньо дешевої.

1.2.2 Усунення шкідливого зв'язку видозміною наявних речовин. Якщо між двома речовинами у реполі виникають пов'язані – корисна і шкідлива – дії, причому безпосереднє зіткнення речовин зберігати не обов'язково, а використання сторонніх речовин заборонене або недоцільне, задачу вирішують введенням між речовинами третьої, такої, що є їх видозміною. Речовина ВЗ може бути введена в систему ззовні в готовому вигляді або отримана (дією П1 або П2) з наявних речовин. Зокрема, ВЗ може бути «порожнечою», бульбашками, піною і т. д.

1.2.3 Відволікання шкідливої дії поля. Якщо необхідно усунути шкідливу дію поля на речовину, завдання може бути вирішене введенням іншого елемента, що відволікає на себе шкідливу дію поля.

1.2.4 Протидія шкідливим зв'язкам за допомогою поля. Якщо між двома речовинами у реполі виникають пов'язані – корисна і шкідлива –

дії, причому безпосереднє зіткнення речовин, на відміну від стандартів 1.2.1 і 1.2.2, повинне бути збережене, задачу вирішують переходом до подвійного реполя, в якому корисна дія залишається за полем П1, а нейтралізацію шкідливої дії (або перетворення шкідливої дії на іншу корисну дію) здійснює П2.

1.2.5 «Відключення» магнітних зв'язків. Якщо треба зруйнувати реполь з магнітним полем, завдання може бути вирішене із застосуванням фізичних ефектів, які «відключають» феромагнітні властивості речовин, наприклад розмагнічуванням при ударі або при нагріві вище точки Кюрі.

КЛАС 2 РОЗВИТОК РЕПОЛЬНИХ СИСТЕМ

2.1 ПЕРЕХІД ДО СКЛАДНИХ РЕПОЛІВ

Підвищення ефективності реполів може бути досягнуте, перш за все, переходом від простих реполів до складних – ланцюгових і подвійних. Ускладнення тут відносно невелике, тим часом перехід забезпечує появу нових і посилення вже наявних якостей (насамперед, керованості системи).

2.1.1 Перехід до ланцюгового реполя. Якщо потрібно підвищити ефективність репольної системи, задачу вирішують перетворенням однієї з частинок реполя в незалежно керований реполь і утворенням ланцюгового реполя.

Якщо в технічній системі є об'єкт, який рухається або повинен рухатися під дією сили тяжіння навколо деякої осі, і треба керувати рухом цього об'єкта, завдання вирішується введенням в цей об'єкт речовини, що є керовано рухомою усередині об'єкта і викликає своїм рухом переміщення центру тяжіння системи.

2.1.2 Перехід до подвійного реполя. Якщо реполь погано керований і потрібно підвищити його ефективність, причому заміна елементів цього реполя недопустима, завдання вирішується побудовою подвійного реполя шляхом введення іншого поля, що добре піддається керуванню.

2.2 ФОРСУВАННЯ РЕПОЛІВ

Загальна ідея шести стандартів, що входять у цей підклас, полягає в збільшенні ефективності реполів – простих і складних – без введення нових полів і речовин. Досягається це форсуванням використанням наявних речово-польових ресурсів.

2.2.1 Перехід до більш керованих полів. Якщо дано репольну систему, її ефективність може бути підвищена заміною некерованого (або погано керованого) робочого поля керованим (добре керованим) полем, наприклад заміною гравітаційного поля механічним, механічного – електричним і т. д.

2.2.2 Дроблення інструменту. Якщо дано репольну систему, її ефективність може бути підвищена шляхом збільшення ступеня дисперсності (дроблення) речовини, що відіграє роль інструменту.

2.2.3 Перехід до капілярно-пористої речовини. Особливий випадок дроблення речовини – перехід від суцільних речовин до капілярно-пористих. Перехід цей здійснюється по лінії: «суцільна речовина – суцільна

речовина з однією порожниною – суцільна речовина з багатьма порожнинами (перфорована речовина) – капілярно-пориста речовина – капілярно-пориста речовина з певною структурою пустот».

У міру розвитку цієї лінії збільшується можливість розміщення в порожнинах-порах рідкої речовини і використання фізичних ефектів.

2.2.4 Динамізація реполя. Якщо дано репольну систему, її ефективність може бути підвищена шляхом збільшення ступеня динамізації, тобто переходу до більш гнучкої, швидкозмінної структури системи.

2.2.5 Структуризація поля. Якщо дано репольну систему, її ефективність може бути підвищена переходом від полів однорідних або таких, що мають неупорядковану структуру, до полів неоднорідних або таких, що мають певну просторову структуру (постійну або змінну).

2.2.6 Структуризація речовини. Якщо дано репольну систему, її ефективність може бути підвищена переходом від речовин однорідних або таких, що мають неупорядковану структуру, до речовин неоднорідних або таких, що мають певну просторову структуру (постійну або змінну).

2.3 ФОРСУВАННЯ УЗГОДЖЕННЯ РИТМІКИ

Підклас 2.3 включає стандарти по форсуванню реполів особливо економічними способами. Замість введення або істотної зміни речовин і полів, стандарти підкласу 2.3 передбачають суто кількісні зміни – частот, розмірів, маси. Таким чином, значний новий ефект досягається при мінімальних змінах системи.

2.3.1 Узгодження ритміки поля і виробу (або інструменту). У репольних системах дія поля має бути узгоджена по частоті (або свідомо розузгоджена) з власною частотою виробу (або інструменту).

2.3.2 Узгодження ритміки використовуваних полів. У складних репольних системах мають бути узгоджені (або свідомо розузгоджені) частоти використовуваних полів.

2.3.3 Узгодження несумісних або раніше не залежних дій. Якщо дві дії, наприклад зміна і вимір, несумісні, одну дію здійснюють у паузах іншої. Необхідно пам'ятати: паузи в одній дії мають бути заповнені іншою корисною дією.

КЛАС 3 ПЕРЕХІД ДО НАДСИСТЕМИ І НА МІКРОРІВЕНЬ

3.1 ПЕРЕХІД ДО БІСИСТЕМ І ПОЛІСИСТЕМ

Разом з «внутрішньосистемним» вдосконаленням (лінія стандартів класу 2) існує лінія «зовнішньосистемного» розвитку: на будь-якому етапі внутрішнього розвитку система може бути об'єднана з іншими системами в надсистему з новими якостями.

3.1.1 Перехід до бісистем і полісистем. Ефективність системи – на будь-якому етапі розвитку – може бути підвищена системним

переходом 1-а: об'єднанням системи з іншою системою (або системами) в складнішу бісистему або полісистему.

Інша характерна особливість бісистем і полісистем – ефект багатоступінчастості.

Перехід до надсистеми може здійснюватися на будь-якому етапі розвитку системи. При цьому подальший розвиток йде по двох лініях: удосконалюється надсистема, що утворилася, і продовжується розвиток початкової системи.

3.1.2 Розвиток зв'язків у бісистемах і полісистемах. Підвищення ефективності синтезованих бісистем і полісистем досягається, перш за все, за рахунок розвитку зв'язків елементів у цих системах.

Новоутворені бісистеми і полісистеми часто мають «нульовий зв'язок», тобто є просто «купою» елементів. Розвиток йде у напрямі посилення міжелементних зв'язків. З другого боку, елементи в новоутворених системах інколи бувають сполучені жорсткими зв'язками. У цих випадках розвиток йде у напрямі збільшення ступеня динамізації зв'язків.

3.1.3 Збільшення відмінності між елементами бісистем і полісистем. Ефективність бісистем і полісистем підвищується при збільшенні відмінності між елементами системи (системний перехід 1-б): від однакових елементів (набір однакових олівців) до елементів із зміщеними характеристиками (набір різноколірних олівців), потім – до різних елементів (готовальня) та інверсних поєднань типу «елемент і антиелемент» (олівець з гумкою).

3.1.4 Згортання бісистем і полісистем. Ефективність бісистем і полісистем підвищується при їх згортанні, перш за все, за рахунок скорочення допоміжних часток, наприклад, двоствольна рушниця має один приклад, ложе, прицільні пристрої. Повністю згорнуті бісистеми і полісистеми знову стають моносистемами, цикл може повторитися на новому рівні.

3.1.5 Несумісні властивості системи і її частин. Ефективність бісистем і полісистем може бути підвищена розподілом несумісних властивостей між системою та її частинами. Це системний перехід 1-в: використовують дворівневу систему, в якій вся система в цілому володіє властивістю С, а її частини – властивістю анти-С.

3.2 ПЕРЕХІД НА МІКРОРІВЕНЬ

Є два шляхи переходу до принципово нових систем:

- перехід до надсистеми («шлях вгору» – стандарти підкласу 3.1);
- перехід до використання «глибинних» підсистем («шлях вниз» – підклас 3.2).

3.2.1 Перехід на мікрорівень. Ефективність системи – на будь-якому етапі розвитку – може бути підвищена системним переходом 2: з макрорівня на мікрорівень, коли систему або її частину замінюють речовиною, здатною при взаємодії з полем виконувати необхідну дію.

Перехід «макро-мікро» – поняття узагальнене. Існує безліч рівнів «мікро» (домени, молекули, атоми і т. д.) – відповідно є багато різних переходів з одного мікрорівня на інший, нижчий.

КЛАС 4 СТАНДАРТИ НА ЗАСТОСУВАННЯ СТАНДАРТІВ

При побудові, перебудові і руйнуванні реполів часто доводиться вводити нові речовини. Їх введення пов'язане або з технічними труднощами, або зі зменшенням ступеня ідеальності системи. Тому речовини треба «вводити, не вводячи» і використовувати різні обхідні шляхи.

4.1.1 Обхідні шляхи. Якщо потрібно ввести в систему речовину, а це заборонено умовами завдання або неприпустимо за умовами роботи системи, то слід використовувати обхідні шляхи:

- замість речовини використовують «порожнечу»;
- замість речовини вводять поле;
- замість внутрішньої добавки використовують зовнішню;
- вводять в дуже малих дозах особливо активну добавку;
- вводять в дуже малих дозах звичайну добавку, але розташовують її концентровано – в окремих частинах об'єкта;
- добавку вводять на якийсь час;
- замість об'єкта використовують його копію (модель), в яку допустиме введення добавки;
- добавку вводять у вигляді хімічної сполуки, з якої вона потім виділяється;
- добавку отримують розкладанням зовнішнього середовища або самого об'єкта, наприклад електролізом, або зміною агрегатного стану частини об'єкта або зовнішнього середовища.

4.1.2 Розділення виробу на взаємодіючі частини. Якщо дано систему, що погано піддається потрібним змінам, і умови завдання не дозволяють замінити інструмент або ввести добавки, замість інструменту використовують виріб, розділяючи його на частини, що взаємодіють одна з одною.

Наприклад, спосіб термообробки цукрового піску в барабанній сушарці відрізняється тим, що з метою інтенсифікації процесу і відділення дрібної фракції матеріал заздалегідь завихрюють, а теплоносії для конвективної сушки і охолоджуючий агент подають назустріч один одному і відсмоктують відпрацьовані гази зі зваженою в них дрібною фракцією матеріалу із зони їх змішування.

4.1.3 Самоусунення відпрацьованих речовин. Введена в систему речовина – після того, як вона спрацювала, – повинна зникнути або стати невідмітною від речовини, що раніше була в системі або в зовнішньому середовищі.

4.2 ВВЕДЕННЯ ПОЛІВ

4.2.1 Використання поля за сумісництвом. Якщо у репольну систему потрібно ввести поле, то слід, перш за все, використовувати вже наявні поля, носіями яких є речовини, що вже входять у систему.

4.2.2 Використання поля зовнішнього середовища. Якщо потрібно ввести поле, а за стандартом 5.2.1 це зробити неможливо, слід використовувати поля, наявні в зовнішньому середовищі.

4.2.3 Використання речовин – джерел полів. Якщо в систему необхідно ввести поле, а це не можна зробити за стандартом 5.2.1 і 5.2.2, то слід використовувати поля, носіями або джерелами яких можуть «за сумісництвом» стати речовини, наявні в системі або в зовнішньому середовищі.

4.3 ВИКОРИСТАННЯ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ

Суперечливі вимоги до речовин, що вводяться, і полів можуть бути задоволені використанням фазових переходів.

4.3.1 Заміна фазового стану речовини. Ефективність застосування речовини без введення інших речовин може бути підвищена фазовим переходом 1, тобто заміною фазового стану наявної речовини.

4.3.2 «Подвійний» фазовий стан речовини. «Подвійні» властивості можуть бути забезпечені фазовим переходом 2, тобто використанням речовин, здатних переходити з одного фазового стану в інший залежно від умов роботи.

Так, наприклад, теплообмінник, що забезпечений притиснутими до нього «пелюстками» з нікеліду титану, змінює свої властивості – при підвищенні температури «пелюстки» відгинаються, збільшуючи площу охолодження.

4.3.3 Використання явищ, супутніх фазовому переходу. Ефективність системи може бути підвищена за рахунок фазового переходу 3, тобто використання явищ, супутніх фазовому переходу.

4.3.4 Перехід до двофазного стану речовини. «Подвійні» властивості системи можуть бути забезпечені фазовим переходом 4 – заміна однофазового стану двофазним.

4.3.5 Використання взаємодії між частинами (фазами) системи. Ефективність технічних систем, отриманих в результаті фазового переходу 4, може бути підвищена введенням взаємодії (фізичної, хімічної) між частинами (або фазами) систем.

4.4 ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗЕФЕКТІВ

Багато стандартів передбачають застосування фізичних ефектів або можуть бути використані разом з ними. При цьому необхідно враховувати деякі прийоми, що підвищують ефективність застосування фізоефектів.

4.4.1 Використання оборотних фізичних перетворень. Якщо об'єкт повинен періодично знаходитися в різних фізичних станах, то перехід слід здійснювати самим об'єктом шляхом використання оборотних фізичних перетворень, наприклад фазових переходів, іонізації-рекомбінації, дисоціації-асоціації тощо.

4.4.2 Посилення поля на виході. Якщо необхідно отримати сильну дію на виході при слабкій дії на вході, необхідно привести речовину-перетворювач в стан, близький до критичного. Енергія запасється в речовині, а вхідний сигнал відіграє роль «спускового гачка».

Загалом, для вирішення наявної технічної задачі (для форсування і подальшої ідеалізації) необхідно застосовувати стандарти як систему. Розташування стандартів не є хаотичним, воно узгоджується із загальною схемою розвитку систем. Тому систему стандартів слід використовувати і як прогностичний інструмент, навіть у тому випадку, коли в умовах технічної задачі немає такої вимоги.

Отже, в загальному випадку послідовність дій при вирішенні задачі за допомогою стандартів має бути такою:

- треба, не поспішаючи, грамотно і чітко побудувати модель завдання;
- визначити речово-польові ресурси, потім підібрати відповідний стандарт (обходячи, якщо треба, заборони на введення добавок);
- форсувати змінену систему (навіть якщо це не потрібно за умовами завдання);
- прибрати «зайві» поля і речовини;
- нарешті максимально використовувати отриманий принцип.

5.2.5 Функціонально-вартісний аналіз

Функціонально-вартісний аналіз (ФВА) має принципові відмінності від звичайних способів зменшення виробничих експлуатаційних витрат, оскільки передбачає функціональний підхід [49]. Суть такого підходу полягає в розгляданні об'єкта не в конкретній його формі, а як сукупності функцій, які він повинен виконувати.

Кожна з функцій аналізується з різних позицій, можливих принципів і способів виконання, ступеня виконання, значення, розміру витрат на всіх етапах життєвого циклу, форм проявлення, місця і т. д.

Під функцією в методі ФВА розуміється зовнішнє виявлення якості об'єкта. Опис потреб і функцій об'єкта в принципі збігаються. При формуванні функції необхідно дотримуватись ряду правил (точність, стислість, узагальненість визначень, повнота, абстрактність щодо існуючого рішення).

При функціонально-вартісному аналізі використовується комплексний підхід, який передбачає дослідження всіх факторів, що визначають якість і витрати в комплексі. Беруться до уваги всі види об'єктів – конструкції, технологія, організація підприємства; всі види ресурсів – трудові, матеріальні, технічні, енергетичні, фінансові; на всіх стадіях життєвого циклу виробу – передпроектної підготовки і освоєння виробництва, доведення до споживача, самого виробництва, експлуатації і утилізації.

Найчастіше використовують три форми ФВА, які можуть застосовуватись для різних цілей і об'єктів [49].

Перша форма ФВА є коректувальною, вона найкраще відпрацьована і нею найбільш широко користуються. Вона призначена для відпрацювання освоєних об'єктів і отримала назву «ФВА в сфері виробництва». Метою дії коректувальної форми є привертання уваги конструкторів і технологів до виробів, в яких є диспропорції між значущістю виконуваних функцій і затратами на їх виконання. Потім виявляються надлишкові витрати,

причини їх виникнення, резерви зниження собівартості і підвищення якості виконання функцій виробів. Після цього здійснюється пошук кращих рішень по виконанню функцій і вибір оптимального варіанта.

Друга форма, яка називається іноді творчою або «ФВА в процесі проектування», використовується на етапах НДР і ДКР. Основне призначення цієї форми: пошук оптимальних технічних рішень при створенні обладнання, забезпечення паралельного і багатоцільового (з подальшим уточненням) аналізу економічних показників якості проектного об'єкта, критичний аналіз кожного елемента з точки зору виконуваних ним функцій, визначення і забезпечення ліміту витрат по функціях.

Третя форма умовно називається інверсною або «ФВА в сфері використання». Вона потрібна для систематизації процесу пошуку сфер використання вже спроектованих об'єктів або їх уніфікації і забезпечує вибір найбільш ефективної (з технічних і економічних позицій) системи, в якій передбачається використання об'єкта.

Як зазначалося, ФВА є методом виявлення резервів і розробки рішень щодо вдосконалення об'єкта.

Резерви вдосконалення об'єкта (підвищення його функціональних показників або зниження витрат) обумовлюються наступними найбільш типовими факторами [49]:

- невідповідність фактичних функціональних показників об'єкта реальним умовам його експлуатації;
- неефективне використання науково-технічної інформації на етапі проектування; недооцінювання існуючих організаційно-економічних факторів; неузгодженість роботи фахівців різних підрозділів; психологічна інерція (консерватизм) фахівців; низька професійна кваліфікація фахівців, зайнятих на проектуванні, та ін.

Основна мета проведення ФВА полягає у забезпеченні споживчих властивостей об'єкта при мінімізації витрат на їх прояв.

Результатом проведення ФВА має бути зниження витрат на одиницю корисного ефекту, що досягається такими шляхами:

- підвищення споживчих властивостей об'єкта при одночасному скороченні витрат;
- підвищення споживчих властивостей об'єкта при збереженні або економічно виправданому збільшенні витрат;
- скорочення витрат при збереженні або обґрунтованому зниженні функціональних параметрів об'єкта до необхідного рівня.

Частковими цілями проведення ФВА можуть бути:

- підвищення конкурентоспроможності продукції;
- підвищення якості об'єкта в цілому або його складових частин;
- зниження витрат на виробництво;
- зниження матеріаломісткості, фондомісткості, трудомісткості, енергоємності;
- підвищення продуктивності праці;

- заміна дефіцитних (у тому числі імпортних) матеріалів і комплектуючих виробів;
- збільшення обсягу випуску продукції без додаткових капітальних вкладень тощо;
- ліквідація проблемних місць у виробництві;
- зниження експлуатаційних і транспортних витрат;
- підвищення екологічності виробництва;
- попередження, скорочення та усунення браку;
- розробка нових або вдосконалення існуючих конструкцій, технологічних процесів, систем організації праці та керування виробництвом;
- прогнозування розвитку об'єктів;
- вирішення інших конкретних завдань, спрямованих на підвищення організаційно-технічного рівня та ефективності функціонування аналізованих систем.

Можливе багаторазове проведення ФВА одного і того ж об'єкта. Резерви для цього утворюються постійно в результаті науково-технічних досягнень: відкриттів, винаходів, створення нових матеріалів, технологій, методів організації та управління [49].

Вартісний аналіз – визначення витрат на виконання функцій та їх зіставлення зі значущістю аналізованих функцій.

Функція – прояв властивостей матеріального об'єкта, що полягає в його дії (впливу або взаємодії) на зміну стану інших матеріальних об'єктів.

Носій функції – матеріальний об'єкт, який реалізує досліджувану функцію.

Об'єкт функції – матеріальний об'єкт, на який спрямована дія аналізованої функції.

Корисна функція – функція, яка обумовлює споживчі властивості об'єкта.

Шкідлива функція – функція, що негативно впливає на споживчі властивості об'єкта.

Нейтральна функція – функція, що не впливає на зміну споживчих властивостей об'єкта.

Головна функція – корисна функція, що відображає призначення об'єкта (мета його створення).

Додаткова функція – корисна функція, забезпечує спільно з головною функцією прояв споживчих властивостей об'єкта.

Основна функція – функція, що забезпечує виконання головної.

Допоміжна функція першого рангу – функція, що забезпечує виконання основної.

Функціональний аналіз передбачає розгляд об'єкта як комплексу виконуваних ним функцій, а не як матеріально-речових структур.

Наприклад, електрична лампа розжарювання розглядається як носій функції «випромінювати світло», а не як сукупність конструктивних елементів (колба, цоколь, нитка розжарювання та ін.).

Функціональний аналіз виходить з передумови, що виконання корисних функцій в аналізованому об'єкті завжди супроводжують шкідливі і нейтральні функції.

Формулювання функцій проводиться за певними правилами. Функції формулюються для конкретного об'єкта відповідно до конкретних умов роботи.

Наприклад, електрична лампа розжарювання в настільному світильнику, крім корисної функції «випромінювати світло», виконує також шкідливу функцію «випромінювати тепло». При використанні цієї ж лампи в інкубаторі функція «випромінювати тепло» є корисною, а «випромінювати світло» – нейтральною.

Ранжування функцій виконується лише щодо головної (Г) функції об'єкта з дотриманням наступних умов:

- функції, об'єкти яких збігаються з об'єктом головної функції, отримують ранг основних (О);
- функції, об'єктами яких є носії основних функцій, вважаються допоміжними функціями першого рангу (D^I);
- функції, об'єктами яких визначені носії функцій V^I , відносяться до допоміжних функцій другого рангу (D^{II}). Подальше ранжування функцій здійснюється аналогічно.

Рівень виконання рекомендується визначати для корисних функцій. Рекомендується така індексація рівнів виконання функції: адекватний – А; надлишковий – І; недостатній – Н.

Шляхом складання таблиці взаємозв'язків функцій і їх носіїв виявляються однорідні або подібні функції, що мають однакову або близьку за змістом дії дієслівну частину.

Результати такого аналізу можуть бути використані як для експертного оцінювання функціональної значущості окремих елементів, так і для знаходження елементів, що підлягають виключенню при функціонально-ідеальному моделюванні (згортанні) аналізованого об'єкта.

Метою аналітичних процедур ФВА є виявлення в об'єкті і в його надсистемі небажаних ефектів (НЕ), які перетворюються в завдання щодо вдосконалення об'єкта.

Функціональний аналіз дозволяє виявити такі типові НЕ:

- наявність функцій низького рангу;
- мала кількість корисних функцій в одного елемента;
- наявність шкідливих функцій;
- недостатній або надлишковий рівень виконання функції;
- дублювання (повне або часткове) виконання функції кількома елементами (однаковими, однорідними, різними);
- неузгодженість рівнів виконання функцій різних елементів об'єкта в цілому.

Вартісний аналіз надає можливість виявити такі типові НЕ:

- невідповідність витрат на елемент його функціональній значущості;
- застосування дефіцитних (у тому числі імпортних) матеріалів, комплектуючих виробів, устаткування тощо;
- висока трудомісткість, використання праці високої кваліфікації, дефіцитних професій;
- неузгодженість розміру витрат на кожному окремо взятому етапі життєвого циклу об'єкта зі ступенем впливу цього етапу на суму сукупних витрат за весь життєвий цикл об'єкта.

Параметричний аналіз дозволяє виявити НЕ, що впливають з якісних меж розвитку об'єкта.

Генетичний аналіз передбачає виявлення таких типових НЕ, як:

- невідповідність між реально існуючим і потенційно можливим з точки зору законів розвитку ТЗ станом об'єкта;
- недостатній облік результатів змін, що відбувалися протягом життєвого циклу об'єкта.

Аналіз матеріальних потоків дає можливість «вийти» на такі типові НЕ:

- втрати потоку (речовини, енергії, інформації) на якій-небудь ділянці «функціонального ланцюжка»;
- наявність паразитних ланцюжків у корисному потоці;
- наявність шкідливого потоку.

Цікавим та важливим у практичному вимірі є те, що при проведенні ФВА об'єкта сама наявність будь-якого матеріального елемента в принципі може розглядатися як небажаний ефект, оскільки створення і функціонування елемента вимагає витрат ресурсів.

Усунення такого НЕ дозволить реалізувати корисні функції об'єкта без виключеного елемента. Ці функції можуть бути «передані» для виконання тим елементам і (або) елементам надсистеми, які залишилися.

Ефективне вдосконалення об'єктів досягається при органічному поєднанні методики ФВА і сучасних методів технічної творчості. Найкращі результати забезпечує спільне застосування ФВА і ТВВЗ (теорії вирішення винахідницьких задач), тому що в основі цих методів лежить принцип розвитку об'єктів у напрямі мінімізації витрат на їх створення і функціонування.

ФВА проводиться колективом фахівців різного профілю: з ФВА і методів технічної творчості, конструктори, технологи, економісти та ін. Робота ведеться спеціально створюваними для проведення аналізу конкретного об'єкта тимчасовими творчими колективами – дослідними робочими групами.

Вітчизняними методиками передбачено сім основних етапів проведення ФВА: підготовчий, інформаційний, аналітичний, творчий, дослідницький, рекомендаційний, впровадження і контроль за результатами.

1 Підготовчий етап включає: навчання спеціалістів основ ФВА; вибір конкретного об'єкта ФВА з відповідним техніко-економічним обґрунтуванням; виділення конкретних цілей і завдань ФВА вибраного об'єкта; підготовка переліку інформаційних матеріалів про об'єкт, який аналізується, і завдань по їх отриманню; підбір і затвердження складу тимчасової дослідної робочої групи ТДРГ; складання, обговорення і затвердження плану проведення аналізу вибраного об'єкта; організаційне оформлення рішення про затвердження ФВА у вигляді розпорядження (наказу), що затверджує склад ТДРГ, робочий план з термінами робіт.

2 Інформаційний етап: підготовка і підбір інформації для обґрунтування суті і структури досліджуваного об'єкта і його аналогів (конструкторської, технологічної, економічної, патентної, науково-технічної); вивчення інформації для з'ясування фактичного стану об'єкта і його опис; складання структурної технологічної схеми об'єкта; визначення затрат на створення і функціонування об'єкта і його складових частин; виявлення зон найбільшого зосередження затрат в досліджуваному об'єкті.

3 Аналітичний етап: виявлення і формулювання функцій; аналіз і уточнення функцій: виділення головної, другорядних, основних, допоміжних, виявлення непотрібних функцій, надлишкового ресурсу функцій у досліджуваному об'єкті і його складових частинах; побудова функціональної або функціонально-структурної моделі об'єкта; оцінка значущості функцій; розподіл і аналіз витрат, пов'язаних із реалізацією функцій відповідними матеріальними носіями; порівняння функцій складових частин об'єкта і витрат на їх здійснення з аналогами; побудова функціонально-вартісної діаграми об'єкта; виявлення дефектних функціональних зон; уточнення зон пошуку резервів економії в аналізованому об'єкті по функціональних зонах (блоках) з обліком фактичного рівня якості виконання функцій; формування задач для пошуку нових ідей і варіантів рішень.

4 Творчий етап: уточнення напрямку і задач пошуку нових рішень і вибір методів активізації цих задач; визначення тематики, планування і проведення творчих нарад; організація і проведення нарад пошуку нових рішень і вироблення пропозицій щодо вдосконалення об'єктів; обробка і систематизація творчих нарад, укрупнена оцінка ідей за окремими функціями; формування варіантів конструкційного виконання об'єктів; підготовка матеріалів для оцінювання отриманих результатів відділами підприємства.

5 Дослідницький етап: систематизація і оцінка запропонованих варіантів нових рішень; розробка ескізів вибраних варіантів з необхідними розрахунками; дослідження і експериментальна перевірка (за необхідністю), виконання функцій у запропонованих варіантах разом зі спеціалістами відповідних відділів; визначення затрат і якості виконання функцій для різних варіантів рішень; ранжирування варіантів по критерію мінімуму приведених затрат з урахуванням ступеня виконання функцій об'єкта і вибір найбільш раціональних варіантів; оцінка здійснення поданих пропозицій стосовно матеріального, технічного і виробничого забезпечення.

6 Рекомендаційний етап: погодження із зацікавленими службами і оформлення рекомендацій за результатами проведення ФВА, що містять суть пропозицій, ескізи, рішення по об'єкту аналізу і короткий опис процесу, техніко-економічні розрахунки і подання керівництву для обговорення; після обговорення керівництвом або комітетом ФВА і прийняття рішень – складання проекту, затвердження плану-графіка, впровадження рекомендацій і передача затверджених рекомендацій замовнику.

7 Етап впровадження: розробка науково-технічної і проектної документації за результатами ФВА і погодження цих змін із замовниками і утримувачами оригіналу технічної документації; організація роботи по реалізації рекомендацій і контроль за виконанням плану-графіка; впровадження отриманих результатів у виробництво; стимулювання учасників розробки і впровадження її у виробництво; оцінка отриманих результатів і оформлення звіту про виконану роботу.

Залежно від специфіки робіт, які виконуються в різних галузях, методики ФВА, що використовуються в них, відрізняються одна від одної прийомами виконання, методами оцінювання і аналізу рішень, хоча основні положення ФВА витримуються в кожній із них. Це видно на розглянутих нижче прикладах.

Сутність ФВА можна показати на прикладі вдосконалення побутової м'ясорубки [26]. Вдосконалення м'ясорубки передбачає вирішення двох груп задач. Перша група задач пов'язана з експлуатацією м'ясорубки: зниженням зусилля обертання вала, незручністю миття, великою вагою, небезпекою травмування пальців при подачі м'яса в шнек, незручністю завантаження сировини (малий об'єм бункера), недостатньо ефективним кріпленням м'ясорубки до столу, забиванням решітки і ножа при переробці жирного жилявого м'яса.

Друга група задач пов'язана з виготовленням м'ясорубки: великі витрати металу та висока трудомісткість виготовлення деяких деталей, наприклад решітки з твердої інструментальної сталі, ручки гвинта тощо.

Для вирішення цих задач, спрямованих на підвищення якості і зниження собівартості м'ясорубки, було проведено ФВА. На підготовчому етапі здійснено економічно обґрунтований вибір об'єкта, складено технічне завдання на проведення роботи. На інформаційному етапі були вивчені вітчизняні і закордонні аналоги, починаючи від стародавньої м'ясорубки до перспективних пластмасових моделей. На аналітичному етапі спочатку була побудована структурна (рис. 5.43) схема м'ясорубки.

Вже на початковому етапі при розбиранні м'ясорубки вдалося виявити серйозні недоліки конструкції: між втулкою 5.2 і корпусом попадає шматок м'яса, і це викликає неприємний запах. Значну кількість інформації було отримано при складанні технологічної схеми, на якій зірочкою помічені операції, які викликають ускладнення в процесі виробництва.

Функціональний аналіз дав можливість уточнити функції і виявити непотрібні функції для м'ясорубки (табл. 5.1) і окремих її деталей. В таблиці функції позначені: О – основна; Д – допоміжна; Ш – шкідлива.

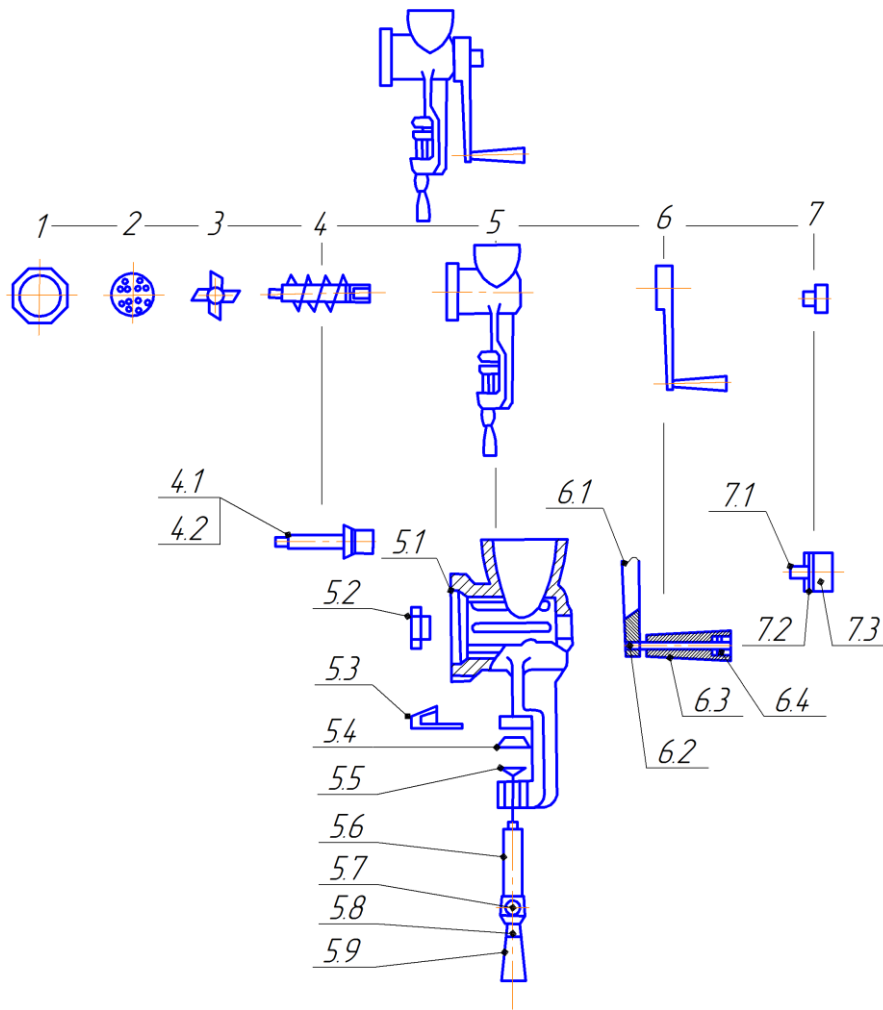


Рис. 5.43 – Структурна схема м'ясорубки:

1 – гайка; 2 – решітка; 3 – ніж; 4 – шнек (4.1 – валик; 4.2 – витки); 5 – корпус (5.1 – корпус; 5.2 – втулка; 5.3 – кришка; 5.4 – ковпачок; 5.5 – шайба; 5.6 – шнек; 5.7 – валик; 5.8 – сережка; 5.9 – ручка); 6 – ручка (6.1 – ручка; 6.2 – валик; 6.3 – рукоятка; 6.4 – пробка); 7 – гвинт (7.1 – гвинт; 7.2 – головка; 7.3 – ковпачок)

При складанні таких матриць для кожної деталі і елементів ведуться пошуки нових варіантів виконання корисних функцій, виключення функцій непотрібних і шкідливих. Так, із табл. 5.1 видно, що ніж і решітка не тільки ріжуть м'ясо, але й зминають його. Зминають м'ясо корпус і шнек. Такий функціональний аналіз дозволяє поставити нові задачі. Особливо багато інформації про слабкі місця конструкції і технології дало заповнення діагностичної таблиці (табл. 5.2).

В діагностичних таблицях відображається функціональна значущість різноманітних деталей та складальних одиниць, а також «рівень неспокійності», викликаний ними. По вертикалі записують деталі та складальні одиниці, а по горизонталі – їх характеристики та можливих експертів. Окремі оцінки, які виставляють у балах або процентах, підсумовують і відображають сумарний «рівень неспокійності». Порівняння результатів функціонального аналізу та експертних оцінок дозволяє виявити найбільш важливі першочергові задачі.

Таблиця 5.1

Матриця функцій м'ясорубки (фрагмент)

Функції	Вузли і деталі							
	М'ясо-рубка	1 Гайка	2 Решітка	3 Ніж	4 Шнек	5 Корпус	6 Ручка	7 Гвинт
Переробляє м'ясо	О	–	О	О	Д	Д	–	–
Подас	Д	–	–	–	О	О	Д	–
Ріже	О	–	О	О	–	–	–	–
Мне	–	–	Ш	Ш	Ш	Ш	–	–
Об'єднує деталі	Д	О	–	–	–	О	–	О
Кріпить м'ясорубку до опори	Д	–				О	–	

Таблиця 5.2

Діагностична таблиця м'ясорубки

Вузли, деталі	Характеристики та експерти								Умовна сумарна оцінка
	Функціональна значущість, %	Трудомісткість, %	Матеріаломісткість, %	Ступінь неспокійності					
				Конструктор	Технолог з оснащення	Технолог цеху	ВТК	Споживач	
1. Гайка	5	5	4	5	–	5	–	15	39
2. Решітка	10	5	3	60	5	40	50	10	183
3. Ніж	15	15	2	5	5	5	20	10	77
4. Шнек	15	20	20	5	20	10		5	95
5. Корпус	50	30	60	20	60	25	30	35	310
6. Ручка	4	15	10	2	5	5		20	61
7. Гвинт	1	10	1	3	5	10	–	5	35

Наприклад, підвищену трудомісткість та високий ступінь неспокійності, особливо в технолога цеху, має гвинт 7 з малою значущістю. Виявилось, що при заливці головки гвинта алюмінієм частково заливаються і витки, що змушує додатково «проганяти» різьбу. Велику стурбованість конструкторів викликає позиція 2, тому що свердління отворів у виконаній із твердої інструментальної сталі решітці вимагало багато ручної праці і часто в кінці місяця самих конструкторів посилали в цех допомагати свердлити. Через складність виготовлення корпусу і шнека виражає занепокоєння технолог. А представник ВТК б'є тривогу через частий брак решітки: в отворах після свердління і шліфування часто залишаються задирки, а твердість решітки часто нижча, ніж вимагається за технічними умовами.

Споживач має багато клопоту з гайкою, яку важко закрутити і відкрутити, тому що виступи на ній невеликі і плавно закруглені. Багато скарг споживачів на подряпини та тріщини корпусу (35 %), та й ручка не задовольняє повністю.

Всі недоліки, проблеми, задачі, які були виявлені на аналітичному етапі, були систематизовані і занесені в спеціальний список, фрагмент якого наведений нижче.

1 Гайка. При складанні м'ясорубки в домашніх умовах гайку іноді важко закрутити з необхідною силою. Виступи та ребра підвищують витрату матеріалу та погіршують зовнішній вигляд. Необхідно забезпечити зручне кріплення гайки.

2 Решітка. Через велику товщину і твердість матеріалу решітки її потрібно свердлити вручну. При цьому швидко тупляться і часто ламаються свердла, велика трудомісткість операції. Необхідно перевести на штампування.

Після свердлування і шліфування в отворах решітки часто залишаються задирки, які важко вилучати. Необхідно попередити появу задирок або знайти ефективний спосіб боротьби з ними.

Після використання м'ясорубки споживачу доводиться прочищати окремо кожний отвір у решітці. Необхідно забезпечити добре очищення решітки.

3 Ніж. Ніж виготовляють виливанням по виплавлених моделях, потім опорна поверхня шліфується і кожна різальна кромка загострюється вручну. Остання операція є дуже трудомісткою. Необхідно зменшити трудомісткість виготовлення.

Наявний значний брак через недостатню твердість ножів після термообробки. Необхідно поліпшити гартування.

4 Шнек. Вал шнека має складну форму, технологія його виготовлення містить у собі фрезерні та токарні операції, при обробці знімається багато матеріалу. Необхідно спростити конструкцію і технологію виготовлення і т. д.

На основі діагностичної таблиці були відпрацьовані *«Рекомендації по направленості та послідовності аналізу деталей м'ясорубки побутової, ручної»*:

1 Корпус: зменшення загальної матеріаломісткості за рахунок вибору оптимальної конструкції та товщини матеріалу виробу; зменшення трудомісткості та складності оснащення (форм для лиття).

2 Решітка: зменшення ступеня неспокійності конструкторів і технологів, яке викликане ускладненнями через свердлування отворів; пошук можливості переведення технології виробництва решіток із свердлування на штампування; зменшення браку через задирки, що залишаються в отворах після свердлування.

3 Шнек: спрощення оснащення.

4 Ніж: зменшення трудомісткості (на операції загострення); зменшення браку (переважно через погану термообробку).

5 Ручка: зменшення трудомісткості виготовлення; підвищення зручності використання.

6 Гайка: підвищення зручності експлуатації (забезпечення зручного відкручування та закручування).

7 Гвинт: зменшення трудомісткості виготовлення та зменшення складності через необхідність додаткової прогонки різьби після заливки головки гвинта алюмінієм.

Аналітичний етап на цьому був закінчений. Всі відмічені недоліки ліквідовувались на наступному етапі – творчому. Із багатьох сформульованих задач необхідно відібрати декілька ключових, розв’язання яких може дати максимальний ефект.

Ключова задача повинна задовольняти таким вимогам:

- знімати максимальну кількість небажаних ефектів;
- ліквідувати максимальну кількість виправних операцій та елементів для їх виконання;
- виключати підготовчі операції, що не працюють прямо на кінцевий результат.

Так, при зменшенні опору подаванню м’яса одночасно зменшується зусилля обертання ручки, зменшуються необхідна міцність деталей та витрати матеріалу, попереджуються зминання м’яса та видавлювання з нього соку, зменшуються зусилля, щоб закріпити м’ясорубку до опори.

На творчому етапі всі задачі поділяються на дві великі групи. Перша група включає задачі, які не мають технічних суперечностей, а друга група – задачі, які містять суперечності і вимагають винахідницького рішення. В цьому випадку виділяємо три типи задач.

Задачі першого типу не містять суперечностей, які виникають найчастіше через неуважність та помилки конструкторів і технологів, через невиконання правил конструювання та організації виробництва. ФВА виявляє такі задачі досить повно та чітко.

Так, вал шнека м’ясорубки має діаметр 20 мм і виконаний зі сталі. Його розміри дозволяють передати значний крутний момент, який у м’ясорубці виникнути не може. Зрозуміло, що можливо без втрат зменшити діаметр цього вала. При цьому знижуються витрати матеріалу та трудомісткість обробки.

Задачі другого типу, що містять суперечності, розв’язуються за допомогою відомих технічних прийомів – підбором оптимальних матеріалів, розмірів форми при збереженні заданої міцності, надійності і т. д. Але вимагається проведення ФВА, щоб виявити і розв’язати ці задачі. Одна з таких задач виникла при порівняльному поелементному аналізі чавунної та алюмінієвої м’ясорубок. Всі розміри кронштейнів, струбцин, корпусів виявились приблизно однаковими, незважаючи на значні розбіжності в міцності чавуну і алюмінію. Це говорить про те, що в чавунній м’ясорубці закладені надлишкові запаси міцності (це зрозуміло, оскільки перші м’ясорубки були виготовлені в минулому столітті без будь-яких розрахунків, в подальшому форма традиційно повторювалась). Але й алюмінієва

м'ясорубка також, напевно, була виготовлена без розрахунків і повторювала форму чавунної.

Крім цього, традиційна форма корпусу є нетехнологічною і потребує складного ливарного обладнання. Поділ корпусу на три елементи дозволяє значно спростити його виготовлення. Можна також зробити замість існуючої гайки циліндричну гайку-стакан, всередині якої розміститься вся робоча частина м'ясорубки.

Задачі третього типу потребують нового, творчого підходу до вирішення суперечностей. Якщо для задач першого і другого типів успішно використовується функціональний підхід і поелементний аналіз, то для вирішення задач третього типу найбільш дієвим інструментом є теорія вирішення винахідницьких задач ТРВЗ (рос. – ТРИЗ).

Тому була сформульована нова суперечність: ніж повинен бути шаблеподібним, щоб краще різати, і ніж не повинен бути шаблеподібним, щоб не відтискувати м'ясо. Примирити протилежні вимоги вдалося шляхом системного переходу, з'єднавши дві шаблі з прямим і зворотним нахилами в одну систему – ніж із зубцями.

Далі, більшість м'ясорубок кріплять до столу гвинтом струбцини, який закінчується баранчиком. Цей баранчик повинен мати великий розмір, щоб його можна було зручно закрутити, і має бути невеликим, щоб не упиратись в дошку. Така суперечність була вирішена тим, що використали відкидну ручку або рухому рукоятку, як в лещатах. Але через це конструкція подорожчала. Для удосконалення виробу було використано поняття ідеальності. Ідеальною рукоятка буде тоді, коли її фактично немає, а функції її виконуються. Для цієї мети можна використати змінну ручку шнека, виконавши кінець гвинта струбцини однаковим з кінцем шнека, наприклад шестигранним. Таке поєднання функцій можливе, оскільки вони розділені за часом.

За аналогією було запропоновано використати ту саму ручку для закручування гайки, яка кріпить решітку. В цьому випадку можна виконати гайку простої форми, без ребер та виступів, і тоді буде ліквідовано одну з основних претензій, заявлених споживачем – складність кріплення рукояткою. Закон збільшення динамічності підказав можливість виготовлення рукоятки м'ясорубки змінної довжини для «прокручування» жорсткого м'яса, коли потрібно прикласти велике зусилля. Пропозиції тимчасової робочої групи: виготовляти решітку зі сталі товщиною до 3 мм і отримувати отвори штампуванням, а для забезпечення потрібної жорсткості виконувати в гайці ребро, яке впирається в центральну частину решітки.

Загалом, при проведенні аналізу було знайдено 35 рішень, спрямованих на поліпшення практично всіх деталей м'ясорубки.

Іншим прикладом застосування ФВА при вдосконаленні ТС може бути конструкція [58] решітки м'ясорізального вовчка. Особливості конструкції різального інструменту вовчків визначають якість та продуктивність обробки сировини. Незважаючи на конструктивну простоту такої деталі,

як решітка, існують певні складнощі з одночасним виконанням усіх вимог, що до неї висуваються.

Так, робочий процес можна поділити на такі етапи:

- втискування сировини в отвори;
- різання парюю «ніж-решітка»;
- прошовхування сировини всередині отворів.

Кожен із цих етапів висуває свої оригінальні вимоги до конструкції решітки та її отворів. Через це виникає низка технічних протиріч. Так, для циліндричних перпендикулярних отворів (рис. 5.44, а) спостерігається гарне втискування сировини в отвори, але погане різання (внаслідок кута різання 90°). Для циліндричних похилих отворів (рис. 5.44, б) властиве гарне різання, але погане прошовхування всередині отворів і неможливість використання для проміжної решітки через кут різання на протилежному торці $>90^\circ$. А конічні перпендикулярні отвори (рис. 5.44, в) характеризуються гарним різанням та прошовхуванням, але поганим втискуванням сировини в отвори.

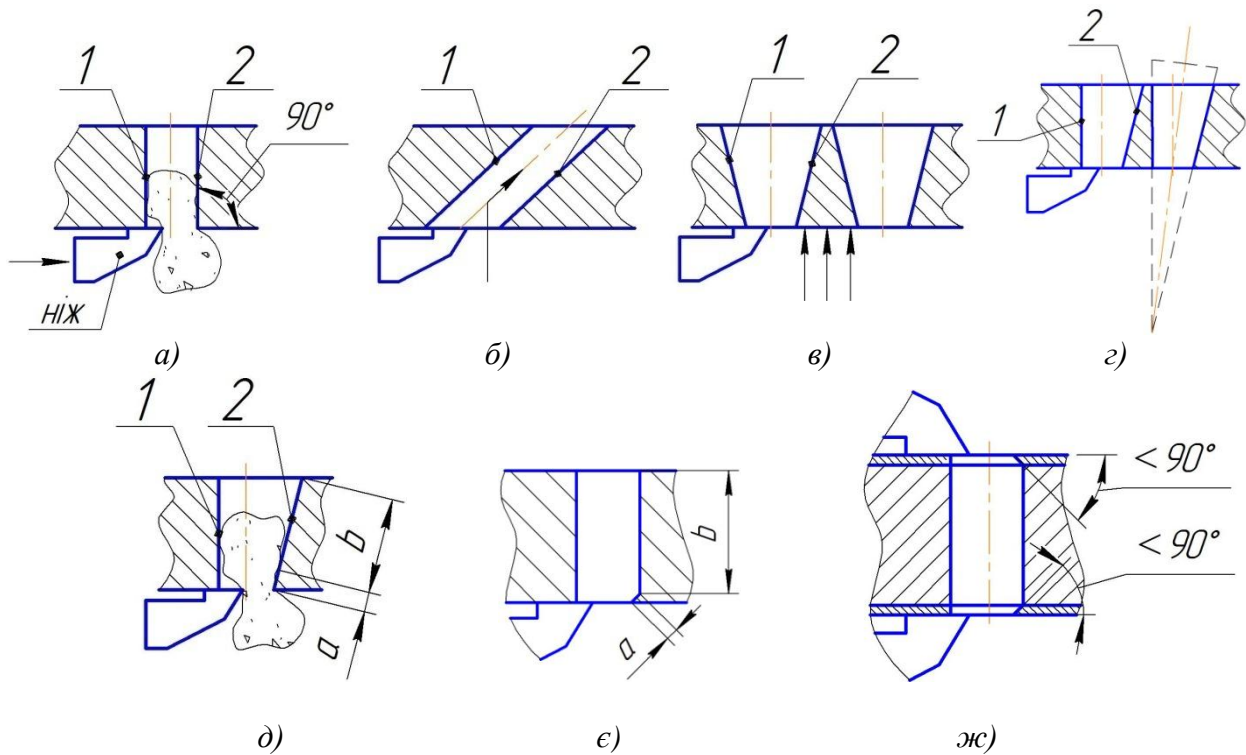


Рис. 5.44 – Види конструкцій решіток вовчка

До того ж, відомі конструкції решіток мають й інші недоліки: витрата високоякісної легованої сталі; низька технологічність виготовлення; неможливість забезпечити якісне подрібнення сировини у випадку використання такої решітки як проміжної та ін.

Шляхом використання функціонально-вартісного аналізу було встановлено функції різних зон отвору решітки (як для будови отвору згідно з рис. 5.44, а). Сторона отвору 1, на якій розташовано різальну окрайку і яка бере участь у процесі подрібнення, виконує такі функції: різання сировини в парі з ножем; утворення для сировини вхідної ділянки в отвір

решітки; утворення каналу для проходження сировини крізь решітку; забезпечення міцності решітки.

У той же час сторона отвору 2, яка є тильною відносно сторони 1, виконує такі функції: утворення для сировини вхідної ділянки в отвір решітки; утворення каналу для проходження сировини крізь решітку; забезпечення міцності решітки.

Як видно з аналізу, сторона 2 не бере участі в процесі різання сировини в парі з ножем. Відповідно відсутня необхідність виконувати сторону 2 розташованою під гострим кутом до торця решітки задля забезпечення кута різання $< 90^\circ$. Задля покращених умов різання сировини необхідно і достатньо виконати похилою лише сторону 1, а сторону 2 доцільно розташувати під прямим кутом до торця решітки з умови забезпечення мінімального гідравлічного опору руху сировини всередині отвору.

В результаті отримано [17] нову конфігурацію отвору (рис. 5.44, *г*). Він є, по суті, конічним отвором, вісь якого розташована під гострим кутом до торця решітки. Його можна отримати свердлінням.

Однак ця конфігурація отвору (рис. 5.44, *г*) хоча й обумовлює зменшений опір втискуванню сировини порівняно з конічними отворами (рис. 5.44, *в*), проте значення цього опору все ж будуть значно вищими, аніж у разі використання циліндричних перпендикулярних отворів (рис. 5.44, *б*). Тому було проведено подальший функціональний аналіз отворів.

Встановлено, що різні ділянки сторони 2 також виконують різні функції. Так, утворення каналу для проходження сировини крізь решітку та забезпечення міцності решітки реалізують і ділянка *a* і ділянка *b*, а різання сировини здійснює лише ділянка *a* (рис. 5.44, *д*). Таким чином, задля забезпечення оптимальних умов різання необхідним і достатнім є виконання похилою лише ділянки *a* (для забезпечення кута різання $< 90^\circ$). Ділянка *b* може бути розташована перпендикулярно до торця решітки (рис. 5.44, *е*).

Отримані висновки дали змогу розробити [18] решітку збірної конструкції (рис. 5.44, *ж*). Решітка містить центральну частину та дві накладні частини, які приєднуються до центральної з обох її торців (як для проміжної решітки) за допомогою кріпильних елементів з нарізкою або іншим способом. Отвори в накладних частинах – конічні. При цьому центральна частина може виготовлятися із марки матеріалу, яка відмінна від марки матеріалу накладних частин.

В розробленій конструкції решітки гарантується:

- найкраще серед відомих конструкцій забезпечення показників втискування сировини, її різання та проштовхування;
- забезпечення підвищеної різальної здатності проміжної решітки вовчка (на обох торцях решітки можна забезпечити кути різання $< 90^\circ$);
- економія легованих сталей (центральна частина може виготовлятися із звичайної конструкційної сталі);

- підвищення технологічності виготовлення решітки (спрощення процесу свердління отворів через заміну матеріалу центральної частини та зменшення товщини зносостійких частин).

Решіткам вовчка властиві й інші недоліки. Для надійного забезпечення процесу різання сполучної та з'єднувальної тканини м'яса у вовчках ножі та решітки в різальному комплекті стискають із значним зусиллям (близько 2 МПа). Внаслідок тертя ножів по решітках відбувається інтенсивне зношування різальних крайок ножів та витрачається значна частина енергії приводу (близько 30 %). Вирішення цих проблемних задач може суттєво покращити експлуатаційні властивості вовчків.

При більш детальному аналізі умов роботи решітки в різальному вузлі було встановлено [53], що різні ділянки поверхні торця решітки виконують різні функції (рис. 5.45). Ділянки 1, що знаходяться не на поверхні решітки, а всередині її матеріалу, виконують функцію забезпечення міцності (жорсткості) решітки. Ділянки 2, які є, по суті, різальними крайками отворів решітки, виконують такі функції: різання сировини; тертя по лезах ножа; утворення для сировини вхідної ділянки в отвір решітки; забезпечення міцності решітки. В той же час ділянки 3, які розташовані на поверхні торця решітки поміж отворами, виконують такі функції: тертя по лезах ножів; забезпечення міцності решітки.

Як видно з аналізу, і ділянки 2, і ділянки 3 беруть участь у терті по поверхні лез ножа та забезпечують міцність решітки, але ділянки 3 не беруть участі в процесі подрібнення м'яса. Це означає, що ділянки 3 не повинні (не обов'язково повинні) прилягати до поверхонь лез ножа.

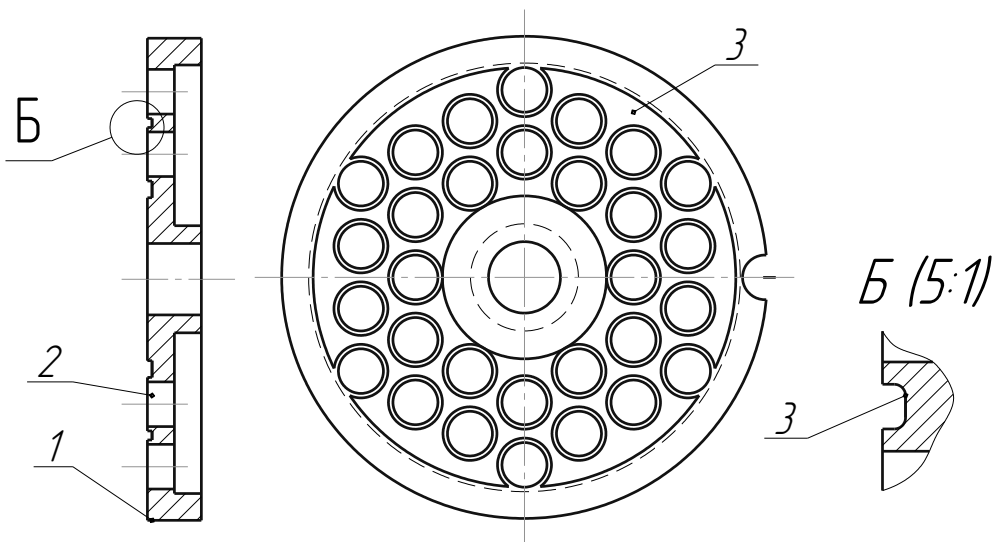


Рис. 5.45 – Решітка вовчка із заглибленнями поміж отворами

Цей висновок дозволяє запропонувати нову [53] будову решітки (рис. 5.45): решітка має заглиблення 3, які виконані на одному або обох торцях решітки та розташовані поміж отворами 3. Заглиблення виконується по усій робочій поверхні торця. Границі заглиблення знаходяться на та-

кій відстані від різальних крайок 2 отворів, що гарантує допустиме викришування матеріалу диска навколо наскрізних отворів.

Запропонована будова решітки дозволяє як зменшити витрати енергії тертя при роботі різального комплексу, так і зменшити зношування ножів. Це створює можливість комплексно зменшити витрати при експлуатації вовчків.

Слід зазначити, що при проведенні ФВА необхідно не тільки розглядати питання зниження вартості виготовлення, але й не допустити погіршення якості, надійності, безпеки і зручності в експлуатації. Пошук технічного рішення супроводжується необхідністю подолання не тільки технічної, а й економічної суперечності.

Економічна суперечність у загальному вигляді є суперечністю між витратами у виробництві і витратами в експлуатації, між технологією виготовлення і якістю функціонування об'єкта. Тому порівняльний аналіз варіантів і вибір рішень повинні виконуватись не тільки на основі оцінювання витрат у сфері виробництва, але й з урахуванням якості виконання функції, а якщо є можливість розрахувати, – то й експлуатаційних витрат.

Розглянемо конкретний приклад [26]. Фільтри-вологовіддільники пневматичних систем обладнані збірниками конденсату у вигляді прозорої склянки з пристроєм для зливу рідини, який повинен виконувати функцію «відкривати отвір для зливу і закривати його після зливу конденсату».

На рис. 5.46 показано п'ять варіантів пристрою для зливу конденсату. Найпростіший і дешевий у виготовленні пристрій – це пробка з різьбою (рис. 5.46, а). Технологічна собівартість його виготовлення не перевищує 25 у. о. Однак у процесі експлуатації потрібно багато часу на закручування і відкручування пробки, є можливість її упустити і загубити, стійкість різьби пробки відносно низька.

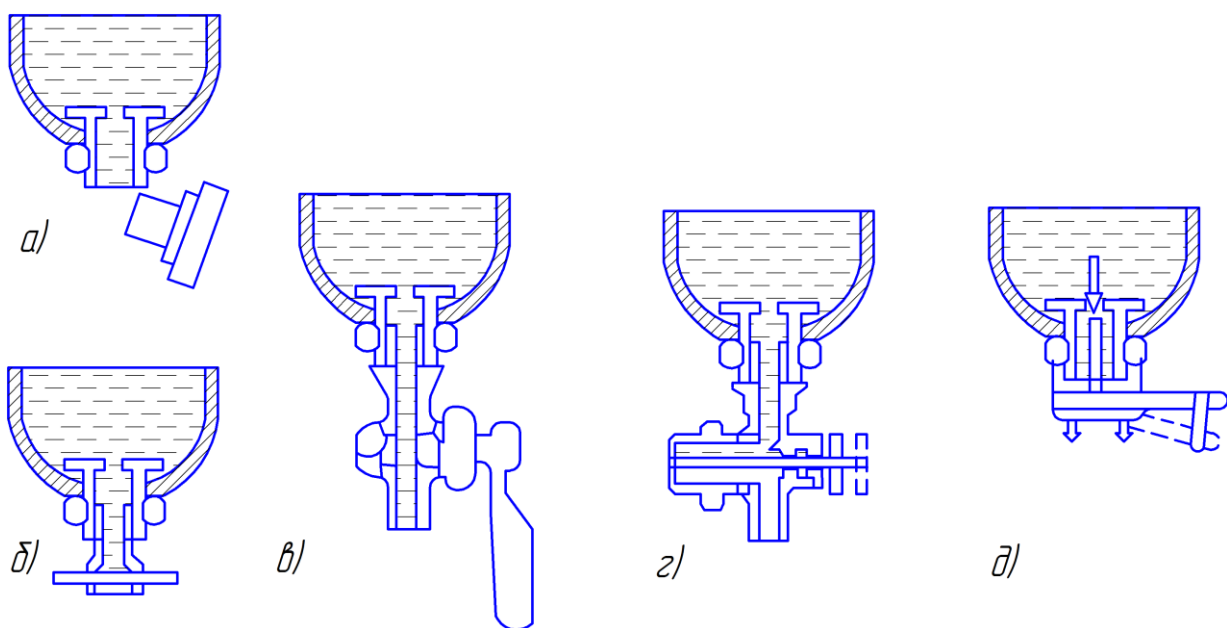


Рис. 5.46 – Варіанти пристрою для зливу конденсату

У варіантах (б–д) складність послідовно зростає, але також підвищується якість виконання функції. Так, кран-заглушка (рис. 5.46, б) не вимагає повного вивертання. Пробковий кран (рис. 5.46, в) зручний у керуванні. Клапанний краник (5.46, з) гарантує обов'язкове перекриття отвору після зливу. А в зливному пристрої з поплавком (рис. 5.46, д) функція наповнення виконується автоматично.

Неважко побачити, що кожний наступний варіант – більш «сильне» рішення, ніж попереднє. Економічно це проявляється в тому, що витрати робочого часу на виконання операції зливу конденсату від варіанта до варіанта скорочуються. А якщо врахувати, що зливати конденсат необхідно перед початком кожної зміни, то за рік ця операція виконуватиметься приблизно 500 разів. Знаючи витрати часу на злив конденсату, можна підрахувати необхідну зарплату і приведені витрати для кожного варіанта (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Витрати на виготовлення і експлуатацію пристрою

Показники	Варіанти на рис. 5.46				
	А	Б	В	Г	Д
Собівартість виготовлення, у. о.	25	36	55	66	73
Витрати часові на виконання операції зливу конденсату, хв.	1.6	0.6	0.5	0.4	0.1
Витрати часові на виконання операції зливу конденсату, у. о.	360	360	300	240	60
Приведені витрати, у. о.	3560	1353	1166	949	295

З табл. 5.3 видно, що найменші приведені затрати у варіанті (д), тому його і слід визнати найекономічнішим. Звідси видно, як важливо оцінювати експлуатаційні витрати при виборі оптимального рішення.

Принцип функціонального підходу все більше перетворюється на принцип цільового підходу. Адже кожна корисна функція є своєю метою, яку потрібно втілити найбільш економічним шляхом.

Ще одним прикладом проведення ФВА може бути визначення шляхів подальшого вдосконалення зернових екструдерів. Екструдер, внаслідок комплексної дії на сировину, поєднує функції декількох технологічних установок, забезпечуючи високу ефективність та рентабельність процесу. Але на сучасному етапі розвитку існує ряд недоліків, характерних для цього виду технологічного устаткування. Найбільш вагомими є висока енергоємність процесу, низька довговічність та відносно висока вартість окремих елементів конструкції. Навіть часткове вирішення вказаних проблемних задач дозволить підвищити технічний рівень екструдерів і, зважаючи на їх широке використання, заощадити значні матеріальні ресурси.

Для ФВА було обрано [47] конструкцію робочої камери екструдерів моделі Е-150 вітчизняної марки BRONTO як такої, що широко розповсюджена на ринках країн СНД та Латинської Америки. Схему робочої камери екструдера представлено на рис. 5.47, а.

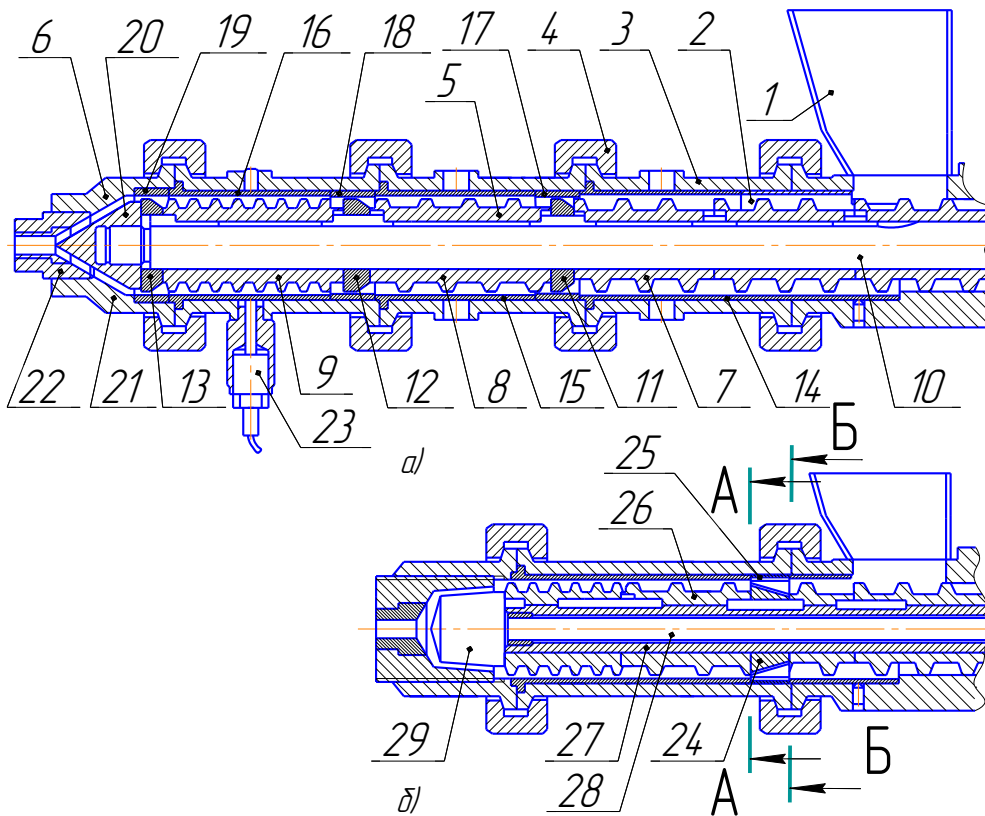


Рис. 5.47 – Схема робочої камери екструдера BRONTO:

- a)* за серійною конструкцією; *б)* за комплексно-модернізованою конструкцією:
 1 – завантажувальне вікно; 2 – робочий циліндр; 3 – корпус; 4 – хомут; 5 – шнек;
 6 – філь’ера; 7, 8, 9 – гвинти; 10 – вал; 11, 12, 13 – шайби; 14, 15, 16 – гільзи;
 17, 18, 19 – кільця; 20 – наконечник; 21 – матриця; 22 – отвір; 23 – термодатчик;
 24 – ножовий ротор; 25 – ножовий статор; 26 – гвинт із наскрізними пазами; 27 – вал;
 28 – швидкохідний вал; 29 – наконечник із малою конусністю

У контексті поставленої в цій роботі мети ранжування функцій про- водилось без урахування та визначення нейтральних і допоміжних функцій як вищого, так і нижчого порядків. Також не враховувались та не обчислювались у кількісному вимірюванні: функціональна значущість, трудомісткість виготовлення та матеріаломісткість деталей, ступені неспокійності при виготовленні та експлуатації, умовна сумарна оцінка. Не- врахування цих показників обумовлене самою метою роботи – визначити шляхи вдосконалення екструдерів, тоді як оперування кількісними показ- никами передбачає аналіз конкретних конструктивних рішень (наявність і вид кріпильних та фіксуєчих поверхонь, вид зміцнювальної обробки, ви- бір марки матеріалу та ін.), які можна вважати другорядними.

В табл. 5.4 представлено ранжування функцій елементів робочої ка- мери екструдера. Для кожного виду функції вказується рівень її виконання щодо ефективності робочого процесу: А – адекватний (може підлягати ко- ригуванню); Н – недостатній (підлягає обов’язковому коригуванню); З – занадто високий (надлишковий, який також може підлягати коригу- ванню в окремих випадках). Користуючись даними табл. 5.4, можна ви- значити особливості роботи елементів робочої камери.

Ранжування функцій елементів робочої камери екструдера

Деталь та її елементи		Види функцій та їх сутність (рівень виконання функції)		
		1. Основна	2. Додаткова	3. Шкідлива
1		2	3	4
Гвинт 7	бік витка	1.1 Подавати сировину, (А)	2.1 Нагрівати сировину, (Н)	3.1 Зношування, (З)
	торець витка	1.2 Шлюзування, (А)	2.2 Нагрівати сировину, (Н)	3.2 Зношування, (З)
Шайба 11	фаска	1.3 Подрібнювати сировину, (А)	2.3 Нагрівати сировину, (Н)	3.3 Зношування, (З) 3.4 Опір, (З)
	твірна	1.4 Нагрівати сировину, (А)	2.4 Подрібнювати сировину, (Н)	3.5 Зношування, (З) 3.6 Опір, (З)
Кільце 17		1.5 Транспортувати сировину, (А)	2.5 Подрібнювати сировину, (Н) 2.6 Нагрівати сировину, (Н)	3.7 Зношування, (З)
Гільза 14		1.6 Транспортувати сировину, (А)	2.7 Нагрівати сировину, (Н)	3.8 Зношування, (З)
Гвинт 8	бік витка	1.7 Подавати сировину, (А)	2.8 Перемішувати сировину, (Н) 2.9 Нагрівати сировину, (Н)	3.9 Зношування, (З)
	торець витка	1.8 Шлюзування, (А)	2.10 Нагрівати сировину, (Н)	3.10 Зношування, (З)
Шайба 12	фаска	1.9 Подрібнювати сировину, (А)	2.11 Нагрівати сировину, (Н)	3.11 Зношування, (З) 3.12 Опір, (А)
	твірна	1.10 Нагрівати сировину, (А)	2.12 Подрібнювати сировину, (Н)	3.13 Зношування, (З) 3.14 Опір, (А) 3.15 Відведення тепла, (З)
Кільце 18		1.11 Транспортувати сировину, (А)	2.13 Подрібнювати сировину, (Н) 2.14 Нагрівати сировину, (Н)	3.16 Зношування, (З) 3.17 Відведення тепла, (З)
Гільза 15		1.12 Транспортувати сировину, (А)	2.15 Нагрівати сировину, (Н)	3.18 Зношування, (З) 3.19 Відведення тепла, (З)
Гвинт 9	бік витка	1.13 Подавати сировину, (А)	2.16 Нагрівати сировину, (Н)	3.20 Зношування, (З)
	торець витка	1.14 Шлюзування, (А)	2.17 Нагрівати сировину, (Н)	3.21 Зношування, (З) 3.22 Відведення тепла, (З)
Шайба 13	фаска	1.15 Подрібнювати сировину, (Н)	2.18 Нагрівати сировину, (Н)	3.23 Зношування, (З) 3.24 Опір, (А)
	твірна	1.16 Нагрівати сировину, (Н)	2.19 Подрібнювати сировину, (Н)	3.25 Зношування, (З) 3.26 Опір, (А) 3.27 Відведення тепла, (З)

Продовження табл. 5.4

Кільце 19		1.17 Транспортувати сировину, (А)	2.20 Подрібнювати сировину, (Н) 2.21 Нагрівати сировину, (Н)	3.28 Зношування, (З) 3.29 Відведення тепла, (З)
Гільза 16		1.18 Транспортувати сировину, (А)	2.22 Нагрівати сировину, (Н)	3.30 Зношування, (З) 3.31 Відведення тепла, (З)
Наконечник 20	основа	1.19 Нагрівати сировину, (А)	2.23 Транспортувати сировину, (А)	3.32 Зношування (З) 3.33 Опір (З)
	вершина	1.20 Нагрівати сировину, (Н)	2.24 Транспортувати сировину, (А)	3.34 Зношування, (З) 3.35 Опір, (З) 3.36 Відведення тепла, (З)
Фільера 6	матриця	1.21 Спресовувати сировину, (А)	2.25 Компенсувати зношування наконечника, (А)	3.37 Відведення тепла, (З)
	отвір	1.22 Калібрувати сировину, (А)	2.26 Спресовувати сировину, (А)	3.38 Відведення тепла, (З)

Гвинти виконують декілька функцій: транспортування, перемішування, нагрів, пресування. Але кожен із гвинтів має різне питоме співвідношення рівня виконання зазначених функцій: основне призначення гвинта 7 – подолання опору шайби 11; гвинт 8 перемішує сировину та долає опір шайби 12; а гвинт 9 – пресує сировину та нагріває її.

Заслуговує на увагу класифікація функцій шайб: шайба 11 в основному виконує попереднє подрібнення сировини; шайба 12 – кінцеве подрібнення та нагрівання; шайба 13 – тільки нагрівання.

Цікавим є аналіз роботи наконечника 20: ефективність нагріву сировини поверхнею наконечника різко знижується у напрямку від основи конуса до його вершини внаслідок суттєвого зниження значення лінійних швидкостей точок бокової поверхні через зменшення радіусів обертання. Ця ж причина обумовлює суттєво меншу ефективність нагріву сировини наконечником 20 порівняно із шайбою 13, незважаючи на значно більшу металоемність наконечника 20.

Відмітною особливістю є малоінтенсивний нагрів сировини під час її руху по всій довжині робочої камери. Через низьку ефективність нагріву необхідно використовувати значну кількість елементів конструкції – шайби 11, 12, 13, наконечник 20, гвинти. Це призводить і до втрати пари із зон нагріву, тому що їх протяжність значна, а шлюзування сировиною на початкових ділянках недостатнє. Додатково погіршує умови нагріву сировини функція, що властива деталям усієї робочої камери, – інтенсивне відведення тепла шляхом теплопровідності.

Це саме стосується і перемішування сировини: задля належної ефективності процесу стає необхідним використовувати шнек 5 значної довжини. Ще одна особливість – необхідність долати значний опір між шай-

бами на усіх ділянках робочої камери. Це є головною причиною значної довжини гвинтів 7, 8, 9 і, як наслідок, усього шнека 5.

Загальним недоліком усіх елементів робочої камери є їх інтенсивне механічне зношування, що призводить до значних експлуатаційних витрат. Слід виділити зношування шайб 2 і 3: внаслідок того, що основна поверхня, призначена для нагріву сировини, – циліндрична, при її зношуванні відбувається збільшення зазору, тобто збільшується товщина шару сировини, погіршується її нагрів. З цієї причини довговічність шайб невисока, причому металоємність шайби, яка вичерпала свій ресурс використання, значно більша за об'єм металу, втрачений при зношуванні. Так, при зношуванні шайби на 0,5 мм на радіус проводиться заміна шайби, оскільки недопустимо погіршується нагрів сировини. Враховуючи, що при такому зношуванні утилізується близько 90 % початкового об'єму шайби, експлуатаційні витрати на шайби слід вважати невиправдано високими.

При проведенні ФВА за мету (за критерій досконалості конструкції екструдера) було взято максимальне зменшення довжини робочої камери, тобто різке зменшення кількості та металоємності робочих органів екструдера (результат зображено на рис. 5.47, б) одночасно із забезпеченням високої якості обробки сировини [64, 66].

Для того щоб значно скоротити довжину шнека 5, необхідно збільшити рівень виконання функцій його елементів (інтенсифікувати їх роботу). Так, шайба 11, виконуючи попереднє подрібнення сировини неоптимальним способом, обумовлює необхідність гвинта 7 долати значний опір. Збільшивши рівень виконання функції 1.3 і передавши функції 1.4 та 2.4 шайбі 12 (як такій, що виконує остаточне подрібнення), можна досягти зменшення гідравлічного опору зазору шайби 11 і, як наслідок, зменшення довжини гвинта 7. З цією метою доцільно замінити пару «шайба 11 – кільце 17» ножовим подрібнювачем, який містить конічний ножовий ротор 24 та циліндричний ножовий статор 25, робочий зазор між різальними елементами яких зменшується у напрямку руху сировини (рис. 5.48, а). Завдяки використанню ножового подрібнювача можна досягти значного зменшення зусилля руйнування зерен сировини, тому що напруження об'ємного стискання замінюються на напруження зрізу. А завдяки передачі функцій 1.4 та 2.4 можливо досягти зменшення значного гідравлічного опору руху сировини в каналі між циліндричною поверхнею шайби 11 та кільцем 17.

Довжину гвинта 8 можна зменшити, інтенсифікувавши функцію 2.8. Для підвищення ефективності перемішування сировини необхідно інтенсифікувати відносне зміщення її шарів. Сприяти цьому може виконання наскрізних пазів на витках гвинта (рис. 5.48, б). Крізь пази більш текуча фракція сировини прямуватиме у бік меншого гідравлічного опору, тобто у бік, протилежний до подачі, що приведе до більш інтенсивного відносного зміщення шарів сировини.

Збільшити значення рівня виконання функції 3.13 можна, забезпечивши можливість компенсації збільшення зазору між шайбою 12 і кільцем

18 внаслідок зношування. Цього можна досягти шляхом виконання усієї бокової поверхні шайби 12 та внутрішньої поверхні кільця 18 конічними, причому такими, щоб рух сировини під дією шнека 5 відбувався від меншої основи конусу шайби 12 до її більшої основи (рис. 5.48, в). Це дозволяє у разі необхідності зішліфувати меншу основу, внаслідок чого після складання шнека 5 відбудеться зміщення положення шайби 12 відносно кільця 18 в напрямку зменшення робочого зазору між ними. Завдяки таким конструктивним змінам можна досягти підвищення фактичної довговічності шайби 12 у декілька разів.

Прискорити нагрів сировини можна, забезпечивши інтенсивний механічний вплив (силами тертя) на сировину на короткій ділянці робочої камери, тобто з використанням обмеженої кількості елементів робочої камери, але при збереженні рівня виконання їх функцій (3). З цією метою функції 1.4, 1.10, 1.16, 2.18 доцільно передати наконечнику 20. В такому разі підвищення рівня виконання функцій 1.19, 1.20 повинно бути значним. Забезпечити його можна двома шляхами: підвищити лінійну швидкість точок поверхні наконечника та підвищити їх кутову швидкість. Перший напрямок забезпечується виконанням наконечника 20 у вигляді ступінчастого конуса 29 (рис. 5.47, б).

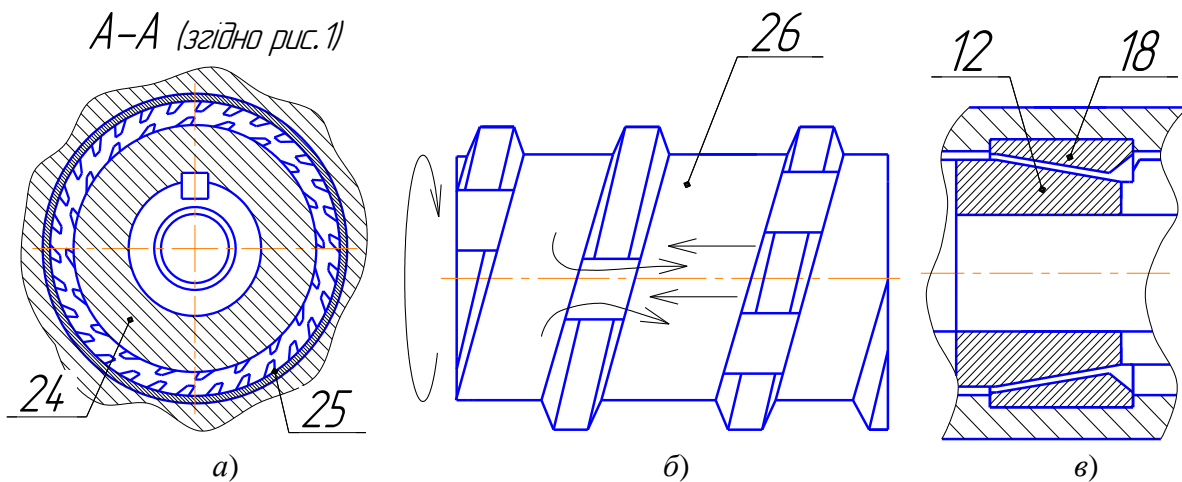


Рис. 5.48 – Робочі органи екструдера модернізованої конструкції:

- а) вузол попереднього подрібнення із ножовим ротором 24 і ножовим статором 25;
 б) гвинт 26 із наскрізними пазами; в) вузол нагрівання із можливістю компенсації зношування шайби 12

В такому разі ефективність нагріву сировини поверхнею конуса може збільшитись у 2–3 рази, що дасть змогу позбутися функцій 1.16, 2.18 та їх носія – шайби 13. Другий напрямок забезпечується збільшенням частоти обертання наконечника 20 відносно шнека 5. Цього можна досягти, застосувавши кінематичну схему, подібну до кінематичної схеми м'ясорізального вовчка К6-ФВП-160 та ін. В ній передбачено (рис. 5.49) роздільний привід шнека 5 та наконечника 29 завдяки встановленню гвинтів на пустотілий вал 27, а наконечника 20 – на швидкохідний вал 28. До-

датково використовуються підшипникові опори 30 та ведений шків 31, який має діаметр, менший за діаметр веденого шківця 32, з'єднаного з пустотілим валом 27. Внаслідок цього стає можливим збільшити частоту обертання наконечника 20 у два і більше разів відносно шнека 5, інтенсифікувавши нагрів сировини. Стає можливим позбутися функцій 1.10, 2.11.

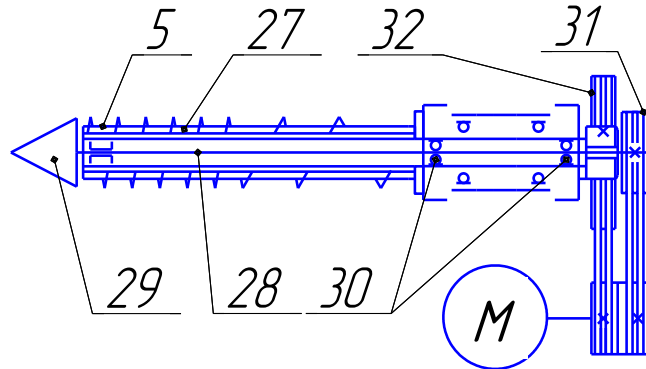


Рис. 5.49 – Кінематична схема екструдера із роздільним приводом шнека 5 та швидкохідного вала 28

Для того щоб позбутися шайби 12, залишається передати функцію 2.12 іншому елементу. Доцільно обрати для цього шайбу 11 як таку, що вже виконує функцію 1.3 (попереднє подрібнення). Але раціональним було б забезпечення виконання шайбою 11 функції 2.12 без надання їй додаткових конструктивних елементів та без збільшення опору подачі гвинтом 7. Цього можна досягти, використавши для попереднього та для кінцевого подрібнення принцип роботи конусної дробарки, тобто – замінивши використання шайби 11 або ножового подрібнювача на використання зрізаного конуса 36, ексцентрично розташованого відносно шнека 5 (рис. 5.50, а), або криволінійних скребок 37 (рис. 5.50, б) [65].

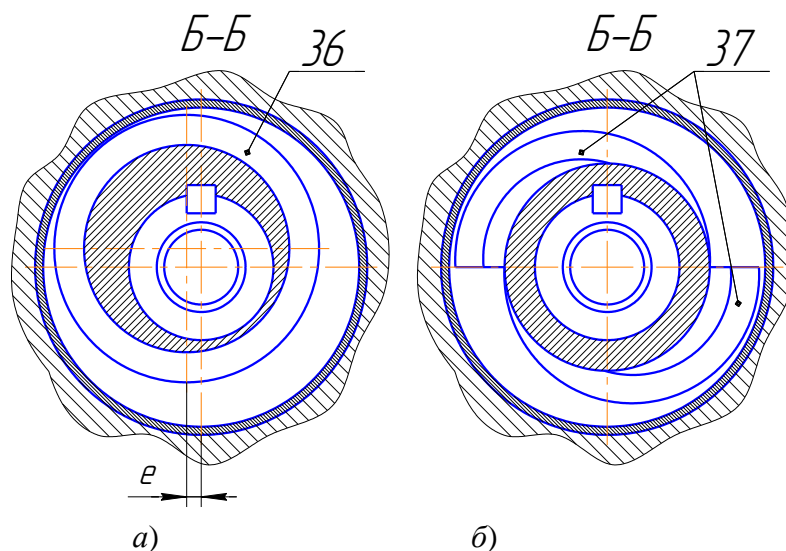


Рис. 5.50 – Вузол екструдера для подрібнення сировини, що працює за принципом конусного млина:

а) з ексцентрично розташованим конусом 36; б) з криволінійними скребками 37

Значне зниження ефективності нагріву сировини відбувається внаслідок наявності функцій 3.15, 3.17, 3.19, 3.22, 3.27, 3.29, 3.31, 3.36, 3.37, 3.38, що відображує відведення тепла по всій довжині робочої камери. Втрати тепла йдуть як на відведення в навколишнє середовище, так і на нагрів металоємних гільз, корпусів та гвинтів. Знизити рівень виконання зазначених функцій або забезпечити підвищення ефективності нагріву сировини можливо шляхом використання теплоізоляції гріючих поверхонь робочої камери. Але забезпечення теплоізоляції усіх поверхонь, що контактують із нагрітою сировиною, за серійною конструкцією ускладнене. Використання з цією метою елементів на зразок теплоізолюючих прокладок не вирішує проблему втрат тепла на нагрів гвинтів та гільз.

Ефективне вирішення цієї проблемної задачі можливе в контексті використання наконечника 20, який приводиться в рух за кінематичною схемою, що зображена на рис. 5.49. В такому разі поступовий нагрів на ділянці значної довжини замінюється на інтенсивний нагрів в локальній зоні. Отже, процес нагрівання сировини концентрується в робочому просторі між наконечником 20 та фільтрою 6. В контексті досліджуваної задачі це дає змогу забезпечити теплоізоляцію нагрівальних поверхонь.

Запропонована кінематична схема (рис. 5.51) дозволяє надати екструдеру можливість автоматизованого переналагодження при переході на інший вид сировини. Це відбувається завдяки використанню окремих електродвигунів – двигуна 34, що приводить у рух шнек 5, та двигуна 35, що приводить у рух швидкохідний вал 28. За серійною конструкцією при переході на інший вид сировини задля підвищення температури слід замінити ведений шків на шків меншого діаметра та збільшити опір фільтри шляхом заміни отвору 22 або зменшення зазору між фільтрою 6 та наконечником 20.

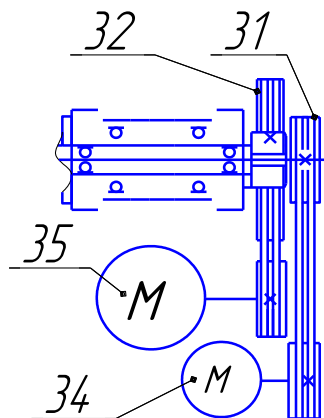


Рис. 5.51 – Кінематична схема екструдера з індивідуальними приводами 34 і 35 шнека 5 та швидкохідного вала 28

Проте в такому разі одночасно з підвищенням температури нагріву знизиться продуктивність екструдера або занадто збільшиться енергоємність роботи. Переналагодження відбувається не механізовано, що спричиняє тривале простоювання машини. Також в такому разі неможливо

адекватно реагувати на зміну температури середовища в приміщенні, де працює екструдер (при різних порах року), тоді як залежно від виду сировини значення оптимальної температури робочого процесу коливається від 140° до 150° С. Застосування ж двох окремих електродвигунів 34 і 35 для приводу двох ведених шківів 32 і 31 та частотного перетворювача в їх мережі живлення дозволяє вирішити обидві проблемні задачі: автоматизовано проводити переналагодження при переході на інший вид сировини та забезпечувати оптимальну температуру процесу незалежно від температури навколишнього середовища шляхом зміни частоти обертання наконечника 20 відносно шнека 5.

Запропоновані зміни в конструкції робочої камери екструдера дозволяють значно скоротити її довжину (рис. 5.47, б), обумовлюючи при цьому значний економічний ефект в капітальних та експлуатаційних витратах.

Суттєве зменшення довжини робочої камери значно знижує навантаження на підшипникові опори шпindelного вузла внаслідок зменшення як ваги шнека 5, так і відстані між центром його ваги і передньою підшипниковою опорою. Це дозволяє суттєво скоротити відстань між підшипниковими опорами шпindelних вузлів екструдерів. Цим знижується вартість шпindelного вузла та зменшується габарит екструдера.

Скорочення довжини шпindelного вузла для екструдерів Е-500 та Е-1000 дозволяє вирішити додаткову задачу – суттєво спростити конструкцію живильника: замінити подавальний шнек і мотор-редуктор на вібралоток або зменшити удвічі довжину подавального шнека та позбутися його передньої підшипникової опори.

Розроблені напрями вдосконалення екструдерів дозволяють комплексно покращити низку базових характеристик цих машин – технологічних, експлуатаційних, конструктивних, а саме:

- 1) значно зменшити кількість деталей робочої камери (гвинтів, гільз, корпусів та хомутів);
- 2) суттєво зменшити тривалість операції встановлення-зняття шнека;
- 3) підвищити коефіцієнт використання матеріалу шайб;
- 4) підвищити довговічність наконечника;
- 5) підвищити економічну ефективність використання напилювання захисних покриттів на поверхні тертя;
- 6) усунути втрати пари із зони нагріву сировини;
- 7) забезпечити можливість механізованого переналагоджування інтенсивності нагріву для різних видів сировини;
- 8) забезпечити можливість ефективно проводити робочий процес незалежно від зміни температури у робочому приміщенні;
- 9) суттєво зменшити використовувану виробничу площу;
- 10) спростити конструкцію живильника.

Цим самим забезпечується суттєве зменшення капіталовкладень та експлуатаційних витрат при використанні екструдерів.

5.2.6 Вдосконалення технічного об'єкта на основі наукових досліджень

При вдосконаленні обладнання харчових виробництв високою ефективністю володіє метод, який істотно відрізняється від тих, що були розглянуті вище. Це метод вдосконалення технічних систем, який базується на використанні результатів наукових досліджень.

Сутністю методу є те, що істотного покращення показників обладнання можна досягти, якщо розв'язати існуючі в обладнанні складні технічні протиріччя. Проте найчастіше простоювання у розв'язку таких протиріч відбувається не через відсутність спроб їх вирішення, а через відсутність нових знань, які б дозволили більш глибоко і правильно зрозуміти причини виникнення задачі та виявити нові залежності між її параметрами.

Утворення таких знань відбувається саме в результаті наукових досліджень процесів та явищ, що супроводжують роботу обладнання. Таким чином, проведення досліджень дозволяє отримати зрештою такі результати, що сприяють вирішенню найбільш складних технічних задач.

На жаль, у переважній більшості технічної літератури конструкторського та винахідницького спрямування цьому методу приділяється недостатня увага, що суттєво обмежує можливість пошуку ефективних рішень.

Як відомо, наукові дослідження можуть бути різного виду та спрямування. Проте в контексті задачі вдосконалення технічних систем найчастіше достатньо проведення прикладних наукових досліджень або, навіть, їх елементів. Нижче наведено низку прикладів використання зазначеного методу вдосконалення ТС.

М'ясорізальні вовчки використовуються в переважній більшості технологічних ліній виготовлення ковбас та фаршевих напівфабрикатів, а ефективність їх роботи найчастіше визначає якість готового продукту. Саме тому вдосконаленню їх конструкції присвячено значну увагу конструкторів і дослідників. Однією з проблемних задач розвитку вовчків є зменшення гідравлічного опору (ГО) руху сировини крізь елементи різального вузла, особливо – крізь мілкі отвори вихідної решітки. Значний гідравлічний опір призводить до відтиснення м'ясного соку з сировини і до збільшення енерговитрат на її подачу. Відомі конструкції решіток не дозволяють успішно вирішити цю задачу. Циліндричні отвори обумовлюють значний опір руху сировини всередині отворів, а конічні – значний лобовий опір втисненню сировини в отвори.

Для знаходження нових шляхів зменшення ГО виконаємо наступні [30, 31] аналітичні дослідження. Залежність опору циліндричного та конічного отвору від його параметрів і механічних та реологічних параметрів м'ясної сировини можна визначити шляхом розв'язання диференційного рівняння рівноваги елементарного шару сировини товщиною dx , який знаходиться на відстані x від початку отвору (рис. 5.52).

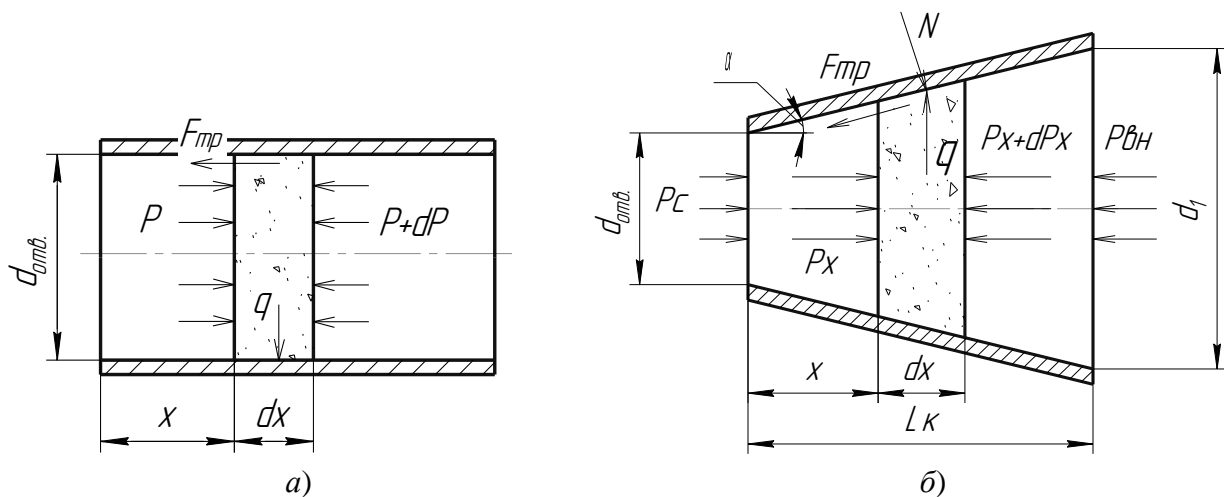


Рис. 5.52 – Схема сил, які діють на елементарний шар сировини в отворах

На елементарний шар сировини діє осьовий тиск P_x , що приводить до його руху. У протилежному до P_x напрямку діють сила опору ($P_x + dP_x$) та сила тертя F_{mp} . Дія осьового тиску P_x передається від сировини на стінки каналу у вигляді бокового тиску q_b . Для пластично-пружних матеріалів величина бокового тиску $q = \mu \cdot P + q_0$, де P – осьовий тиск; $\mu_{b.p.}$ – коефіцієнт бокового розпору ($\mu_{b.p.} = 0,75 \div 0,80$); q_0 – величина залишкового бокового тиску ($q_0 = 0,04 \div 0,015$) P .

Позначимо: l_x та u_x – відповідно периметр та площа поперечного перерізу отвору на відстані x . Для циліндричного отвору (рис. 5.54, а) рівняння рівноваги шару сировини в проекції на вісь x буде $P_x \cdot u - (P_x + dP_x) \cdot u - f \cdot q_x \cdot l \cdot dx = 0$, де $f_{mp.}$ – коефіцієнт тертя сировини по стінках отвору.

Вирішивши це рівняння відносно P_x і виразивши l та u через діаметр отвору $d_{omb.}$ та довжину елементарного шару dx , а координату x замінивши на довжину отвору $L_{omb.}$, отримаємо

$$P_x = \left(\frac{q_0}{\mu} \right) \cdot e^{\frac{4f \cdot \mu \cdot L}{d}} - \frac{q_0}{\mu}.$$

Для конічного отвору (рис. 5.52, б) з урахуванням сил тертя буде $P_x \cdot u_x - (P_x + dP_x) \cdot u_x - F_{mp.x} \frac{l_x \cdot dx}{\cos \alpha} + N_x \frac{l_x \cdot dx}{\cos \alpha} = 0$, де $\alpha_{кон.}$ – кут нахилу твірної конуса.

Силу тертя можна визначити як $F_{mp.x} = f \cdot N = f \cdot q_x \cdot \cos \alpha$, де $f_{mp.}$ – коефіцієнт тертя сировини по стінках отвору. Вирішивши це рівняння відносно P_x , отримаємо

$$P_c = \left(\frac{q_0}{\mu} \right) \left(\frac{d_0}{d_0 + 2L_k \cdot \operatorname{tg} \alpha} \right)^k - \frac{q_0}{\mu}, \text{ де } k = \frac{2\mu(\sin \alpha - f)}{\operatorname{tg} \alpha} -$$

показник степеня.

При порівнянні загального ГО отворів циліндричної та конічної форми необхідно враховувати як значення опору руху всередині отворів,

так і значення «лобового» опору (опору втиснення сировини в отвори). Величина лобового опору визначається (рис. 5.53) величиною мінімально можливих перемичок $\delta_{пер.}$ між отворами, які, в свою чергу, визначаються технологічними відстанями d_n . При застосуванні конічних отворів (рис. 5.57, в) величина перемички $\delta_{пер.}$ (рис. 5.53, б) суттєво збільшується порівняно з отворами циліндричними (рис. 5.53, а).

Значення лобового тиску відносно загального становить $P_n = 0,75P$. Знаючи значення лобового опору за нормальних умов, можна вирахувати підвищення P_n внаслідок збільшення площі перемичок при застосуванні конічних отворів. Збільшення лобового опору решітки прямо пропорційне збільшенню площі перемичок (зменшенню діаметрів отворів). В такому разі $\frac{P_{n2}}{P_{n1}} = \frac{4\tau \cdot d_2}{4\tau \cdot d_1} = \frac{d_2}{d_1}$ або $P_{n2} = \frac{d_2}{d_1} P_{n1} = n \cdot P_{n1}$, де n – коефіцієнт, що вказує, у скільки разів зменшився діаметр отворів решітки.

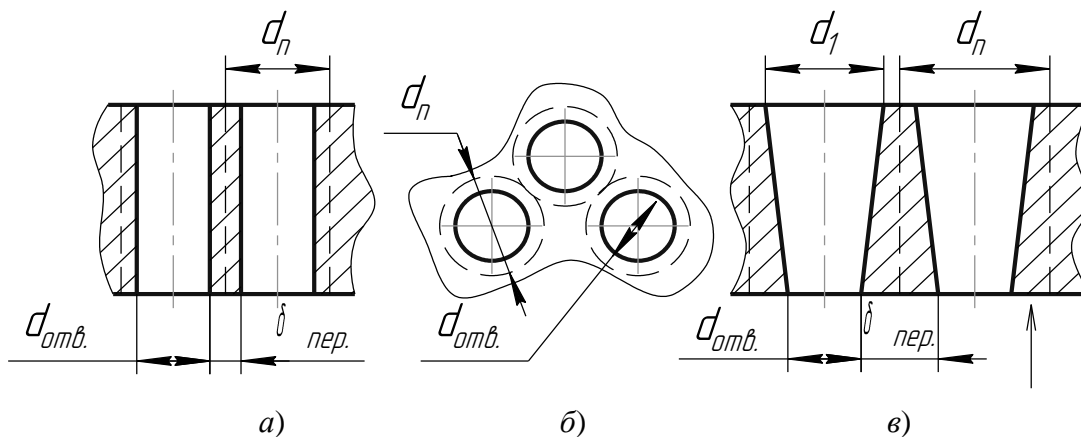


Рис. 5.53 – Геометричні параметри циліндричних та конічних отворів

Величина перемичок $\delta_{пер.}$ поміж отворами залежить від найбільшого діаметра отвору (для циліндричних – $d_{омб.}$, для конічних – d_1) і від технологічних відстаней, що дорівнюють $(d_n - d_{омб.})$ і $(d_n - d_1)$ для циліндричних та конічних отворів відповідно (рис. 5.53). Значення діаметра d_1 для конічних отворів визначається за виразом $d_1 = d_0 + 2L_k \cdot \text{tg} \alpha$, відповідно до позначень, зазначених вище. Значення технологічних відстаней для отворів діаметром 3 мм можна визначити за решітками, що серійно випускаються: $(d_n - d_{омб.}) = 2,5$ мм. Таким чином, можна визначити коефіцієнт збільшення площі перемичок при переході від циліндричної до конічної конфігурації отворів: $n = \frac{d_1 + 2,5}{d_0 + 2,5}$. Відповідно, значення лобового опору P_n при переході від циліндричної до конічної конфігурації отворів буде

$$P_n^k = P_n^c \left(1 + \frac{2L_k \cdot \text{tg} \alpha}{d_0 + 2,5} \right) = 0,75P \left(1 + \frac{2L_k \cdot \text{tg} \alpha}{d_0 + 2,5} \right).$$

Загальний опір при використанні складаних отворів визначиться як $P = P_l + P_c^k + P_c^u$, де P_l – лобовий опір решітки; P_c^k – опір конічної ділянки отворів; P_c^u – опір циліндричної ділянки при $d_0 = d_1$.

За проведеними розрахунками визначено, що циліндричні отвори (рис. 5.53, а) володіють високим ГО руху сировини всередині отворів, при цьому залежність ГО від довжини отвору має виражений експоненціальний характер. У той же час конічні отвори (рис. 5.53, в) обумовлюють підвищений загальний ГО порівняно з циліндричними внаслідок збільшення частки лобового опору.

Досягти зменшення загального ГО решітки було запропоновано авторами [60] шляхом використання позитивних якостей обох відомих конфігурацій отворів (рис. 5.53, а, в). Отвори запропонованої будови складаються з конічної початкової частини і подальшої циліндричної (рис. 5.54).

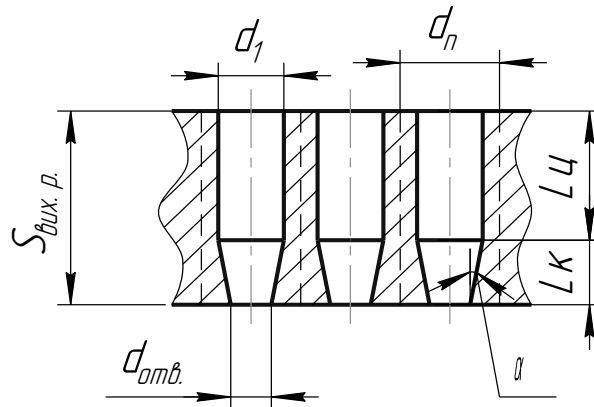


Рис. 5.54 – Отвори решітки вовчка розробленої будови

Така конфігурація дозволяє зменшити: лобовий опір втисненню сировини в отвори; опір всередині конічної частини за рахунок зменшення сил тертя, які діють на сировину; опір всередині циліндричної частини за рахунок комплексного зменшення її подовження.

Розраховані значення загального ГО та його складових при використанні складаних отворів довжиною 15 мм (як для решіток вовчків середньої продуктивності), початковим діаметром $d_{отв.} = 3$ мм та кутом нахилу твірної конуса $\alpha = 3^0$ наведено на рис. 5.55.

Згідно з проведеними розрахунками було визначено, що найменший загальний ГО решітки спостерігається при довжині конічної частини $L_{к.отв.} = 5$ мм, тобто $L_{к.отв.} = L/3$, і становить 0,37 МПа, що на 6,3 % менше за ГО решітки з циліндричними каналами. Це вказує на переваги запропонованої конфігурації складаних отворів порівняно з раніше відомими.

Ще одним актуальним питанням розвитку вовчків залишається зменшення експлуатаційних витрат на купівлю різального інструменту. Найчастіше вирішення цієї задачі полягає у застосуванні тих чи інших технологічних методів зміцнення ножів, але, вочевидь, раціональним було б знаходження відповідних конструкторських шляхів.

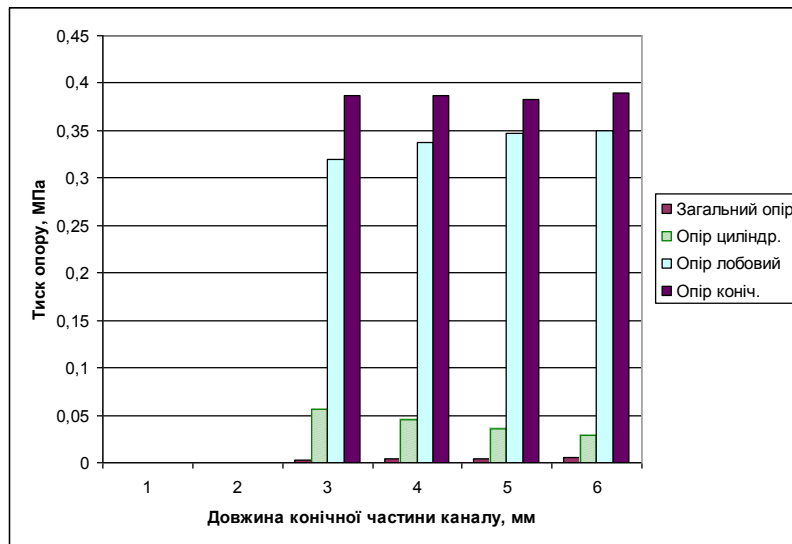


Рис. 5.55 – Залежність загального гідравлічного опору та його складових від довжини конічної частини отворів

Експериментальні дослідження впливу особливостей процесу подачі сировини шнеком вовчка на ефективність роботи різального комплексу [32] дозволили встановити нові, раніше не відомі закономірності.

На рис. 5.56, а зображено значення радіусів закруглень заточених лез (номер осі відповідає номеру леза ножа вовчка), а також кожного леза після 10 годин напрацювання. Як видно з рис. 5.56, а, величини зношування різних лез суттєво різняться між собою.

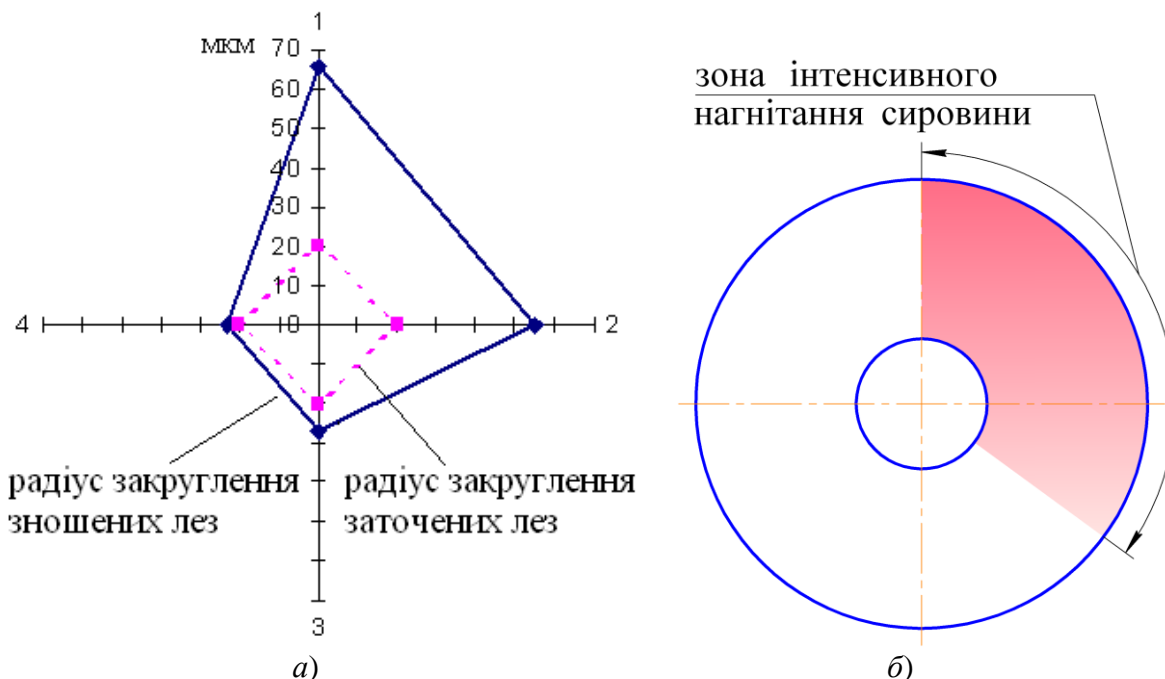


Рис. 5.56 – Неоднорідність подачі сировини в різальному вузлі вовчка

Максимальне зношування спостерігається для леза № 4, різальна окрайка якого розташована найближче до кінця останнього витка робочого шнека вовчка. Дещо менше зношування спостерігається для леза № 1,

яке також розташоване в зоні наближення кінця витка шнека до приймальної решітки. Леза № 2 і № 3 значно менше зношені, найменший радіус закруглення спостерігається для різальної крайки леза № 3.

Ці результати свідчать про те, що не всі леза ножа вовчка беруть однакову участь в процесі подрібнення сировини в різальному вузлі. Інтенсивна подача м'ясної сировини відбувається не рівномірно по всій площі решітки, а лише в межах деякого сектора (рис. 5.56, б), величина якого залежить переважно від геометрії витків шнека. При цьому максимум подачі сировини спостерігається в місці найбільшого наближення кінця останнього витка шнека до приймальної решітки. Ці нові відомості можна використати при розробці нових конструкцій ножів.

Для успішного вирішення цієї задачі необхідно також володіти відомостями про умови навантаження елементів ножів, тобто дослідити їх напружено-деформований стан. В результаті проведеного [33] чисельного моделювання було встановлено, що наявність у конструкції ножа силового кільця незначним чином впливає на підвищення міцності лез. Так, значення коефіцієнта запасу міцності в точках 1 і 3 (рис. 5.57, а) підвищуються лише на 13 та 8 % відповідно (для ножа, зображеного на рис. 5.57, б). Це можна пояснити тим, що на усі леза ножа діє однакове навантаження, внаслідок чого вони деформуються (відхиляються) на однакову величину. Через це силове кільце намагається повернутися навколо осі ножа, що не дозволяє йому повною мірою підвищувати міцність лез.

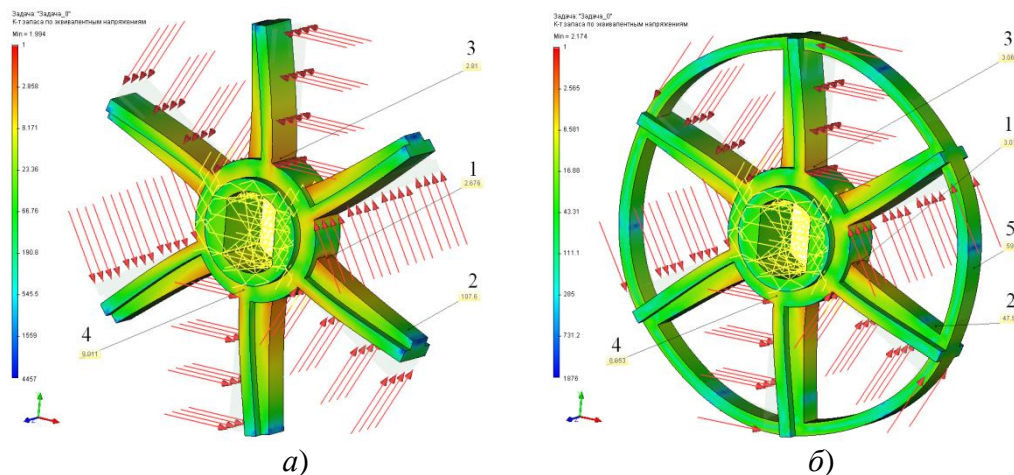


Рис. 5.57 – Напружено-деформований стан ножів вовчка з вузькими лезами (значення коефіцієнта запасу міцності):
а) шестилезового; б) шестилезового з силовим кільцем

Враховуючи це, а також дані рис. 5.57, можна дійти висновку, що доцільно розташувати леза ножа саме в межах визначеного сектора (відповідно до рис. 5.56, б). Раціональною можна вважати [76] конструкцію ножа, що зображена на рис. 5.58, а. Така конструкція дозволяє забезпечити належну продуктивність і подрібнювальну здатність різального комплексу, а також суттєво зменшити собівартість ножів.

Отримані дані дали можливість запропонувати новий шлях підвищення міцності лез [76]. Лезо № 4, яке знаходиться в зоні кінця витка шнека і позаду якого майже не відбувається подачі сировини шнеком, запропоновано виконувати збільшеної ширини (рис. 5.58, б). Це дозволяє підвищити міцність інших лез завдяки передачі зусилля, яке діє на них, на опорне широке лезо за допомогою силового кільця. В результаті стало можливим розробити іншу конструкцію ножа – використати не два, а три вузькі леза, що матимуть зменшену ширину (рис. 5.58, в). Це дозволяє в межах певного сектора розмістити більшу кількість лез, що підвищує ступінь подрібнення сировини. В той же час зменшення ширини лез дозволяє зберегти високу пропускну здатність різального вузла.

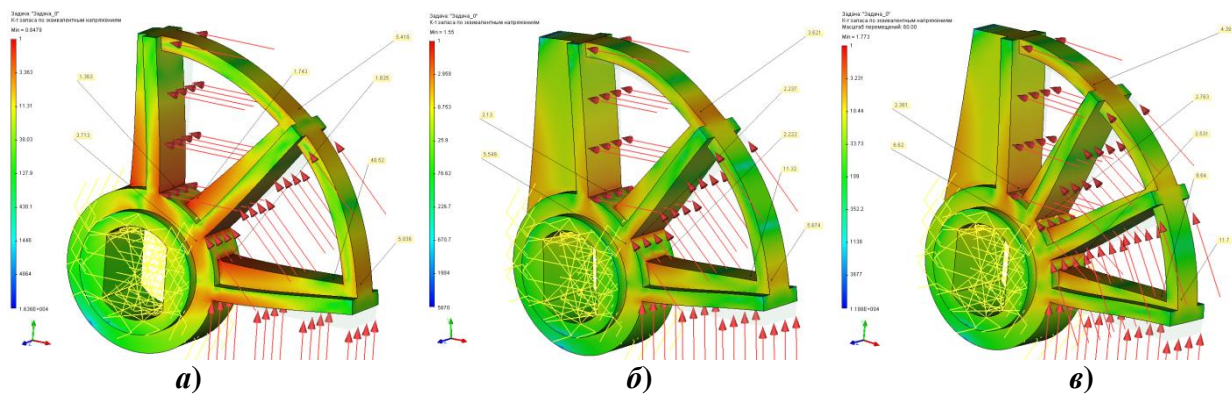


Рис. 5.58 – Напружено-деформований стан ножів розробленої будови (значення коефіцієнта запасу міцності): а) трилезовий секторний ніж; б) трилезовий секторний ніж з посиленням опорним лезом; в) чотирилезовий секторний ніж з лезами мінімізованої ширини та посиленням опорним лезом

Як впливає з результатів чисельного моделювання напружено-деформованого стану ножів (рис. 5.58), застосування опорного леза приводить до підвищення коефіцієнта запасу міцності інших лез на 25 %, що у 2–3 рази більше, ніж при використанні силового кільця в звичайних конструкціях ножів (рис. 5.58, б).

Виявлені відомості (рис. 5.56) дозволяють запропонувати новий шлях підвищення питомої продуктивності вовчків – забезпечити подачу сировини по всій площі решіток в кожний момент часу. Для цього необхідно застосувати більш ефективні типи фаршевих насосів порівняно зі звичайним одношнековим. Ця задача вирішується при виконанні конструкції вовчка такою, як зображена на рис. 5.59.

Вовчок [78] додатково обладнаний фаршевим насосом 1 (шестеренним із внутрішнім зачепленням), ножовим валом 2 та додатковим різальним комплектом 3. Сировина попередньо подрібнюється загостреним витком 4 робочого шнека 5 та різальним комплектом 6. Після цього вона насосом 1 подається у горловину 7, всередині якої розміщено ножовий вал 2, та подрібнюється додатковим різальним комплектом 3.

Завдяки використанню насоса 1 і горловини 7 забезпечується подача сировини одночасно по усій робочій площі решіток комплекту 3,

що дозволяє до двох разів підвищити питому продуктивність вовчка. Одночасно з цим забезпечується можливість підвищити тиск нагнітання сировини та безступінчато змінювати ступінь її подрібнення.

Іншим видом обладнання, що займає важливе місце в технологічному процесі виготовлення ковбас, є кутери. Останнім часом значного поширення при приготуванні м'ясних емульсій у кутерах набули перфоровані ножі. Їх використання дозволяє інтенсифікувати перемішування та емульгування (тонке подрібнення) рідких фаршів.

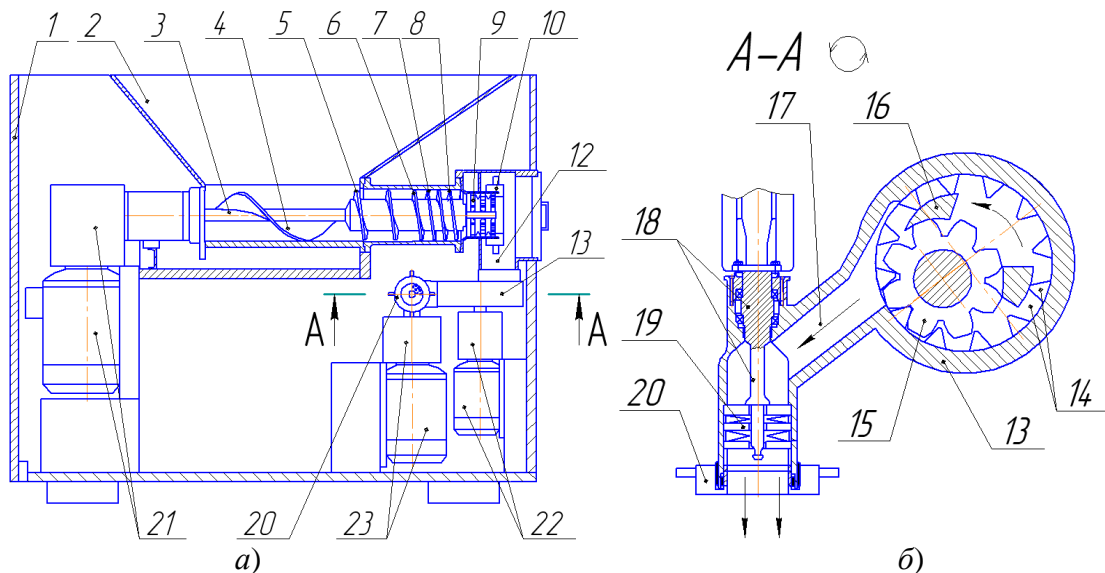


Рис. 5.59 – Будова вовчка з підвищеною питомою продуктивністю

Відома низка конструкцій ножів із перфорацією на бокових поверхнях (рис. 5.60). Для усіх моделей ножів характерна загальна конструктивна риса – отвори перфорації розташовуються рівномірно по усій довжині ножа. Проте таким ножам властиві недоліки. Насамперед, це понижена міцність та жорсткість ножа, що призводить до обмежень щодо обробки кускової м'ясної сировини, а також недостатня ефективність емульгування у випадку роботи кутера при неповній завантаженій чаші (на кінці ножа розташовано малу кількість отворів).

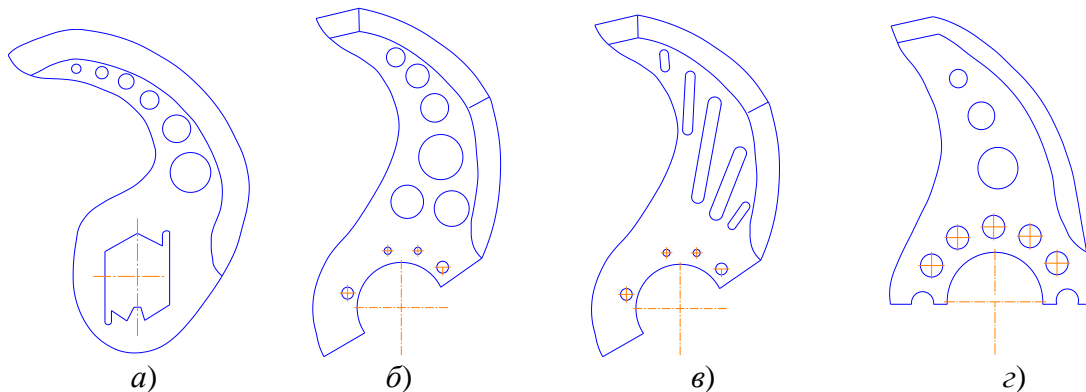


Рис. 5.60 – Схеми конструкцій перфорованих ножів кутера:

- a) ніж із круглими отворами перфорації;
- б) ніж із багаторядовим розташуванням отворів перфорації;
- в) ніж із отворами подовженої форми;
- г) ніж кутерів марки *Swopper Alpina*

Задля вирішення цих задач доцільно визначити види та величини зусиль, які діють на ножі при їх роботі. При обертанні ножів під час кутерування на їх леза діє лобовий тиск $P_{різ}$, що включає зусилля різання і тиск на поверхню заточки, а на корпус ножа діють відцентрові сили $F_{відц}$. Внаслідок обертання чаші відбувається подача в зону різання сировини, яка діє на бокову сторону ножа з тиском $P_{чаші}$.

Шляхом чисельного моделювання гідродинаміки сировини при русі ножа встановлено [35], що максимальне значення $P_{різ}$ сягає 3,3 МПа, а максимальне значення $P_{чаші}$ – близько 9 кПа (рис. 5.61, 5.62).

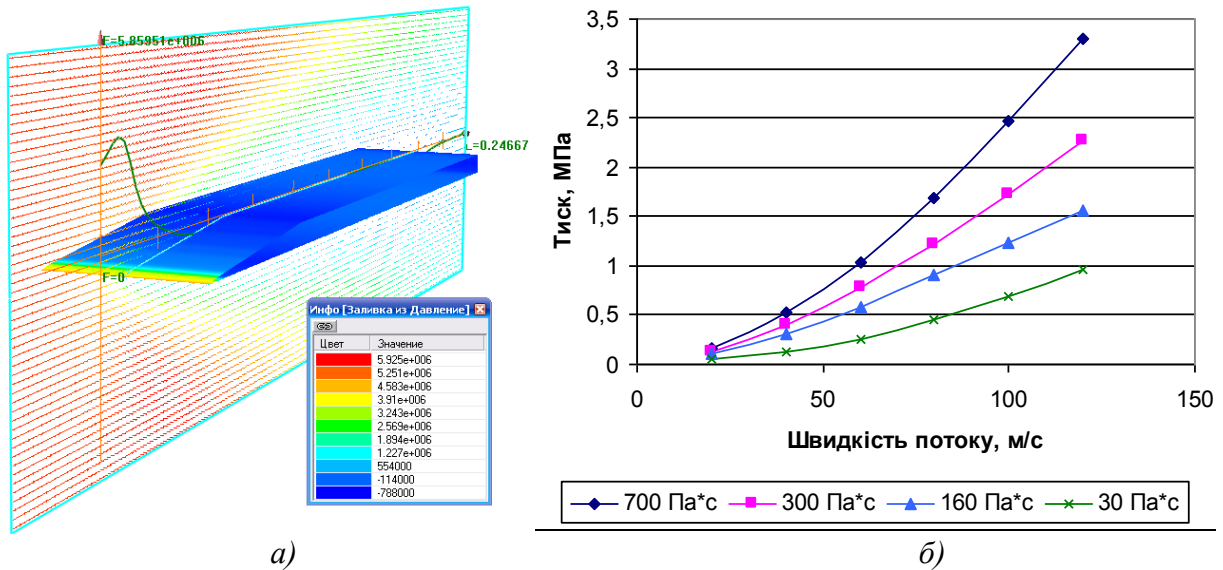


Рис. 5.61 – Результати визначення лобового тиску, що діє на лезо ножа під час кутерування:

- а) візуалізація результатів моделювання;
- б) залежність значень тиску від швидкості потоку сировини та її в'язкості

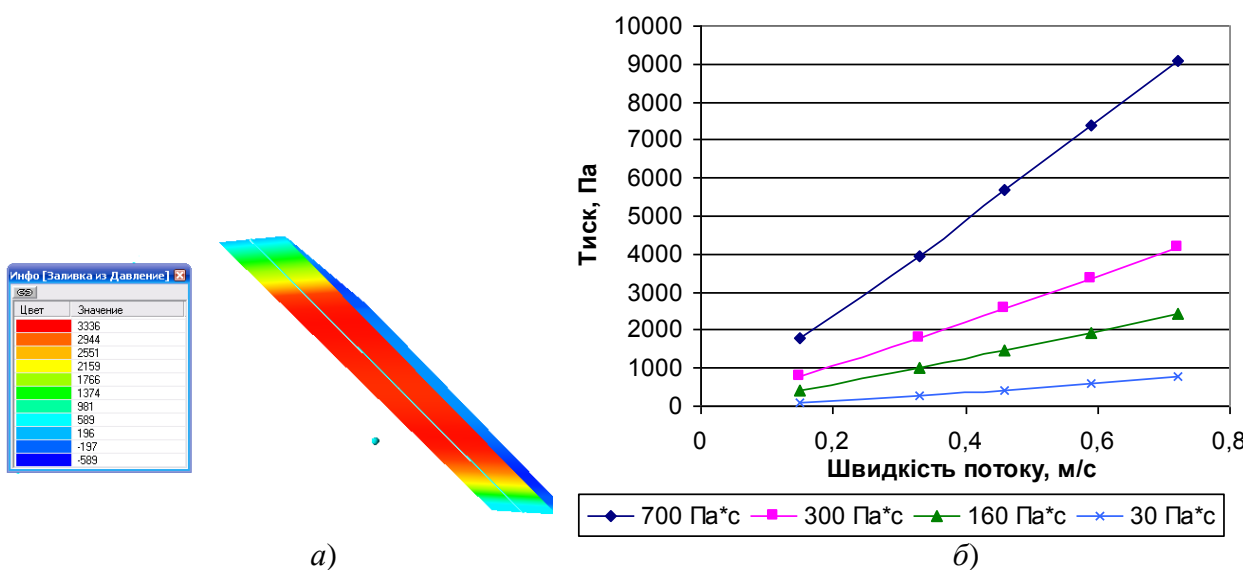


Рис. 5.62 – Результати визначення бокового тиску, що діє на переріз ножа внаслідок подачі сировини чашею:

- а) візуалізація результатів моделювання;
- б) залежність значень тиску від швидкості потоку сировини та її в'язкості

Отримані дані були використані при чисельному моделюванні напружено-деформованого стану звичайних і перфорованих ножів [36]. В результаті визначено, що найбільший вплив на зниження жорсткості корпусу ножа справляють отвори перфорації, що знаходяться біля посадочної частини, яка є найбільш напруженою (як балка із защемленим кінцем). Разом з цим, ефективність роботи отворів перфорації на цій ділянці не достатня внаслідок її роботи у верхній області чаші, яка найменш завантажена сировиною, а також внаслідок її обертання з найменшою швидкістю.

Авторами розроблено [71] вдосконалену конструкцію перфорованого ножа, отвори якого розташовано на периферії корпусу (рис. 5.64, б). Результати порівняльного аналізу напружено-деформованого стану відомих та розробленого типів ножів зображено на рис. 5.63 і 5.64 та представлено у табл. 5.5. Як впливає з таблиці, значення напружень, що виникають у характерних точках ножа нової конструкції, істотно відрізняються від аналогічних показників відомого типу перфорованого ножа і наближаються до показників стандартного ножа.

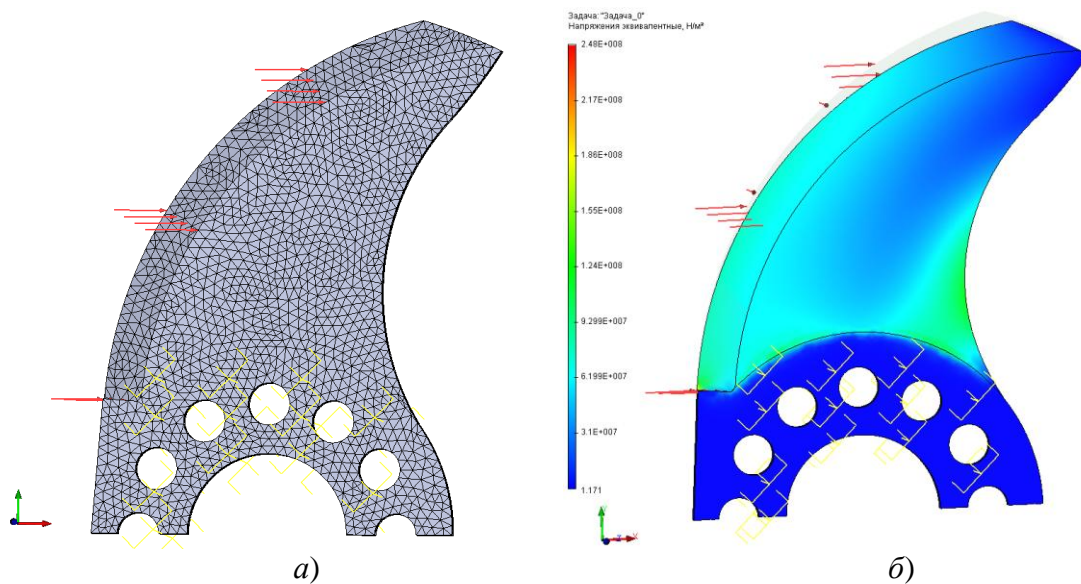


Рис. 5.63 – Напружено-деформований стан стандартного ножа:
а) розрахункова сітка; б) значення напружень у корпусі ножа

Таблиця 5.5

Значення напружень ножів кутера

№ точки ножа	Ніж стандартної конструкції		Ножі перфоровані			
			фірми <i>Alpina</i>		розроблений	
	σ_{\max} , МПа	$K_{з.м.}$	σ_{\max} , МПа	$K_{з.м.}$	σ_{\max} , МПа	$K_{з.м.}$
1	58	3,8	65	3,3	59	3,7
2	59	3,7	60	3,6	64	3,4
3	54	4,1	60	4,0	50	4,5
4	75	3,4	68	3,2	68	3,2
5	51	4,3	57	3,8	51	4,2
6	51	4,3	56	3,9	52	4,1

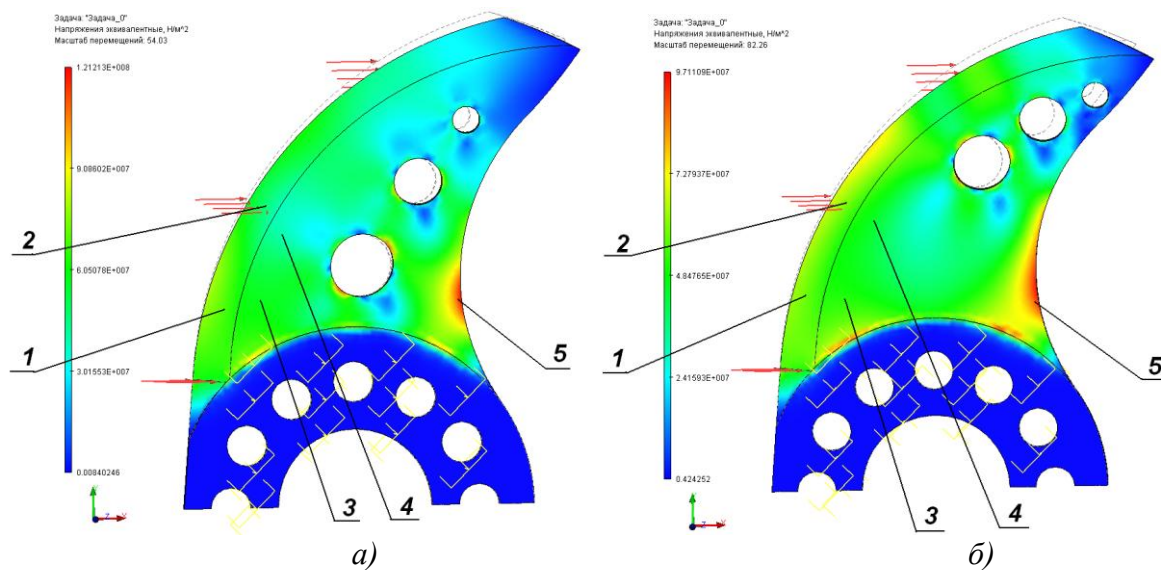


Рис. 5.64 – Напружено-деформований стан перфорованих ножів:
 а) конструкції фірми *Alpina*; б) розробленої конструкції

Стало можливим зменшити максимальні значення напружень σ_{max} в корпусі перфорованого ножа та підвищити коефіцієнт запасу міцності $K_{з.м.}$ порівняно з відомими до 20 %. Внаслідок цього створюються більш сприятливі умови для подрібнення кускової м'ясної сировини та кращого емульгування рідких фаршів.

Ефективність процесу кутерування визначається, головним чином, конструктивними та кінематичними параметрами робочих органів кутера – ножів. Основними вимогами при їх проектуванні є мінімізація товщини, площі бокової поверхні та кута заточування леза.

Виконання цих вимог приводить до наступного. Зменшення кута заточування дає змогу зменшити енерговитрати на різання сировини, підвищити ступінь та якість її подрібнення. Зменшення товщини ножа дозволяє зменшити енерговитрати на долання лобового опору та знизити нагрів сировини при її русі по заточці леза. Зменшення площі бокової поверхні ножа сприяє зменшенню інтенсивності нагріву сировини через зменшення площі контакту з нею та зниженню витрат енергії на подолання сил тертя.

У той же час важливою є також належна міцність ножів, оскільки руйнування ножа при роботі кутера спричиняє виведення машини з експлуатації на тривалий час і вимагає значного обсягу ремонтних робіт.

Технологічна необхідність зменшення товщини та площі бокової поверхні ножів певним чином суперечить вимозі забезпечення їх належної міцності – зменшення товщини ножа дозволяє мінімізувати нагрів сировини при кутеруванні, але в той же час погіршується механічна та втомна міцність ножа. Відомий спосіб підвищення міцності ножів (підвищення їх товщини) не дозволяє успішно вирішити це технічне протиріччя.

Для знаходження нових ефективних шляхів забезпечення міцності ножів необхідно виявити особливості їх контакту з сировиною при кутеруванні.

В результаті чисельного моделювання гідродинаміки сировини при обтіканні ножів кутера [37] був визначений розподіл значень швидкості та тиску потоку в зонах, де відбуваються процеси межового шару (біля поверхонь ножа). На рис. 5.65 зображено розташування векторів швидкості сировини для режиму високошвидкісного емульгування фаршу. Встановлено, що при обтіканні ножа напрямок руху сировини істотно змінюється: після руху по заточці лека потік спрямовується далі, огинаючи верхню бокову поверхню ножа. На рис. 5.66 наведено розподіл полів тисків навколо перерізу ножа (вісь ординат, відносно якої визначають значення тиску в сировині, розташована горизонтально; значення, що розташовані справа від вертикальних осей абсцис, – від’ємні). Як випливає з рис. 5.66, в зонах, які граничать із корпусом ножа, значення тиску в сировині стає від’ємним, що вказує на відсутність її контакту з ножом.

Загалом, за результатами моделювання встановлено, що при обтіканні ножа як на початку, так і в кінці процесу кутерування спостерігається наступне явище: при обтіканні верхньої частини профілю ножа потік сировини після руху по заточці лека продовжує рухатись, огинаючи верхню горизонтальну сторону ножа, не контактуючи з нею. Це явище спостерігається для усього діапазону лінійних швидкостей різання, що застосовуються на практиці (20–150 м/с). Причому для сировини підвищеної в’язкості це явище більш яскраво виражене.

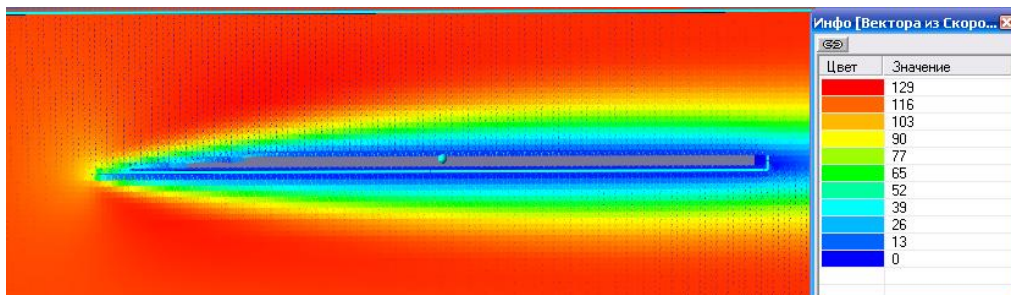


Рис. 5.65 – Розподіл швидкостей потоку сировини при обтіканні поперечного перерізу ножа (в’язкість сировини – 30 Па·с, швидкість різання – 120 м/с)

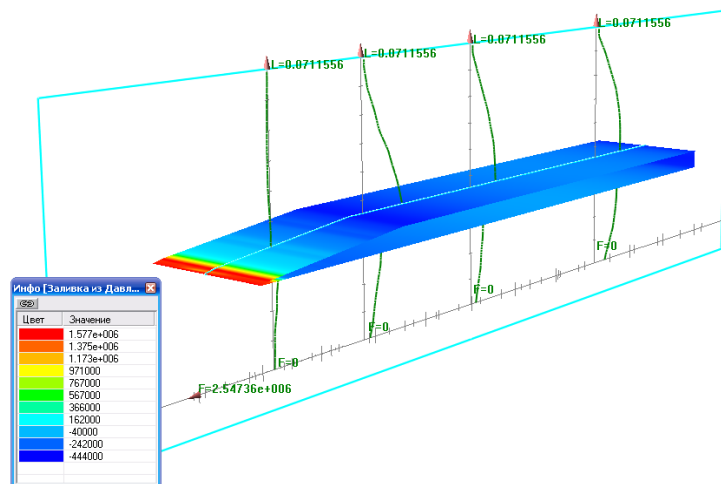


Рис. 5.66 – Гідродинамічний тиск на верхню та нижню частину перерізу ножа стандартної конструкції (в’язкість – 30 Па·с, швидкість різання – 80 м/с)

Отримані результати відповідають експериментальним даним німецьких дослідників (Günther Hammer, Stefan Stoyanov), які використовували в своїй роботі високошвидкісну відеозйомку процесу кутерування.

Більш детально схеми обтікання ножів кутера сировиною за раніше відомими уявленнями та за встановленими результатами досліджень наведено на рис. 5.67.

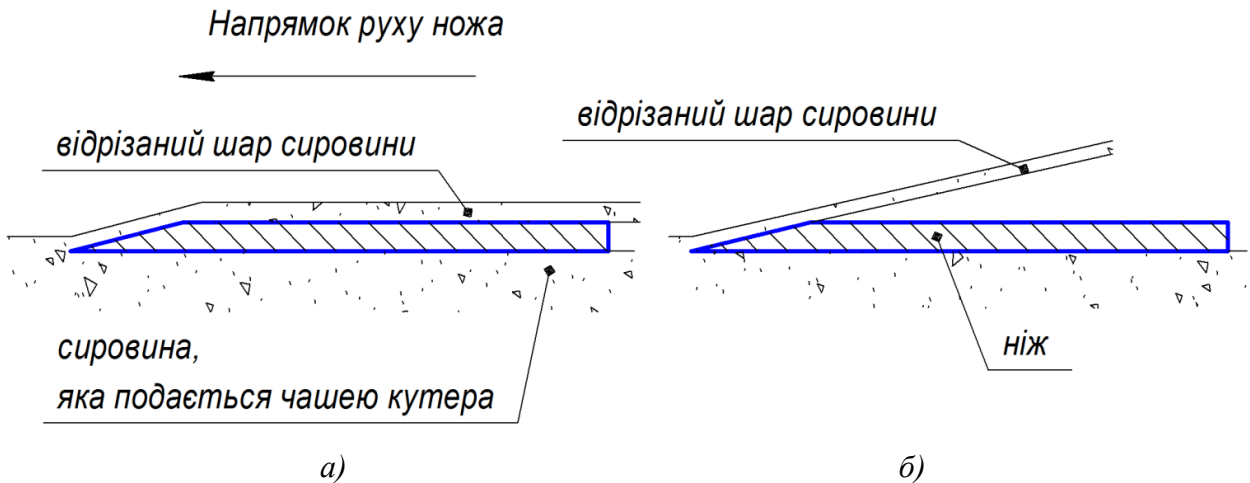


Рис. 5.67 – Схеми обтікання сировиною ножів кутера:
а) за раніше відомими уявленнями; б) за встановленими результатами досліджень

Встановлені відомості дозволили запропонувати [73] новий шлях підвищення міцності ножів – диференційоване підвищення товщини ножа (рис. 5.68, б). Результати чисельного моделювання напружено-деформованого стану стандартної та розробленої будови ножів для кутерів марки *GEA CutMaster* зображено на рис. 5.69, 5.70 (довжина ножів – 300 мм).

Встановлено, що значення напружень, які виникають у характерних точках ножа розробленої будови, істотно менші за аналогічні значення напружень ножа стандартної будови. Стало можливим зменшити максимальні значення напружень σ_{\max} в 0,1–2,2 разу та підвищити коефіцієнт запасу міцності $K_{з.м.}$ в найбільш напруженій ділянці ножа в 1,4 разу, а загалом для корпусу ножа – з 6,62 до 9,27 разу.

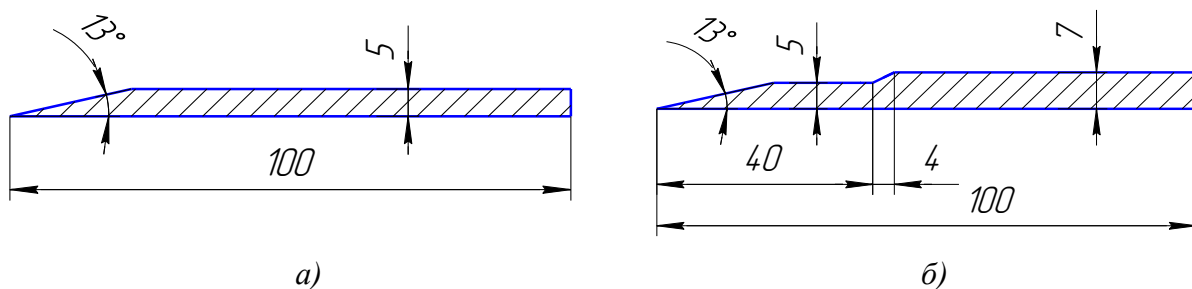


Рис. 5.68 – Конфігурації перерізу ножа: а) стандартна; б) розроблена

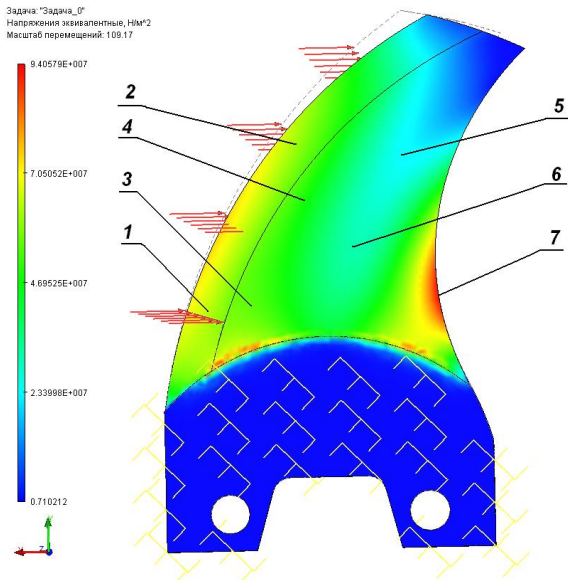


Рис. 5.69 – Ніж стандартної будови

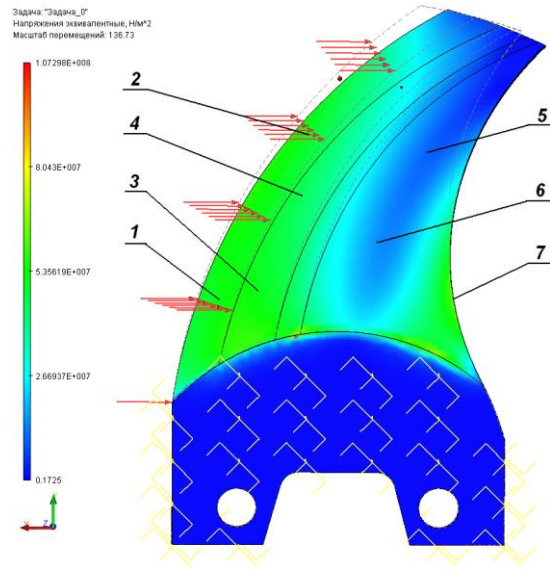


Рис. 5.70 – Ніж розробленої будови

Отримані результати дають змогу проводити заходи як з підвищення міцності і довговічності ножів, так і зі зниження інтенсивності нагріву сировини при кутеруванні.

Іншою проблемною задачею вдосконалення кутерів є забезпечення оптимальних умов для тонкого подрібнення сировини. Вирішення цієї задачі дозволить підвищити продуктивність кутерів і якість кінцевого продукту, а також надасть можливість уникнути необхідності використовувати емульсатори в технологічному процесі.

Чинником, який суттєво впливає на ефективність тонкого подрібнення, є величина зазору між кінцем леза ножа та внутрішньою поверхнею чаші. Рекомендується підтримувати зазори в межах 0,8–2,0 мм. Проте величина цього зазору S_{opt} постійна по всьому периметру зони обробки тільки для ножів, які розташовані у площині, що проходить через центр чаші перпендикулярно осі ножового вала (рис. 5.71). Для ножів, що розташовані в інших площинах, величина зазору набуває неоднорідного значення по периметру зони обробки – від S_{min} до S_{max} , причому, більшому зміщенню площини ножів вздовж осі ножового вала відповідатиме більша неоднорідність зазору (рис. 5.71, в). Це призводить до того, що ножова головка кутера працює не з максимальною ефективністю – на половині шляху різання ножів не створені оптимальні умови роботи.

Значення зазору можна визначити як довжину відрізка між точками перетину радіального променя кола, що описується ножами певного ножового блока, із даним колом та з поверхнею чаші кутера.

Методика [34] визначення зазору передбачає (рис. 5.72) декілька етапів визначення: рівняння поверхні чаші; рівняння кола, яке описується ножами певного ножового блока, із центром в т. O і радіусом R_0 ; координат точки A перетину радіального променя та кола радіусом R_0 ; радіуса R_0

кола, яке описується ножами; рівняння прямої, що проходить через точки O та A ; координат точки B перетину прямої OA із поверхнею чаші; довжини відрізка AB .

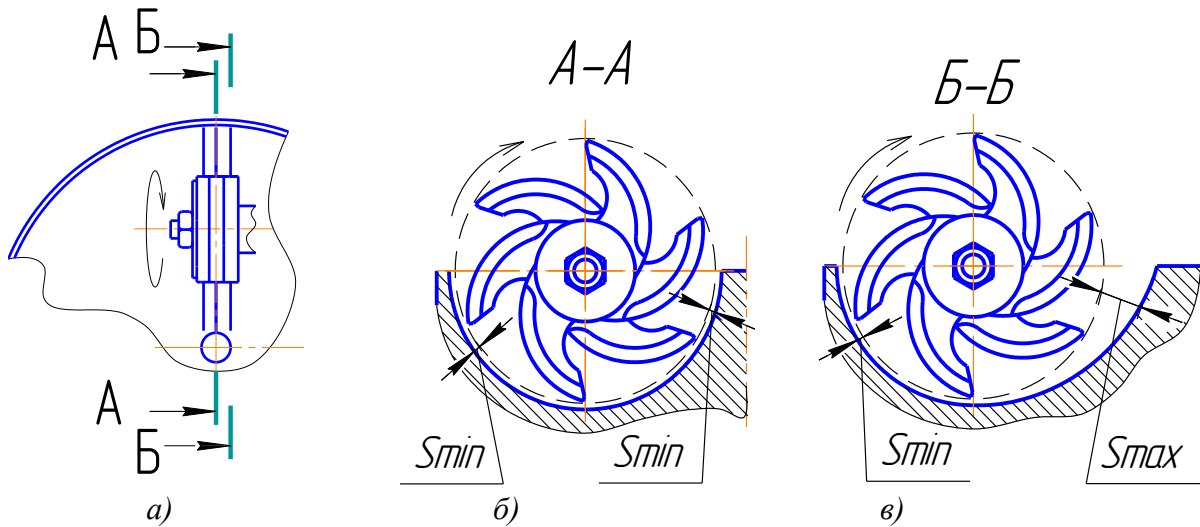


Рис. 5.71 – Зміна зазорів між поверхнею чаші та ножами різних ножових блоків

Етап 1. Рівняння поверхні чаші визначається як рівняння поверхні тіла обертання. Таким чином (рис. 5.72, а, б, в), поверхня чаші кутера утворюється обертанням напівкола радіусом R навколо осі OZ . Діаметр центрального конуса чаші – d , зовнішній діаметр чаші – D .

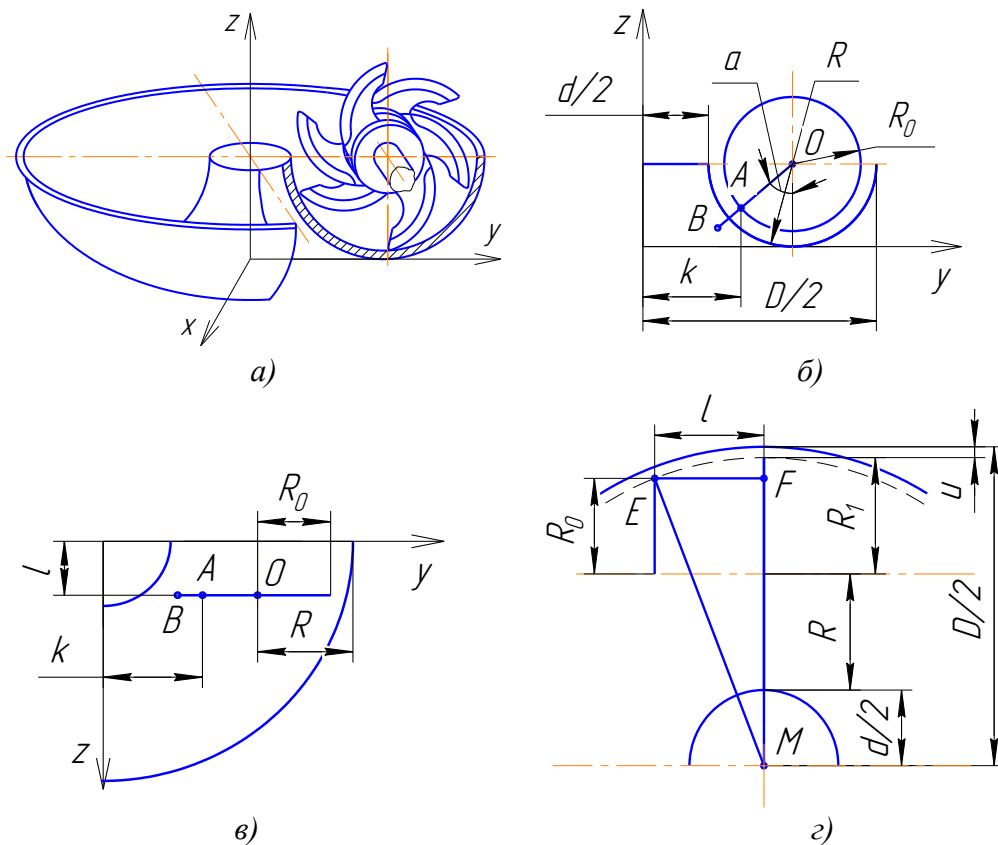


Рис. 5.72 – Геометричні параметри робочих органів кутера

Рівняння напівкола із центром не на початку системи координат, як відомо, має вигляд: $(x-a)^2 + (z-b)^2 = R^2$ при $z \leq R$. Тут $a = \frac{d}{2} + R$,

$b=R$; $\frac{D}{2} = \frac{d}{2} + 2R$. Отримаємо $\left(x - \left(\frac{d}{2} + R\right)\right)^2 + (z-R)^2 = R^2$ при $z \leq R$. За-

мінивши для просторового тіла x на $\sqrt{x^2 + y^2}$ та виконавши відповідні математичні перетворення, отримаємо рівняння поверхні чаші кутера:

$$2\sqrt{x^2 + y^2} \left(\frac{d}{2} + R\right) - x^2 - y^2 - z^2 + 2z \cdot R - R^2 = \frac{d^2}{4} + d \cdot R + R^2.$$

Етап 2. Як відомо, рівняння кола в просторі має вигляд $(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2 + (z-z_0)^2 = R_0^2$, де x_0, y_0, z_0 – координати центру кола. В цьому випадку (рис. 5.76, б, в) коло, яке описується ножами ножового блока, лежить у площині, паралельній площині ZOY , на відстані $x_0 = l$ від початку системи координат. В такому разі рівняння кола, що описується ножами певного ножового блока, із центром у т. O і радіусом R_0 матиме

$$\text{вигляд } l^2 - \left(y - \frac{d}{2} - R\right)^2 - (z-R)^2 = R_0^2.$$

Етап 3. Для того щоб визначити координати т. A , необхідно в рівняння підставити значення $y_A = k$, яке відповідає точці A , та визначити з рівняння значення координати z , при цьому координата x дорівнює $x_A = l$. Величиною параметра k (або величиною кута α) можна задавати положення точки вимірювання зазору між ножами та поверхнею чаші. Вихідне рівняння по визначенню z_A :

$$2R \cdot z_A - z_A^2 - k^2 - l^2 + 2k \left(\frac{d}{2} + R\right) - \frac{d^2}{4} + R \cdot d = R_0^2.$$

$$\text{Перепишемо цей вираз: } z_A^2 - 2R \cdot z_A + k^2 + l^2 + R_0^2 - 2k \left(\frac{d}{2} + R\right) + \frac{d^2}{4} - R \cdot d = 0.$$

Замінивши все, що в лівій частині рівняння після $(z_A^2 - 2R \cdot z_A)$, на m , отримаємо $z_A^2 - 2R \cdot z_A + m = 0$. Розв'язавши це рівняння відносно z_A , визначимо координату z для точки A :

$$z_A = R - \sqrt{R^2 - m}, \text{ де}$$

$$m = k^2 + l^2 + R_0^2 - 2k \left(\frac{d}{2} + R\right) + \frac{d^2}{4} - R \cdot d.$$

$$(l; k; R - \sqrt{R^2 - m}).$$

Етап 4. Для визначення радіуса R_0 скористаємося схемою, що зображена на рис. 5.72, г. Визначимо радіус кола, що описується ножами ножового блока, який зміщено вздовж осі OX на відстань l відносно серединного ножового блока, залежно від значень зовнішнього D та внутрішнього d

діаметрів чаші, радіуса жолоба чаші R та заданого зазору δ :

$$R_0 = MF - R - \frac{d}{2} = \sqrt{ME^2 - l^2} - (R_1 + \delta) - \frac{d}{2} \quad \text{або} \quad R_0 = \sqrt{\left(\frac{D}{2} - \delta\right)^2 - l^2} - \left(R_1 + \delta + \frac{d}{2}\right),$$

де R_1 – радіус кола, що описується ножами серединного ножового блока.

Етап 5. При визначенні рівняння прямої, яка проходить через точки O та A , спочатку зауважимо, що ця пряма розташована в площині, яка паралельна площині ZOY та розташована на відстані $x_0 = l$ від початку системи координат. З огляду на це, рівняння прямої OA визначимо за відомим визначенням рівняння прямої в декартовій системі координат:

$\frac{y - y_0}{y_1 - y_0} = \frac{z - z_0}{z_1 - z_0}$, де $(y_0; z_0)$ та $(y_1; z_1)$ – координати точок, через які проведено пряму. В нашому випадку, з урахуванням значень відповідних координат,

рівняння прямої OA запишеться як: $\frac{y - \frac{d+R}{2}}{k - \frac{d+R}{2}} = \frac{z - R}{R - \sqrt{R^2 - m} - R}$. Тоді

запишемо кінцеве рівняння прямої OA :

$$(z - R) \left(k - \frac{d+R}{2} \right) = \left(y - \frac{d+R}{2} \right) \left(R - R - \sqrt{R^2 - m} \right).$$

Етап 6. Для визначення координат точки B перетину прямої OA із поверхнею чаші кутера необхідно розв'язати систему з рівнянь. При цьому слід зауважити, що в рівнянні (1) виконується заміна $x = l$. Система рівнянь запишеться так:

$$\begin{cases} 2\sqrt{l^2 + y_B^2} \left(\frac{d}{2} + R \right) - l^2 - y_B^2 - z_B^2 + 2z_B \cdot R = \frac{d^2}{4} + d \cdot R + R^2; \\ (z_B - R) \left(k - \frac{d+R}{2} \right) = \left(y_B - \frac{d+R}{2} \right) \left(\sqrt{R^2 - m} \right) \end{cases}.$$

В результаті розв'язку системи визначаються значення координат точки B ($l; y_B; z_B$), враховуючи, що $x_B = l$.

Етап 7. Для визначення довжини відрізка AB використаємо вираз по визначенню відстані між двома точками:

$\Delta = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2}$. Враховуючи, що відрізок AB знаходиться в площині, паралельній площині ZOY , та підставивши значення координат $(y_A; z_A)$ і $(y_B; z_B)$, отримаємо

$$\Delta = \sqrt{\left(k - y_B\right)^2 + \left(R - \sqrt{R^2 - m} - z_B\right)^2}.$$

На рис. 5.73 наведено результати розрахунку значення Δ для чаші з параметрами $d = 100$ мм, $D = 300$ мм. Аналізуючи ці та інші отримані дані, можна дійти висновку, що в існуючих конструкціях кутерів зазори між

ножами та поверхнею центрального конуса значно перевищують рекомендовані значення, оптимальні для тонкого подрібнення. Оптимізація зазорів шляхом збільшення діаметра центрального конуса (як для сучасних відомих моделей кутерів) неефективна і не дозволяє досягти заданих значень.

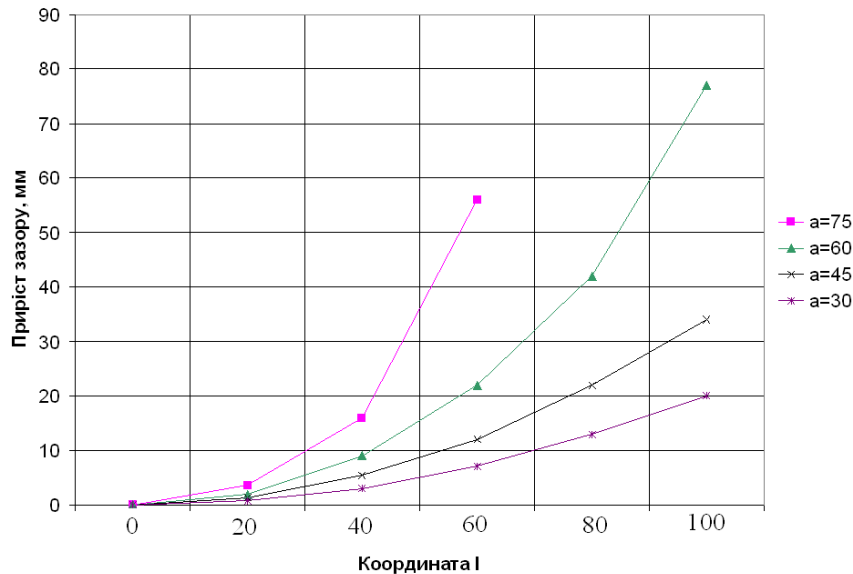


Рис. 5.73 – Залежність приросту зазору від зміщення вздовж осі ножевого вала при різних значеннях кута α

Авторами розроблено [62] технічне рішення, при якому можливе кардинальне вирішення проблеми неоднорідності зазорів у робочій зоні кутера. Для цього пропонується оснастити кутер насадкою (рис. 5.74).

Насадка 1 містить робочу поверхню 2, ущільнення 3, кронштейн 4, кріпильні елементи 5 і розташована таким чином, що її робоча поверхня 2 є поверхнею, на якій розрізається сировина від початку входу ножів 6 у сировину до найнижчої точки робочої поверхні чаші 7. Робоча поверхня насадки еквідистантна колам, що описуються ножами. Насадка кріпиться до корпусу 8 ножевого вала. Застосування такої насадки дозволяє забезпечити мінімальний заданий зазор для ножів усіх ножевих блоків.

Підвищення питомої продуктивності кутерів було і залишається актуальною задачею, що обумовлено достатньо високою питомою собівартістю такого обладнання. Проте відомі шляхи вирішення цієї задачі (збільшення кількості ножів у ножевій головці та об'єму чаші) не володіють необхідною ефективністю, що обумовлює необхідність пошуку нових технічних рішень. Проведемо [38] аналітичне дослідження впливу конструктивних та кінематичних параметрів кутера на його продуктивність.

Товщину шару сировини, значення якої вимірюється поміж двома різальними діями ножів (довжину траєкторії переміщення точки сировини чашею кутера), можна визначити (рис. 5.75) так, м: $l_{mp.c.} = v_c \cdot \tau_c$, де v_c – лінійна швидкість точки сировини у чаші, м/с; τ_c – тривалість переміщення точки сировини чашею кутера у час, в який перший ніж, що здійснив

різальну дію, не перешкоджає надходженню сировини в зону різання перед різальною дією наступного ножа, с.

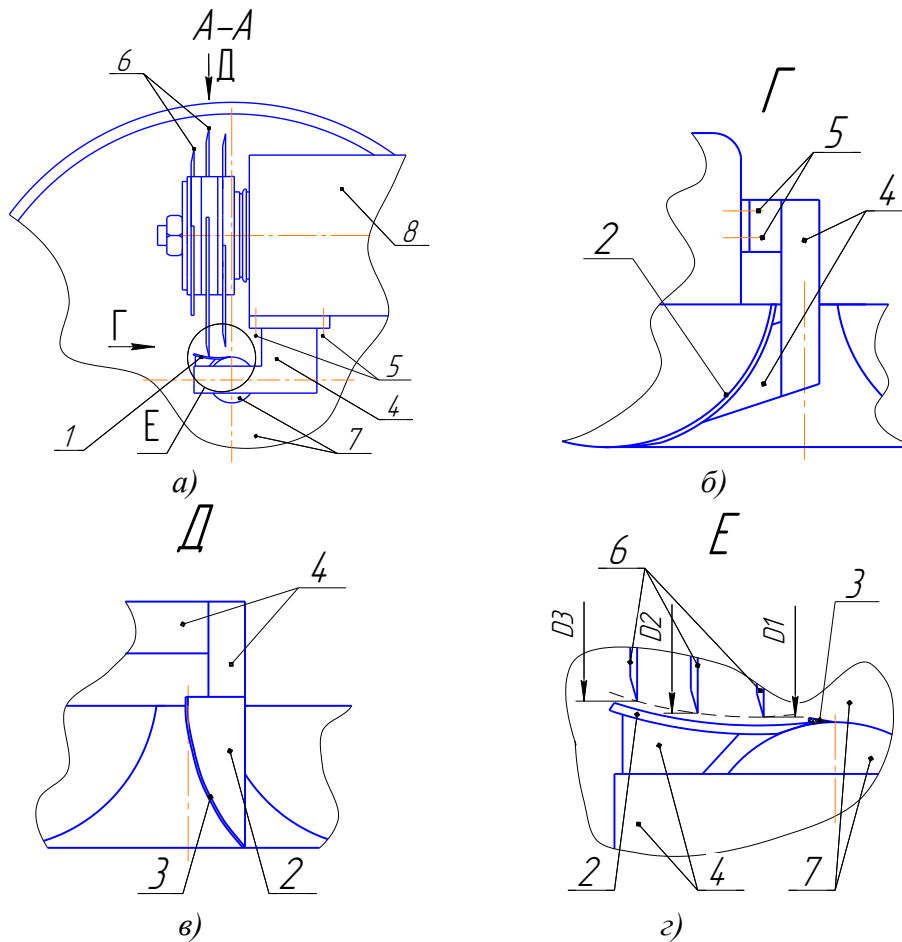


Рис. 5.74 – Розроблена конструкція насадки до кутера

З умови фізичної постановки задачі (рис. 5.75, б, в) можна визначити, що $\tau_q = \tau_n$, де τ_n – величина проміжку часу між проходженням визначеної точки зони різання тильною стороною першого ножа та різальною кромкою наступного ножа, що здійснюватиме різання.

Значення τ_n можна визначити залежно від конструктивних та кінематичних параметрів ножової головки: $\tau_n = \frac{\theta_n}{\omega_n}$, де θ_n – величина кута, що ви-

значає вільний простір для проходження сировини, яка подається чашею в зону різання, поміж двома різальними діями ножів, рад; ω_n – кутова швидкість обертання ножової головки та ножів кутера, рад/с. В свою чергу, як відомо, кутова швидкість залежить від частоти обертання як, рад/с:

$\omega_i = \frac{\pi \cdot n_i}{30}$, де n_n – частота обертання ножової головки та ножів кутера, хв⁻¹.

Аналогічно можна визначити лінійну швидкість точки шару сировини, що

подається чашею кутера: $v_q = \frac{\pi \cdot n_q \cdot R_q}{30}$, де n_q – частота обертання чаші

кутера, хв⁻¹; R_q – радіус обертання точки шару сировини, м.

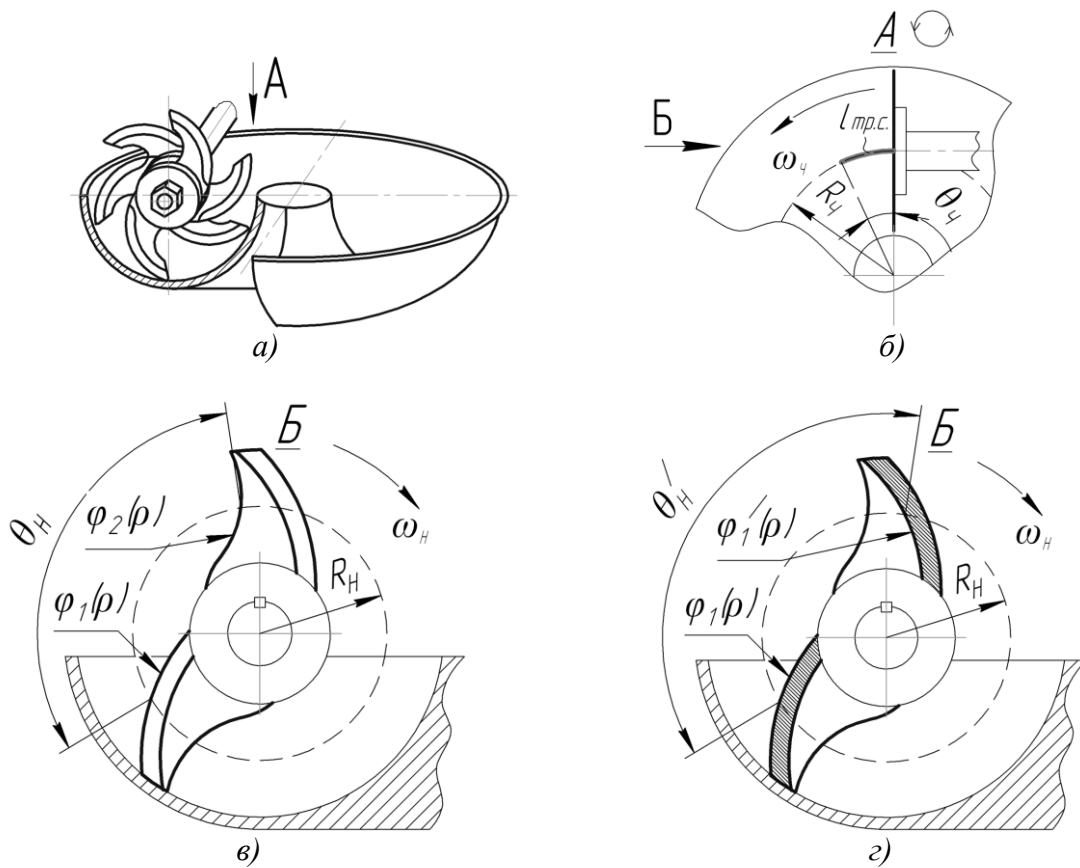


Рис. 5.75 – Схеми до визначення розрахункових параметрів:
 а) робочої зони кутера; б) чаші; в) ножової головки стандартної будови;
 г) ножової головки розробленої будови

Зважаючи на зазначене, товщину шару сировини, який чашею кутера подається в зону різання поміж двома різальними діями ножів, можна визначити, м:

$$l_{mp.c.} = \frac{\pi \cdot n_ч \cdot R_ч}{30} \cdot \frac{\theta_H}{\frac{\pi \cdot n_H}{30}} = \frac{\theta_H \cdot n_ч \cdot R_ч}{n_H}$$

Величина кута θ_H залежить як від кількості ножів в одній площині різання (в одному ножовому блоці), так і від їх геометричної форми, а саме – від виду кривих, у вигляді яких виконано різальну кромку лека кожного ножа та його тильну сторону (рис. 5.76, а). З огляду на це, величина кута θ_H визначається за виразом:

$$\theta_H(\rho) = \frac{2\pi}{z'_H} - \varphi_1(\rho) + \varphi_2(\rho)$$

де z'_H – кількість ножів в одній площині різання (в одному ножовому блоці), зазвичай $z'_H=2$ (рис. 5.76, б); $\varphi_1(\rho)$ та $\varphi_2(\rho)$ – полярні рівняння кривих, у вигляді яких виконано відповідно різальну кромку і тильну сторону ножів.

Як впливає з отриманих даних, при існуючих конструктивних і кінематичних параметрах ножової головки і чаші кутера неможливо досягти такого значення $l_{mp.c.}$, яке б дозволяло гарантовано забезпечити підвищення кількості циклів різання за один оберт ножової головки.

Авторами [41] запропоновано збільшити значення кута θ_n та підвищити частоту обертання n_c чаші кутера, що зрештою може дозволити підвищити значення $l_{mp.c.}$. Збільшення значення θ_n можливо досягти, застосувавши ножі нової конструкції [79, 80]. Вони мають заглиблення на стороні, що контактує із шаром фаршу, який подається чашею кутера (рис. 5.76, в). Таке конструктивне рішення дозволяє збільшити проміжок часу, протягом якого сировина подається в зону різання наступного ножа.

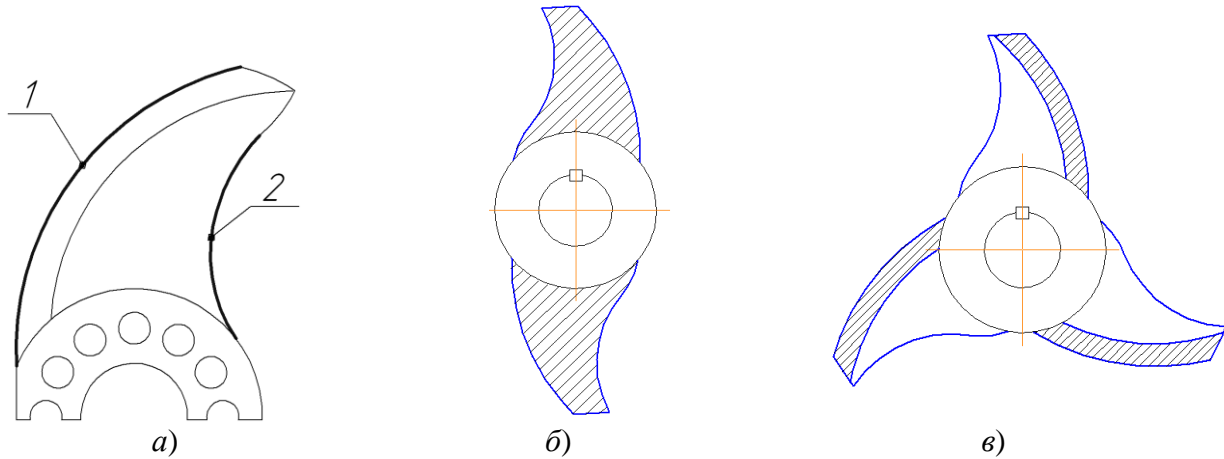


Рис. 5.76 – Відома та запропонована будова ножових блоків і площа контакту сировини з ножами

З проведених розрахунків випливає, що при використанні ножів розробленої будови ($\delta = 0,046$ м) значення $l_{mp.c.}$ збільшується на 22 %. Використання запропонованих рішень (наявність заглиблень у ножах, збільшення z_n з 2 до 3, збільшення частоти обертання чаші до 22 хв^{-1}) дозволяє забезпечити таку подачу сировини, при якій поміж двома різальними діями ножів нагнітається шар сировини товщиною 3,1 мм, що лише на 8 % менше за значення товщини шару сировини, яка нагнітається поміж двома різальними діями ножів у стандартному ножовому блоці (при $z_n = 2$). Завдяки цьому утворюється можливість забезпечити збільшення кількості різальних дій ножів у площині різання першого ножового блока з 2 до 3 за один оберт, чим обумовлюється істотне підвищення продуктивності кутера.

Задля забезпечення належної міцності ножів розробленої будови (рис. 5.77, б) запропоновано використати раніше розроблену конфігурацію поперечного перерізу ножа (рис. 5.77, в), що дозволяє отримати нову конфігурацію (рис. 5.77, з).

Шляхом чисельного моделювання напруженого стану ножів з перерізами типу I–IV встановлено, що запропонована конструкція ножа (рис. 5.77, з) дає змогу підвищити його міцність. Застосування поперечного перерізу типу IV дозволяє зменшити напруження в точках 3 і 4 і порівняно з ножем стандартної будови (переріз типу I) на 10,1 і 17,4 % відповідно. Це доводить раціональність прийнятих рішень.

Нижче наведено приклад [39] вдосконалення конструкції різального вузла емульсаторів (рис. 5.78, а), які використовуються для тонкого якісного подрібнення фаршу після кутера або замість нього.

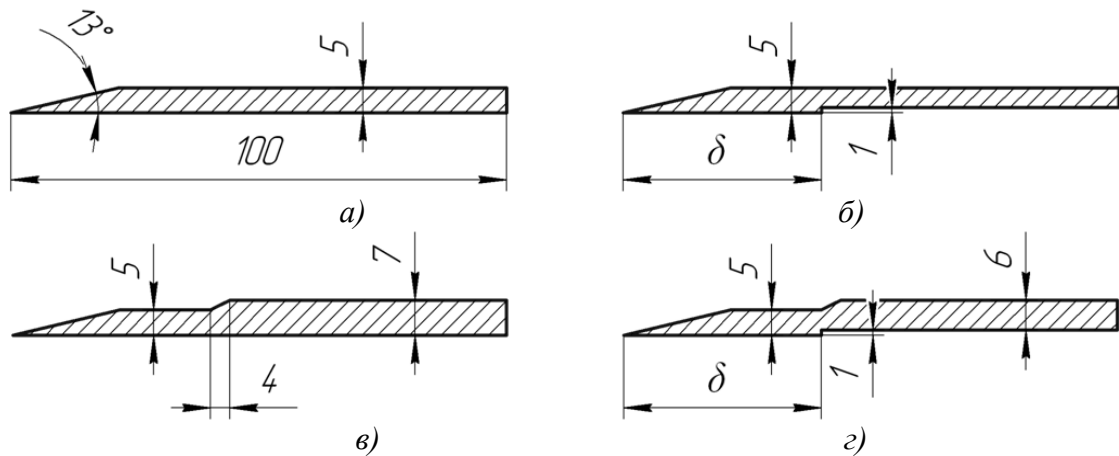


Рис. 5.77 – Види поперечних перерізів ножів різної будови ($R_{н.маx} = 0,3$ м):
 а) стандартної (тип I); б) розробленої (тип II); в) відомої (тип III);
 г) розробленої (тип IV)

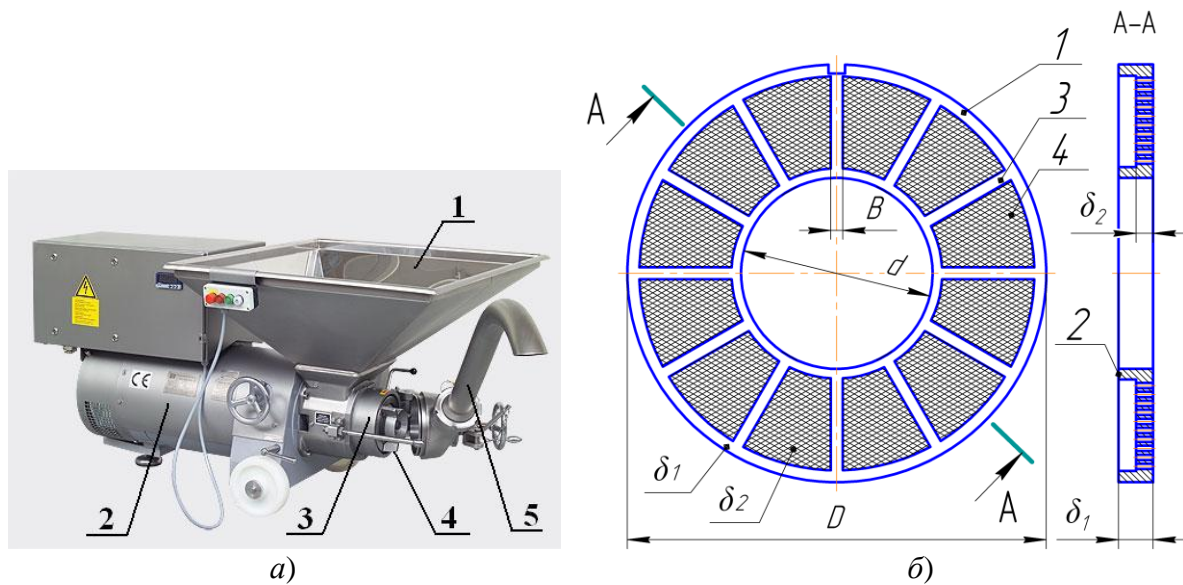


Рис. 5.78 – Будова емульсатора марки *Karl Schnell FD 175*:
 а) загальний вигляд емульсатора; б) будова перфорованої решітки:
 1 – периферійне кільце жорсткості; 2 – центральне кільце жорсткості;
 3 – ребро жорсткості; 4 – перфорована частина

Емульсаторам з робочими органами типу «ніж-решітка» властива низка недоліків, які обумовлені тим, що для кінцевого тонкого подрібнення в їх різальних механізмах використовують перфоровані решітки з отворами малого діаметра (1,0–0,5 мм). Такі решітки виготовляють з радіальними ребрами жорсткості, що ділять решітку на низку секторів (рис. 5.78, б). Решітка має периферійне кільце жорсткості 1, центральне кільце жорсткості 2, ребра жорсткості 3 та перфоровані ділянки 4 з отворами.

Одним із суттєвих недоліків є те, що при використанні зазначених решіток надто підвищується температура фаршу при подрібненні. Ймовірно припустити, що генерування надлишкової кількості теплоти при терті ножів об решітки обумовлено наявністю неперфорованих ділянок – ребер жорсткості 3, через що істотно збільшується робота сил тертя.

Ефективним шляхом зменшення нагріву фаршу при подрібненні може бути зменшення площі контакту ножа з перфорованою решіткою. Зважаючи на конструктивні особливості решіток з мілкими отворами, як резерв зменшення зазначеної площі доцільно розглядати саме ребра жорсткості 3 (рис. 5.78, б).

При цьому, згідно з положеннями теорії вирішення винахідницьких задач, виникає наступне технічне протиріччя: «Ребра жорсткості повинні бути наявні, щоб забезпечувати високу міцність та жорсткість решітки, і ребра жорсткості повинні бути відсутні, щоб не збільшувати нагрів фаршу при подрібненні».

Вирішення зазначеного протиріччя авторами базувалося на двох основних засадах:

- проведення функціонального аналізу взаємодії ножа та решітки;
- пошук конструктивних способів підвищення міцності решітки.

За допомогою функціонально-вартісного аналізу було встановлено, що щільний контакт лез з решіткою в зонах поза межами отворів не є обов'язковим, оскільки процес різання сировини в цих зонах не здійснюється (рис. 5.79).

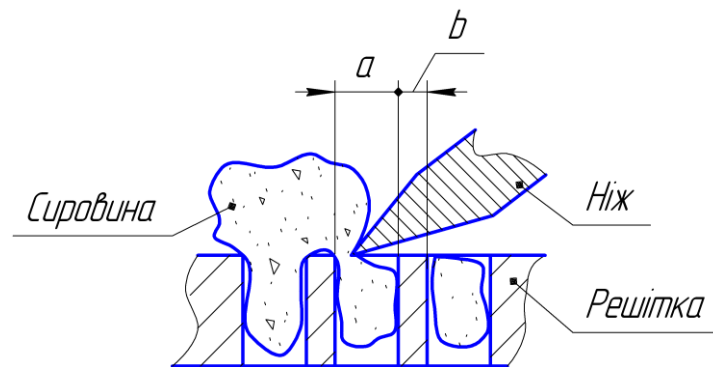


Рис. 5.79 – Схема взаємодії ножа з перфорованою решіткою:

а) зона обов'язкового контакту леза ножа з решіткою;

б) зона, в якій контакт леза з решіткою не є обов'язковим

Контакт лез з ребрами жорсткості можна було б усунути, якби орієнтування ребер було змінено. Цього можна досягти, якщо замість ребер жорсткості застосувати кільце жорсткості. Як відомо, в деталях типу днищ, кришок та дисків доцільно застосовувати саме кільця жорсткості, тому що при згинанні диска кільце працює на розтягування-стискання, на відміну від радіальних ребер, які працюють переважно на згинання. Це обумовлює більшу міцність і жорсткість дисків з кільцями жорсткості.

Враховуючи означене вище, авторами запропоновано нову будову різального механізму емульсаторів (рис. 5.80). До складу різального механізму входить перфорована решітка 1, з якою контактує обертовий ніж 2 з лезами 3. Решітка має периферійне кільце жорсткості 4, центральне кільце жорсткості 5 та робочі отвори 6. Поміж центральним 5 та периферійним 4 кільцями жорсткості наявне проміжне кільце жорсткості 7.

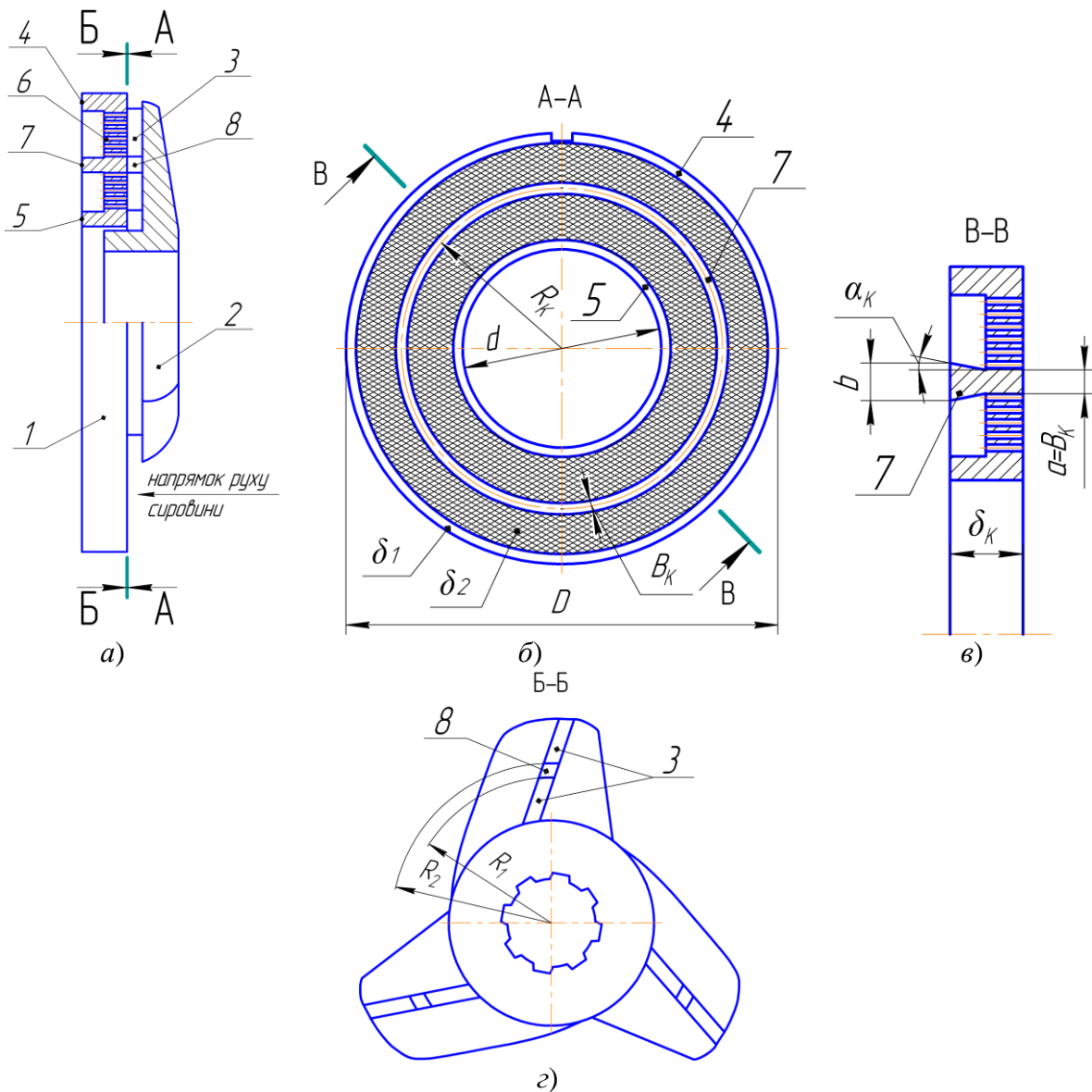


Рис. 5.80 – Запропонована будова різального механізму:

- а) вигляд різального механізму збоку; б) решітка з кільцем жорсткості;
в) поперечний перетин решітки; г) ніж зміненої будови

Леза ножа 3 мають проміжні ділянки 8 (пази). Проміжні ділянки 8 розташовані над проміжним кільцем жорсткості 7 таким чином, що проміжні ділянки ножа 8 не труться об кільце. Ширина кільця жорсткості 7 може бути змінною: ширина кільця a з боку контакту решітки з ножом є меншою за ширину b з протилежного боку (за рахунок наявності кута розширення α_K). Внаслідок такого конструктивного виконання загальна площа тертя лез 3 ножа об перфоровану решітку значно зменшується, що приводить до зменшення роботи тертя різальної пари та нагріву фаршу.

Враховуючи складність геометрії решіток відомої та запропонованої будови, задля порівняння їх міцності було використано чисельне моделювання. За основу було взято решітку відомої будови емульсатора *Karl Schnell FD 175* із зовнішнім діаметром 175 мм та робочими отворами діаметром 1,0 мм. Товщина перфорованої частини решіток становила 2 мм, елементів жорсткості – 5–9 мм. Як матеріал решіток було обрано сталь

з межею міцності на розрив 400 МПа. Прикладене навантаження в усіх випадках становило 0,3 МПа. Було проаналізовано 18 моделей решіток, що дозволило встановити геометричні параметри решітки зовнішнім діаметром 175 мм, при яких буде забезпечено найвищу її міцність: $R_k = 66,5$ мм; $B_k = 6$ мм; $\delta_k = 5$ мм; $\alpha_k = 20^\circ$. Візуалізацію отриманих результатів (приклад) наведено на рис. 5.81.

Встановлено, що максимальні напруження в решітці відомої будови становили 309,2 МПа, коефіцієнт запасу міцності – 1,29. Перехід від ребер жорсткості до кільця дає змогу зменшити максимальні напруження на 25,8 % (з 309,2 до 245,8 МПа) та підвищити коефіцієнт запасу міцності з 1,29 до 1,63. Застосування кільця жорсткості змінної товщини дозволяє додатково підвищити коефіцієнт запасу міцності решітки на 10,4 % (з 1,63 до 1,8).

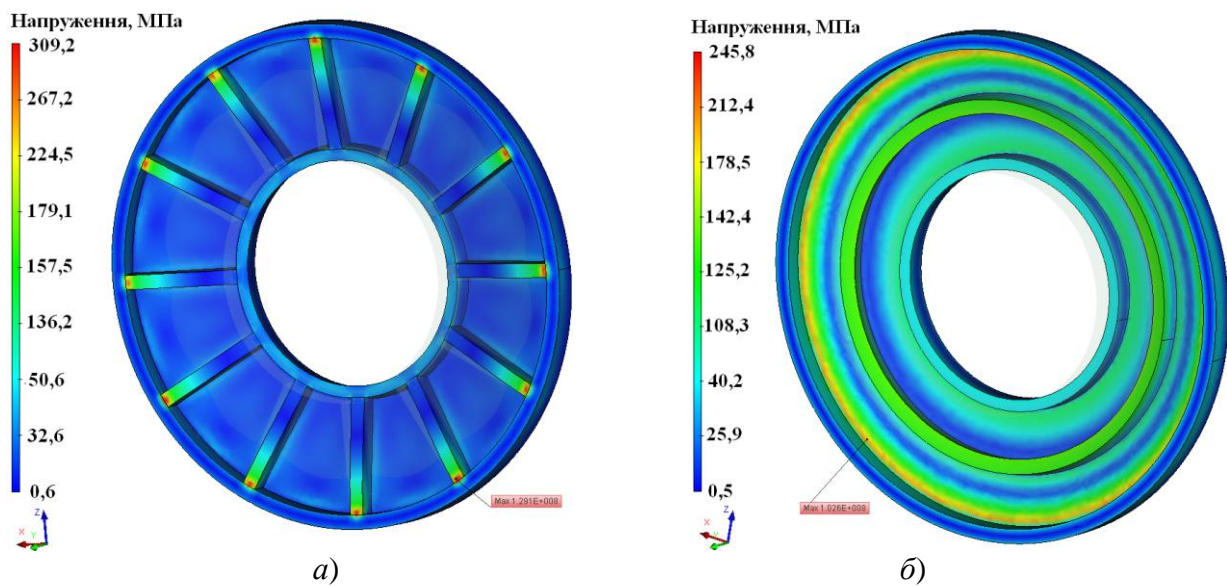


Рис. 5.81 – Візуалізація напружено-деформованого стану решіток:
 а) відомої будови з радіальними ребрами жорсткості; б) запропонованої будови з кільцем жорсткості ($R_k = 63,25$ мм; $B_k = 6$ мм; $\delta_k = 5$ мм; $\alpha_k = 0^\circ$)

Зрештою, при запропонованій будові різального механізму загальна площа тертя лез ножа об перфоровану решітку зменшується на 25 %, що приводить до зменшення роботи тертя різальної пари та до зменшення нагріву фаршу. Одночасно з цим покращуються показники міцності решітки (на 36,2 %), що дозволяє забезпечити її підвищену довговічність.

5.2.7 Пошук шляхів розвитку технічної системи на основі методики статистичних даних

Розвиток обладнання харчових виробництв може здійснюватися шляхом вирішення конкретних, вже відомих, технічних задач, які були виявлені в ході тривалої експлуатації та виготовлення певної моделі обладнання. Але в сучасних умовах розвиненої конкурентної боротьби між виробниками техніки в багатьох випадках актуальним є створення будь-яких значущих переваг над продукцією інших машинобудівників. В такому разі

стає необхідним виявлення невирішених задач з розвитку даної моделі обладнання та знаходження шляхів їх розв'язку.

Як відомо, правильність формулювання питання значною мірою визначає ефективність знаходження відповіді на нього. Автори пропонують ознайомитись із методикою знаходження шляхів вдосконалення технічних систем, яка дозволяє акцентувати увагу саме на невирішених технічних проблемах системи. Вона отримала назву «Методика статистичних даних».

Ця методика базується на кількісному аналізі цільового спрямування відомих технічних рішень з удосконалення певної ТС. Під час такого аналізу виявляється відсоткове співвідношення пропозицій щодо усунення різних, задалегідь відомих, недоліків технічної системи. В результаті стає можливим виявити «недостатню увагу» до усунення окремих недоліків ТС або навіть повну відсутність таких технічних рішень. Це дозволяє обирати такі «проблемні питання» у розвитку ТС, для яких будь-які пропозиції щодо їх усунення будуть володіти новизною та високою ефективністю, а отже, гарантовано створювати цілком конкретні технічні переваги порівняно з системами-аналогами.

При аналізі ТС необхідно виконати низку послідовних дій:

- 1) з'ясувати принцип дії машини;
- 2) визначити вимоги до конструкції машини, режими її роботи та особливості експлуатації;
- 3) визначити вимоги до конструкції окремих ключових вузлів машини;
- 4) виявити, які з вимог вже виконані в існуючих конструкціях, а які ні; якщо вимоги виконані, то чи на достатньому рівні;
- 5) зробити постановку завдань на вдосконалення того або іншого вузла;
- б) запропонувати відповідні технічні рішення.

При з'ясуванні принципу дії машини (п. 1) слід враховувати: зміни в технологічних режимах обробки сировини в межах робочого циклу та при переході на інший її вид; зусилля, що діють на робочі органи; тривалість і складність допоміжних і ремонтних операцій; вимоги до вхідної сировини і готової продукції; взаємодію з сусідніми машинами в технологічному ланцюзі; доцільно визначити, на яких етапах технологічної обробки можливе дублювання або часткове виконання функцій даної машини.

При вивченні особливостей будови та принципу дії ТС бажано користуватися якомога більш ґрунтовною та фаховою інформацією, спеціалізованою літературою. По більшості видів устаткування харчових виробництв існують джерела, в яких наведено докладні відомості про будову обладнання і його вузлів, особливості експлуатації (наприклад [8, 10, 40]).

Найбільш ефективним можна вважати використання декількох літературних джерел, дані яких доповнюють один одного. Причому, виправданним є пошук літературного джерела навіть у тому випадку, якщо воно дасть можливість дізнатися лише невелику частку нової інформації про досліджувану ТС. Особливо цінними є дані наукових статей про дослідження тих чи інших параметрів машин і апаратів.

При визначенні вимог до конструкції машини (п. 2), виходячи з її принципу дії та будови, слід з'ясувати сприятливі та несприятливі фактори для процесу функціонування та експлуатації обладнання. Інакше кажучи, слід визначити «що для машини є добре, а що – погано». При цьому доцільно вказувати позитивні вимоги словами «максимальна ...», а негативні вимоги словами «мінімальна...». Наприклад, «максимальна продуктивність», «мінімальне зношування робочих органів», «мінімальна тривалість операцій завантаження і вивантаження сировини» тощо.

Після визначення вимог до конструкції всієї машини (ТС) необхідно визначити аналогічні вимоги до конструкції окремих вузлів та робочих органів обладнання (п. 3). Тобто необхідно деталізувати (розділити) вимоги, що були визначені в п. 2, відповідно до конкретних вузлів та деталей.

При виявленні вимог, що вже виконані в існуючих конструкціях, та їх повноти реалізації (п. 4) слід користуватися усім наявним масивом патентної та іншої технічної інформації. При цьому слід ретельно аналізувати як позитивні, так і негативні якості відомих технічних рішень. Задля зручності подальшого аналізу отриманих результатів на цьому етапі бажано складати підсумкові таблиці, в яких напроти кожної вимоги необхідно зазначати кількість відомих конструкцій обладнання, в якому ці вимоги вже реалізовані. Це доцільно відображати у відсотковому відношенні.

Постановку завдань на вдосконалення конструкції того чи іншого вузла (п. 5) слід проводити за результатами аналізу даних підсумкових таблиць. При виборі завдань перевагу треба віддавати тим вимогам, які ще не були реалізовані у відомих конструкціях цього типу обладнання або на реалізацію яких спрямовано найменшу кількість (%) відомих технічних рішень. В такому разі практично будь-яка технічна пропозиція щодо виконання такої вимоги буде новою та актуальною для підвищення конкурентоспроможності цього типу обладнання.

Проте можливе й успішне вирішення завдань, яким було присвячено максимальну кількість досліджень (наприклад форма отвору решіток м'ясорубки). Успішне рішення в такому разі залежить від глибини і повноти визначення вимог до цього вузла. Зрештою, можливе виконання суміщеної таблиці, де після аналізу патентної інформації можна виявити статистику вирішення тих чи інших вимог до конструкції обладнання. Це дозволить комплексно покращити технічний рівень обладнання при вдосконаленні низки вузлів та деталей. При розробці технічних рішень по вирішенню обраних проблемних задач (п. 6) необхідно використовувати весь інструментарій теорії технічних систем: закони розвитку систем, функціонально-вартісний аналіз, прийоми подолання технічних суперечностей та ін. Рішення слід підтверджувати відповідними розрахунками, фізичним чи математичним моделюванням або даними літературних (наукових) джерел.

Як приклад нижче наводиться аналіз конструкції вовчка та розробка відповідних нових технічних рішень. Після аналізу низки літературних джерел можна сформулювати такі вимоги до конструкції вовчка [40]:

- 1) головна виробнича функція вовчка – подрібнення м'яса;
- 2) висока продуктивність машини;
- 3) якісне розрізання волокон м'яса;
- 4) низькі витрати енергії на тертя в шнековому та різальному механізмах;
- 5) низькі витрати енергії на різання сировини;
- 6) низькі витрати енергії на подачу сировини до різального вузла;
- 7) низькі витрати енергії на вдавлювання сировини в отвори решіток;
- 8) низькі витрати енергії на проштовхування сировини крізь отвори;
- 9) мале зношування ножів;
- 10) мале зношування решіток;
- 11) швидке встановлення та зняття різального комплекту;
- 12) високий ступінь подрібнення сировини;
- 13) висока однорідність ступеня подрібнення сировини;
- 14) мінімальний нагрів сировини при переробці;
- 15) можливість зміни ступеня подрібнення без зупинки машини;
- 16) автоматичний контроль якості переробки сировини;
- 17) автоматичний контроль процесу роботи машини;
- 18) висока міцність ножа;
- 19) висока міцність та жорсткість решітки;
- 20) малий вплив точності поверхні на знос ножа;
- 21) висока технологічність виготовлення ножа;
- 22) висока технологічність виготовлення решітки;
- 23) мінімальне витискування м'ясного соку із сировини;
- 24) відсутність коливань решіток при подачі сировини шнеком;
- 25) відсутність пульсацій потужності при роботі різального комплекту.

На основі означених вимог до конструкції вовчка були визначені вимоги до конструкції решіток (табл. 5.6), ножів (табл. 5.7) і пристроїв фіксації різального комплекту (табл. 5.8) [40].

Так, зокрема, на рис. 5.82 наведено приклади конструкцій вихідної решітки вовчка. На рис. 5.82, *а* зображено решітку, кожний отвір якої виконано у вигляді трикутника. Причому одна зі сторін трикутника оснащена гострою різальною кромкою і зорієнтована назустріч напрямку обертання ножа, а сума кутів, що прилягають до різальної крайки, дорівнює або менша 90° . Позитивні властивості решітки – підвищення різальної здатності решітки. Негативні – низька технологічність виготовлення отворів.

На рис. 5.82, *б* наведено жилувальну решітку, яка призначена для відведення із зони різання скалок кісток, хрящів та жил. Решітка відрізняється тим, що тангенційно розташовані пази для відведення жил виконані криволінійними, а не прямими. Позитивні властивості такої конструкції – підвищення ефективності сепарації (зменшення зусилля для проштовхування включень уздовж пазів). Негативні властивості конструкції – погіршення технологічності виготовлення пазів (ускладнення їх фрезерування).

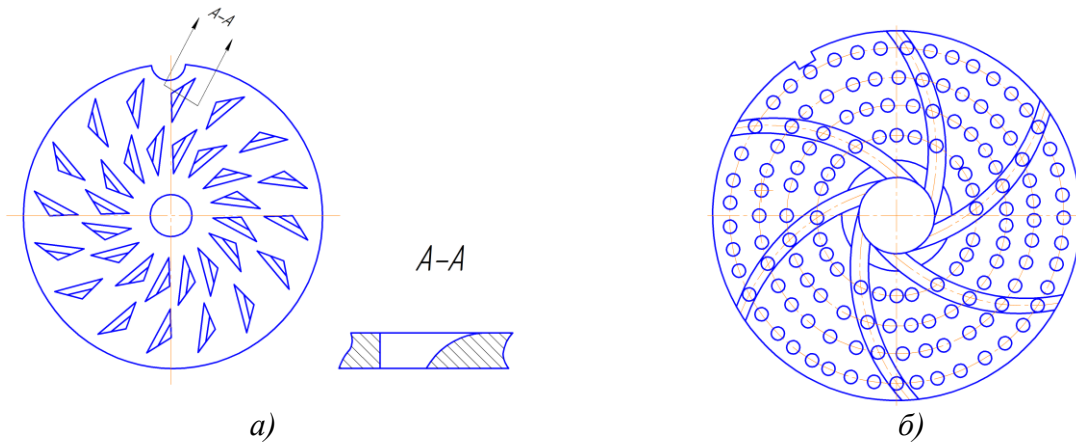


Рис. 5.82 – Приклади конструкцій вихідної решітки вовчка

Подібним чином було проаналізовано 45 конструкцій решіток вовчка, 39 конструкцій ножів та 20 конструкцій пристроїв для фіксації різального комплекту. Результати аналізу [48] зведені до табл. 5.6–5.8.

Таблиця 5.6

Аналіз конструкцій решіток вовчка

№	Найменування вимоги	Кількість, шт.	Кількість, %
1	Висока різальна здатність отворів	18	40
2	Велика площа загального живого перерізу решітки	5	11
3	Легке втискування сировини в отвори	5	11
4	Легке прошовування сировини в отворах	3	7
5	Висока технологічність конструкції	3	7
6	Наявність функції жилювання сировини	3	7
7	Висока зносостійкість решітки	2	4
8	Висока надійність роботи	2	4
9	Висока однорідність подрібнення сировини	2	4
10	Висока міцність та жорсткість решітки	1	2
11	Можливість використання тильної сторони отворів решітки для подрібнення сировини	0	0

Якщо звернути увагу на дані табл. 5.7, то можна визначити, що вимоги 13–15 у розглянутих відомих конструкціях вовчків забезпечені (вирішені) не були. Це означає, що доцільно, насамперед, зайнятися вирішенням саме цих завдань, рішення у такому разі буде потенційно патентоспроможним і актуальним. І навпаки, хоча вимога 1 – найбільш актуальна (головна) для ножів вовчка, кількість вже відомих рішень по її реалізації не дозволяє сподіватися на істотний успіх у її черговому вирішенні порівняно з відомими аналогами. Таким чином, як завдання на вдосконалення конструкції ножа можна обрати реалізацію вимог 13–15.

Далі наведемо приклад по вирішенню завдання (вимоги) 13 – забезпечення самовстановлення ножів відносно торців решіток, з якими вони контактують.

Таблиця 5.7

Аналіз конструкцій ножів вовчка

№	Найменування вимоги	Кількість, шт.	Кількість %
1	Висока різальна здатність ножа	18	46
2	Висока технологічність виготовлення	4	10
3	Наявність змінних різальних елементів	3	8
4	Великий ступінь подрібнення сировини	2	5
5	Малі витрати на перемішування сировини	2	5
6	Висока пропускна спроможність різального вузла	2	5
7	Висока однорідність подрібнення сировини	2	5
8	Висока надійність роботи	2	5
9	Висока зносостійкість лез	1	3
10	Наявність функції жилування сировини	1	3
11	Висока міцність лез та ступиці	1	3
12	Можливість використання тильної сторони отворів решітки для подрібнення сировини	1	3
13	Можливість самовстановлення відносно решіток	0	0
14	Можливість переналагоджування ножа	0	0
15	Уніфікація конструкції	0	0

Таблиця 5.8

Аналіз конструкцій пристроїв фіксації різального комплекту

№	Найменування вимоги	Кількість, шт.	Кількість %
1	Можливість компенсації зношування ножів і решіток	8	40
2	Можливість реалізації заданого зусилля стискання різального комплекту	2	10
3	Швидка зміна різального комплекту	2	10
4	Можливість фіксації приймальних решіток від коливань	2	10
5	Автоматичний контроль параметрів роботи різального вузла	2	10
6	Можливість забезпечувати зміну ступеня подрібнення сировини	1	5
7	Механізоване виштовхування шнека	1	5
8	Усунення перекошування ножів і решіток	1	5
9	Автоматична видача різального комплекту в разі несправності	0	0

Ця задача обумовлена тим, що після складання та фіксації різального комплекту з необхідним зусиллям, в перший період часу його роботи відбувається притирання ножів до решіток. Це явище призводить до зменшення сили притискання ножів до решіток, що, в свою чергу, призводить до погіршення процесу подрібнення сировини.

Основною причиною такого притирання ножів та решіток є непаралельність площини торця решітки та площини різальних крайок ножа, що з нею контактує. Така непаралельність може бути спричинена (рис. 5.83, а) багатьма чинниками (відхилення від форми та розташування поверхонь

ножів 6 і 7, решіток 2, 3 і 4, пальця шнека 5, горловини вовчка 1, підпiрного кільця 9, гайки-маховика 8 тощо).

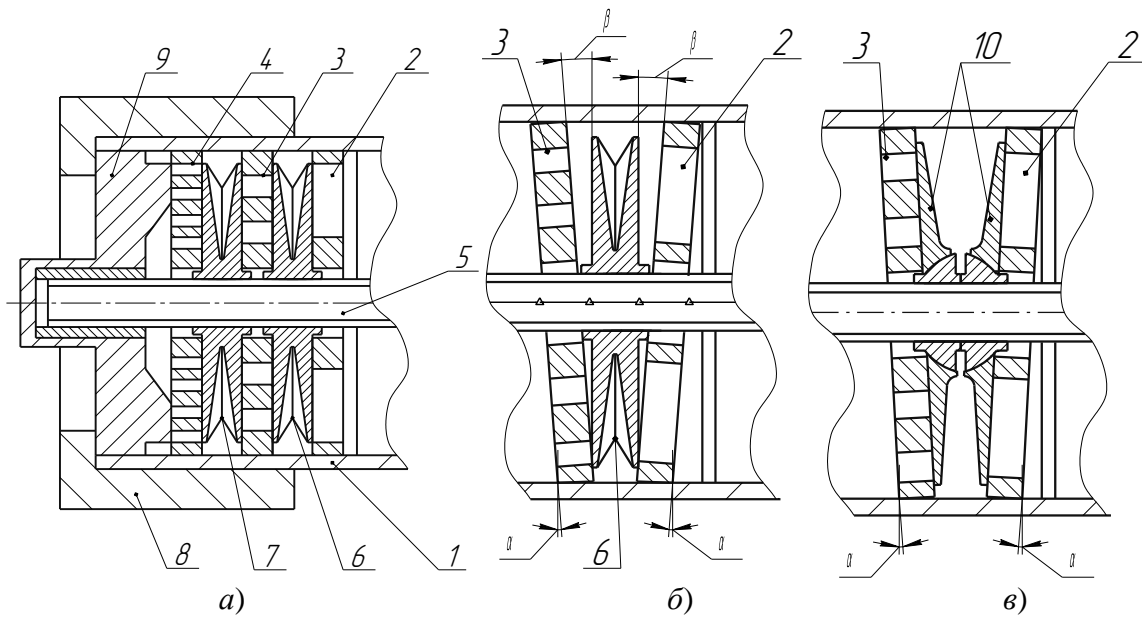


Рис. 5.83 – Схема до пояснення явища притирання ножів і решіток

Найнесприятливішим можна вважати той випадок, коли для двостороннього ножа наявні максимальні відхилення від паралельності його торців із торцями обох решіток, з якими він контактує (рис. 5.83, б). Як видно з рис. 5.83, б, площина кожної решітки 2 і 3, що контактує з ножом 6, розташована під кутом α відносно осі симетрії різального вузла. При цьому торці ножа 6 розташовані відносно відповідних торців решіток 2 і 3 під кутом β . Оскільки деталі різального комплексу фіксуються з певним зусиллям стискання, то на ділянках різальних крайок ножа створюються високі питомі тиски, що призводить до інтенсивного зношування цих ділянок та до зазначених вище негативних наслідків.

Усунути зазначене негативне явище та розв'язати поставлену задачу можна шляхом забезпечення можливості адаптування положення лез ножа відносно площин решіток. Це твердження відповідає закону розвитку ТС «Узгодження ритміки частин системи». При вирішенні задачі доцільно використати такі закони розвитку ТС, як «Підвищення ступеня динамічності» та «Перехід на мікрорівень».

З огляду на зазначене, запропоновано використовувати два односторонні ножі замість одного двостороннього. Кожний односторонній ніж [57] має роз'ємну конструкцію (рис. 5.84), яка виконується та складається з корпусу 1, що встановлений на ступиці 2. Ступиця 2 на зовнішній поверхні має декілька зубців 3 на кшталт шліцьових, передня поверхня яких є сферичною. Корпус ножа має впадини 4, форма яких відповідає формі зубців 3 ступиці. Ступиця 2 також має буртик 5 та упор 6.

Завдяки наявності зубців 3 та сферичній формі передньої їх поверхні вісь симетрії корпусу ножа 1 може відхилитися відносно осі симетрії ступиці 2 на кут β у будь-якому напрямку (рис. 5.84, а). Це дозволяє ножу са-

мовстановлюватися відносно решітки з якою він контактує, і забезпечити паралельності торців ножів та решіток (рис. 5.83, в). Покращено умови заточування – стає можливим заточувати корпус 1 окремо від ступиці 2, яка має буртик 5. Виконання корпусу ножа намагніченим дозволяє покращити зручність його встановлення та зняття в різальному вузлі.

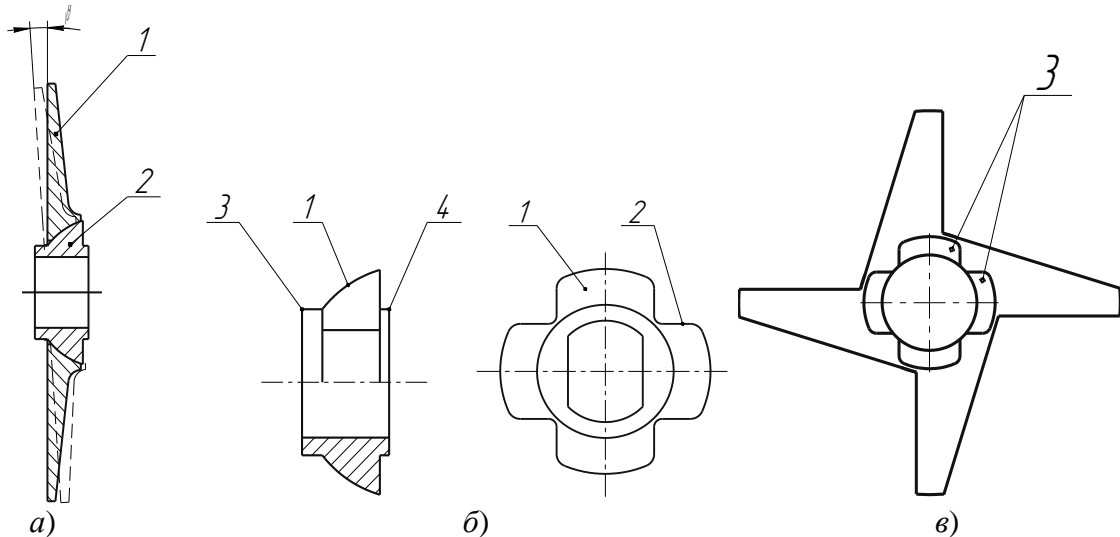


Рис. 5.84 – Будова ножа, що здатен самовстановлюватися відносно решітки

Далі виконаємо вдосконалення конструкції пристрою фіксації різального комплексу. Для цього необхідно забезпечити виконання вимог 9, 1, 2, 3 табл. 5.8, що дасть можливість зменшити витрати часу на встановлення та зняття деталей різального комплексу і підвищити параметричну надійність роботи різального вузла.

Вирішити ці задачі дозволить конструкція [54] пристрою (рис. 5.85), який обладнаний рухомою кареткою 11, прихватами 10, пружиною притисною 12, пружинами стиснення 9, гайкою упорною 2 та гідроциліндром 14. Зусилля стискання різального комплексу створюється пружиною притисною 12, що діє на каретку 11, в якій закріплені прихвати 10. Прихвати 10 передають зусилля стискання до решіток через кільце 8 та кільце 7.

При необхідності заміни різального комплексу вмикається гідропривід, і каретка 11 під дією гідроциліндра 14 починає рухатися вздовж осі горловини 1 у напрямку до її вихідного торця. Прихвати 10 мають криволінійні пази, якими вони взаємодіють із упорними гвинтами 13, що дозволяє забезпечувати їх обертання навколо власних осей. Завдяки цьому при русі каретки 11 прихвати звільняють різальний комплект, ножі та решітки якого виводяться із горловини вовчка за допомогою пружин стиснення 9.

Після чергового встановлення різального комплексу подача робочої рідини до гідроциліндра 14 припиняється, чим зумовлюється зворотний рух каретки 11 під дією пружини 12 та фіксація деталей різального комплексу.

Застосування у різальному вузлі пружин стиснення 9 забезпечує плавність руху при затисненні та належне встановлення ножів 6 та решіток 5.

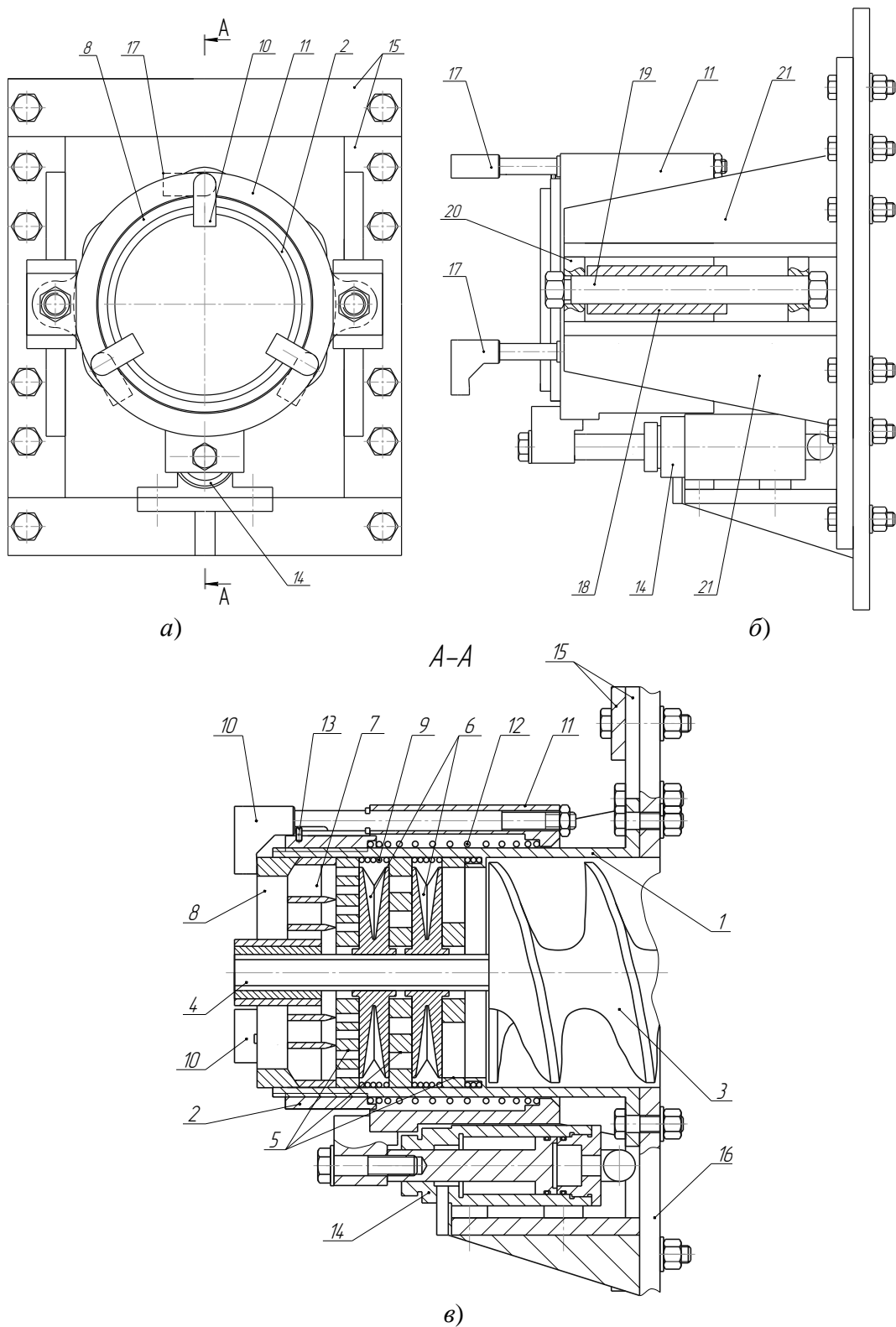


Рис. 5.85 – Будова пристрою для фіксації різального комплекту:
 а) вид спереду; б) вид збоку (прихвати у положенні «відкрито»);
 в) вид збоку (прихвати у положенні «закрито»)

При русі ножів та решіток виникають перекидальні моменти M_{opr} (рис. 5.86, а), що призводить до перекошування ножів 1 та решіток 2 на кут α . Щоб позбутися цього негативного явища, необхідно позбутися негативного впливу перекидального моменту M_{opr} . Цього можна досягти, компенсавши момент M_{opr} іншим моментом зворотного напрямку.

Такий вплив можна здійснити за допомогою пружини стиснення 3. Як відомо, величина сили тиску пружини (сили пружності $F_{\text{упр}}$) прямо пропорційна величині деформації пружини. Таким чином, при перекошуванні решітки на її верхню частину діятиме більша сила $F_{\text{упр1}}$, аніж на нижню частину ($F_{\text{упр2}}$). Також у запропонованій конструкції витримування заданого оптимального значення сили притискання ножів та решіток забезпечується шляхом застосуванням притискної пружини (рис. 5.86, б).

З метою забезпечення автоматизованої видачі різального комплекту в разі аварійної зупинки вовчка пристрій доцільно оснастити датчиками для вимірювання тиску сировини та її температури. Це дозволить контролювати параметри роботи вовчка в автоматичному режимі.

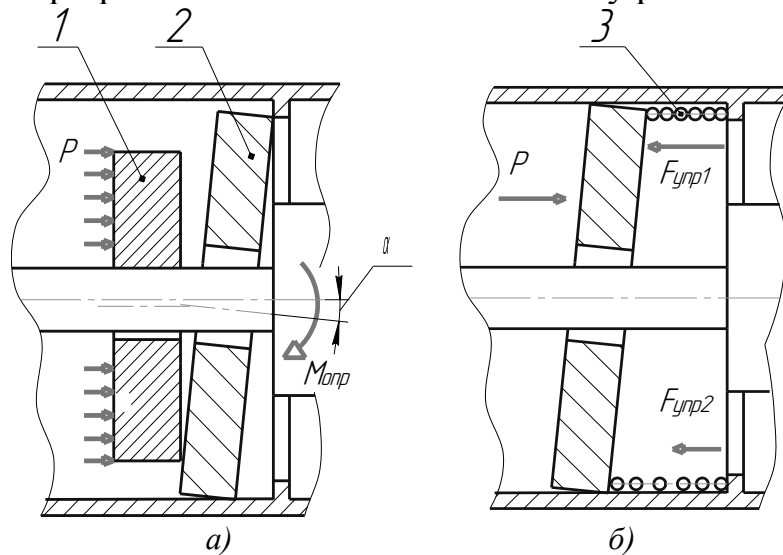


Рис. 5.86 – Схема дії сил на елементи різального комплекту

При надмірному зношуванні різальних крайок ножів процес подрібнення порушується, при цьому підвищується температура сировини. В запропонованій конструкції вовчка [11] в разі перевищення заданого значення температури сировини датчик подає сигнал до системи керування, внаслідок чого привод шнека зупиняється та вмикається гідропривід пристрою для фіксації різального комплекту. Комплект автоматично виводиться з горловини, при цьому на панелі керування вмикається індикатор температури, який сигналізує операторові машини про причину її зупинки.

У випадку, коли забиваються отвори вихідної решітки, спрацьовує інший датчик – тиску. Він сигналізує про перевищення встановленого значення тиску сировини на вихідну решітку. В цьому разі також зупиняється привод вовчка та автоматично виштовхується різальний комплект, а на панелі керування вмикається індикатор тиску.

Така будова вовчка дозволяє вказати оператору вовчка причину зупинки машини та зменшити обсяги ручної праці, що прискорює виправлення технічної несправності та введення в дію машини.

Прикладом знаходження більш ефективних шляхів виконання вимог, яким було присвячено найбільшу кількість технічних рішень, може бути

конструкція вихідної решітки вовчка [8] (див. п. 5.2.5, рис. 5.44, д). Таке технічне рішення спрямоване на виконання вимоги 1 (табл. 5.6) при одночасному виконанні вимог 2, 3, 4.

Подібним чином може бути проведено вирішення й інших задач, що впливають з аналізу табл. 5.6–5.8.

5.2.8 Аналіз розроблених рішень на предмет винаходу та їх подальший розвиток

Розв'язок складних технічних задач можливий переважно при застосуванні нетрадиційних, оригінальних технічних рішень, які, в свою чергу, часто мають рівень винаходу.

Винахід – це результат творчої діяльності людини у будь-якій галузі техніки та технології, який має національну або світову новизну. Об'єктом винаходу може бути новий пристрій, спосіб, речовина, а також застосування раніше відомих пристроїв, способів, речовин за новим призначенням [5].

Різні технічні задачі володіють неоднаковою складністю, відповідно для їх вирішення можуть знадобитися різні витрати зусиль та часу. Проте, незважаючи на це, винаходами можуть бути визнані як рішення найпростіших, так і рішення найскладніших технічних проблем і задач. Існує п'ять рівнів винаходів, відповідно технічні задачі прийнято ділити на п'ять рівнів.

Перший рівень. Вирішення таких завдань не пов'язане з усуненням технічних суперечностей і приводить до найдрібніших винаходів (так би мовити «невинахідницькі винаходи»). Завдання першого рівня і засоби їх вирішення лежать у межах однієї професії, вирішення задачі під силу кожному фахівцеві. Об'єкт завдання вказаний точно і правильно, варіантів змін мало, зазвичай не більше десяти. Самі зміни локальні: необхідно трохи перебудувати об'єкт. Зміни не відбиваються на ієрархії систем.

Прикладом винаходу першого рівня може бути ліхтарик, що закріплюється на захисній касці шахтаря.

Другий рівень. Це завдання, що містять технічні суперечності, які можуть бути легко подоланими за допомогою способів, відомих стосовно споріднених систем. Наприклад, завдання, що відноситься до токарних верстатів, вирішується прийомом, що вже використовується у верстатах фрезерних або свердлувальних. Змінюється (і то частково) тільки один елемент системи. Відповіді на завдання другого рівня – це так би мовити «дрібні» винаходи. Для отримання відповіді зазвичай доводиться розглянути декілька десятків варіантів рішення.

Третій рівень. У цьому випадку технічна суперечність і спосіб її подолання знаходяться в межах однієї науки, тобто механічне завдання вирішується механічно, хімічне завдання – хімічно тощо. Повністю змінюється один із елементів системи, частково змінюються інші елементи. Кількість варіантів, що розглядаються в процесі вирішення, вимірюється сотнями. В результаті отримується добротний «середній» винахід.

Наприклад, кулькова ручка – це типовий винахід третього рівня.

Четвертий рівень. У винаходах четвертого рівня синтезується нова технічна система. Оскільки ця система не містить технічних протиріч, інколи створюється враження, що винахід зроблений без подолання ТП. Насправді ТП було, проте відносилось воно до прототипу – до старої технічної системи. У завданнях четвертого рівня суперечності усуваються засобами, що часом далеко виходять за межі науки, до якої відноситься завдання (наприклад, механічне завдання вирішується хімічно).

Кількість варіантів, необхідних для знайдення правильної відповіді, вимірюється тисячами і навіть десятками тисяч. У результаті отримуємо «крупний» винахід. Нерідко знайдений принцип є «ключем» до вирішення інших завдань другого-четвертого рівнів.

П'ятий рівень. Найчастіше вирішення завдань п'ятого рівня стає можливим лише після відкриття нових ефектів та явищ. Загалом винахідницька ситуація є клубком складних проблем (наприклад очищення океанів і морів від нафтових та інших забруднень). Кількість варіантів, яку необхідно перебрати для вирішення, практично необмежена. У результаті вирішення створюється «найбільший» винахід. Цей винахід створює принципово нову систему, вона поступово обростає винаходами менш великими. Виникає нова галузь техніки. Прикладами можуть служити радіо (радіотехніка), кіноапарат (кінотехніка), лазер (квантова оптика) тощо.

Оперативному діагностуванню отриманого рішення на предмет винаходу може сприяти використання табл. 5.9 [5].

Таблиця 5.9

Ідентифікація запропонованих технічних рішень на предмет винаходу

Сутність отриманого технічного рішення	Чи є запропоноване рішення винаходом?
Створення принципово нових технічних об'єктів, в основу яких покладені результати нових відкриттів, відомі фізичні ефекти або явища	Так
Поліпшення характеристик існуючих технічних об'єктів шляхом зміни одного або декількох основних елементів, якщо в останніх використовуються результати нових відкриттів, відомі фізичні ефекти або явища	Так
Застосування раніше відомих технічних об'єктів за новим призначенням (без істотних змін, коли позитивний ефект виходить саме завдяки цьому застосуванню)	Так
Розробка нових методів і систем організації і управління господарством (планування, постачання, облік, прогнозування тощо)	Ні
Створення нових методів розрахунку, методів наукових розробок і проектування	Ні
Реалізація нових технічних об'єктів, що суперечать принципам гуманності, моралі і суспільним інтересам	Ні
Отримання результатів відкриттів, розробка наукових теорій або нових положень науки, що не вирішують яких-небудь конкретних завдань	Ні
Створення нових або поліпшення існуючих технічних об'єктів шляхом використання декількох відомих елементів (механізмів, вузлів, прийомів), якщо це дає загальний ефект, що перевищує просту суму ефектів від роздільного застосування кожного з елементів	Так

Продовження табл. 5.9

Незначні поліпшення характеристик маловідомих технічних об'єктів	Ні
Те ж стосовно широковідомих об'єктів	Так
Виключення елемента з широковідомого об'єкта, якщо в результаті об'єкт перестає виконувати функції цього елемента	Ні
Те ж при збереженні всіх функцій об'єкта	Так
Додавання в об'єкт подібного або відомого раніше елемента, якщо це не забезпечує появи нових позитивних властивостей	Ні
Те ж, якщо забезпечуються нові позитивні властивості	Так
Включення в об'єкт елементів, якщо не передбачена взаємодія між ними	Ні
Зміна співвідношення елементів об'єкта, що забезпечує нову властивість, нову дію об'єкта	Так
Просте переміщення елемента в об'єкті, що не супроводжується помітною зміною властивостей	Ні
Перестановка або зміна розташування елементів об'єкта, що забезпечує йому нову властивість, новий результат	Так
Вибір для об'єкта найкращого з відомих матеріалів, якщо це не дає ефекту	Ні
Заміна матеріалу іншим, хоч би й відомим, таким, що дає новий ефект	Так
Заміна елемента об'єкта відомим заміником цього елемента	Ні
Зміна форми об'єкта, що не розширює його функцій	Ні
Те ж, якщо забезпечується розширення функцій об'єкта	Так
Виготовлення не розбірного раніше об'єкта розбірним, і навпаки, якщо це трохи змінює його властивості	Ні
Те ж, якщо це забезпечує йому нові корисні властивості і новий результат	Так
Виготовлення об'єкта переносним	Ні
Конструктивні зміни об'єкта, завдяки яким він стає портативним, легше виготовлення, а також зменшується вартість	Так
Виготовлення об'єкта таким, що легше адаптується, пристосовується, обслуговується	Ні
Забезпечення об'єкта пристосовністю, що додає нові властивості, можливість нової дії і результату	Так
Створення способу лабораторних досліджень, що має істотні відмінності від використаного раніше	Так
Застосування в заводському масштабі способу, узятото з лабораторної практики, якщо до цього способу не внесені істотні зміни	Ні

Рішення, отримане в ході розв'язування складної технічної задачі, може задовольняти вимогам винаходу, однак це не означає, що воно володіє максимальною ефективністю. Отримане початкове рішення можна і потрібно розвинути (удосконалити, знайти нові галузі його застосування).

Передумовою такої можливості є те, що найчастіше інженер-винахідник, знайшовши рішення задачі, схильний вважати свою місію закінченою. В результаті нова технічна ідея використовується тільки частково, не повною мірою. Умовно кажучи, виявивши в саду яблуню, можна зірвати одне яблуко і тут же забути про всі інші і про саме дерево. Це не найкращий спосіб, але саме так і поступають багато винахідників.

Змінюючи суть того чи іншого об'єкта (машини, частини машини, процесу, частини процесу), винахідник разом з тим схильний зберігати стару форму.

Перше парове судно, побудоване в кінці XVIII ст. американським винахідником Фітчем, приводилося в рух веслами. Веслярі були замінені паровим двигуном, в іншому стара форма корабля не змінилася. Перший автомобіль в точності повторював форму звичайної карети. Перші електродвигуни, створені в середині минулого століття, в точності відтворювали формою парову машину: циліндр в них був замінений порожнистою електромагнітною котушкою, а поршень – металевим стрижнем. Коли по обмотці машини пробігав електричний струм, стрижень втягувався в котушку. При перемиканні струму стрижень повертався назад. Поворотно-поступальний рух перетворювався на обертальний за допомогою коромисла, подібного до балансира парової машини. Згодом були створені електродвигуни з ротором, що обертався, і відразу відпала потреба в громіздкому кривошипно-шатунному механізмі. Стара форма спочатку панує і в багатьох сучасних машинах.

Після знаходження початкового рішення, тобто за оперативною стадією творчого процесу, повинна йти інша стадія – синтетична.

Синтетична стадія здійснюється в декілька кроків:

- 1) внесення змін до форми досліджуваного об'єкта (новій сутності машини повинна відповідати нова форма);
- 2) внесення змін до інших об'єктів, пов'язаних з досліджуванним;
- 3) внесення змін до методів використання об'єкта;
- 4) перевірка можливості застосування знайденого принципу винаходу до рішення інших технічних завдань.

Перший крок синтетичної стадії полягає в тому, щоб надати зміненому об'єкту нової форми, яка відповідає новій суті. Це досягається конструкторськими прийомами і не становить особливої складності. Проте, незважаючи на красномовні уроки історії, винахідники зазвичай зберігають застарілу, традиційну форму об'єкта. Тут позначається чисто психологічний момент. Винахідник сприймає свою ідею як покращення вже відомої машини. При цьому нова машина мислиться у вигляді дещо виправленої або доповненої старої машини. Винахідникові важко відразу зрозуміти, що висунута ним ідея, по суті, означає створення принципово нової машини, яка в усьому може і повинна відрізнитися від свого прообразу.

«Відставання» форми зовсім не є фатальною закономірністю. Завжди є можливість безпосередньо за зміною суті машини змінити і її форму.

Можна навести такий приклад. У двомоторних гвинтових літаків двигуни розташовуються на крилах. Викликано це тим, що авіаційні гвинти мають великий діаметр, і тому неможливо присунути двигуни впритул до фюзеляжу. Крила, на яких розташовані двигуни, доводиться виконувати міцнішими і, відповідно, важчими. Крім того, збільшується загальний опір: при русі літака повітря тисне на три «лоби» – фюзеляж і два двигуни (рис. 5.87, а).

Перший серійний реактивний літак-винищувач «ME-262» мав два реактивні двигуни. Конструктор В. Мессершмітт не зміг подолати впливу старої форми: гвинтів вже не було, але двигуни, як і раніше, розміщувалися на крилах (рис. 5.87, б).

Радянський турбореактивний винищувач «МиГ-9» при тій самій потужності двигунів значно обійшов «МЕ-262» за швидкістю. Річ у тому, що конструктор А. Мікоян прибрав обидва двигуни у фюзеляж (рис. 5.87, в) і отримав один «лоб» опору замість трьох. «МиГ-9» обійшов за швидкістю і англійський «Метеор-1». Причина та сама: англійські конструктори «за традицією» зберегли стару форму двомоторного літака.

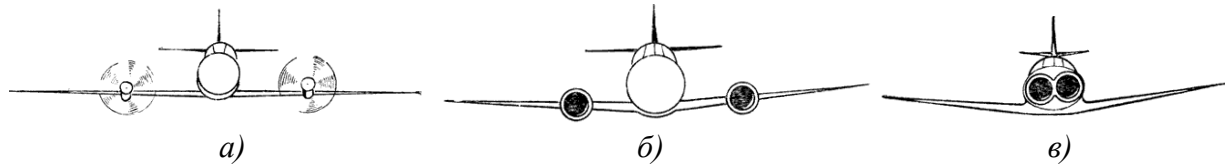


Рис. 5.87 – Зміна схеми розташування двигунів літака як приклад зміни форми технічного об'єкта після його удосконалення

Другий крок синтетичної стадії полягає в тому, щоб змінити ті об'єкти, які працюють спільно з досліджуваним.

Третій крок синтетичної стадії полягає в тому, щоб розробити для нової машини і нові методи використання, інакше кажучи, по-новому організувати працю на новій машині. Про це часто забувають навіть самі досвідчені винахідники.

І, нарешті, останній етап творчого процесу, четвертий крок – перевірка можливості застосування знайденого принципу до вирішення інших завдань.

Наприклад, широко відома конструкція м'ясорізальних вовчків (рис. 5.88, а), в якій передбачено роздільний привод шнека 1 та ножового вала 2 (ножовий вал 2 проходить крізь пустотілий шнек 1). При цьому шнек приводиться в дію від шківів 3 більшого діаметра, а ножовий вал – від шківів 4 меншого діаметра (введено додаткові підшипникові опори 6).

Внаслідок такої зміни кінематичної схеми ножі 5 обертаються швидше за робочий шнек 1, чим досягаються більш сприятливі умови для подачі сировини крізь різальний комплект та, відповідно, відбувається підвищення продуктивності вовчка. Прикладом вовчка такої будови може служити вовчок К6-ФВП-160 виробництва ВАТ «Полтавамаш» та ін.

Але роздільний привод робочого шнека і ножів дозволив змінити будову (форму) вовчка і в іншому. В роботі [61] авторами запропоновано використати конструкцію такого вовчка для побудови вовчка-мішалки.

Так, пропонується розташувати в бункері вовчка (рис. 5.88, б) змішувальні вали 7 і 8 з лопатями, обертання яких відбувається спільно з робочим шнеком 1 за допомогою приводу 9 та зубчастої передачі 10. При обертанні змішувальних валів 7 і 8 в режимі перемішування сировина зсувається ними переважно від завантажувального вікна шнека. При роботі вовчка в режимі подрібнення напрямок обертання двигуна приводу 9 змінюється і таким чином змішувальні вали подають сировину до завантажувального вікна робочого шнека. Сам робочий шнек при змішуванні обертається відповідно у режимі реверсу, чим забезпечує достатньо надійне перешкодження витіканню сировини з бункера при перемішуванні.

Подальшим кроком розвитку цієї конструкції вовчка є зміна об'єктів, з якими працює вовчок. В контексті цього прикладу такою зміною має бути підвищення продуктивності фаршемішувачів, кутерів та іншого обладнання, яке працює в одній технологічній лінії з вовчком.

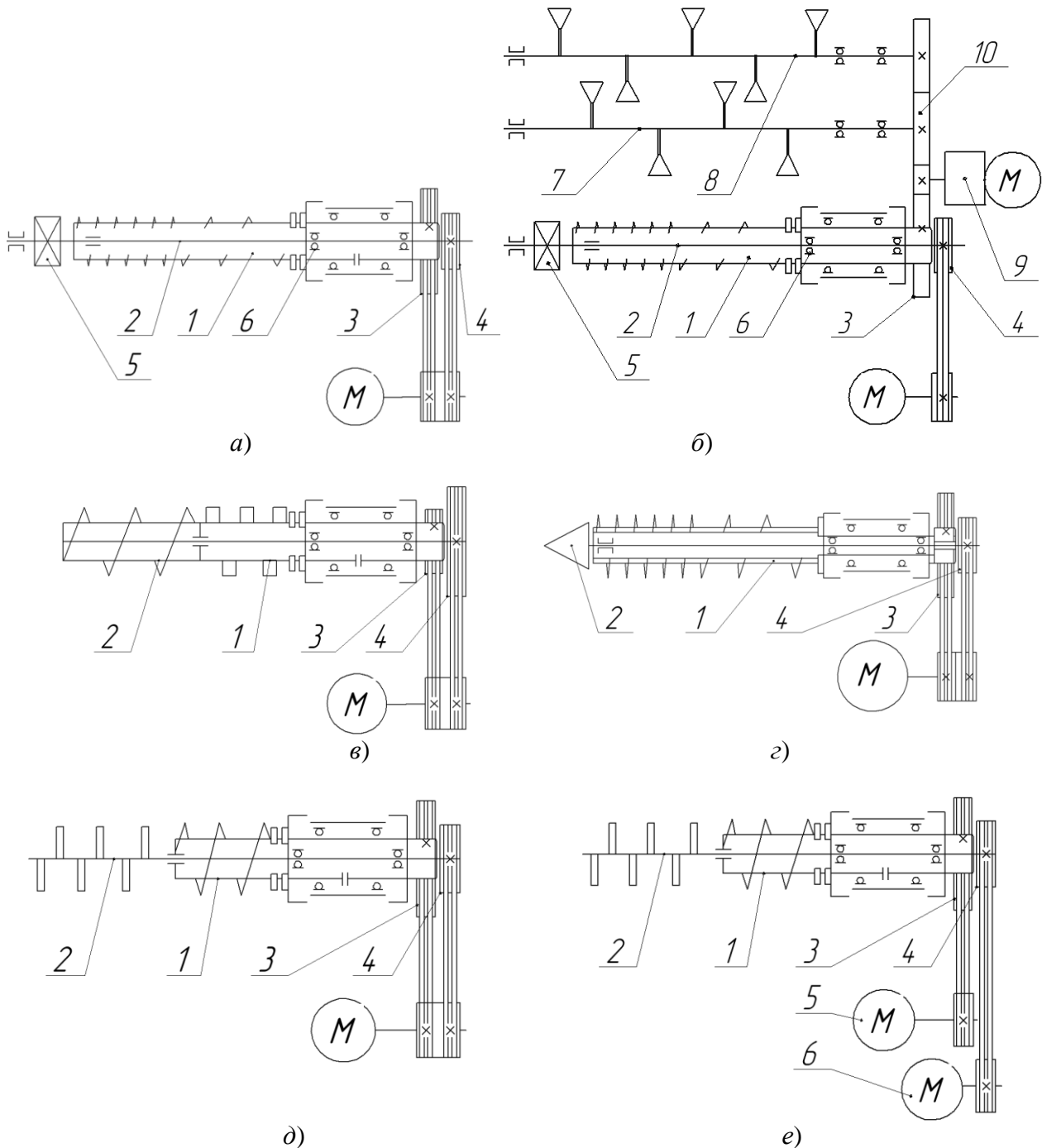


Рис. 5.88 – Приклади застосування отриманого рішення в інших галузях, а також його розвитку, кінематичні схеми:

а) м'ясорізального вовчка; б) вовчка-мішалки; в) фризера для приготування морозива; г) зернового екструдера; д, е) тістомісильної машини безперервної дії

Наступним кроком по розвитку технічної системи «Вовчок» в цьому випадку має бути зміна методу його використання. Дійсно, кінематична схема, що зображена на рис. 5.88, б, дозволяє зменшити тривалість підго-

товчих операцій при роботі вовчка. Можливість ввімкнення ножового вала 2 з деяким запізненням відносно початку обертання робочого шнека 1 дозволяє забезпечити умови, при яких м'ясна сировина спочатку буде подана до різального комплекту, а потім ножі почнуть обертатися. Цим самим забезпечується змащування різального комплекту перед початком його роботи. Необхідність виконання ручного змащування в такому разі відпадає.

Ще однією зміною способу експлуатації вовчка є можливість варіювати частоту обертання ножів відносно шнека, тобто – змінювати ступінь подрібнення сировини без заміни решіток.

Далі слід перевірити можливість застосування знайденого принципу (технічного рішення) до рішення інших технічних завдань.

Машини, робочий орган яких має вигляд подовженого обертового вала тієї чи іншої будови, широко розповсюджені в різних галузях харчової промисловості. Відповідно технічна можливість забезпечити оптимальні умови проходження робочого процесу в різних зонах такого вала заздалегідь обіцяє отримання певних переваг.

В роботі [72] запропонована конструкція фризера періодичної дії, в якій реалізовано роздільний привод окремих співвісних частин робочого органу (рис. 5.88, в). За рахунок цього частина мішалки, що знаходиться в зоні завантажувального вікна робочого циліндра, обертається з підвищеною частотою (діаметр шківів 3 менший за діаметр шківів 4).

Відомим конструкціям фризерів властивий такий недолік, як недостатнє значення показника збитості морозива. Причиною є те, що перемішування розчиненого у молочній суміші повітря проводиться по всій довжині циліндра при недостатньо високій швидкості обертання змішувальних робочих органів. Причому змішування та роздрібнення бульбашок повітря відбувається в суміші, яка замерзає та має значну густину. Це призводить до погіршення якості морозива та до зменшення його виходу. Використання запропонованої кінематичної схеми (рис. 5.88, в) дозволяє проводити аерацію суміші з високою інтенсивністю та у рідкому її стані. Стає можливим покращити показники роботи фризера.

Це ж технічне рішення (кінематична схема вовчка з роздільним приводом) використано при вдосконаленні [47, 64] зернових екструдерів (рис. 5.88, г). Швидке обертання наконечника 2 відносно пресувального шнека 1 дозволяє інтенсифікувати нагрів сировини без погіршення продуктивності та без простоювання екструдера (див. п. 5.2.5).

Застосування роздільного приводу окремих частин одного ротора актуальне і для інших видів обладнання харчових виробництв, зокрема – для тістомісильних машин. На рис. 5.88, д наведено кінематичну схему тістомісильної машини безперервної дії [77]. Як відомо, однокамерні тістомісильні машини мають конструкцію меншої складності, ніж багатокамерні, проте якість обробки тіста та можливості зміни режимів роботи в них гірші. Використання роздільного приводу змішувального шнека 1 та пластифікуючих пальців 2 дозволяє реалізувати оптимальні умови для прохо-

дження окремих стадій процесу змішування тіста (пластифікація тіста відбувається при підвищеній частоті обертання лопатей).

Проте і цю схему можна розвинути. Так, використання окремих приводів 5 і 6 (рис. 5.88, *e*) для обертання змішувального шнека 1 та пластифікуючих пальців 2 дозволяє ефективно змінювати параметри процесу змісу для тіста різних видів і рецептурного складу.

Нижче наведено ще один приклад застосування отриманого технічного рішення для вирішення інших технічних задач.

Відомо, що до різального інструмента кутерів висувається низка вимог задля забезпечення ефективної його роботи. Так, ножі одного з виробників (рис. 5.89, *a*) встановлюються безпосередньо на ножовий вал 3 кутера. При цьому посадочна частина 2 ножа має хвостовик 4, який призначений для регулювання зазору між лезом 1 ножа та чашею 5. Після заточування ножа його габарит зменшується, через що збільшується величина робочого зазору δ між ножом та чашею. Задля забезпечення оптимальних умов тонкого подрібнення сировини передбачено можливість компенсації величини зазору δ : кінець хвостовика 4 зішліфовується, внаслідок чого ніж при розміщенні на валу 3 розташовується ближче до поверхні чаші.

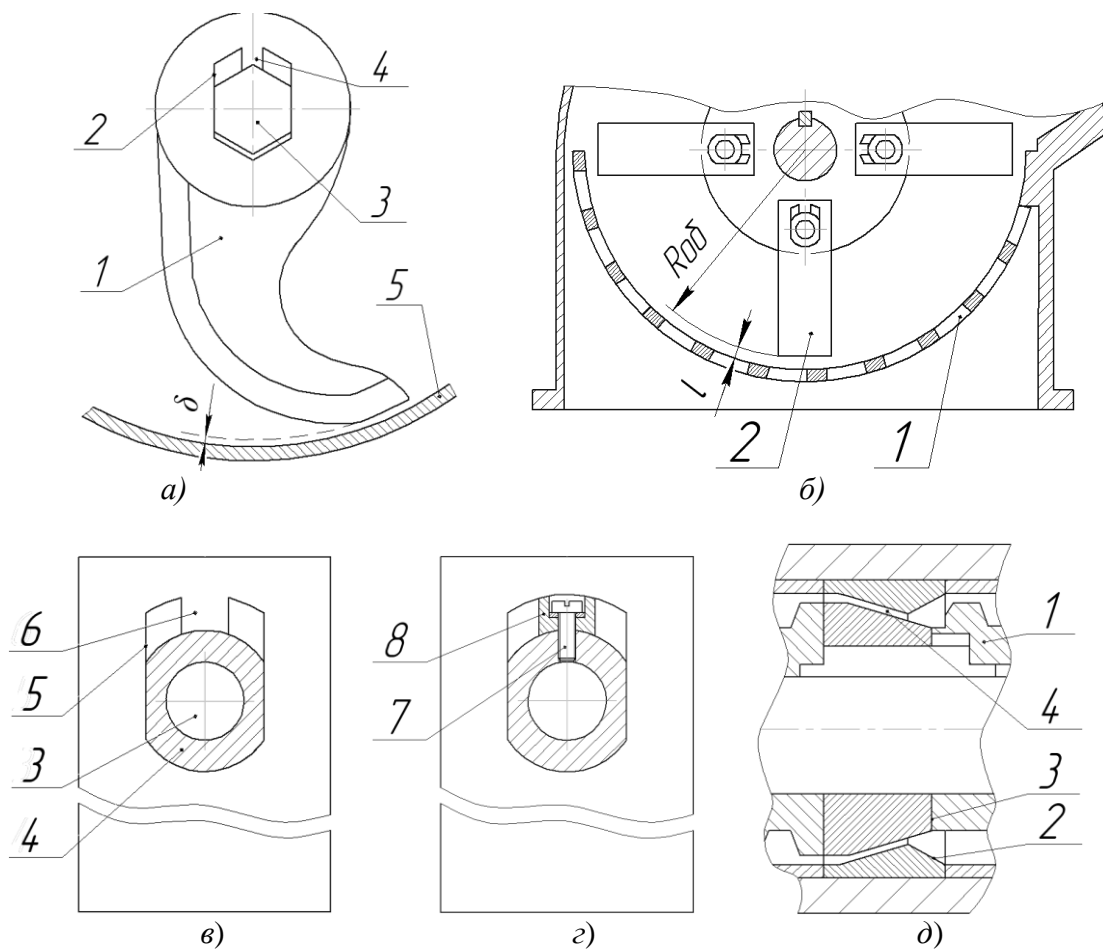


Рис. 5.89 – Приклади застосування отриманого рішення в інших галузях:

- a*) ніж кутера; *б*) схема молоткової дробарки; *в*, *г*) молотки дробарки;
д) вузол для нагрівання сировини в екструдері

Цей же принцип покладено в основу технічного рішення [75] по вдосконаленню молоткової дробарки (рис. 5.89, б). Під час роботи дробарки поверхня молотків підлягає інтенсивному зношуванню. При цьому зменшується не лише їх ширина, а й їх довжина, внаслідок чого зменшується радіус обертання молотка $R_{об}$ та, відповідно, збільшується зазор l між решіткою 1 та молотками 2. При подрібненні кісткової жиромісної сировини таке збільшення зазору суттєво погіршує умови очищення решітки обертовими молотками, продуктивність процесу подрібнення знижується або він зовсім припиняється.

З метою вирішення цієї задачі авторами запропоновано на осі 3 встановлювати фасонні втулки 4, а посадочні отвори 5 молотків виконати відповідної конфігурації та застосувати у складі поверхонь молотка хвостовик 6 (рис. 5.89, в). Відповідно після визначеного напрацювання молотків на зношування необхідно провести зішліфовування кінців хвостовиків 6, після чого при складанні вони будуть розташовані ближче до поверхні решітки 1, витримуючи задане значення зазору l .

Отримане технічне рішення також можливо розвинути. З метою спрощення налагоджувальних робіт та усунення необхідності використовувати додаткове оснащення молотки слід виконати такими, як на рис. 5.89, г. В такому разі при налагодженні дробарки необхідно відкрутити гвинти 7 та зняти упори 8, молотки при цьому займуть необхідне положення. А налагодження дробарки буде проведене в найкоротшій термін.

Описаний вище принцип (зняття шару матеріалу з поверхні деталі для того, щоб при її встановленні було забезпечена належна її взаємодія з іншими деталями вузла) можна застосувати для розвитку іншого виду обладнання – зернових екструдерів (рис. 5.89, д) [47, 69]. Детальніше ця конструкція описана в п. 5.2.5. Можна зробити висновок, що знаходження нових, нетрадиційних, найефективніших рішень – це процес достатньо складний, який може бути здійснений лише за умови дотримання низки вимог при його реалізації.

Для успішного рішення цієї задачі необхідно використовувати в своїй роботі цілу гамму методик та положень, які формалізують винахідницьку роботу та утворюють її методологічну основу.

Такими методиками можна вважати наступні положення та інструменти теорії технічних систем:

- закони розвитку технічних систем;
- стандарти на усунення технічних протиріч;
- типові прийоми розв'язання технічних протиріч;
- алгоритм вирішення винахідницьких задач;
- функціонально-вартісний аналіз;
- етапи розвитку знайденого технічного рішення.

Використовуючи такий інструментарій, інженер або конструктор здатен робити аналіз, знаходити невирішені актуальні технічні задачі та проводити їх розв'язання, розвиваючи цим самим техніку та технологію харчових виробництв.

6 ПРОЕКТУВАННЯ МАШИН І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

6.1 Проектування машини або апарату

6.1.1 Послідовність прийняття проектних рішень

При проектуванні конструктор здійснює рух від визначення принципу дії до схеми, потім до виконання нарисів та ескізів і, нарешті, до оформлення проекту [23].

На початкових стадіях проектування конструктор поєднує безмасштабні промальовування з масштабними прокреслюваннями, при цьому ключові рішення бажано підтверджувати розрахунками.

Для ефективного проведення процесу проектування необхідна певна методика. Вона утворює послідовність ходу роботи над проектом, тобто послідовність переходів, які утворюють логічний процес проектування.

Проектування обладнання проводиться за такими етапами:

- 1) вивчення технічного завдання;
- 2) уточнення вимог, які висуваються до конструкції обладнання;
- 3) аналіз існуючих аналогів об'єкту проектування;
- 4) вибір принципу дії обладнання;
- 5) визначення режимів роботи основних та допоміжних робочих органів;
- 6) складання структурної схеми обладнання;
- 7) побудова кінематичної схеми;
- 8) вибір типів приводів та систем їх керування;
- 9) розроблення компоновання машини або апарату;
- 10) врахування санітарно-гігієнічних, ергономічних та естетичних вимог до конструкції обладнання;
- 11) проведення розмірного аналізу;
- 12) поділ конструкції обладнання на окремі вузли і агрегати та визначення вихідних вимог до їх конструктивного оформлення.

На практиці проектування може здійснюватись декількома достатньо відмінними способами.

При першому способі конструктор розробляє укрупнене компоувальне креслення або ряд креслень, які відображають концепцію виробу. На них орієнтовано визначається місце усіх вузлів або агрегатів. Потім до проектування підключається необхідна кількість конструкторів, які розробляють креслення загальних видів вузлів і агрегатів. При цьому провідний конструктор стежить за взаємною ув'язкою вузлів, прокреслюючи їх на компоувальному кресленні, вносить до них необхідні виправлення. Під час цієї роботи можуть уточнюватись або змінюватись сусідні вузли і, відповідно, компоувальне креслення. Даний спосіб дозволяє прискорити розробку і скоротити терміни, але вимагає високої кваліфікації виконавців і значної уваги від провідного конструктора.

При другому способі компоувальне креслення виробу розробляють більш детально. На ньому провідний конструктор визначає місце і розташування визначальних вузлів і їх принципову конструкцію (тобто це проводиться до розробки креслень вузлів). Креслення вузлів і агрегатів розробляють після розробки компоувального креслення. Компоувальне креслення при цьому виконують на одному або декількох кресленнях різними кольорами; кожен колір характерний для певного перетину. Даний спосіб дозволяє весь час бачити структуру виробу. Але важким є застосування цього способу при пошуку варіантів.

При третьому способі провідний конструктор достатньо детально розробляє компоувальне креслення, на ньому визначає місце, структурну схему і побудову вузлів і агрегатів. Для компоувального креслення конструктор вибирає масштаб і задає його для компоувальних креслень вузлів. Далі в роботу включаються розробники вузлів. Перевагою даного способу є те, що набір креслень вузлів дозволяє як би побачити послідовність побудови виробу, швидко створити компоувальні креслення, знайти оптимальні варіанти вирішення вузлів і їх зв'язків.

При розробці компоувальних креслень можливі і інші способи і поєднання відмічених способів, але у всіх випадках розробка компоувального креслення украй бажана. Креслення вузлів і агрегатів у всіх випадках повинні мати достатню кількість проекцій. Компоувальна частина вузла або агрегату повинна давати вичерпне уявлення про прив'язки вузла, про його розташування у виробі, про зв'язок із сусідніми вузлами.

Після прочитання завдання у конструктора виникає перший уявний образ можливого вирішення конструкції. Він знайомиться з додатком до технічного завдання, робить пошук патентної та іншої інформації та приступає до детального вивчення всіх вимог завдання і кінцевої мети всієї роботи.

Працюючи над завданням, конструктор насамперед з'ясовує, що саме дано в завданні, що повністю ясно і визначено, що не відбите або відбите не повністю, а знати необхідно, він розпитує того, хто видає завдання і знайомиться з причинами виникнення завдання.

При розгляді завдання, конструктор повинен з'ясувати:

- прогнозовані режими роботи обладнання, продуктивність, прогнозовані умови експлуатації, умови монтажу і т. д.;
- тип системи автоматизації обладнання – напівавтомат, автомат, роботизоване обладнання, або їх комбінації;
- спосіб подачі сировини до машини та її відведення (лотки і склізи, транспортери, індивідуальні живильники, завантажувально-розвантажувальні пристрої машини, маніпулятори, роботи тощо);
- умови розміщення машини в технологічній лінії – місце машини, бажані габарити і зони обслуговування, підведення і відведення продукції, енергії, відходів тощо;
- зовнішні зв'язки, основні блокування і сигналізацію –включення в роботу машин за наявності сировини на позиції завантаження,

і виключення при їх відсутності відразу, з витримкою часу, або по командах оператора, основні визначальні зовнішні зв'язки блокування, потрібний об'єм сигналізації або іншої інформації про роботу машини, яка подається на пульт керування або протоколюється;

- що потрібно робити з сировиною, яка знаходиться в обладнанні, в разі планового (обідня перерва, кінець або початок зміни) і аварійного останову обладнання, чи потрібне в разі планового останову вивантаження сировини, скільки часу сировина може знаходитися в обладнанні при його зупинці;
- умови пуску обладнання (для деяких машин або апаратів необхідне попереднє розігрівання, яке може займати немало часу, для нормальної роботи деяких автоматичних ліній, що містять машини з великим об'ємом, сировини потрібне обов'язкове їх заповнення і т. ін.);
- умови забезпечення потрібної якості обробки сировини;
- вимоги техніки безпеки і виробничої санітарії стосовно даної машини, вимоги естетики і ергономіки;
- якими пристроями та пристосуваннями передбачається оснастити машину в майбутньому (робота від ЕОМ, живильники, маніпулятори тощо);
- чи є обґрунтованим конструктивне рішення і застосування кожного елемента і механізму, чи правильно виконані їх параметри, чи не допущені помилки в замовленні кількості елементів і чи узгоджені комплектуючі вироби тощо;
- чи враховані вимоги прогресивної складальної технології, забезпечення зручності складання, розбирання, регулювання, та обслуговування під час експлуатації;
- чи виконано правильне раціональне структурне ділення машини на складові частини (що є дуже важливим і має велике значення для організації виробництва, воно сприяє підвищенню якості розробки конструкції машини за рахунок звуження спеціалізації конструкторів, забезпечує оперативне рішення питання нового проектування і поточного виробництва, прискорення процесу виготовлення машини за рахунок паралельної розробки вузлів відповідними працівниками, що врешті дозволяє суттєво скоротити термін розробки проекту та виготовлення обладнання, прискорення процесу складання виробу);
- чи в достатньому ступені використовуються уніфіковані деталі і вузли, стандартні і купувальні вироби;
- чи відповідає машина вимогам замовлення і сучасному рівню розвитку техніки тощо.

Уточнення всіх цих питань може допомогти конструктору більш точно створити свою уявну модель об'єкту проектування і побачити її в оточенні зовнішніх, зв'язків, в майбутній оснащеності, уявити умови її експлуатації та обслуговування.

Далі конструктор, поєднуючи промальовування без масштабу з прокреслюваннями в масштабі окремих визначальних місць, починає безпосередньо процес проектування.

Під час проектування конструктору інколи важко відмовитися від варіанту, що не виправдав себе, але який є цікавим. Часто виконання всіх вимог завдання, складених до того ж без належного обґрунтування, приводить до неможливості знайти оптимальне рішення, що відповідає всьому комплексу вимог. Або кращим може опинитися рішення, що відповідає більшій частині вимог, а рішення, що відповідає всім вимогам, виглядає погано скомпонованим, громіздким, ненадійним і т.д.

Зазвичай починаючий конструктор із запізненням, нерішуче йде на компроміс, тобто на деяке погіршення однієї вимоги за рахунок поліпшення останніх. Конструктору дуже важливо виховати в собі відчуття міри і рішучості в час і в потрібному об'ємі піти на компроміс і за рахунок погіршення одного параметра створити прогресивний виріб. Такі вміння є відмітною рисою конструктора, який фахово оволодів своєю професією.

Можна зробити висновок, що процес проектування є багатоетапним, при якому послідовне виконання операцій часто чергується з паралельним, а вже виконані етапи необхідно повторювати та уточнювати.

Успіх проектування залежить від здатності конструктора виділяти головні задачі як самого технічного завдання, так обраного типу обладнання. Також важливою є здатність конструктора одночасно оперувати багатьма параметрами та знаходити шляхи перенесення „резервів переваг” від одних параметрів до інших, що дозволяє „перенаправити” надлишковий рівень виконання корисних функцій одних елементів на „недостатній” рівень виконання функцій інших елементів машини.

В якості приклада, що характеризує устрій обладнання та функціональний взаємозв'язок його частин, нижче наведено опис будови скребкового транспортера вітчизняної торговельної марки BRONTO.

В п. 6.2.1 і п. 6.3.1 наведено опис складових частин цієї машини.

Скребковий транспортер призначений для горизонтального або похилого переміщення зерна і продуктів його переробки, а також, за погодженням з розробником, інших сипучих матеріалів.

Транспортер використовують для роботи у складі схеми технологічного процесу з тривалим режимом роботи, як усередині приміщення класу В так і на відкритому повітрі.

Транспортер скребковий складається (рис. 6.1) з приводу, секції приводної, секції завантажувальної, секції проміжних, секції натяжної та тягового органу (ланцюга зі скребками). На завантажувальному патрубку встановлена ручна засувка.

Приводна секція являє собою розбірний короб з кришкою, всередині якого розташована приводна зірочка. На секції встановлюється сигналізатор рівня СУМ-1, який призначений для зупинки транспортера у випадку заповнення порожнини приводної секції продуктом.

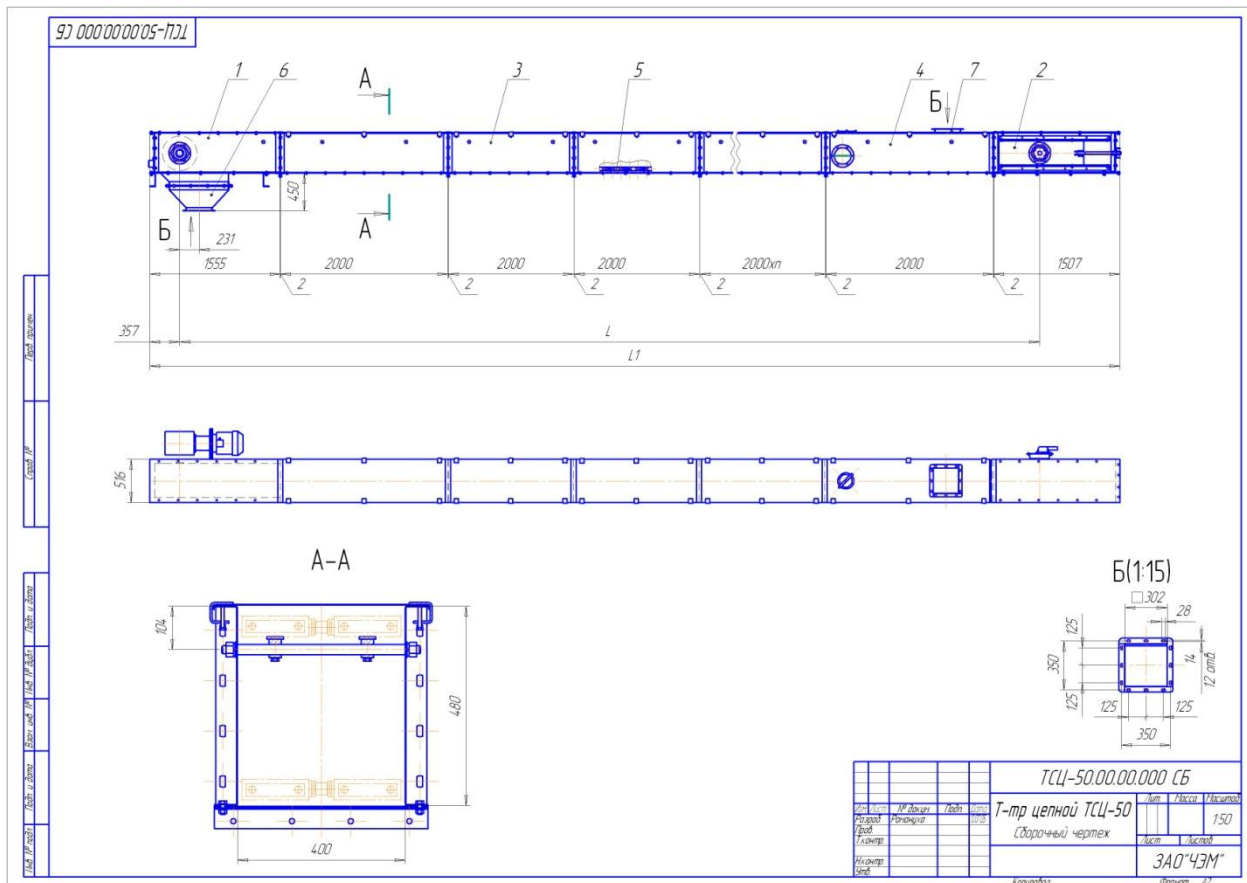


Рис. 6.1 – Загальний вид скребкового транспортеру

Проміжна секція виконана у вигляді короба, що складається з двох боковин, дна та кришки. Елементи секції кріпляться один до одного болтовими з'єднаннями. Конструкція проміжної секції відрізняється тим, що на ній додатково встановлені завантажувальний патрубок з засувкою і оглядові вікна. В завантажувальній та проміжних секціях встановлені напрямні для підтримки холостої гілки тяглового органу. Проміжна секція може виконувати функцію як завантажувальної, так і розвантажувальної секції при встановленні відповідних патрубків.

Секція натяжна представляє собою збірний короб, в якому встановлена вісь з натяжною зірочкою. Вісь натяжної зірочки обертається в підшипниках, корпуси яких закріплені на рухомих стінках. Натяг цепу здійснюється з допомогою двох гвинтів. На одному з корпусів підшипників натяжної зірочки встановлюється перемикач безконтактний БТП 101-24.

Тягловий орган представляє собою тягловий пластинчастий ланцюг, на зовнішніх пластинах якого закріплені металеві кронштейни з фторопластовими скребками 6.

Транспортер працює наступним чином. Продукт подається у завантажувальний патрубок, захоплюється скребками і транспортується до одного з розвантажувальних патрубків. Подача продукту в транспортер регулюється засувкою встановленою на завантажувальному патрубку.

Для виключення аварійних ситуацій передбачено наступні блокування: при обриві ланцюга спрацьовує перемикач безконтактний

БТП 101-24 (натяжна зірочка не обертається) і дає команду на реле контролю швидкості, відключаючи тим самим, привод транспортера; при заваді продуктом приводної станції (вивантаження транспортера закінчилось) спрацьовує датчик СУМ-1 і привод вимикається.

Кришки всіх секцій повинні бути встановлені і надійно закріплені. Транспортер має бути підключеним до аспіраційної мережі підприємства-споживача відповідно до проектною документації.

Під натяжною станцією повинен встановлюватись самоплив і ємність для відводу продукту. При цьому вказана ємність (самоплив), так же як і ємності, розташовані під розвантажувальними секціями, повинна оснащуватись сигналізатором рівня, зблокованим з приводом подачі продукту на транспортер.

На кресленні загального виду (рис. 6.1) зображено транспортер ТСЦ-50 в двох проекціях: вид збоку та вид зверху. На перерізі А-А показано тягловий орган транспортера у вигляді скребків зверху/знизу.

На кресленні показано габаритні розміри – довжина L та L_1 (значення яких залежить від конкретного виконання транспортера відповідно до вимог замовника по довжині); ширина – 516 мм.

Установчі розміри – довжини секцій 1555 мм та 1507 мм.

Приєднувальні розміри вказані на виді Б – міжосьова відстань отворів 350 мм, 12 отворів $\varnothing 14$ для від'єднання патрубків завантаження і вивантаження сировини.

В якості довідникових вказані розміри вивідного вивантажувального патрубка на величину 450 мм, ширина внутрішнього корпусу транспортера 400 мм.

6.1.2 Побудова структури та компоновання обладнання

Розробка технологічних схеми і карти (по суті – вибір принципу дії) є першим і найбільш відповідальним завданням при розрахунку і конструюванні машини. Ці схеми визначають основні параметри майбутньої машини, її структуру, кінематику, будову робочих органів, послідовність і синхронність виконання операцій, умови експлуатації, техніко-економічні показники тощо.

Вибір технічно раціональної і економічно ефективною технологічної схеми машини є однією з найважливіших і трудомістких завдань. Для успішного вирішення цього завдання необхідно ретельно вивчити технологічний процес обробки сировини, щоб повно представити його структуру та активно на неї впливати в разі потреби. Загалом, розробляють технологічну схему і технологічну карту машини. Зрештою технологічна схема та карта визначають взаємодію робочих органів і оброблюваних об'єктів.

Технологічною схемою машини називається графічне зображення технологічного процесу в порядку послідовності виконання технологічних і допоміжних операцій та їх елементів [104]. Вона потрібна для повного уявлення технологічного процесу як на стадії створення машини, так і на стадії її експлуатації.

Технологічною картою називається таблиця, в якій вказані технологічні та допоміжні операції, елементи цих операцій, робочі органи, їх позначення за технологічною схемою і позиції, де виконуються елементи або сукупності елементів операцій.

Для складання технологічної схеми та технологічної карти, насамперед, розчленовують весь технологічний процес на елементи операцій так, щоб кожен окремий елемент операції в машині виконував один робочий орган. Тобто щоб розчленування технологічного процесу було ув'язано з механікою машини. Розбивка операцій на елементи дозволяє перейти від технологічного завдання до кінематичного. Таким чином, технологічний процес зумовлює в якійсь мірі майбутню конструкцію машини.

Після цього складаються окремі схеми (кадри) взаємного розташування оброблюваного об'єкта або перероблюваного продукту та робочих органів під час їх взаємодії, як це представляється в натурі. Для наочності технологічні схеми бажано виконувати кольоровими, вводячи відповідні кольори для різних матеріалів або частин оброблюваних об'єктів.

Робочі органи на схемі позначають арабськими цифрами, позиції – римськими цифрами і прописними буквами українського алфавіту, рух робочих органів – стрілками. Деякі елементи операції в цих машинах виконуються навіть між позиціями – під час транспортування виробу від позиції до позиції.

Сучасна машина складається з живильного пристрою, приводу (трансмисії), виконавчих механізмів з робочими органами, механізмів регулювання, контролю, управління, захисту, блокування та ін.

У складі приводу машин є електродвигун, як правило, редуктор, передачі гнучкого зв'язку, зубчасті та ланцюгові передачі. Закінчується привод робочими або розподільно-керуючими валами. На робочому валу закріплюють робочий орган, на розподільно-керуючому – провідні ланки виконавчих механізмів.

Після розробки технологічної схеми переходять до розробки схеми структурної, яка є проміжною ланкою між технологічною та кінематичною схемами. На підставі структурної схеми визначають основні розміри машини, здійснюють перше компоновальне рішення і накидають попередню кінематичну схему.

Структурні схеми машин складають відповідно до рекомендованих умовних позначень елементів машин. Нанесення і з'єднання (лініями або стрілками) умовних позначень для отримання структурної схеми починають від двигуна в послідовності приєднання передач, валів робочих органів і механізмів. На структурній схемі вказують потужність двигуна, умовні швидкості обертання валу двигуна і валів машини, передавальні числа проміжних передач, порядкові номери валів (римськими цифрами), назви виконавчих механізмів, а також назви робочих органів, укріплених безпосередньо на валах (зазвичай в кінці того чи іншого відгалуження схеми).

Структурна схема машини дає уявлення про розподіл енергії від двигуна до механізмів. Схема дуже зручна при визначенні загального ККД машини.

Кінематична схема машини розробляється при конструюванні нової і модернізації старої машини або знімається при дослідженні (аналізі) наявної машини-прототипу. Кінематична схема є вихідним документом для кінематичного і силового розрахунків машини. Вона також входить як обов'язковий додаток до опису та інструкції з експлуатації обладнання. Кінематична схема допомагає в умовах експлуатації швидше розібратися в принципі дії машини, представити її структуру і склад, тому кожен інженер повинен не тільки вміти читати і розуміти кінематичні схеми, але й швидко і чітко скласти їх.

Як приклад складання технологічних, структурних та кінематичних схем, нижче наводиться опис процесу розробки макаронного преса [98].

Апаратна схема макаронного преса представлена на рис. 6.2. Борошно, очищене на борошнопросіювачі, подається в проміжний бункер 1, в якому обертається ворошитель 2. З бункера 1 борошно барабанним дозатором, які мають корпус 3 і обертовий барабан 4, в заданій пропорції подається в борошнозволожувач, який складається з корпусу 5 і ротора 6, де відбувається попереднє змішування борошна з водою, яка дозується плунжерним насосом-дозатором 7.

Отримана суміш потрапляє в три-коритний тістозмішувач. Перше і друге корита 8, 9 об'єднані в один блок, в кожному з корит обертаються тістомісильні вали 10, 11 з лопатками. Тісто з першого корита 8 в друге корито 9 подається крізь перевантажувальне вікно валом 10. У цих коритах відбувається заміс макаронного тіста, в тому числі і перерозподіл вологи у всьому об'ємі тіста, а також проникнення вологи всередину борошняного зерна. Далі макаронне тісто крізь шлюзовий затвор, що складається з корпусу 12 і обертового ротора 13, подається в третє корито 14, в якому також є тістомісильний вал 15. Тут відбуваються остаточний заміс і вакумування тіста, що покращує якість готової продукції. З третього корита 14 макаронне тісто подається в тубус 16, де шнеком 17 відбувається подача його в передматричну камеру 18, в якій закріплена матриця 19. Макаронне тісто під тиском, що створюється шнеком 17, продавлюється крізь отвори матриці 19.

Випресовані макаронні пасма ріжуться на однакові за довжиною частини ножем 20 відрізного пристрою. Отримані сирі макаронні вироби пневмотранспортом подаються на сушіння.

Перша основна технологічна операція – заміс макаронного тіста:

- дозування борошна: ворушіння борошна в бункері і завантаження його в кишені барабана дозатора; подача об'ємних доз борошна в борошнозволожувач;
- перша стадія замісу: утворення ротором борошнозволожувача борошняного кільця і попереднє змішування з водою;

- друга стадія замісу: рівномірний розподіл води в усьому обсязі тіста тістомісильними валами в першому і другому коритах тістозмішувача;
- третя стадія замісу: переміщення макаронного тіста ротором шлюзового затвора в третє корито тістозмішувача; остаточний заміс тіста тістомісильним валом, а також вакумування тіста; подача тіста в тубус шнека.

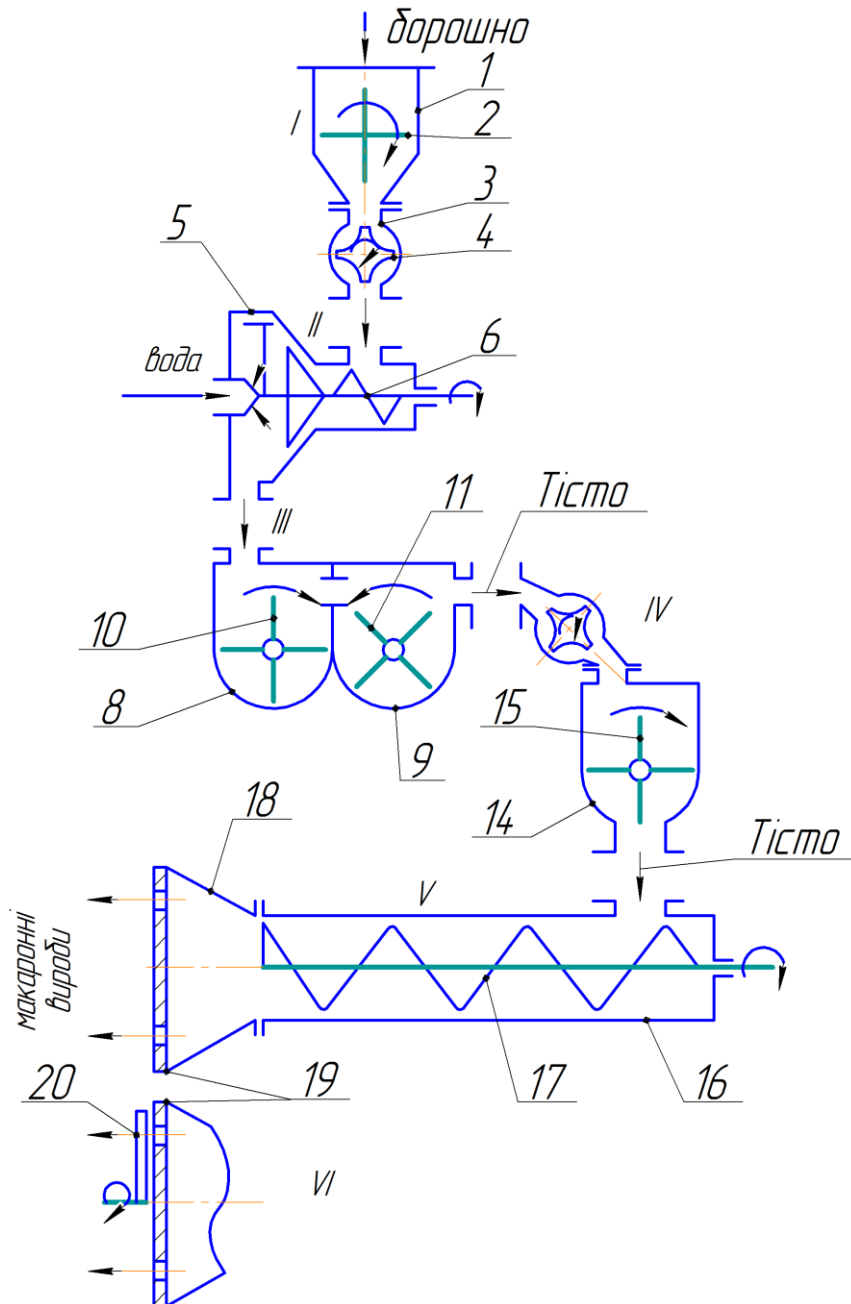


Рис. 6.2 – Апаратна схема макаронного пресу

Друга основна технологічна операція – формування сирих макаронних виробів:

- транспортування і пресування тіста шнеком в передматричній камері;
- формування макаронних пасм крізь матрицю;
- різка макаронних пасм на частини ножом відрізного пристрою.

На підставі описаних операцій складаємо технологічну схему макаронного преса, що представлена на рис. 6.3.

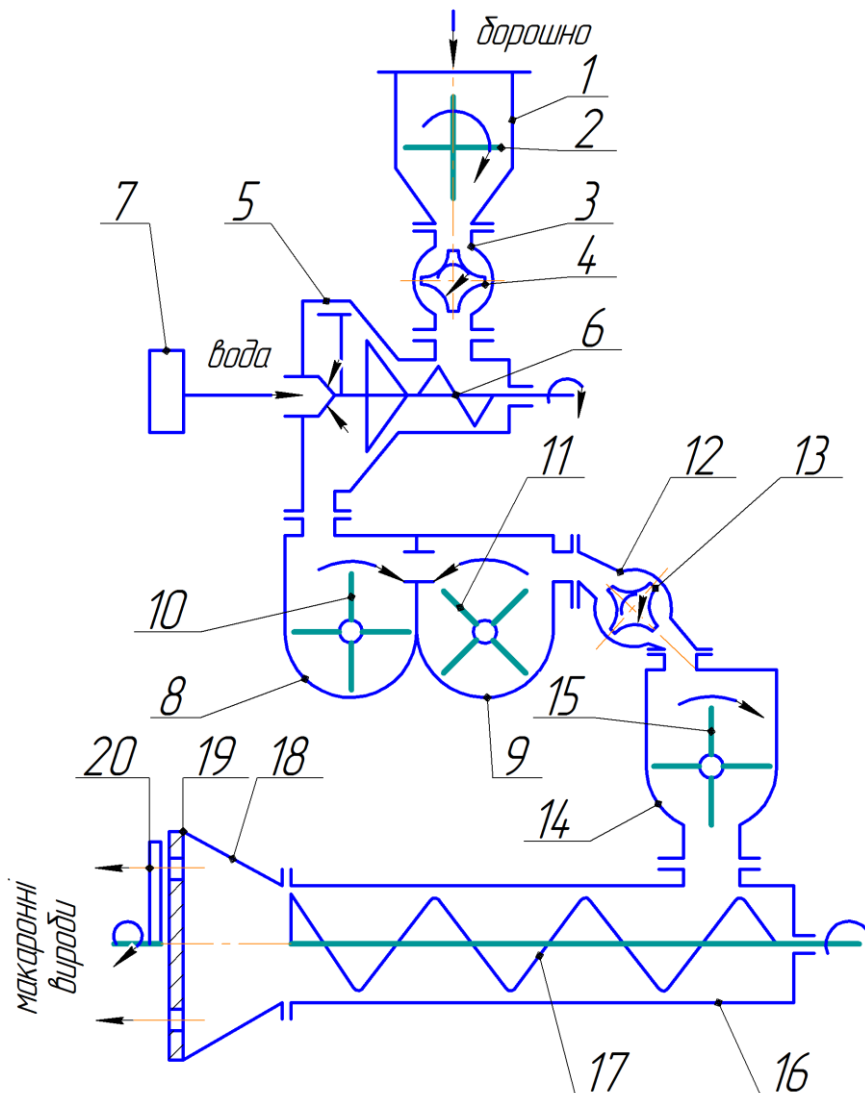


Рис. 6.3 – Технологічна схема макаронного преса

Як видно зі схеми, це машина лінійного типу. Арабськими цифрами позначені робочі органи, римськими цифрами – позиції, суцільними стрілками – рух робочих органів, штриховими стрілками – рух продукту.

Технологічна карта є невід'ємною частиною технологічної схеми і представлена у вигляді табл. 6.1. Таким чином, після складання технологічної схеми і карти видно прямий взаємозв'язок робочих органів, які виконують відповідні операції.

Для складання структурної схеми (рис. 6.4) конкретної машини силові і кінематичні характеристики беруть з технологічних розрахунків, з технічної документації або з літератури. У нашому випадку у макаронного преса наступні характеристики. Мотор-редуктор МЦ2С-80, потужність електродвигуна $N=2,2$ кВт з частотою обертання $\omega_{el}=149$ с⁻¹, забезпечує обертання вихідного валу $\omega_1=9,42$ с⁻¹, обертання валу барабана дозатора з $\omega_2=4,21$ с⁻¹, при цьому сам барабан за рахунок кулачкового-храпового

механізму змінює частоту обертання $\omega_6=0\div 4,21 \text{ с}^{-1}$, ворошитель борошняного бункера обертається зі швидкістю $\omega_3=2,1 \text{ с}^{-1}$. Тістомісильні вали першого і другого корит обертаються зі швидкостями $\omega_1=9,42 \text{ с}^{-1}$ і $\omega_4=7,85 \text{ с}^{-1}$.

Таблиця 6.1

Технологічна карта макаронного пресу

Основна технологічна операція	Первинна технологічна та допоміжна операції	Робочий орган, який виконує операцію	Номер робочого органа	Номер позиції
			див. рис. 6.3	
Заміс макаронного тіста	1. Перемішування борошна	Бункер Ворошитель	1 2	I
	2. Дозування борошна та подача його у борошнозволочувач	Корпус Барабан	3 4	I
	3. Перша стадія замісу тіста та подача його в перше корито	Корпус Ротор	5 6	II
	4. Друга стадія замісу тіста і подача його в шлюзовий затвор	Перше корито Перший вал Друге корито Другий вал	8 10 9 11	III
	5. Третя стадія замісу тіста і подача його в тубус шнека	Корпус Ротор Третє корито Третій вал	12 13 14 15	IV
Формування сирих макаронних виробів	1. Транспортування і пресування тіста	Тубус Шнек	16 17	V
	2. Формування макаронних прядок	Передматрична камера Матриця	18 19	VI
	3. Різання макаронних прядок та отримання сирих короткорізанних макаронних виробів	Ніж	20	VII

Передача крутного моменту відбувається наступним чином. Від електродвигуна крутний момент через редуктор передається тістомісильному валу першого корита, потім через зубчасту передачу на тістомісильний вал другого корита. Від тістомісильного вала першого корита через ланцюгову передачу крутний момент передається на вал дозатора, а від вала дозатора, також через ланцюгову передачу, на вал ворошителя.

Мотор-редуктор МЦ2С-80, потужність електродвигуна $N=1,5 \text{ кВт}$ з частотою обертання $\omega_{e2}=146,5 \text{ с}^{-1}$, забезпечує обертання вихідного вала $\omega_5=5,86 \text{ с}^{-1}$, а також тістомісильного вала третього корита з тією ж швидкістю і обертання ротора шлюзового затвора зі швидкістю $\omega_6=3,08 \text{ с}^{-1}$.

Від електродвигуна крутний момент через редуктор передається на тістомісильний вал третього корита, з цього вала ланцюговою передачею крутний момент передається на ротор шлюзового затвора.

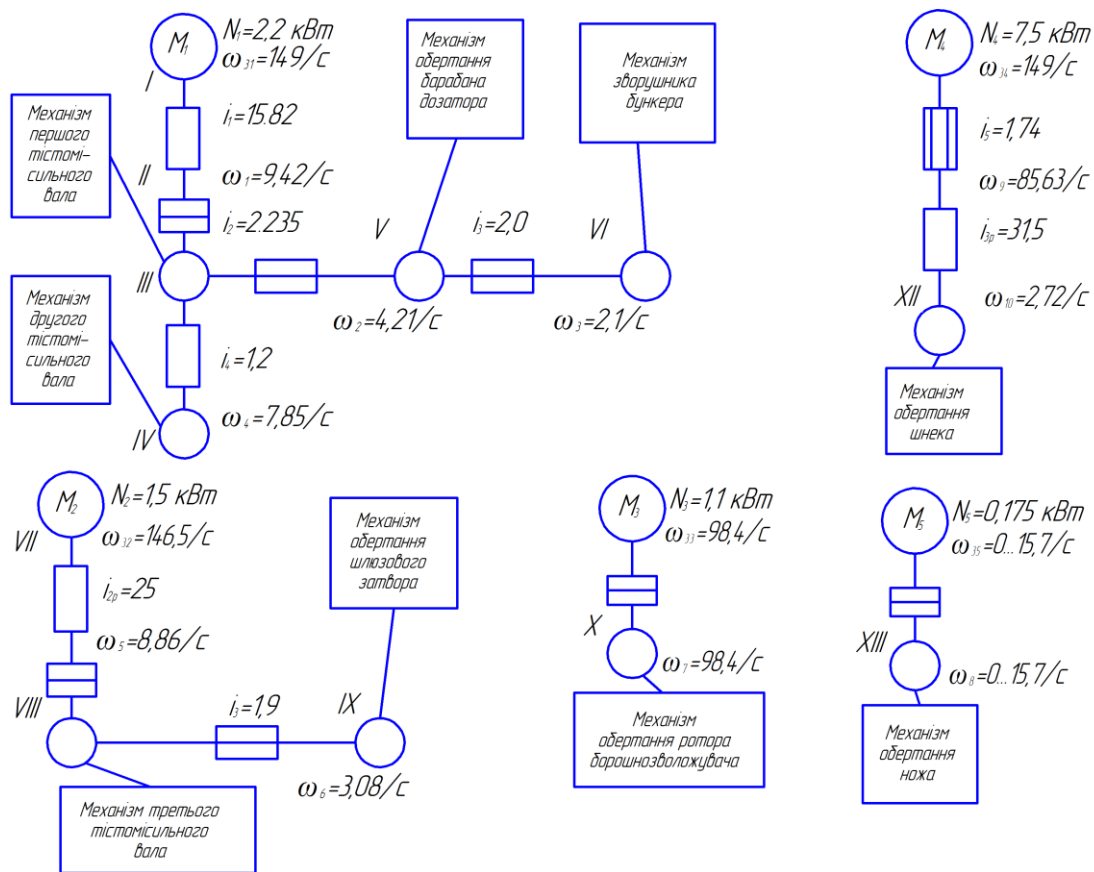


Рис. 6.4 – Структурна схема макаронного пресу

Електродвигун потужністю $N=1,1$ кВт, з частотою обертання вихідного валу $\omega_{e3}=98,4$ с⁻¹ забезпечує обертання ротора борошнозволочувача $\omega_7=\omega_{e3}=98,4$ с⁻¹. Електродвигун потужністю $N=7,5$ кВт, з частотою обертання вихідного валу $\omega_{e4}=149$ с через ремінну передачу передає обертання на швидкохідний вал редуктора, який обертається зі швидкістю $\omega_{e8}=85,63$ с⁻¹ і редуктор забезпечує обертання шнека зі швидкістю $\omega_{e9}=2,72$ с⁻¹. Електродвигун постійного струму потужністю $N=0,175$ кВт забезпечує обертання ножа відрізного пристрою зі змінною швидкістю $\omega_{10}=0 \div 15,7$ с⁻¹.

Передавальні числа позначені на структурній схемі (рис. 6.4). З'єднання приводів з валами робочих елементів здійснюється через муфти. На рис. 6.5 представлена відповідна кінематична схема макаронного преса.

Устрій і зовнішній вигляд преса можна побачити на рис. 6.6. В даному випадку конструкція преса марки MAX MIX [86] виконана без огорожі, що є виправданим у світлі високої продуктивності преса і необхідності забезпечення зручності його експлуатації. Основні агрегати преса і їх приводи змонтовані або безпосередньо на рамі або на стійках. Електрошафа розташовується і монтується окремо від самого преса.

На рис. 6.7 наведено приклад іншого конструктивного оформлення макаронного преса. Вузли й агрегати преса ПКП БІД розташовані не на рамі, а на станині [87]. Бічні поверхні станини утворюють облицювання, що створює враження виконання всіх агрегатів в одному корпусі. Прес оснащений системою пневмотранспорту подачі борошна в змішувач, а також пристроєм гіротермічної обробки продукту на виході з преса.



Рис. 6.6 – Зовнішній вигляд макаронного пресу марки MAX MIX виробництва підприємства TFQ Engineering Group (м. Харків)



Рис. 6.7 – Зовнішній вигляд макаронного пресу виробництва ПКП БИД (м. Дніпро)

Після розробки кінематичної схеми обладнання проводять його комплектування, тобто – визначення взаємного положення у просторі окремих складових частин обладнання.

При цьому в якості таких частин виступають, насамперед, основні функціональні модулі (бункер, станина, зона обробки сировини, вивантажувальний пристрій, пульт керування тощо), але також беруться до уваги і допоміжні вузли або навіть конструктивні елементи (оглядові майданчики, люки, патрубки підведення енергоносіїв).

Як приклад, розглянемо послідовність компонування тістомісильної машини періодичної дії.

На етапі розробки технологічної схеми було вироблено наступне конструкторське рішення. Машина складається з станини, чаші, механізму перекидання чаші і пульта управління (рис. 6.8, *а*). Станина являє собою дві паралельні зварні стінки, з'єднані сталеву плитою. У передній частині станини розміщені двигун обертання чаші і механізм її перекидання. У чаші відбувається змішування і зволоження маси. Машина встановлена на спеціальному бетонному фундаменті.

Пульт керування являє собою прямокутний блок з кнопками на лицьовій панелі. Поруч з передньою площиною фундаменту встановлена діжа для транспортування тіста. При перекиданні чаші тісто висипається в транспортну діжу. У робочому положенні чаша повністю закрита кришкою. Зверху на кришці розташований дозатор, який регулює подачу води. У кришці є три отвори для механізованої засипки компонентів. Після завантаження чаші включаються механізми обертання чаші і лопатей (обертання відбувається в протилежних напрямках). Після закінчення процесу змішування механізми обертання вимикаються, а механізм підйому кришки чаші включається. Підйом здійснюється за допомогою гідравлічного циліндра прямолінійного руху, при цьому габарити машини збільшуються на висоту на 500–600 мм.

Як тільки кришка піднята, включається механізм перекидання чаші. Вона входить до положення «розвантаження», перекидаючись під кутом 95° . Маса висипається з чаші в транспортну діжу. Після розвантаження чаша очищується, промивається і знову повертається в горизонтальне положення. Кришка з лопатями й механізми їх обертання опускаються; кришка знову закриває чашу, і робочий процес повторюється.

Завдання конструкторського опрацювання полягає в тому, щоб при заданій продуктивності значно зменшити розміри машини, забезпечити зручність її обслуговування та вільний доступ до всіх вузлів, розробити виразний вигляд обладнання.

Процес компонування машини передбачав опрацювання ряду варіантів. Початковий етап пошуку – це компонування основних функціональних блоків і об'ємно-просторове рішення машини. На цьому етапі необхідно було зменшити загальну висоту машини, а також підвищити рівень розвантаження.

Тому були розпочаті пошуки можливостей для перекидання чаші на більшій висоті. Вирішити це завдання дозволяє додатковий підйом чаші в горизонтальному положенні (як видно зі схеми на рис. 6.8, *б* механізм, що піднімає чашу, при тій же висоті станини дозволяє виключити бетонний фундамент). Однак перекиданню чаші заважає кришка з лопатями, хоча вони і підняті на максимальну висоту.

Надалі передбачалося ввести додатковий механізм, який повертав би кришку з лопатями навколо осі колони (див. рис. 6.8, *б*), при цьому чаша могла б вільно перекидатися під будь-яким кутом.

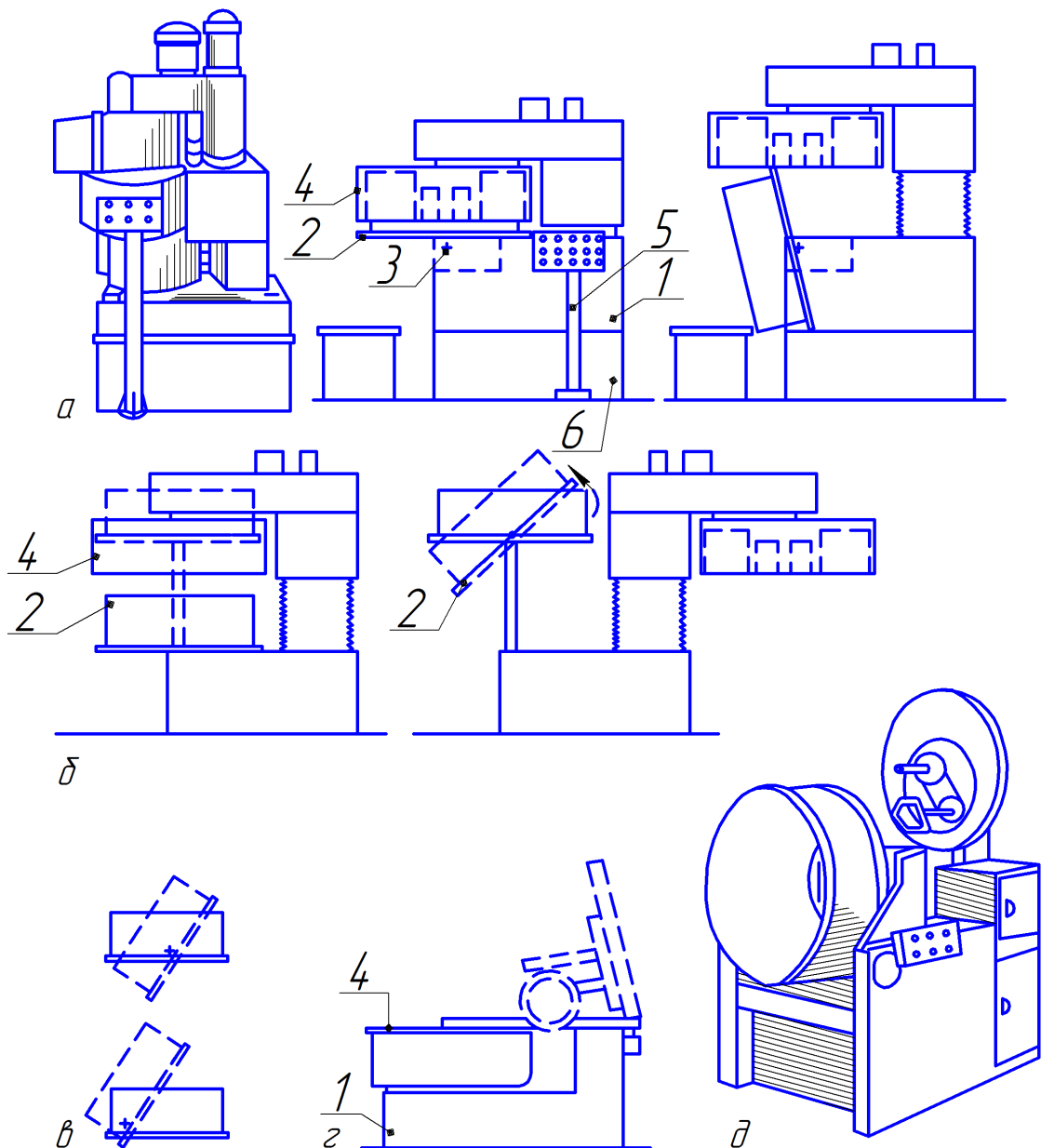


Рис. 6.8 – Послідовність етапів компонування тістомісильної машини:
 а) основні компонувальні блоки: 1 – станина, 2 – чаша, 3 – механізм перекидання чаші, 4 – кришка, 5 – пульт керування, 6 – бетонний фундамент;
 б) перший етап пошуків – компоновка основних функціональних блоків машини, об’ємно-просторове рішення машини; в) на цьому і наступних етапах відпрацьовуються більш приватні компонувальні завдання; г) відпрацьовується конструктивне і пластичне рішення механізмів обертання лопаті і підйому кришки; д) остаточний варіант

Пульт керування пропонувався монтувати на корпусі станини з таким розрахунком, щоб оператор, стоячи біля пульта, міг одночасно спостерігати за всіма операціями по замісу тіста.

При цьому, незважаючи в цілому на вірний напрям запропонованих рішень, їх не можна було визнати задовільними. Так, вводити додатковий механізм є нераціональним – це ускладнить конструкцію і викличе труднощі в її експлуатації. У той же час, таке рішення не покращувало б зовнішній вигляд машини.

У наступному варіанті була запропонована нова конструкція кришки і принцип її підйому. Під час замісу чаша обертається, але її обертання не представляє небезпеки для обслуговуючого персоналу. Тому, було вирішено не робити на кришці чаші бічних стінок, що дозволило б відкидати її назад. Для цього на бічних стінках станини встановлюються підшипники, за допомогою яких здійснюється підйом кришки.

Двигун приводу лопатей знаходиться на нижній площині корпусу механізму і слугує свого роду противагою. Коли кришка з лопатями піднята, корпус механізму обертання приймає майже вертикальне положення і при цьому виявляється в ниші між підшипниками. Виріз в задній стінці станини, що відповідає дузі, по якій опускається двигун, і просвіт між підшипниками створює гніздо, в яке вільно входить двигун. В результаті – покращилася об'ємна будова машини, так як в старій конструкції саме ці вузли, механізм підйому кришки і механізм обертання лопатей були громіздкими і відрізнялися хаотичністю компоновки.

Наступний етап пошуків – рішення більш часткових компоновальних завдань. Напрямок пошуків задано попереднім рішенням: прийнятий принцип відкривання кришки і принцип перекидання чаші машини викликали необхідність підвищення висоти розвантаження чаші.

В старій конструкції, тобто при наявності фундаменту, перекидання чаші здійснювалося обертанням її навколо осі, розташованої в середині чаші (рис. 6.8, в). В остаточному варіанті перекидання виконується обертанням навколо вісі, розташованої у зовнішнього краю станини. При подібному перекиданні чаша піднімається у вертикальне положення під кутом 95° , маючи рівень розвантаження щодо підлоги близько 700 мм, внаслідок чого транспортна діжа вільно підходить під перекинуту чашу. При цьому відпадає необхідність у використанні фундаменту, що значно зменшує загальну висоту машини.

Логіка творчого пошуку привела до розробки механізму для нового способу перекидання чаші. Труднощі конструювання даного механізму перекидання полягали в тому, що при підйомі чаші і її перекиданні необхідно було забезпечити значний обертальний момент, що вимагає від приводу підвищеної потужності. При цьому слід було врахувати вагу заповненої чаші, а також механізму обертання і його приводу, які жорстко з'єднані з корпусом чаші і розташовуються під його днищем.

На наступному етапі була розроблена конструкція механізму обертання лопатей (рис. 6.8, г). Витягнута прямокутна форма корпусу цього механізму обумовлена характером пасової передачі та інших вузлів. На початку передбачалося використовувати два двигуни для двох різних операцій – обертання лопатей і підйому кришки. Але в подальшому було вирішено замінити його одним двигуном, який за своєю потужністю здатний забезпечити нормальну роботу обох механізмів.

В остаточному варіанті (рис. 6.8, д) корпус єдиного двигуна в цьому вузлі майже не видно, а при відкиданні кришки він повністю входить в спеціальне гніздо. Зовнішній вигляд машини наведено на рис. 6.9.



Рис. 6.9 – Загальний вид тістомісильних машин марки „Прима 160”:
а) зі стаціонарною діжею; б) з підкочувальною діжею

Отримане розташування вузлів слід віднести до числа переваг нової конструкції розглянутої машини. В результаті раціонального компонування машина вийшла зручною та економічною в експлуатації. У порівнянні з аналогами вона має поліпшену форму, в конструкції машини враховані ергономічні вимоги до подібного обладнання.

З наведеного прикладу видно, як послідовно, крок за кроком, конструктори просувались до остаточного варіанту компоновки. Почавши з усунення окремих недоліків машини, вони прийшли до нової оригінальної схеми, що вигідно відрізняється від виробів-аналогів. Два цикли пошуку – компонування основних функціональних блоків і рішення більш часткових завдань привели до розробки проекту машини, що відповідає висунутим вимогам. Цьому сприяли, з одного боку, уважне врахування функціональних і конструкторських вимог, а з іншого – представлення структури машини в цілому, у взаємозв'язку всіх її елементів.

Таким чином, можна відмітити, що поміж виникненням ідеї про принцип дії створюваного обладнання та його кінцевим конструктивним втіленням існує декілька обов'язкових проміжних етапів, виконання кожного з яких полегшує реалізацію головної задачі.

Так, розробка технологічної схеми дозволяє ретельно „відпрацювати” обраний принцип дії обладнання: забезпечити належне виконання усіх етапів технологічного процесу обробки сировини, уникнути аварійних ситуацій, забезпечити високу продуктивність устаткування тощо.

Розробка структурної схеми дозволяє визначити величини змін робочих швидкостей між рухомими ланками, не відволікаючись при цьому на обмірковування типів приводів і передавальних механізмів.

В результаті ж розробки кінематичної схеми остаточно формується структура „силового каркасу” машини: визначається кількість і типи приводів, кількість передавальних механізмів та рухомих ланок обладнання, кінематичні параметри їх роботи, види підшипникових опор, кількість точок мащення та ін.

Означена послідовність дій обумовлює більш швидку та більш якісну проробку проекту обладнання.

6.1.3 Забезпечення санітарно-гігієнічних вимог

Однією з найважливіших вимог до технологічних процесів у харчовій промисловості є забезпечення високої гігієни виробництва від стадії зберігання сировини до постачання продукції в пункти продажів.

Це обумовлено специфікою властивостей самої сировини й виготовленої з неї продукції. Такі ж вимоги пред'являються, відповідно, і до всіх видів устаткування – технологічного і допоміжного.

Дотримання санітарно-гігієнічних вимог дозволяє вирішити кілька завдань, кожне з яких має велике значення:

- недопущення отруєння споживачів продукцією підприємства-виробника;
- істотне підвищення термінів зберігання готового продукту у роздрібній торгівлі;
- забезпечення належних смакових властивостей і товарного виду продукції.

В результаті, крім забезпечення харчової безпеки, стає можливою мінімізація втрат сировини та готової продукції, що веде до істотного підвищення рентабельності виробництва.

Групу чинників небезпеки, які виникають при порушенні правил санітарії і гігієни, складають:

- *мікробіологічні* чинники (небезпека псування продукту, небезпека харчових отруєнь споживачів);
- *хімічні* (небезпека, що викликається попаданням в продукт миючих і дезинфікуючих речовин з подальшим нанесенням шкоди здоров'ю споживачів);
- *фізичні* (небезпека попадання в продукт сторонніх предметів з сировини, конструкцій устаткування або інших джерел).

Згідно даних Федеральної служби оцінки ризиків Німеччини [103], спалахи захворювань внаслідок зараженості харчових продуктів з вини інфікованого виробничого персоналу спостерігаються в 25% випадків, через перехресне бактеріального обсіменіння – в 11% випадків, в результаті незадовільного очищення обладнання – в 10%.

Безпеку харчової продукції не можна забезпечити без жорсткого придушення росту небажаної мікрофлори на виробничому обладнанні

та інвентарі. З метою виявлення ступеня забруднення обладнання на перше місце за значимістю виходить мікробіологічний контроль. При цьому контролювати наявність мікрофлори без спеціальних засобів неможливо, що пов'язано з розмірами мікроорганізмів, що варіюються від $0,015 \cdot 10^{-8}$ м (віруси), $5 \cdot 10^{-6}$ м (бактерії) до $2 \cdot 10^{-4}$ м (цвілеві грибки). Малі розміри (для порівняння: кристал солі має розміри приблизно 0,55 мм) не дають можливості візуально контролювати зростання мікрофлори, поки забрудненість не досягне критичного рівня.

Мікрофлора, типова для харчових продуктів, в більшості випадків є патогенною (викликає псування продуктів і хвороби людини). Зростання мікрофлори призводить до утворення біошару на робочих поверхнях. При цьому не всі види мікроорганізмів знищуються високою температурою і для кожного виду існує свій температурний межа (в середньому від -20 до $+200$ °C). Також стійкість мікрофлори до температурного впливу підвищується разом з рівнем обсіменіння.

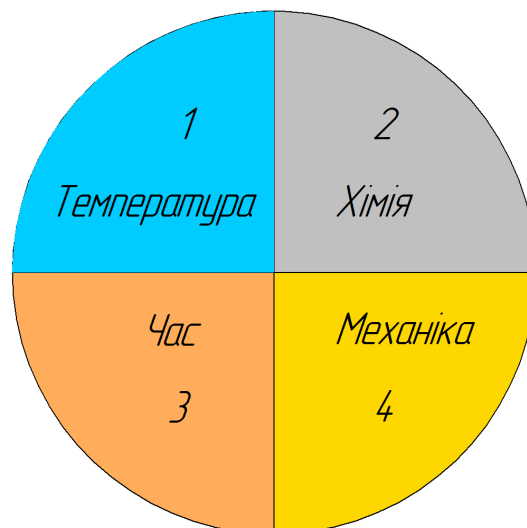
Мікробні клітини і спори розмножуються дуже швидко (кількість клітин подвоюється через кожні 20 хв. і зростає в геометричній прогресії) і легко поширюються в результаті прямого контакту забрудненої і чистої поверхонь, або через повітря у виробничому приміщенні, або – рідини в трубопроводах і ємностях. Таким чином, невиявлене забруднення на одній з ділянок може стати причиною інфікування всього технологічного ланцюжка і псування всієї партії продукції. Тому рання і якісна очистка технологічного та допоміжного обладнання допомагає знизити або уникнути ризику інфікування продукту.

Особливістю сучасного харчового виробництва є швидка зміна асортименту продукції, що обумовлено перевагами споживачів, а також високою конкуренцією на ринку галузі. Це призводить до необхідності випуску широкого спектру продукції, життєвий цикл якої часто стає все коротшим.

Постійне розширення асортименту товарів і послуг ставить перед виробничниками завдання скорочення обсягів виробничих партій на фоні одночасного збільшення різноманіття своєї продукції і її типорозмірів. Це вимагає більш частих проміжних переналаштувань і чисток обладнання, які дозволяють уникнути перехресного бактеріального обсіменіння.

Якісно проведена очистка дозволяє видалити до 99,9% наявних мікроорганізмів і значно ускладнює подальший розвиток мікрофлори. Чистота виробничого приміщення, обладнання та інвентарю гарантує більш високу якість продуктів і забезпечує їх харчову та мікробіологічну безпеку. Термін придатності такої продукції збільшується.

Крім того, чистота обладнання підвищує надійність його функціонування і продовжує термін експлуатації. На якість очищення обладнання впливають такі фактори, як температура, тип хімічних реагентів, тривалість їх дії і спосіб механічного впливу на забруднення (рис. 6.10) [103].



**Рис. 6.10 – Коло доктора Сіннера:
чотири фактори, що впливають на ефективність очищення обладнання**

Основні етапи процесу виробничої очищення і їх функції наведено в табл. 6.2, з неї видно, що очищення та дезінфекція – це складний комплексний процес. Організація очищення повинна враховувати конкретний, прогнозований вид забруднення, тому що для кожного виду забруднення існують свої найбільш ефективні способи впливу. При цьому необхідно враховувати витрату водних ресурсів. Також дуже важливим є правильний вибір миючих засобів і параметрів очищення (температура, тип механічних пристроїв, тривалість впливу на забруднення).

Наслідком з вищесказаного є те, що на сьогоднішній день висока гігієна виробництва – це основна тенденція ринку обладнання харчових виробництв. Одним з ключових чинників виробничої безпеки, поряд з організаційними, служить гігієнічна конструкція машин і апаратів, що відповідає концепції і вимогам гігієнічного конструювання. Такий підхід до створення обладнання в сучасній західно-європейській харчовій промисловості отримав назву “Hygienic Design” [103].

Таблиця 6.2

Технологія очищення та дезінфекції

№ з/п	Етап	Функція
1	Попереднє очищення	Видалення грубих поверхонь забруднень
2	Основне очищення	Розчинення забруднень за допомогою миючих засобів
3	Мийка	Видалення розчинених забруднень за допомогою миючих засобів
4	Дезінфекція	Видалення мікроорганізмів
5	Змивання	Видалення залишків засобів для дезінфекції
6	Сушіння	Видалення залишкової вологи

Особливістю гігієнічного конструювання («Hygienic Design») є системний погляд на те, як певний продукт може бути виготовлений і упакований на підприємстві за допомогою спеціального переробного та пакувального обладнання силами спеціально навченого персоналу.

При цьому повинне вирішуватись завдання гарантованого виключення впливу на продукт наступних факторів:

- небажаних біологічних об'єктів (наприклад, комахи, гризуни);
- шкідливих субстанцій (машинне мастило, миючі засоби, сторонні включення, частинки скла, металу);
- патогенних мікроорганізмів (сальмонели та ін.);
- мікроорганізмів, що чинять негативний вплив на якість продукції (цвіль, гнильна мікрофлора та ін.).

Приміром, у країнах Євросоюзу вимоги до гігієнічного конструювання містяться в Директиві ЕУ 42/2006 щодо промислового обладнання, гл. 2.1 «Промислове обладнання для харчосмакової, а також косметичної та фармацевтичної продукції».

У директиві встановлюються такі вимоги:

- очищення обладнання та сировини перед кожним новим використанням;
- виконання контактних поверхонь гладкими, без виступів і поглиблень;
- зведення до мінімуму конструктивних виступів, видатних країв і пазів на контактних поверхнях обладнання;
- забезпечення можливості легкого очищення та дезінфекції (бажано передбачити в конструкції елементи, що легко демонтуються, заокруглення кутів з достатнім радіусом та ін.);
- повне відведення рідин, газів і розпилень з внутрішніх порожнин обладнання;
- виключення проникнення сторонніх субстанцій та шкідників в недоступні місця конструкції;
- виключення контактів з шкідливими виробничими компонентами.

Отримана таким чином чистота виробничого приміщення, обладнання та інвентарю повністю гарантує високу якість готової продукції.

Є й інші директиви, що стосуються вимог до гігієнічного дизайну обладнання. Наприклад, у законодавчій базі Німеччини: DIN EN ISO 14159 «Безпека обладнання / Гігієнічні вимоги до конструкції обладнання»; DIN EN ISO 1672-2 «Обладнання для харчової промисловості / Загальні приписи щодо конструкції обладнання», ч. 2 «Гігієнічні вимоги»; директиви EHEDG (у кількості 36), у тому числі: документ № 8 (Hygienic equipment design criteria); документ № 10 (Hygienic design of closed equipment for the processing of liquid food); документ № 11 (Hygienic packaging of food products).

Згідно з документом № 8 директив EHEDG, величина шорсткості поверхонь, які контактують з продукцією, не повинен перевищувати 0,8 мкм. При виборі матеріалу потрібно віддавати перевагу корозійностійким сортам сталі, а при виборі пластмас і еластомерів керуватись списком матеріалів, які

найбільш часто застосовуються у виробничих лініях гігієнічної будови. Горизонтальні поверхні повинні мати ухил не менше 6° для стікання рідин.

Особлива увага приділяється обробці поверхонь, оскільки мікробні клітини завдяки своїм розмірам легко вміщаються в самих крихітних подряпинах та бороздках від шліфувальних інструментів (рис. 6.11). У документі № 8 є вимоги до якості зварювання, так як в грубо оброблених зварювальних швах скупчуються мікробні клітини (рис. 6.12).

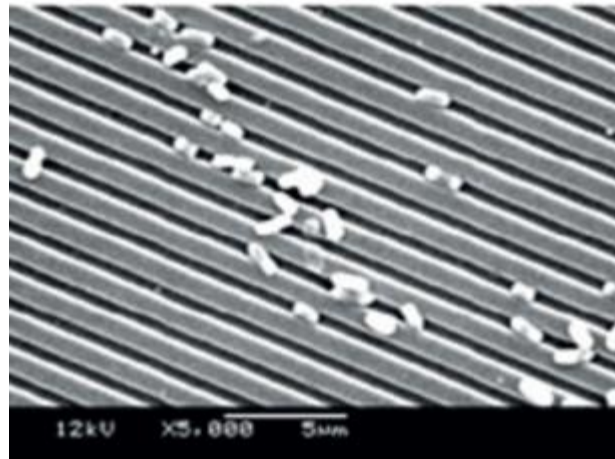


Рис. 6.11 –Мікробні клітини на поверхні обладнання

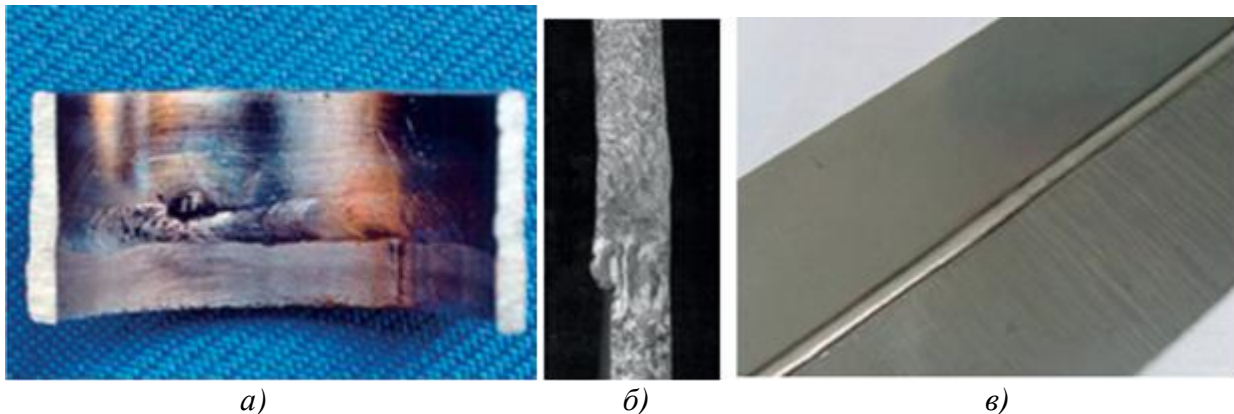


Рис. 6.12 –Якість зварювання деталей обладнання:
а), б) грубі зварні шви; в) гігієнічний зварний шов

Основні гігієнічні вимоги до конструкцій, представлені в ЕМ 1672-2, можуть бути зведені до розділів, які описані нижче [11, 105].

Конструкційні матеріали. Матеріали, які використовуються для контакту з продуктами, повинні мати достатню міцність в широкому діапазоні температур, прийнятний строк служби, бути такими, що не руйнуються, корозійно- і абразивностійкими, легко очищуватись і здатними до формування.

Всі матеріали, які використовуються для поверхонь, що контактують з продуктом, повинні бути інертними, нетоксичними, непористими, такими, які не адсорбують і не розчиняються. У проектуванні і виготовленні важливо використовувати матеріали з високим рівнем захисту від корозії. У більшості випадків сталі AISI 300 серії володіють чудовою стійкістю

до корозії, але при певних обставинах можуть виникнути проблеми. Основна слабкість нержавіючих сталей – їх сприйнятливість до локальної корозії (наприклад, точкова, щілинна, корозія під напруженням), тому що пасивна оксидна плівка, яка зазвичай утворює бар'єр для корозії, може бути розірвана на місцевому рівні. Це локалізована корозія незмінно пов'язана із середовищами, що містять хлориди. Дві марки неіржавіючої сталі, які найчастіше використовуються – це AISI 304 і AISI 316.

Для більшості агресивних середовищ використовують сталь із вмістом молібдену (316), яка стійкіша до корозії. Марка 316 зазвичай використовується для продуктів, які містять хлориди, особливо коли продукти гарячі. Для підвищеної міцності матеріалу необхідно використовувати сталі з аналогічними або кращими властивостями, ніж AISI 300.

Еластомірні або пластикові матеріали можуть бути використані для прокладок і ущільнень. Такі матеріали повинні відповідати встановленим вимогам і бути в змозі витримувати умови експлуатації.

Є деякі випадки, особливо коли транспортуються дуже кислі продукти, які містять хлориди, коли пластмаса перевершує неіржавіючу сталь.

Найбільш широко використовують пластмаси для жорстких труб з полівінілхлориду (ПВХ), акрилонітрил-бутадієн-системи (АБС), поліпропілену (РР). Пластикові труби легші і дешевші, ніж нержавіюча сталь, але максимальна температура, при якій вони можуть бути використані, набагато нижча (до 100 °С). Вони також більшою мірою потребують підтримки для запобігання провисання. Пластикові матеріали також мають набагато більший коефіцієнт теплового розширення, ніж нержавіюча сталь. Гнучкі труби і шланги можуть бути виготовлені з ПВХ, етилену і вінілацетату, поліетилену низької щільності, нейлону, тефлону (PTFE) або зміцненої природної або синтетичної гуми. Останні два матеріали використовуються головним чином в пивоварній та молочній промисловості для наповнення чи спорожнювання автоцистерн.

Скляні труби, основною сировиною для виробництва яких є кремнезем (його запаси практично не обмежені), є не тільки заміною металевих труб, а в деяких випадках і єдино можливим рішенням. Перевагами скляних трубопроводів є висока хімічна стійкість до агресивних рідин, тривалий строк служби (для скла строк служби приймають рівним 10 років, вуглецевої сталі – 2÷7 років, нержавіючої сталі – 1,5÷10 років, міді – 10 років). Внаслідок малої шорсткості скляних труб (0,0015 мм) на 15÷40 % збільшується пропускна здатність [2]. Завдяки прозорості можна контролювати продукт, який транспортується, на всіх ділянках технологічного процесу, чистоту, а також визначати місця можливої закупорки трубопроводу. Для миття скляних трубопроводів застосовується спосіб безрозбірної механізованої промивки, що зменшує експлуатаційні витрати.

Поверхні, які контактують з продуктом, мають бути оброблені до такого ступеня шорсткості, щоб поверхня була достатньо гладенькою

і могла легко очищуватися. Більш шорсткі поверхні будуть зношуватися значно швидше, стираючись із часом, що робить очищення більш складним.

Рекомендується уникати використання ізоляційного матеріалу там, де це можливо, щоб запобігти можливості росту мікробів або накопичення пилу всередині матеріалу. Якщо ізоляція все ж необхідна для процесу, безпеки та з екологічних причин, першим з рекомендованих варіантів є повітряна ізоляція. Трубопровід може бути ізольований від витоку повітря з оболонки подвійними стінками труби. Це дуже ефективний спосіб для дотримання критеріїв гігієнічного дизайну. Якщо вакуумна ізоляція неможлива, повинні бути використані безхлоридні ізоляційні матеріали (наприклад, відповідні сорти мінеральної вати). Шар ізоляційного матеріалу треба покривати зовнішньою трубою з нержавіючої сталі, повністю зварною, щоб запобігти попаданню повітря, вологи і комах. Їхнє проникнення сприятиме корозії між стінками та можливому росту мікроорганізмів, які можуть забруднити продукт. Та ж проблема виникає при ізоляції посудин. В залежності від використання ємностей необхідно облаштувати їх вентиляційними отворами для запобігання підняття тиску між внутрішньою і зовнішньою стіною, наприклад, під час стерилізації.

Облицювання обладнання повинне бути гладким, безперервним і без щілин, легко очищуватись. Карнизів, виступів і кишень слід уникати, оскільки вони зберігають бруд. Якщо уникнути їх неможливо, горизонтальні виступи і карнизи повинні бути похилими. Ухил, який вимагається для уникнення скупчення пилу і полегшення огляду, повинен бути не менше 30°. Покриття повинне бути встановлене так, щоб між сусідніми поверхнями зберігалася мінімальна відстань 300 мм.

Гігієнічне конструктивне виконання вузлів та деталей обладнання наведено на рис. 6.13–6.58.

До герметичності устаткування для харчових продуктів також пред'являються суворі вимоги. Якщо при температурному впливі можливе розширення продукту, то він не повинен виходити за межі робочої зони (у фаршевих насосах, редукторах тощо). Іншими словами, робоча зона харчового обладнання повинна бути надійно герметизована з боку продукту (рис. 6.24). В обладнанні *Non-food* передбачається спеціальний додатковий простір в робочій зоні для можливого розширення оброблюваного речовини при температурному впливі (рис. 6.25).

До рухомих вузлів пред'являються вимоги, що виключають потрапляння мастильних речовин та інших забруднень в продукт під час роботи обладнання. Поверхні, що вступають у безпосередній контакт з продуктом, повинні бути гладко оброблені, легко очищатися, бажано без зняття вузлів. До таких поверхонь відносяться технологічні ємності (діжі мішалок, чаші кутерів, прийомні бункери тощо), ріжучі інструменти (леза ножів, решітки, шнеки та ін), напрямні елементи конструкції (цівки шприців, вали, шнеки, трубопроводи, захоплюючі пристрої тощо).

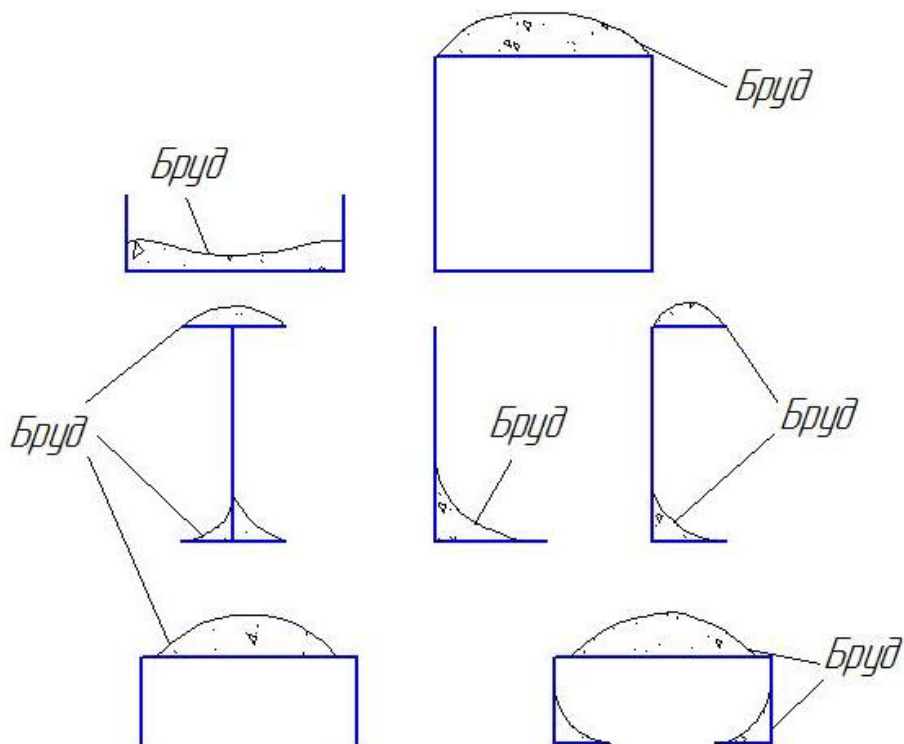


Рис. 6.13 – Антисанітарійна конструкція несучого каркаса обладнання

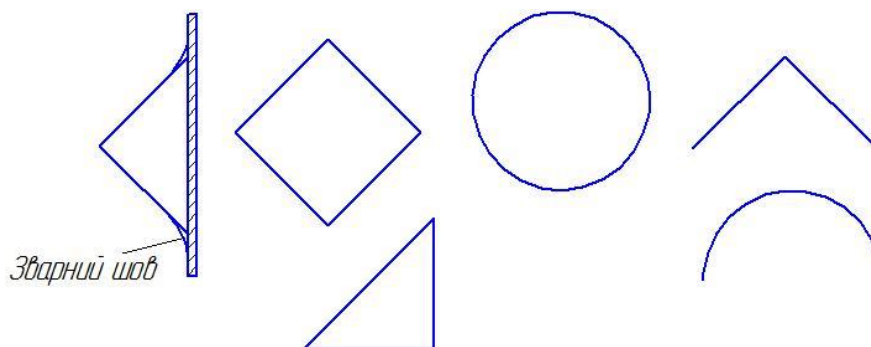


Рис. 6.14 – Гігієнічна конструкція несучого каркаса обладнання

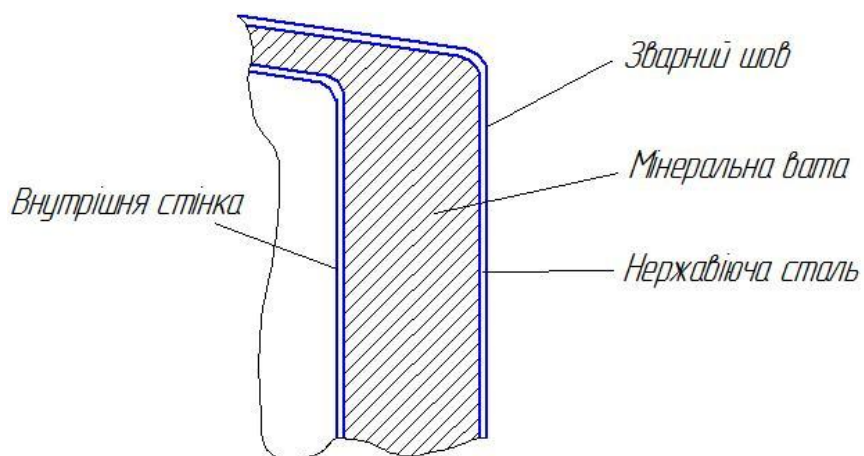


Рис. 6.15 – Гігієнічна будова ізоляції

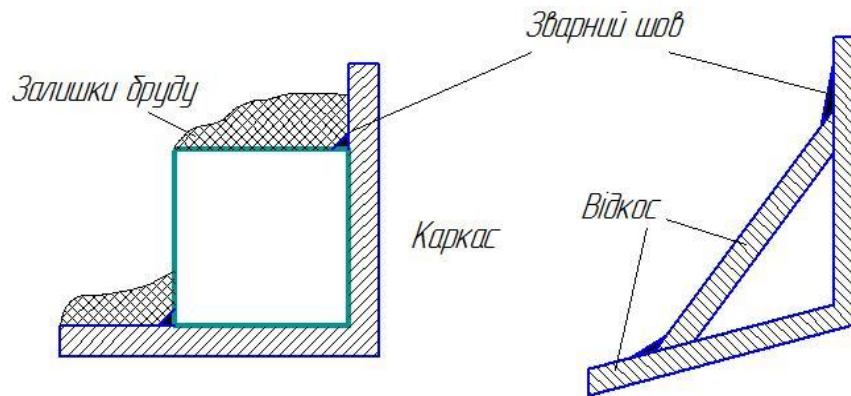


Рис. 6.16 – Гігієнічна і негігієнічна конструкції уступів рами

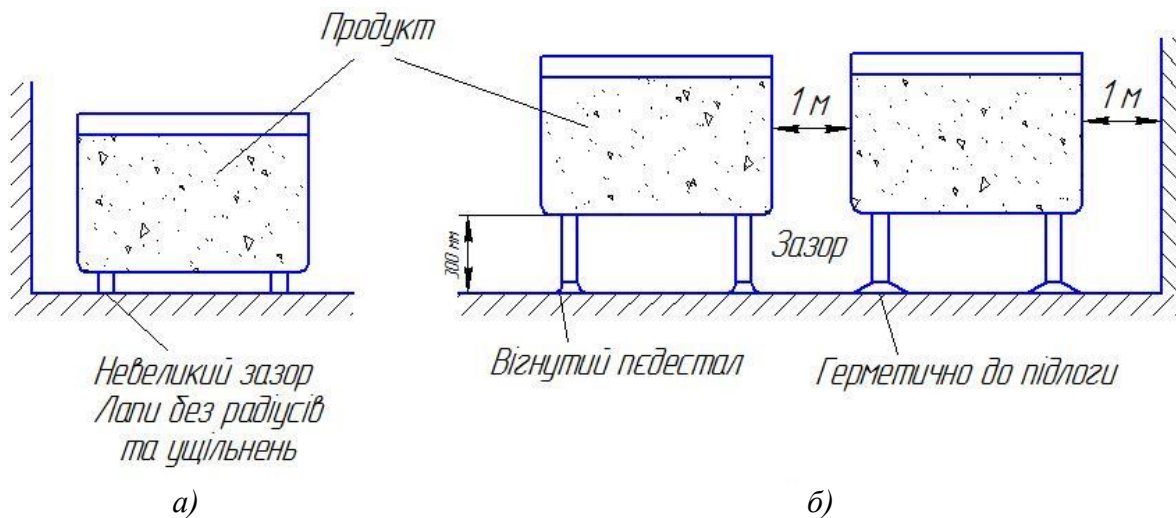


Рис. 6.17 – Гігієнічний (а) і негігієнічний (б) монтаж устаткування

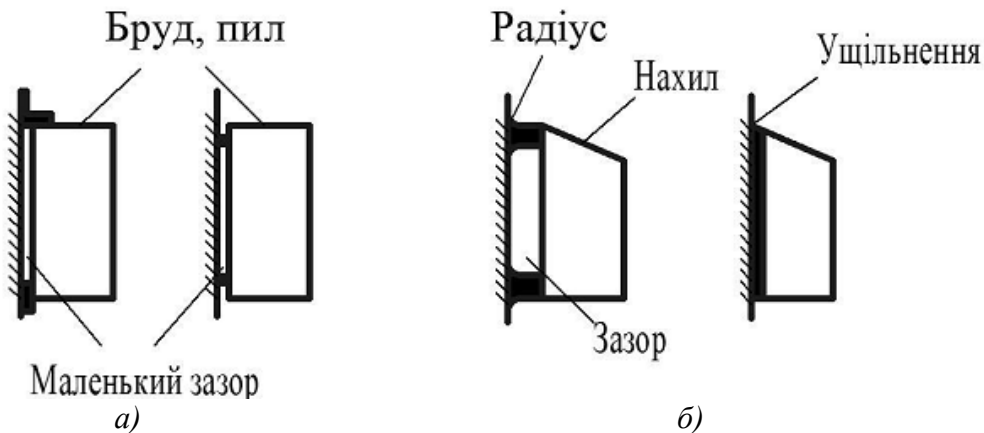


Рис. 6.18 – Гігієнічний (а) і негігієнічний (б) монтаж обладнання на стінах

Поверхні, які потенційно вступають у опосередкований контакт з продуктом (робочі зони пакувального обладнання, підвіски навішувачів сосисок, ковбасні рами, палиці, внутрішні поверхні термокамер та ін.), повинні розташовуватися таким чином, щоб не було забруднення робочої зони оброблюваним продуктом. Так, подача пакувального матеріалу повинна проводитися таким чином, щоб продукт, що впаковується, не міг його забруднити (рис. 6.26).

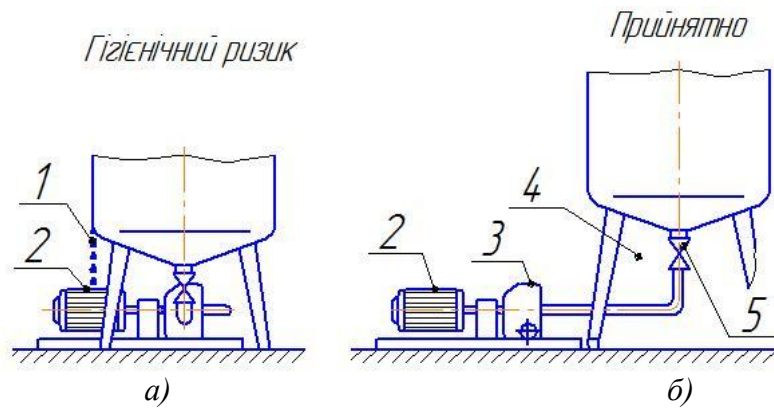


Рис. 6.19 – Гігієнічний (а) і негігієнічний (б) монтаж насосу:
1 – конденсат; 2 – двигун; 3 – насос; 4 – вільний простір; 5 – клапан

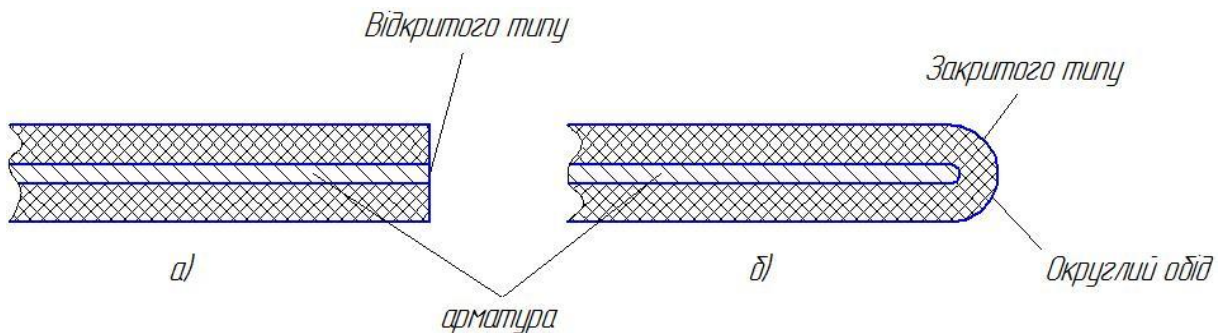


Рис. 6.20 – Негігієнічна (а) і гігієнічна (б) будова конвеєрної стрічки

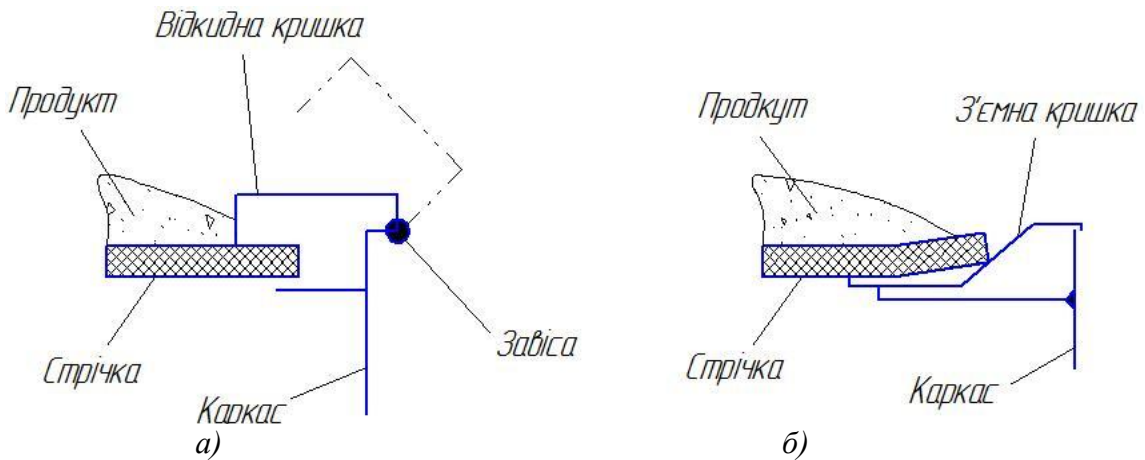


Рис. 6.21 – Негігієнічна (а) і гігієнічна (б) конструкції кришок конвеєру

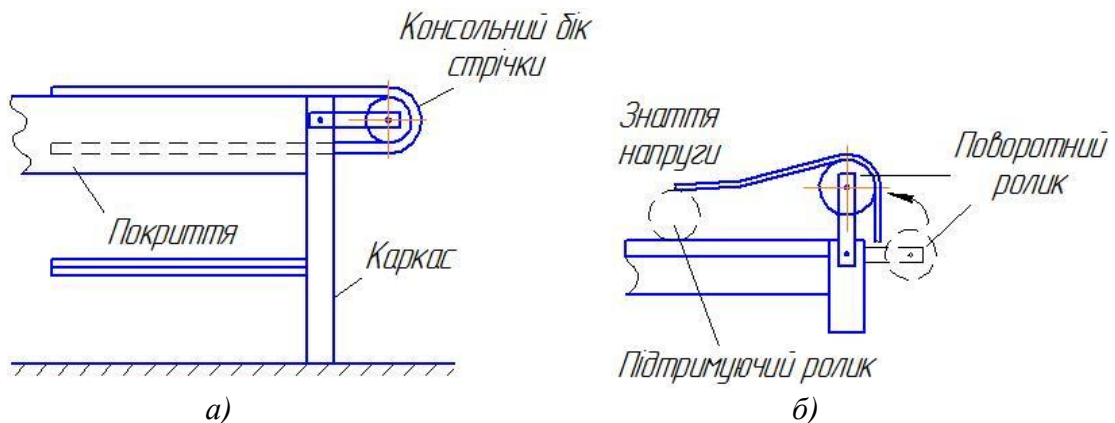


Рис. 6.22 – Конструкція поворотних роликів стрічкових конвеєрів, зручна для очищення:

а) робоче положення; б) положення при очищенні

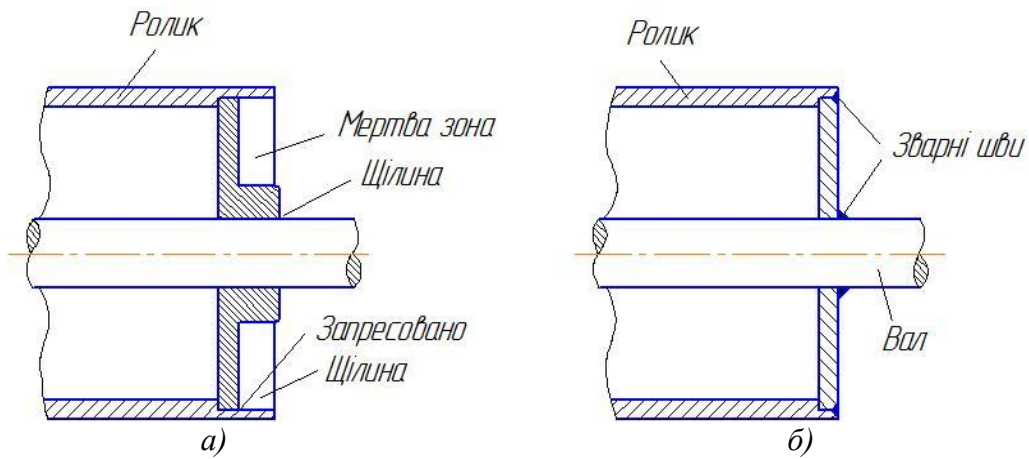


Рис. 6.23 – Негігієнічна (а) і гігієнічна (б) конструкції роликів стрічкових конвеєрів

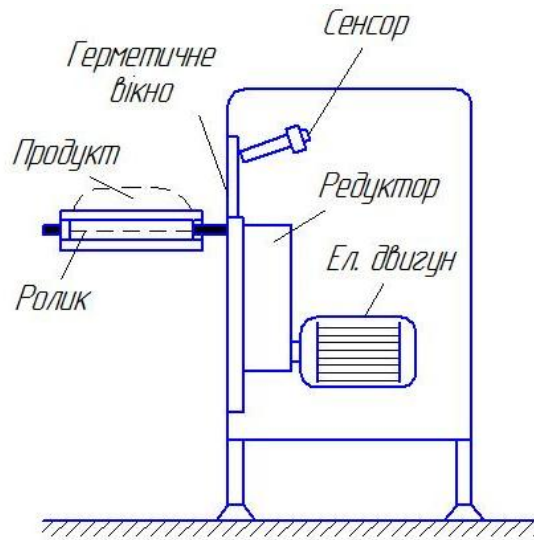


Рис. 6.24 – Герметичний корпус для приладів управління та контролю конвеєру

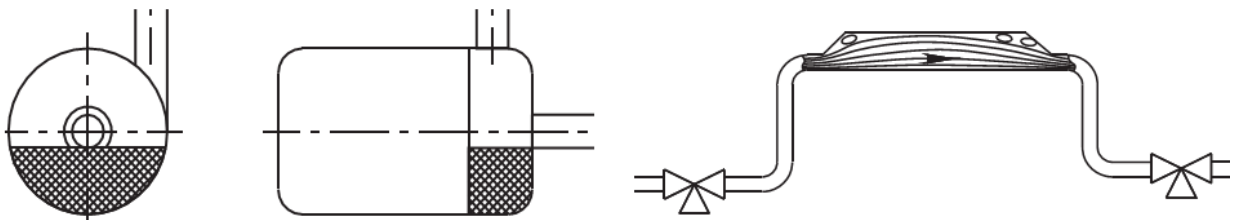


Рис. 6.25 – Забезпечення додаткового простору для розширення продукту, підданого тепловій обробці



а)



б)

Рис. 6.26 – Конструкція вузла подачі плівки в пакувальний автомат:

а) неправильна; б) правильна

З'єднання. Де це можливо, з'єднань слід уникати. Краще використовувати згинання труб, ніж з'єднання колін трубопроводу з муфтами. Щоб уникнути різьбових з'єднань, такі деталі як леза, лопаті, повинні бути приварені до маточини (рис. 6.27).

Нероз'ємні з'єднання, такі як зварні, повинні бути гладенькими і неперервними. Роз'ємні з'єднання, такі як різьбові з'єднання труб, повинні бути без щілин і забезпечувати гладеньку неперервну поверхню на стороні продукту. Фланцеві з'єднання повинні мати ущільнювачі (прокладки), тому що, хоча з'єднання «метал-метал» можуть бути герметичними, вони все ж можуть дозволити проникнення мікроорганізмів (рис. 6.28).

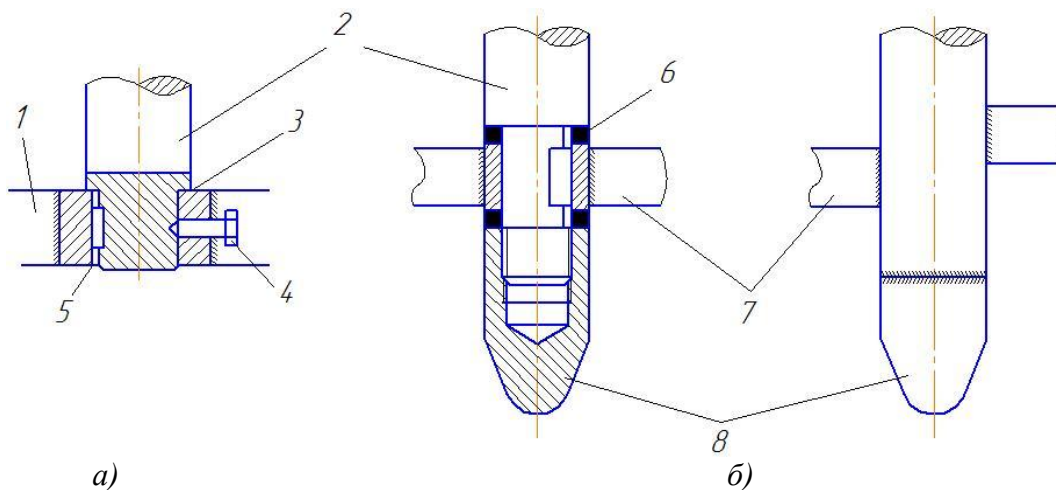


Рис. 6.27 – Негігієнічна (а) та гігієнічна (б) конструкції кріплення лопатей:
1 – лопать, закріплена шпонкою або гвинтом; 2 – вал; 3 – з'єднання метал-метал;
4 – головка болта, що виступає; 5 – зазор; 6 – герметичне з'єднання; 7 – лопать,
приварена до маточини; 8 – герметичний округлий ковпачок

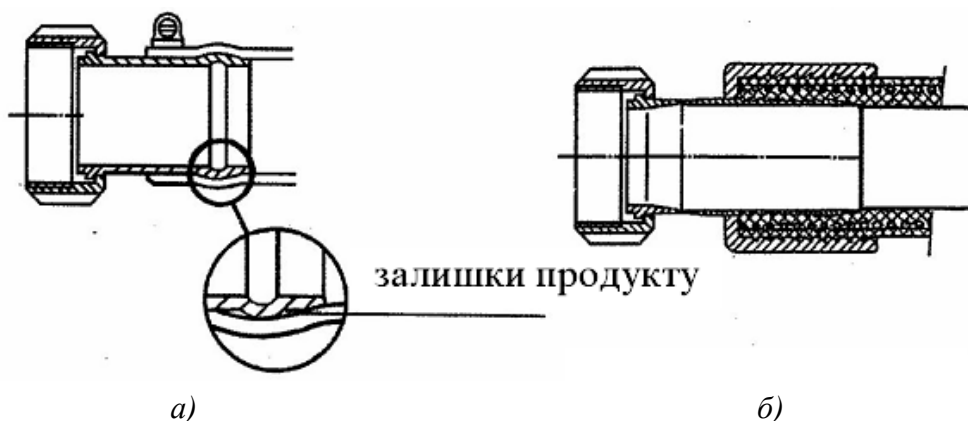


Рис. 6.28 – Негігієнічна (а) та гігієнічна (б) муфти для гнучких шлангів

Щілин слід уникати, оскільки вони не можуть бути очищені. Коли частини обладнання повинні бути змонтовані разом, контактів «метал-метал» (крім зварних швів) слід уникати, оскільки вони залишають дуже вузькі та глибокі щілини.

Між металевими елементами мають використовуватись еластomers. Еластomersні матеріали повинні бути встановлені таким чином, щоб з'єднання знаходилося на стороні продукту для запобігання руйнуванню

еластоміру внаслідок надмірного стиснення. Це може бути досягнуто шляхом включення в конструкцію елементів, які вирівнюють поверхні різних деталей і забезпечують нерухомість металу.

Зварні з'єднання внахлест не повинні використовуватися, так як вони утримують бруд і формують «мертві» або «тіньові» зони на краю перекриття, які важко чистити. Якщо перекриття неминуче, необхідно розробити добре документовані та адекватні процедури для осушення і очищення цих зон.

Зварні шви потрібно вирівняти до одного рівня і зробити гладенькими. Якщо сталеві листи товсті, краї верхньої плити повинні бути скошеними. При необхідності, краї мають бути відшліфовані. Зварювання з гострими кутами обладнання слід уникати. Рекомендуються заокруглювати кути (похилі сторони) і уникати зварних швів у кутах (рис. 6.29).

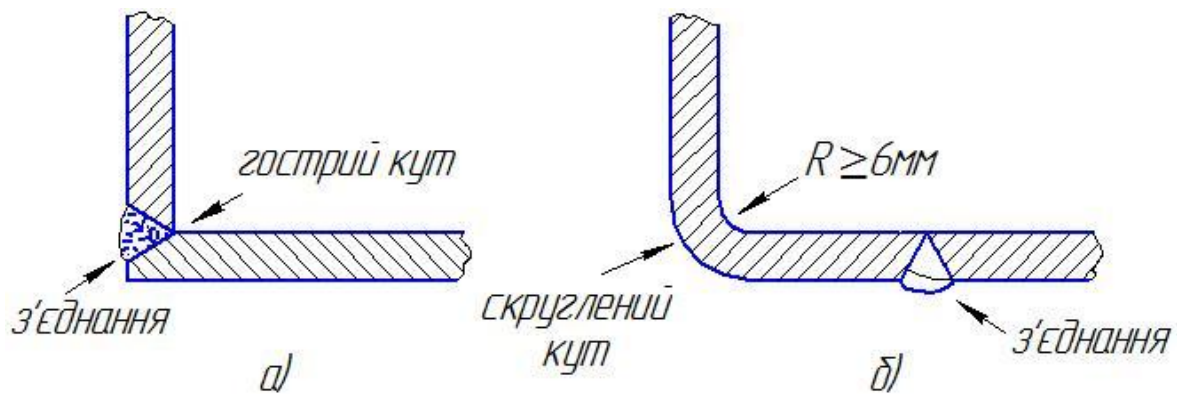


Рис. 6.29 – Негігієнічне (а) та гігієнічне (б) зварювання кутів

Не всі технології зварювання швів можуть повною мірою відповідати стандарту (рис. 6.30). Повинно бути використано зварювання у середовищі інертного газу. Для отримання якісного зварного шва матеріали повинні відповідати один одному (за складом і розмірами). Під час зварювання матеріали повинні бути повністю захищені інертним газом і температура зварювання повинна бути правильною. В іншому випадку зварні шви, які щойно виконані, можуть здаватися правильними, але будуть швидко кородувати при використанні. Рекомендованим методом для трубопроводів є автоматичне зварювання по периметру труби. Орбітальна зварювальна машина, якщо вона правильно запрограмована, здатна гарантувати стабільно високу якість зварних швів.

Якщо для постійного з'єднання використовуються клеючі речовини, вони повинні бути сумісними з матеріалами, продуктами та засобами очищення і дезінфекції, з якими вони перебувають у контакті. Всі зв'язки повинні бути безперервними і не пошкодженими механічно, щоб клеючі речовини не відокремлювалися від основного матеріалу.

Роз'ємні з'єднання (наприклад, пластин або додаткових пристроїв) встановленого кріплення (наприклад, гвинти або болти) повинні використовуватись тільки у випадках, якщо демонтаж неминучий. Де необхідні

роз'ємні з'єднання, вони повинні бути ущільнені еластомерами. Роз'ємні з'єднання, такі як різьбові з'єднання труб, повинні бути без щілин і забезпечувати гладеньку безперервну поверхню на стороні продукту.

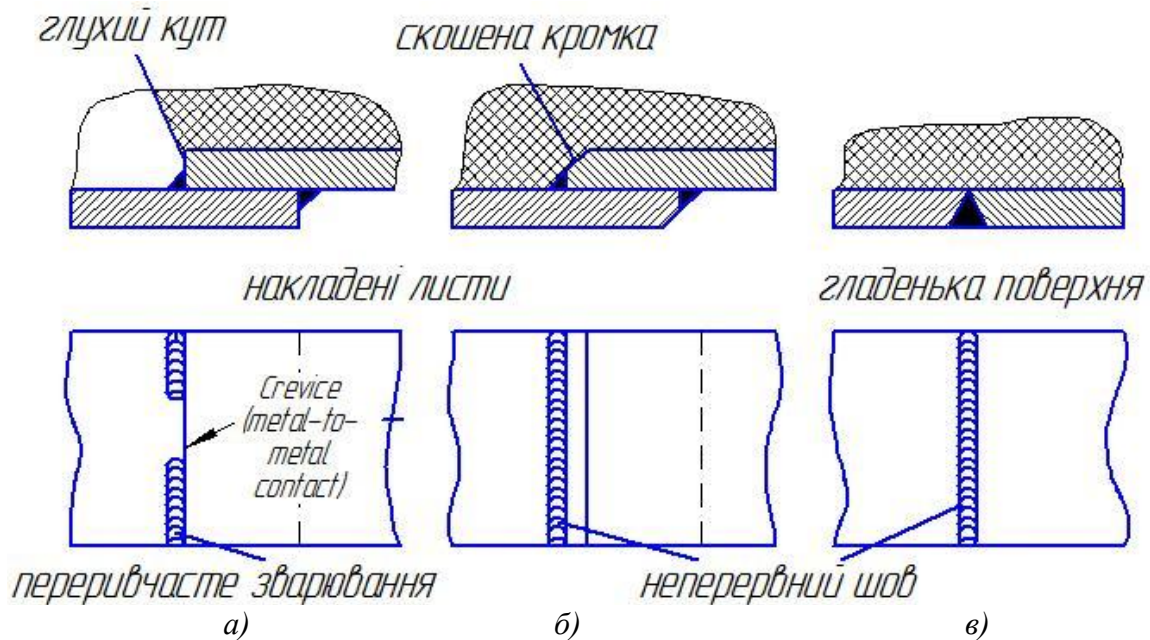


Рис. 6.30 – Гігієнічні зварні шви з'єднання листів

Кріплення. Відкритих різьбових з'єднань, гайок, болтів, гвинтів, заклепок слід по можливості уникати в місцях, які контактують з продуктом. Альтернативні методи кріплення можна використовувати там, де шайби мають гумову вставку, що стискається, щоб сформувати ущільнення, які непроникні для бактерій.

Одним з найбільш невдалих конструкторських рішень з точки зору гігієнічного дизайну є використання невідповідних кріплень, таких як гайки, болти та гвинти (рис. 6.31–6.35).

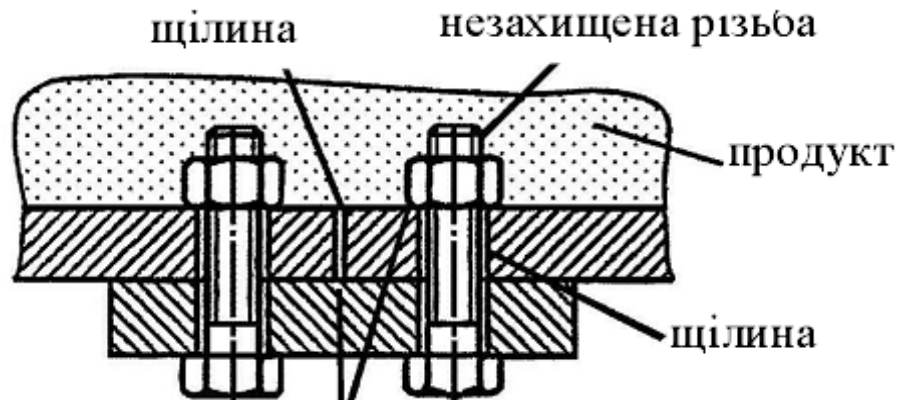


Рис. 6.31 – Негігієнічна будова з'єднань

Такі кріплення мають дві проблеми. Перша – небезпека, що вони можуть спрацюватись і потрапляти в потік продукту. Якщо кріплення немінучі, то в ідеалі вони повинні мати магнітні властивості, так щоб встановлені вниз за течією магніти, а також метало-детектори, могли видалити

їх. Тим не менш, деякі види неіржавіючої сталі є менш магнітними, ніж інші, і тому не завжди можливо дотримуватися цієї міри обережності. Друга проблема полягає в наявності контакту «метал-метал», який з підвищенням зношування створює тріщини, що збільшуються, в які будуть захоплюватись залишки продукту.

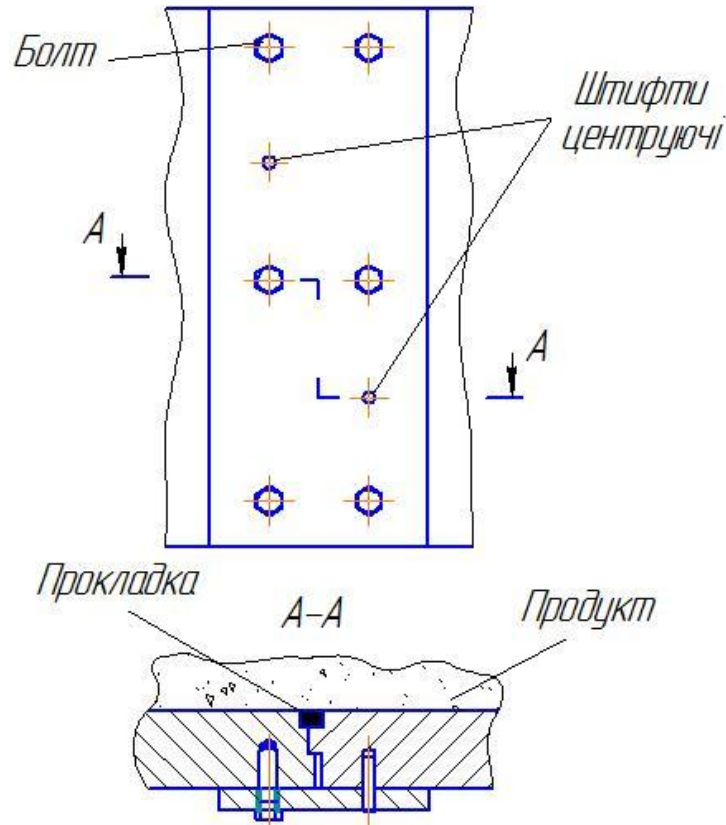


Рис. 6.32 – Покращена будова з'єднань



Рис. 6.33 – Ризики, створені негігієнічним використанням гвинтів

Якщо використання гайок або гвинтів є обов'язковим, вони повинні бути гігієнічно спроектовані і встановлені. В ідеалі вони повинні бути вставлені із зворотного боку до продукту. Якщо ні, то вони повинні бути розроблені з куполоподібною головкою, яка мінімізує ризик прилипання продукту до головки і полегшує очищення. Шайби повинні бути кругові

і похилі. Для герметизації різьбових з'єднань повинні використовуватися еластомірні прокладки. Болти або гайки не здатні забезпечити достатнє стискування, щоб не утворилася щілина між кромками листа.

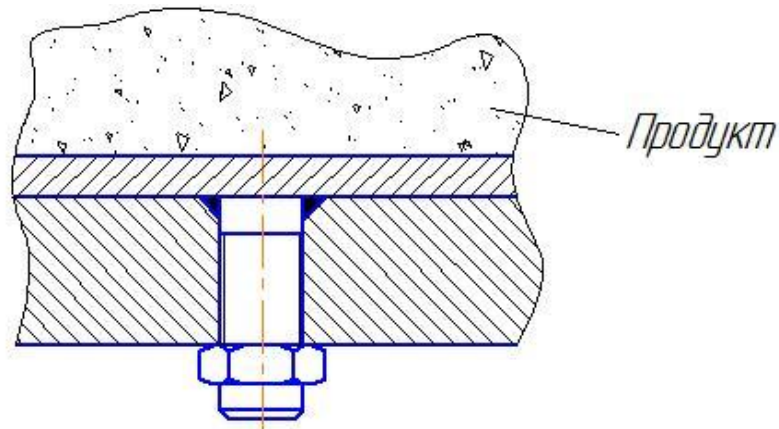


Рис. 6.34 – Гігієнічне використання гвинтів: відсутній контакт з продуктом

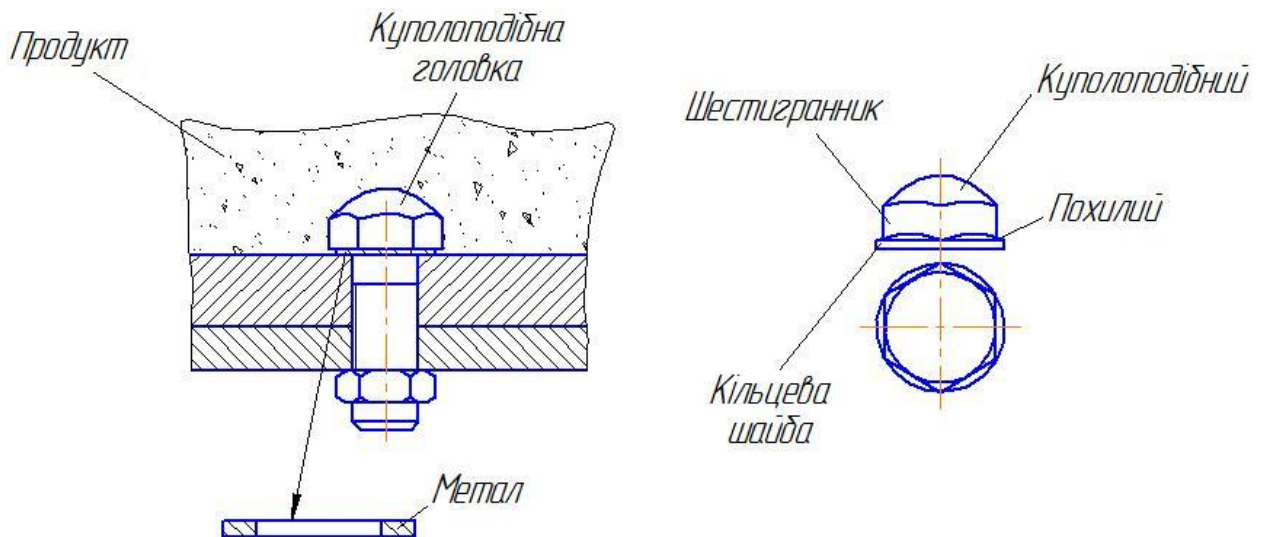


Рис. 6.35 – Гігієнічні конструкції болтів: зона продукту

З'єднання гвинтами і шпильками на зворотному до продукту боці усуває зайві небезпеки. Тим не менше, в конструкції пазів для ущільнювачів необхідно передбачити простір для розширення ущільнення в області продукту при нагріванні.

Звільнення від залишків вологи. Всі трубопроводи та поверхні обладнання повинні бути такими, що самі звільняються від залишків рідини, тому що залишки рідини можуть призвести до зростання мікроорганізмів, або, в разі використання рідини для очищення, – до забруднення продукту (рис. 6.36, 6.37).

Там, де неможливо проектувати устаткування таким чином, щоб забезпечити належний дренаж, повинні бути передбачені дії, щоб переконатися, що залишки рідини для очищення і знезараження могли бути видалені по-іншому (рис. 6.38). Метод, який використовується, повинен бути добре задокументований і мати чіткі інструкції.

Основні аспекти проектування і виготовлення гігієнічних трубопроводних систем включають в себе: гігієнічність матеріалів і поверхонь; тренуваність персоналу; можливість очищення; відсутність мертвих зон.

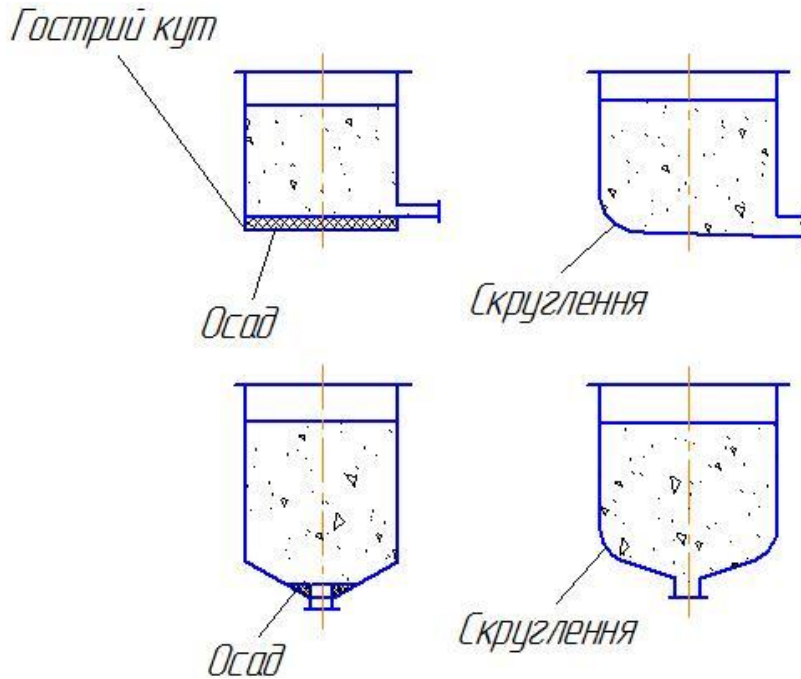


Рис. 6.36 – Конструкції самодренажних ємностей

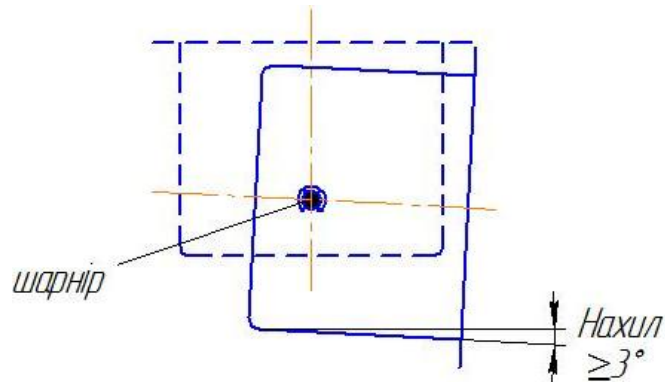


Рис. 6.37 – Гігієнічна конструкція перекидання контейнерів

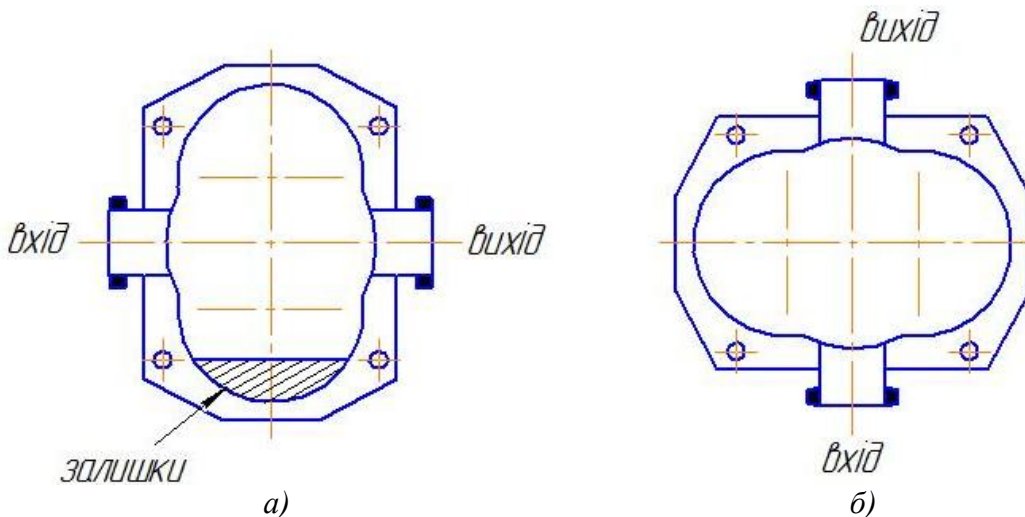


Рис. 6.38 – Негігієнічна (а) та гігієнічна (б) конструкції лопатевих насосів

Трубопроводи повинні бути спроектовані з ухилом для зливу. Вони повинні належним чином підтримуватися для запобігання провисання (рекомендується встановлювати опори через кожні 3–4 м). Важливо також забезпечити візуальну та мікробіологічну інспекції в ключових точках, особливо тих, в яких складно очищувати. Це може бути досягнуто за наявності короткої ділянки, яка може бути легко від'єднана, щоб забезпечити огляд решти частини труби.

Ефективне очищення потребує швидкості руху рідини для очищення 1,5 м/с. Невисока швидкість може значно збільшити час, необхідний для очищення. Якщо для пастеризації технологічної лінії використовується гаряча вода, то направлене вгору відгалуження Т-подібного перерізу буде захоплювати повітря, знижуючи тим самим швидкість передачі тепла і унеможливаючи дезактивацію мертвої зони. Якщо технологічну лінію стерилізують паром, то за умов, що направлена вгору мертва зона чиста і не занадто довга, існує велика імовірність того, що дезактивація буде проведена належним чином, оскільки пара буде конденсуватися на поверхні відгалуження і рухатись вниз, що призведе до збільшення конденсації пари і виділення її енергії. При стерилізації паром відгалуження, які спрямовані вниз, створюють проблеми. Тут конденсат буде збиратися у відгалуженні і перешкоджати теплопередачі. Якщо Т-подібні секції неминучі, вони повинні бути якомога коротшими. Для труб діаметром 25 мм або більше, вони повинні мати глибину до 28 мм.

В трубопроводах для рідин не повинно бути ділянок з пониженим рівнем, а для повітряних трубопроводів необхідно виключити ділянки з підвищеним рівнем (рис. 6.39).

Ухили трубопроводів приймають в залежності від фізико-хімічних властивостей середовищ, що транспортуються (не менше): газ і пари – 0,002; вода – 0,003; кислоти, луги – 0,005; рідкі харчові продукти – 0,01; середовища, які застигають, і високов'язкі – 0,02 (рис. 6.40–6.44).

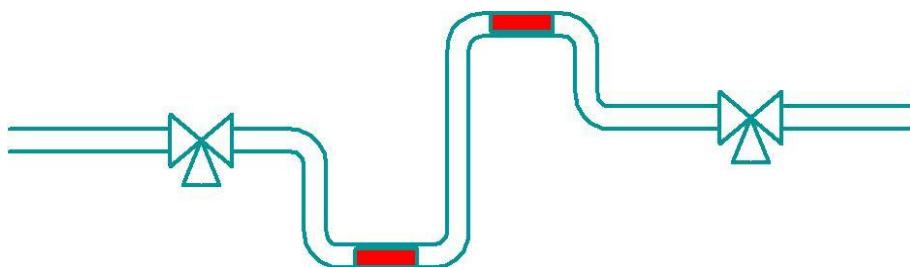
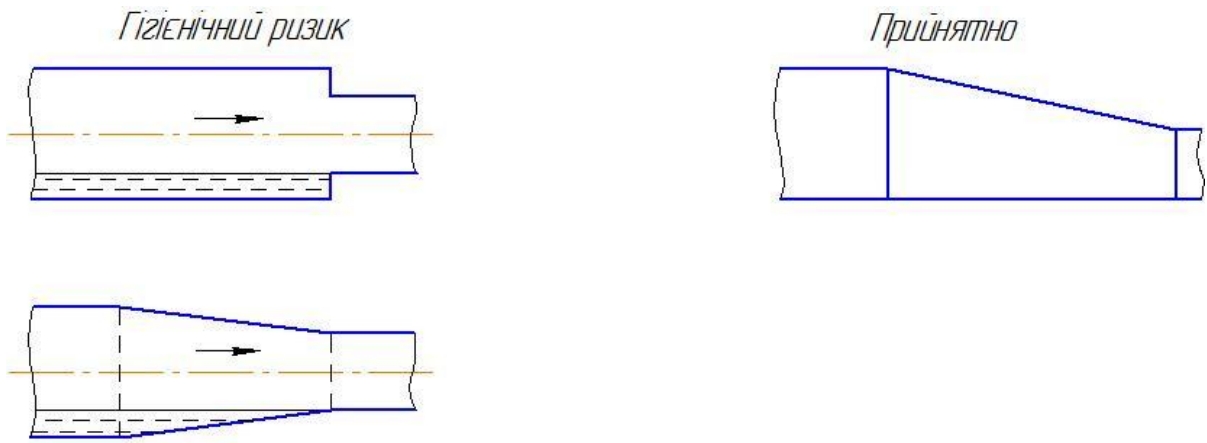


Рис. 6.39 – Приклад неправильного монтажу комунікацій

Внутрішні кути. Де це можливо, вони повинні бути добре скруглені для полегшення очищення. Бажано, щоб кути мали радіус, рівний або більший 6 мм; мінімальний радіус 3 мм. Гострих кутів (<math><90^\circ</math>) слід уникати. Якщо гострих кутів не можна уникнути або, по технічних причинах, радіус кута повинен бути менше 3 мм, конструкція повинна бути такою, щоб була компенсована неможливість очищення.



а) Концентричний перехідник
а)

б) Ексцентричний перехідник
б)

Рис. 6.40 – Негігієнічна (а) та гігієнічна (б) будови перехідників трубопроводів

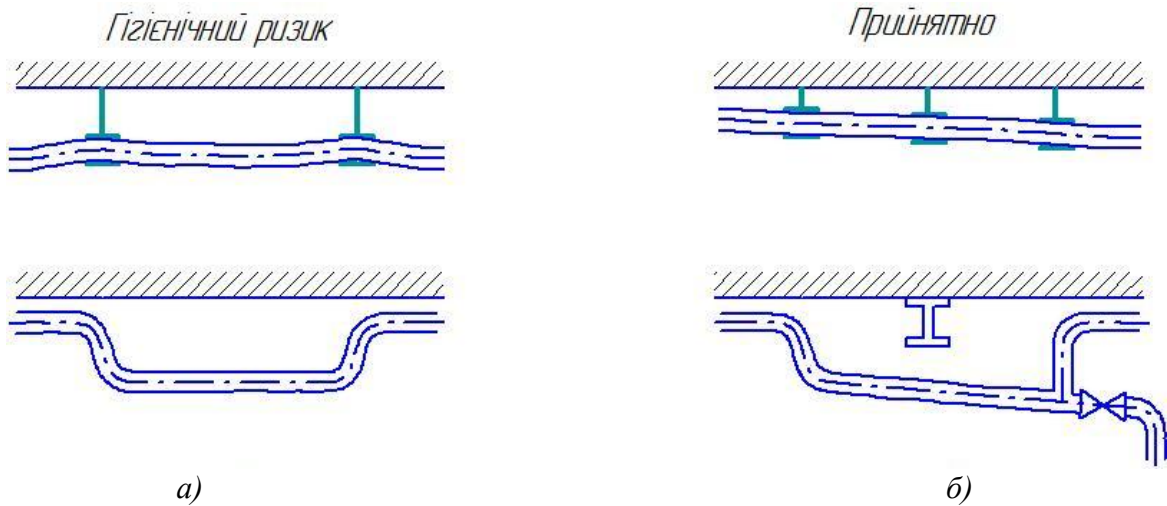


Рис. 6.41 – Негігієнічне (а) та гігієнічне (б) дренавання трубопроводів

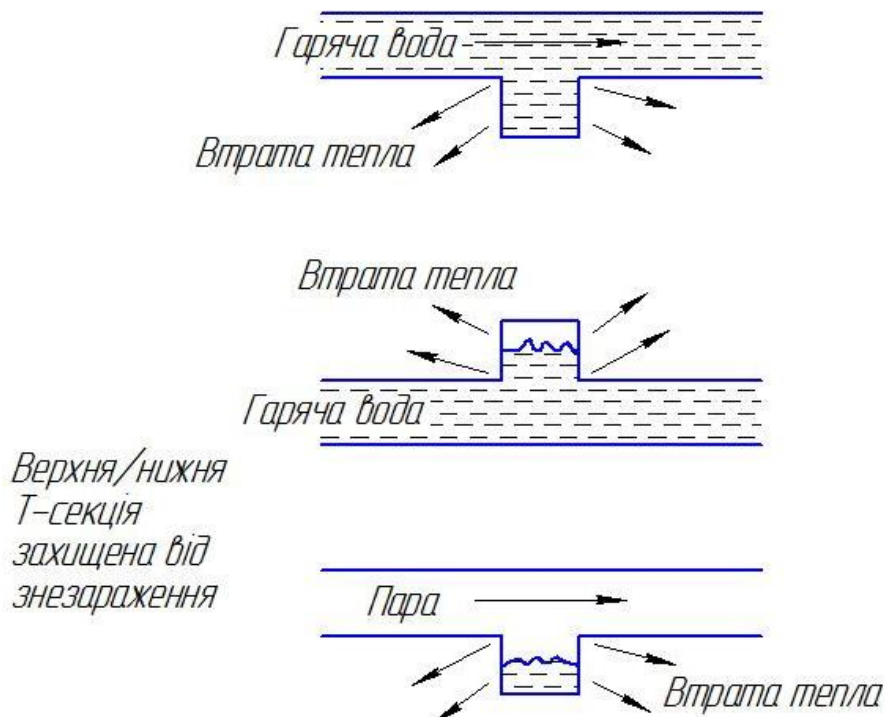


Рис. 6.42 – Вплив Т-подібних секцій на дезактивацію гарячою водою або паром

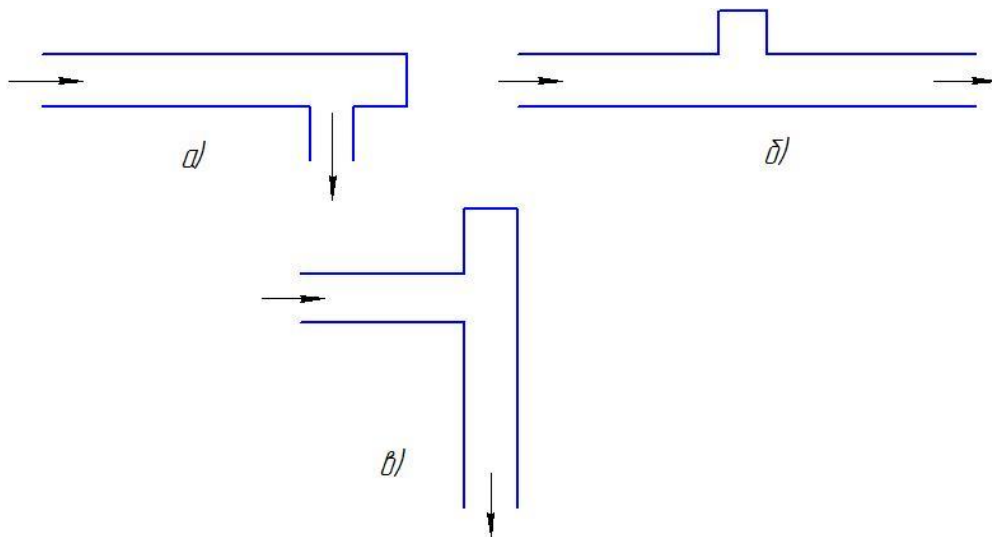


Рис. 6.43 – Гігієнічне розташування відводів

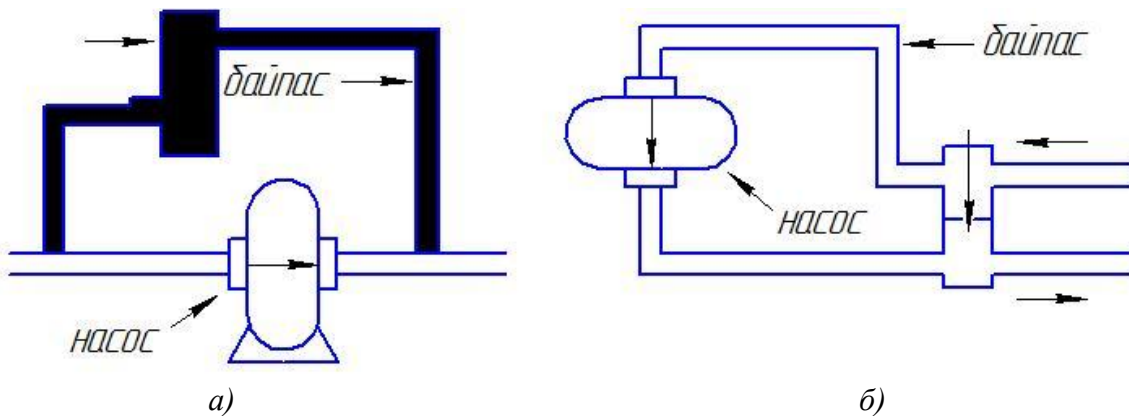


Рис. 6.44 – Негігієнічна (а) та гігієнічна (б) конструкції обхідних контурів

Мертві зони. Так само, як треба бути впевненим, що немає мертвих зон в конструкції устаткування, необхідно подбати, щоб вони не утворилися під час установки (монтажу).

Підшипники і ущільнення вала. Підшипники повинні, по можливості, бути встановлені поза зоною, де є продукт, щоб уникнути можливого забруднення продукту мастильними матеріалами (якщо вони не є їстівними), або щоб уникнути можливої відмови підшипника через попадання продукту (рис. 6.45).

Ущільнення валу повинні бути сконструйовані так, щоб їх можна було легко зняти та щоб вони легко очищувались. Якщо вони не змащуються самим продуктом, то мастильний матеріал, який використовується, має бути харчовим. Якщо підшипники знаходяться в області продукту (як корпуси підшипників на валу мішалки) важливо, щоб був передбачений наскрізний отвір у кришці, який дозволяв би прохід рідини для очищення.

Інструменти мають бути виготовлені з відповідних матеріалів. Якщо вони містять робочі рідини, наприклад, як трубка Бурдона в манометрі, рідина повинна бути дозволена для контакту з харчовими продуктами. Багато інструментів самі по собі є гігієнічними, але часто вони встановлені неправильно.

Люки, кришки і панелі. Люки, кришки і панелі повинні бути сконструйовані таким чином, щоб вони запобігали проникненню або накопиченню бруду. У разі необхідності вони повинні мати ухил до зовнішнього краю і повинні бути легко видалені для полегшення очищення.

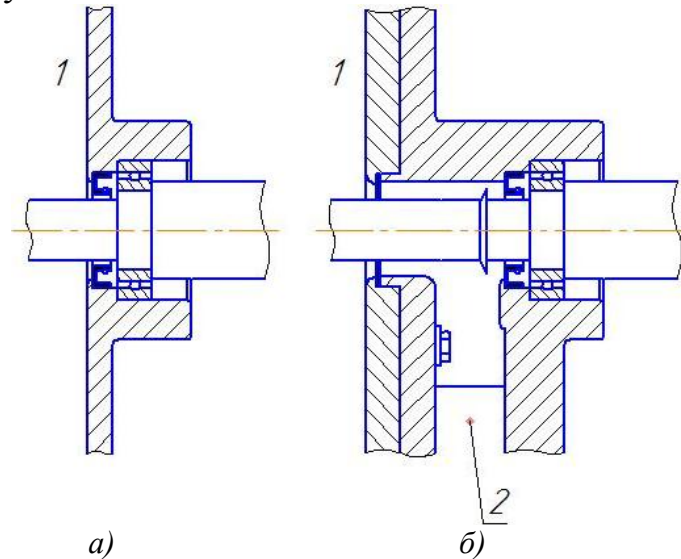


Рис. 6.45 – Негігієнічна (а) та гігієнічна (б) конструкції входу вала:
1 – зона продукту; 2 – зона, яка з'єднана з атмосферою

У відкидних кришках петля повинна бути влаштована таким чином, щоб вона могла бути демонтована або легко очищена, і щоб можна було уникнути накопичення продуктів, пилу і сторонніх предметів (у тому числі комах). Патрубки або датчики, які проходять крізь кришки, повинні бути приварені або герметично закріплені.

Ємності повинні бути закриті на всіх етапах виробництва. Відкриті ємності допускаються, якщо це дуже необхідно.

В конструкціях верхнього ободу устаткування, в якому знаходиться продукт (наприклад, контейнери, лотки, ящики) потрібно уникати виступів, де продукт може затриматись і які важко піддаються очищенню (рис. 6.46–6.51). Відкритий верх конструкції обода повинен бути округлим і мати нахил для дренажу. Якщо верхній обід приварений до стінки, зварювальні шви повинні бути на одному рівні і відполіровані, щоб забезпечити гладеньку поверхню. У цьому випадку краї повинні бути повністю закриті. Будь-які отвори повинні бути закриті зварюванням або загерметизовані.

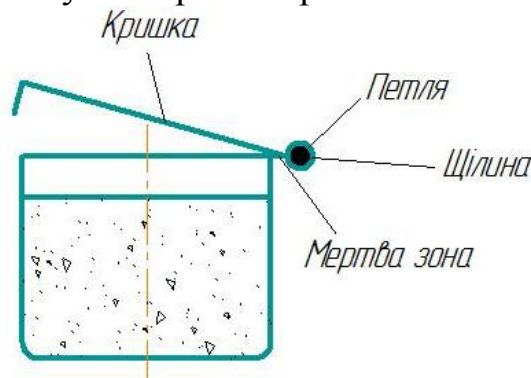


Рис. 6.46 – Гігієнічні ризики, пов'язані з конструкцією кришок

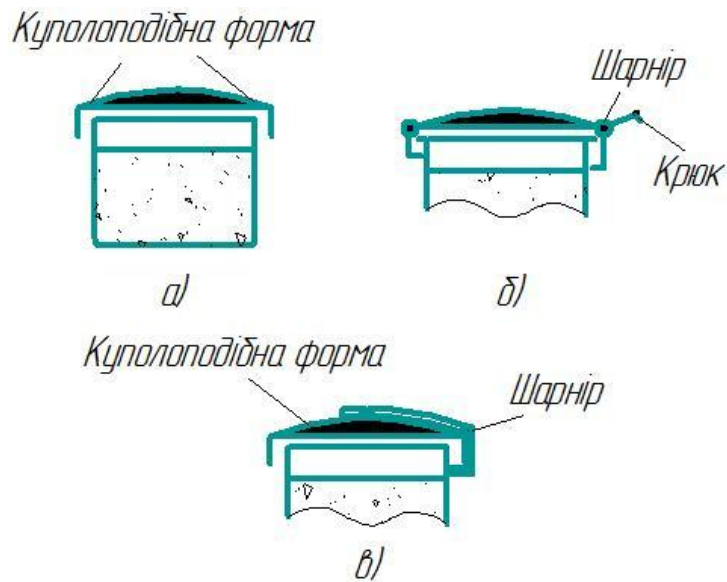


Рис. 6.47 – Гігієнічні конструкції кришок

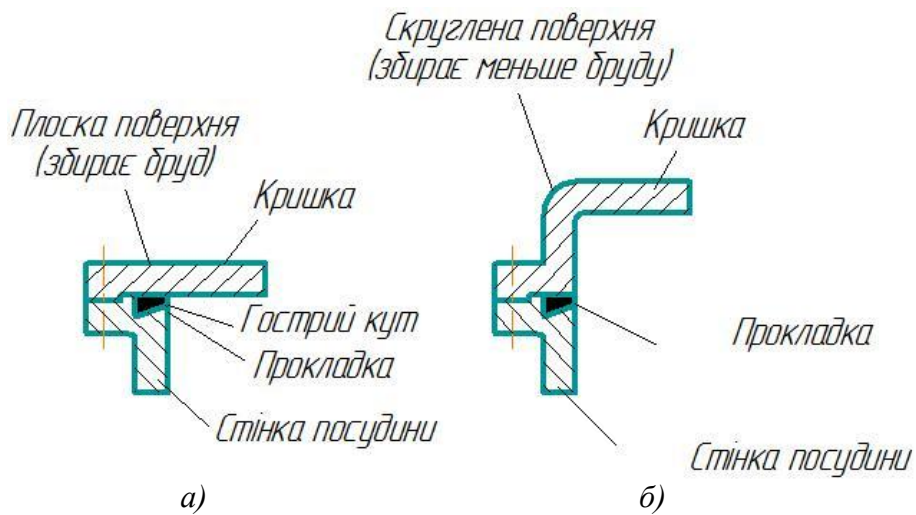


Рис. 6.48 – Негігієнічний (а) і гігієнічний (б) монтаж кришок

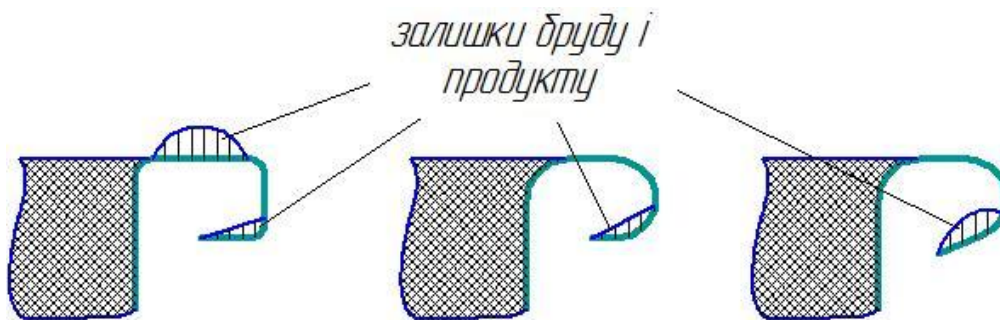


Рис. 6.49 – Конструкції антисанітарних обводів



Рис. 6.50 – Гігієнічні конструкції обводів

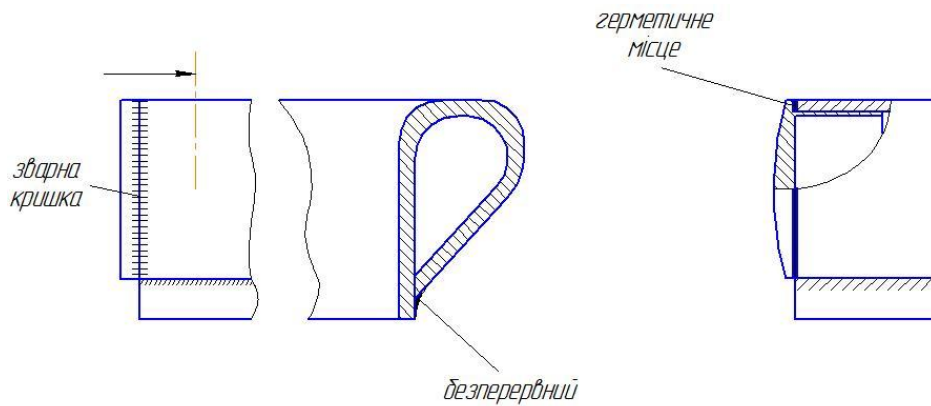


Рис. 6.51 – Загерметизовані обводи

Ущільнення. Вони традиційно виготовляються з гуми, особливо з синтетичних каучуків і еластомерів (рис. 6.52, 6.53). Ущільнення повинні витримувати різні умови – мінусові температури під час обробки і температури вище $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ під час стерилізації. Матеріали повинні також легко очищуватися під час санітарної обробки і бути стійкими до різних продуктів – кислот і лугів, а також мастила і олії. Для забезпечення гладенької міцної поверхні з достатньою температурною і корозійною стійкістю, виробники обладнання прагнуть використовувати в якості ущільнювального матеріалу для харчового обладнання політетрафторетилен (ПТФЕ). Однак, йому не вистачає стійкості. Він має коефіцієнт розширення приблизно $100 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$, порівняно з приблизно $16 \cdot 10^{-6}\text{ K}^{-1}$ для нержавіючої сталі. У зв'язку з цим велика різниця коефіцієнтів теплового розширення між ПТФЕ і нержавіючою сталлю при термічній обробці змінює форму ПТФЕ-прокладки і після охолодження утворюються щілини.

Якщо взагалі немає стійкості, в прокладці завтовшки 5 мм зі зміною температури від $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ і в зворотньому напрямку, може утворитись щілина шириною до 36 мкм (рис. 6.54). Тому важливо не використовувати ущільнення, виготовлені з непружних матеріалів.

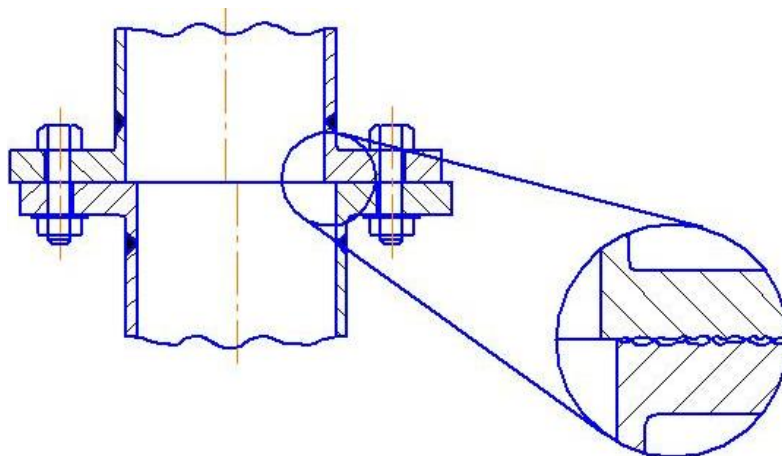


Рис. 6.52 – Негігієнічне фланцеве з'єднання труб

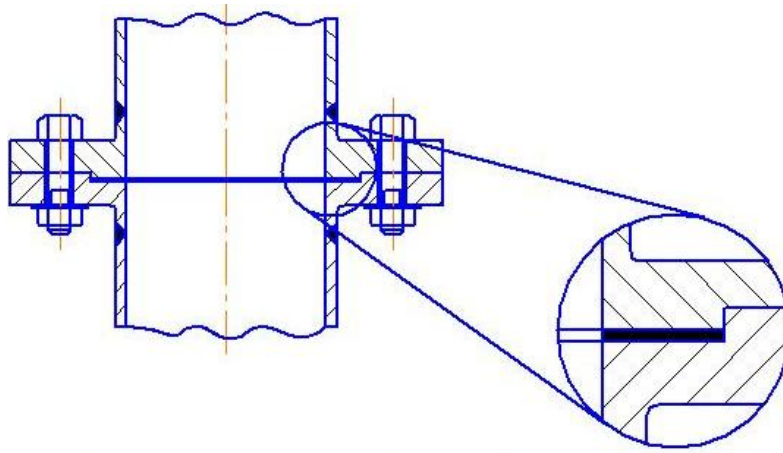


Рис. 6.53 – Гігієнічне фланцеве з'єднання труб

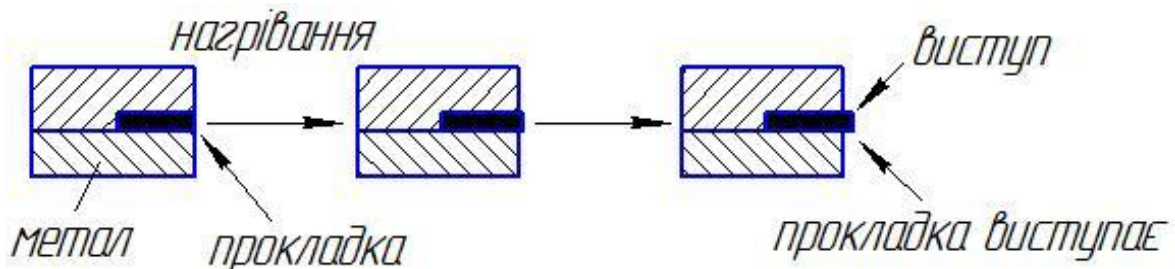


Рис. 6.54 – Деформації непружного матеріалу прокладки

Також важливо контролювати стискування еластомерів. Надмірне стискування може призвести до руйнування еластомерів, особливо, якщо такий еластомер працює з підгрівом (наприклад, при пастеризації та стерилізації). Еластомер може стати крихким і буде не в змозі забезпечити необхідне ущільнення, в той час як частинки еластомеру можуть забруднювати продукт. Надмірне стиснення може призвести до виступу еластомеру в обладнання, що перешкоджає очищенню і промиванню. Недостатнє стиснення також є потенційною проблемою, так як це може призвести до появи щілини і неможливості забезпечити надійну герметизацію. Навіть коли через щілину в ущільненні відсутнє просочування продукту, через нього можуть проникнути мікроорганізми.

З'єднання, які містять ущільнювальні O-подібні прокладки, завжди створюють щілини, які неможливо очистити на місці, і утворюють мертві зони, де можуть розмножуватися мікроорганізми (рис. 6.55–6.58).

Ця проблема є наслідком різних коефіцієнтів теплового розширення еластомерів і сталі. Тепло викликає розширення O-подібної прокладки, що захищає мікроорганізми від контакту з гарячою водою, хімічним розчином або паром в зоні між прокладкою і сталеву поверхнею. Після охолодження і усадки O-подібної прокладки мікроорганізми, які залишилися в живих, звільняться і будуть заражати продукт, який був чистим на початку виробництва.

Динамічні ущільнення також вимагають ретельної гігієнічної проробки і мають легко очищуватись. Простір навколо ущільнення повинен бути якомога ширшим. Оскільки вони не перешкоджають проходженню деяких мікроорганізмів, використання динамічного ущільнення в асептичному

обладнанні слід уникати. Це можна зробити за допомогою сільфонів або мембран, що відокремлюють ущільнення зі сторони продукту. Там, де це неможливо (наприклад, у разі ущільнення обертових частин обладнання), необхідно використовувати подвійні ущільнення.

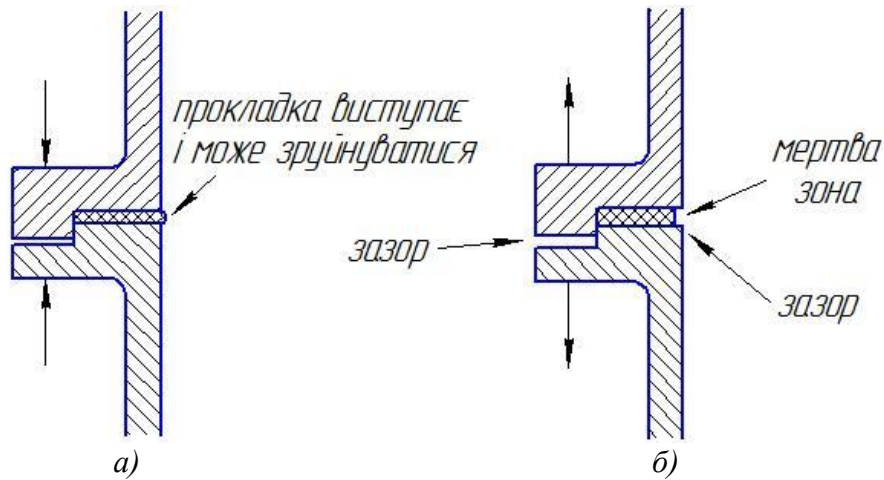


Рис. 6.55 – Надмірне (а) і недостатнє (б) стиснення прокладки

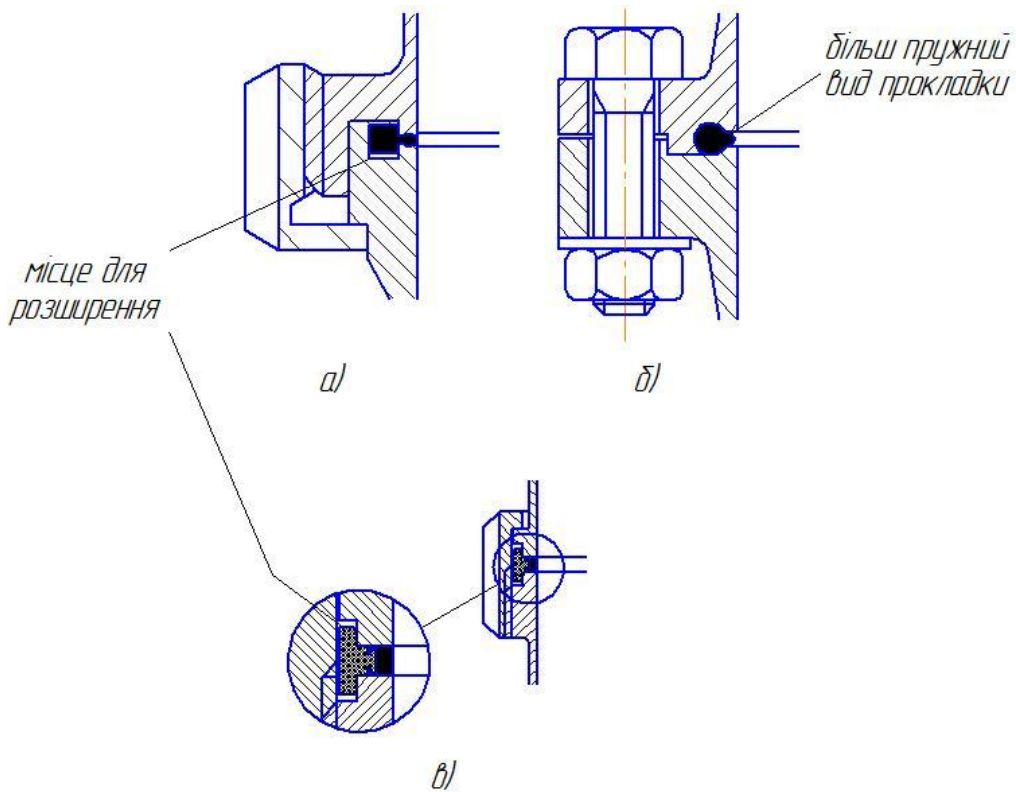


Рис. 6.56 – Гігієнічна конструкція трубної муфти з контролем вирівнювання і стиснення

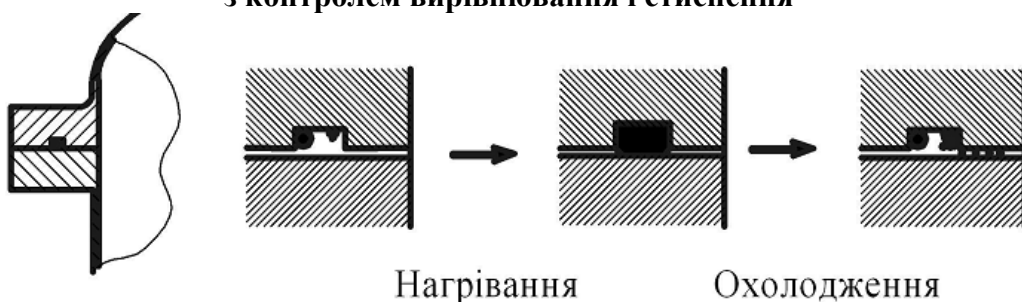


Рис. 6.57 – Негігієнічне ущільнення O-подібною прокладкою

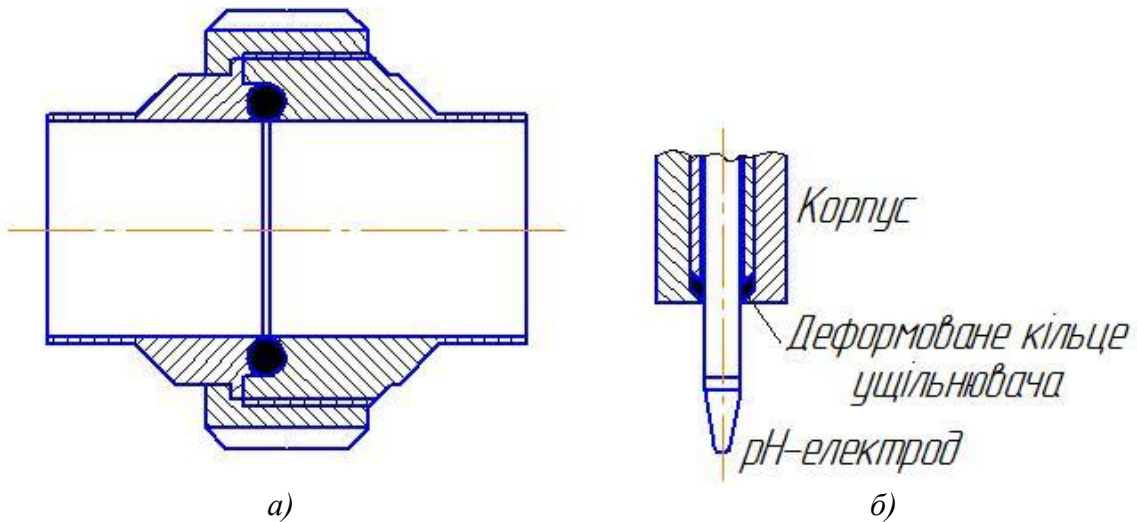


Рис. 6.58 – Гігієнічні випадки використання ущільнювальної O-подібної прокладки в трубному з'єднанні (а) і з'єднанні датчика (б)

Простір між ущільненнями повинен бути промитий антимікробною рідиною (наприклад, гарячою водою, паром або антимікробним хімічним розчином). Вибір рідини для промивання залежить від вимог до продукції.

Пристрої для контролю повинні бути сконструйовані так, щоб запобігти попаданню забруднень і бути простими у догляді, особливо ті, які неодноразово контактують з харчовими продуктами, для того, щоб забезпечити виробничий процес.

В більшості випадків прилади, що контролюють процес, встановлені в трубах або резервуарах за допомогою різьбових з'єднань або фланців. Жоден з цих методів не підходить для харчового виробництва, оскільки обидва з'єднання ведуть до появи тріщин і розривів, де продукт може накопичуватися і гнити. Крім того, монтаж і демонтаж вимагає значних зусиль, тому очищення стає складним. В ідеалі з'єднання повинно забезпечувати відсутність щілин, де продукт може накопичуватись. Одним з таких рішень є приварювання приладу на місце з подальшим шліфуванням і поліруванням внутрішньої сторони. На жаль, це означає, що прилади не можуть бути замінені. Для гільз, де датчики легко замінюються, і для витратомірів це цілком можливо і часто зустрічається.

Прилади контролю за процесом, як правило, встановлюють за допомогою так званих санітарних муфт. Вони забезпечують конструкцію без зазорів, з легким монтажем і демонтажем, що дозволяє їх швидко знімати для очищення.

Крім гігієни контакту вимірювальних приладів з продуктом та їх гігієнічного підключення, важливою є також конструкція корпусу вимірювального приладу. В залежності від його типу, корпус може містити тільки клеми або всю оцінюючу електроніку. В обох випадках він повинен забезпечити захист: від попадання пилу і вологи зовні; від виходу назовні іскри або полум'я, якщо датчик використовується у вибухонебезпечній області.

Відповідні вимоги до поверхонь і конструктивних елементів обладнання залежать від того, до якої зони (харчової, проміжної або нехарчової) відносяться конкретні деталі і вузли.

Розглянемо будову м'ясорубок та м'ясорізальних вовчків (рис. 6.59). Харчову зону складають поверхні, що контактують з харчовим продуктом в процесі роботи, а також поверхні, яких частина продукту може торкнутися і потім приєднатися до основної його маси [7, 12].

До харчової зони відносяться: внутрішні поверхні сировинного лотка; внутрішня частина завантажувальної горловини; пластина-обмежувач; внутрішня частина і краї сировинного бункера; живлячий шнек; внутрішня поверхня горловини; робочий шнек; приймальна решітка; ніж; ріжуча решітка; затискна гайка; внутрішня поверхня кришки; кришка бункера (усередині і зовні); електричний датчик системи захисту; захисна решітка; закритий захисний кожух (усередині); захисний кожух з лозин або перфорованого листа (усередині і зовні); штовхач.

Щодо харчової зони висуваються підвищені вимоги до радіусів згинів і радіусам зачистки зварних швів, профілям канавок та ін. За наявності технічної можливості поверхні обладнання мають бути полірованими (мати малу шорсткість). Поверхні харчової зони мають бути виконані з металів і неметалічних матеріалів, дозволених до контакту з харчовим середовищем.

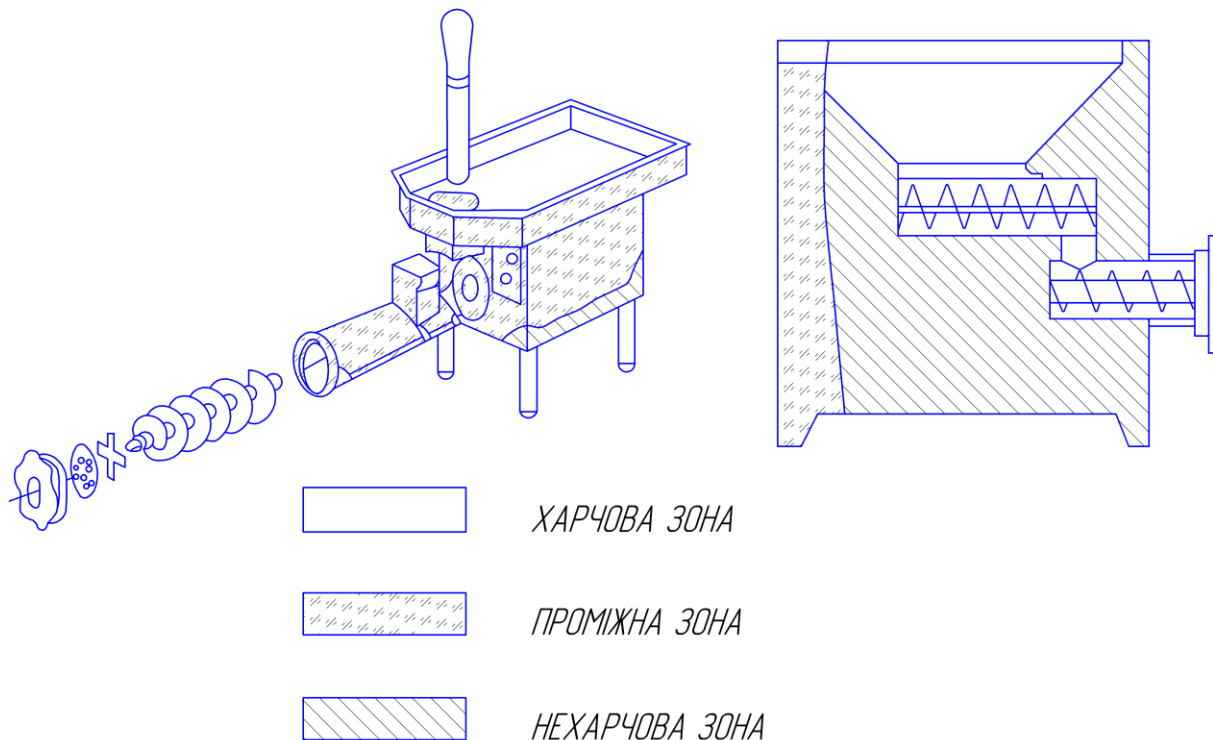


Рис. 6.59 – Конструктивні зони вовчка, які визначаються характером контакту із продуктом

Проміжна зона має ще одну назву – зона розбризкування. На поверхні цієї зони харчова маса може потрапити при розбризкуванні в процесі обробки або організувати потік, який згодом не приєднається до основного потоку сировини. До проміжної зони відносяться: корпус машини (зовні);




горловина (зовні); кришка (зовні, у закритому стані); захисний кожух (зовні, у закритому стані); транспортний візок.

Поверхні нехарчової зони не контактують з харчовим продуктом, проте вони також мають бути, по можливості, гладкими, а при їх конструюванні слід уникати канавок, кутів, отворів, з'єднань. Внутрішні порожнини, що відносяться до нехарчової зони, мають бути достатньо великими, щоб забезпечити можливість їх очищення і, при необхідності, дезинфекції.

Кутери, залежно від діаметра (D) і об'єму (V) чаші, поділяються на три типи [13]:

- тип 1: $D < 700$ мм або $2 \text{ л} < V < 30$ л;
- тип 2: $700 \text{ мм} < D < 1200$ мм або $30 \text{ л} < V < 120$ л;
- тип 3: $D > 1200$ мм або $V > 120$ л.

Нижче наведено класифікацію гігієнічних зон кутерів (рис. 6.60, 6.61). Конструкція цих зон повинна бути такою, щоб миючі рідини могли безперешкодно витікати назовні. В інструкцію з експлуатації повинна бути включена інформація про рекомендовані методи очищення поверхонь харчової зони, а також про захисні кожухи, кришки чаш і кутерів.

-  Харчова зона
-  Зона розбризкування
-  Нехарчова зона

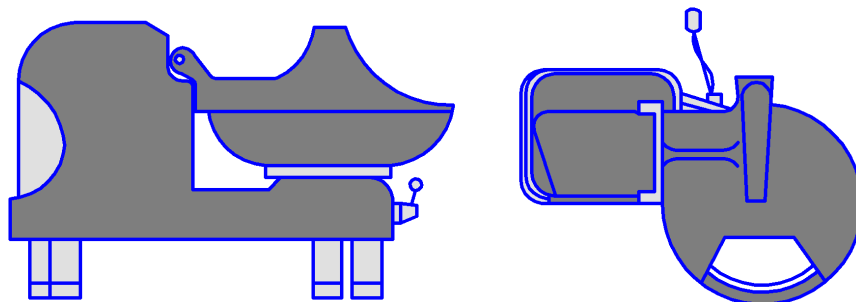


Рис. 6.60 – Гігієнічні зони кутерів типу 1

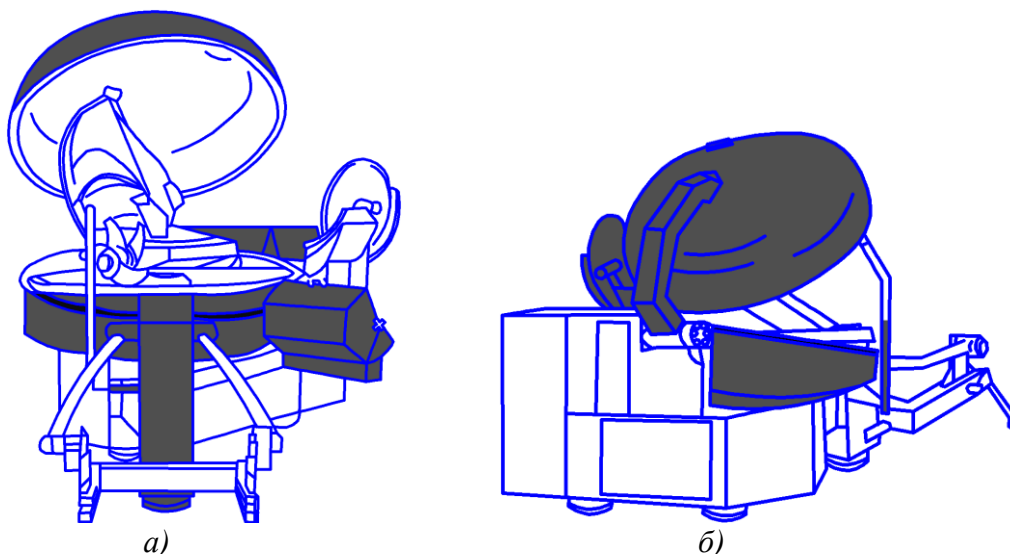


Рис. 6.61 – Гігієнічні зони кутерів:
а) типу 2; б) типу 3

Також має бути наведена інформація про загальні методи очищення та належному видаленні миючих і дезінфікуючих речовин і про матеріали, які не застосовні для використання в якості миючих засобів. Слід також навести рекомендації щодо безпечної утилізації миючих засобів та інших відходів.

До **харчових зон** відносяться такі зони, як внутрішня частина чаші з грибоподібною втулкою і фланцем; ножовий вал (ножові вали) з ріжучим комплектом (ріжучими комплектами); кришка ножів із закріпленим пристроєм забезпечення безпеки рук, протишумова кришка, вакуумна кришка (внутрішні частини); розвантажувальний пристрій з шарнірним тримачем (над чашею).

У **зону розбризкування** включені: чаша кутера (зовні); кришка ножів, протишумова кришка, вакуумна кришка (зовні); рама машини (поблизу чаші).

До **нехарчової зони** відносяться: інші поверхні рами машини; підйомно-перекидний пристрій; інші пристрої кутера.

Поряд з вищевказаним, існує особлива проблема, характерна для харчового обладнання – утворення на поверхнях і в зонах, важкодоступних для обробки, відкладень, які складаються з вапняного нальоту після промивання водою, біоплівки з колоній бактерій і залишків продукту. Принципи гігієнічного конструювання дозволяють уповільнити утворення відкладень, а для повного усунення нальоту треба використовувати правильні прийоми миття та миючі засоби.

Для підтримки постійної чистоти в сучасних моделях обладнання, як правило, є система автоматичного миття. Але треба мати на увазі, що автоматичне миття зазвичай не справляється із застарілими забрудненнями, які повинні очищатися більш ґрунтовно, вручну. У будь-якому випадку, згідно гігієнічним вимогам, всі ділянки обладнання повинні бути доступні для ручного очищення. У теж час доступність обладнання для миття та обслуговування під час виробничого процесу збільшує продуктивність праці.

Наприклад, фірма *KILIA* використовує у своїх машинах таке технічне рішення, як повністю автоматизована система миття кутера [92]. Така система застосовується для кутерів з чашею об'ємом 200-750 л (рис. 6.62).

Автоматизована система миття кутера *KILIA* «*Supreme Cut*» призначена для проведення санітарної обробки машини (рис. 6.63) без участі оператора, його функція зводиться лише до запуску режиму миття на пульті управління.

Система дозволяє програмувати різні режими миття, протоколювати її процес, додавати в миючий склад чистячі і дезінфікуючі засоби, проводити автоматичний злив води і до того ж вона володіє простим і логічно зрозумілим інтерфейсом, завдяки чому час на навчання персоналу зводиться до мінімуму. Система мийки з програмним управлінням виконує якісне миття найважливіших робочих зон машини. Процес миття здійснюється за допомогою миючих головок 1, кожна з яких омиває свій заданий сектор робочого простору кутера.



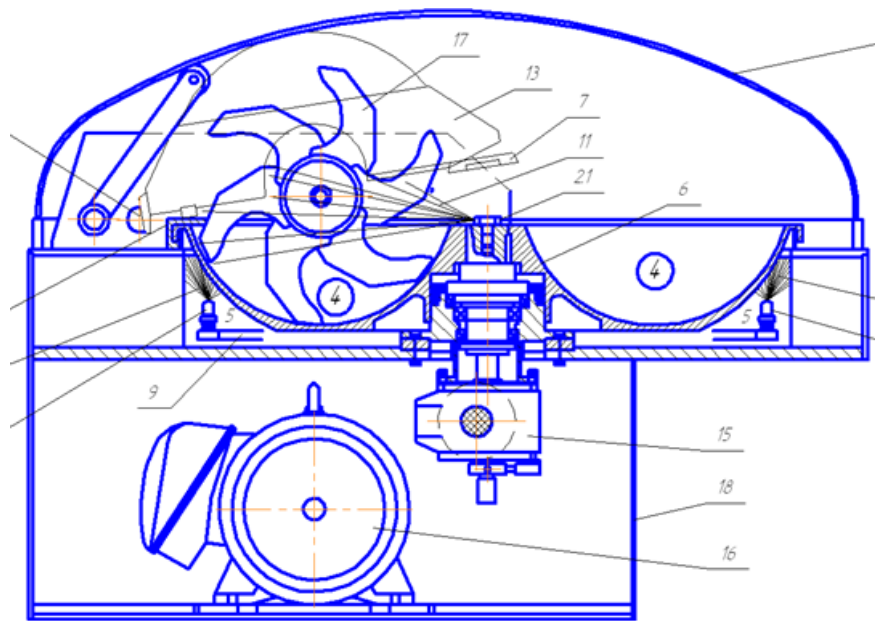
Рис. 6.62 – Кутер *KILIA*

На рис. 6.64, а представлена центральна миюча головка, розташована всередині порожнього конуса чаші, яка має 4 форсунки і висувається вище зрізу конуса перед початком циклу санітарної обробки кутера. Кутер також має автоматичний клапан 2 зливу миючого розчину (рис. 6.64, б). Клапан приводиться в дію пневмоприводом 3.

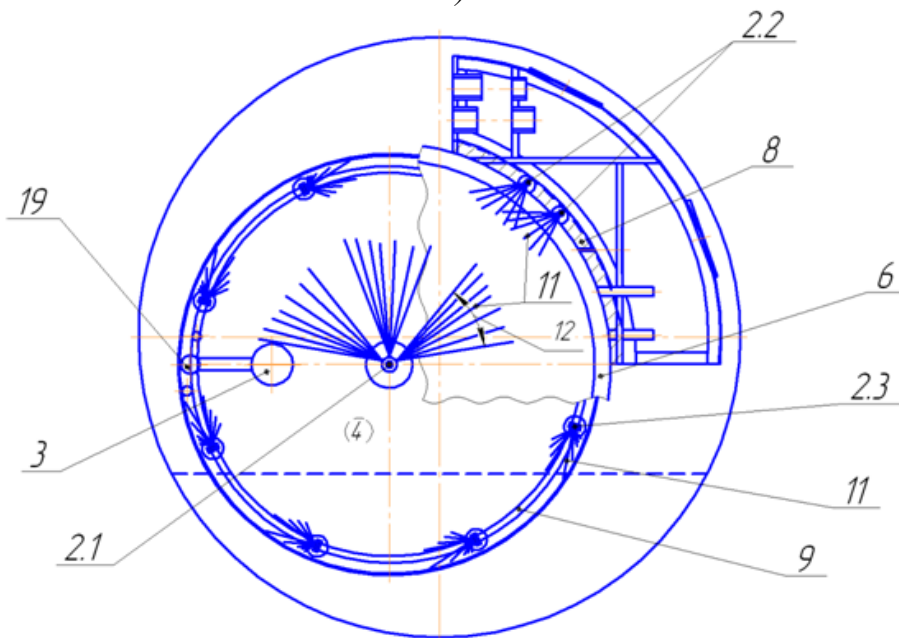
Використання різних режимів миття, що застосовуються при різному ступеню забруднення машини, дозволяє зменшити витрату миючо-дезінфекційних засобів в порівнянні з ручною мийкою. Завдяки використанню автоматизованої системи миття забезпечується ощадна експлуатація машини, мінімальна витрата води і миючих засобів, зменшення трудовитрат, зменшення часу санітарної обробки і, відповідно, підвищення фактичної продуктивності кутера, виконання на більш високому рівні вимог охорони навколишнього середовища. Все це в сумі визначає підвищення економічного ефекту при експлуатації кутера.

Вільний інтерфейс передбачає підключення системи до персонального комп'ютера, який протоколює процес миття, що є необхідною умовою для реалізації міжнародних гігієнічних вимог *HACCP*. Пропонована фірмою *KILIA* автоматична система миття відповідає найвищим стандартам санітарії та гігієни, що дозволяє розраховувати на її відповідність санітарним нормам найближчого майбутнього.

Високі гігієнічні стандарти в сьогоденні харчової промисловості призводять до змін не лише в технологічному обладнанні, а й допоміжному транспортному та в оснащенні для обслуговування. Так виникла тенденція [25] все ширшого використання стрічкових конвеєрів із металевою транспортуючою стрічкою (рис. 6.65). Вони застосовувались кілька десятиріч тому, але зараз прийшли на заміну конвеєрам із полімерною суцільною або ланковою стрічкою.



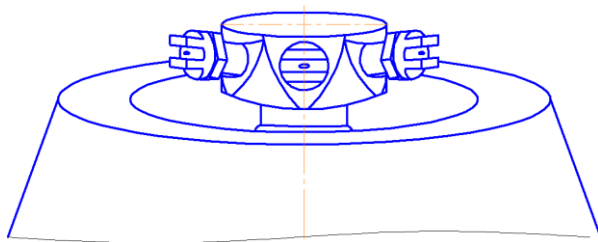
a)



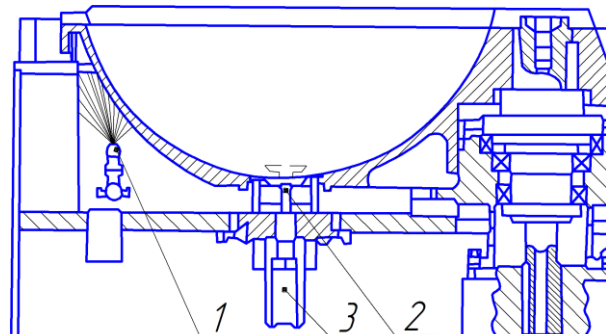
б)

Рис. 6.63 – Схема роботи системи автоматичної миття кутера:

a) вид спереду; б) вид збоку



a)



б)

Рис. 6.64 – Елементи системи автоматичного миття кутера:

a) центральна миуча голівка; б) автоматичний клапан



а)



б)

Рис. 6.65 – Конвеєр з металевою транспортною стрічкою:

а) транспортування сировини; б) внутрішній устрій

Стрічка виготовляється безшовною зі сталі AISI 301. Встановлено, що після санітарної обробки кількість бактерій на металевій стрічці в 50 разів менша через 4 години і до 700 разів менша через 24 години спостережень в порівнянні з полімерними стрічками, суцільними або ланковими. Такий ефект обумовлений значно меншою кількістю та глибиною пошкоджень та глухих місць на металевій стрічці на відміну від полімерних. Одночасно з підвищенням гігієнічності зменшується тривалість санітарної обробки, що дозволяє економити до 25% мийно-дезінфікуючих засобів та пришвидшувати введення обладнання в дію. Також металеві стрічки володіють суттєво більшою довговічністю.

Вибір більш кращого конструктивного виконання оснащення для миття дозволяє уникнути перехресного бактеріального забруднення продукції наступних партій залишками продукції партій минулих. Так порівняння [96] гігієнічності щіток різної будови (рис. 6.66) дозволило встановити, що найвищою гігієнічністю володіють ячейкові щітки, нижчою – щітки з утриманням ворсу на епоксидній смолі і ще нижчою – щітки із впаяним ворсом.



а)



б)



в)

Рис. 6.66 – Мийні щітки різної будови та різної гігієнічної ефективності:

а) ячейкова; б) на епоксидній смолі; в) із впаяним ворсом

При цьому ячейкові щітки відповідають більшій кількості критеріїв FEIBP: повністю гладка поверхня корпусу (R_a менше 0,8 м); виготовлено з матеріалів, безпечних для продуктів харчування, тобто нетоксичних; має

продуману конструкцію – міцну, непористу, з щільною поверхнею; не вбирає будь-які речовини; стійка до підвищеної температури і миючих засобів; вихідні матеріали не містять хлору; добавки, чорнила, барвники безпечні для продуктів харчування, не містять свинець, ртуть та кадмій; немає пористих ворсинок; матеріал утримує ворс в основі за допомогою гнізда, яке не окислюється; при виробництві застосовуються кращі технічні і гігієнічні методи маркування товару.

Можна зробити висновок, що виконання санітарно-гігієнічних вимог (концепція «*Hygienic Design*») при проектуванні і конструюванні устаткування дозволяє випускати на ньому більш якісну і безпечну харчову продукцію, а також збільшити кількість продукту, що доходить до споживача.

Гігієнічне конструювання дає можливість скоротити витрати чистячих засобів та енергоресурсів під час очищення обладнання. Це, у свою чергу, знижує витрати на догляд і підтримку функціональності обладнання, а також збільшує інтервали між плановими сервісними обслуговуваннями. Важливим аргументом є також істотна економія води – ресурсу першорядного значення.

6.1.4 Техніка безпеки

Вище йшлося про конструктивні заходи, які необхідно реалізувати в проєктованому обладнанні для забезпечення безпеки життя і здоров'я споживачів харчової продукції, яка випускається підприємством. Однак поряд із зазначеними необхідно передбачити заходи, що дозволяють убезпечити персонал, який працює на даному харчовому підприємстві та обслуговує проєктоване обладнання. Визначаються ці заходи положеннями охорони праці та техніки безпеки.

Будь-які вироби і технічні системи, керовані людиною, повинні бути безпечними для оператора. До певних елементів виробів висуваються спеціальні вимоги. Нижче наведені деякі з них.

Технологічне і допоміжне обладнання повинно бути встановлено на фундамент або міцну основу, ретельно вивірене і надійно закріплене. Металеві кожухи пускових пристроїв повинні бути заземлені.

Рухомі частини повинні бути забезпечені гальмівними механізмами, що забезпечують швидкий останов обертових робочих органів. Гальмівні пристрої устаткування, використовуваного габаритні завантажувальні і розвантажувальні пристрої, повинні забезпечити останов рухомих частин обладнання при завантаженні або розвантаженні.

Застосовувані в обладнанні пристосування для закріплення вузлів і деталей повинні забезпечувати їх надійне кріплення. Конструкція пристосовань, в яких установка, зняття і кріплення деталей проводиться оператором вручну, повинна забезпечувати повну безпеку при виконанні зазначених операцій. Установка і зняття деталей, пристроїв та інструменту масою понад 16 кг з обладнання повинні проводитися за допомогою підйомних механізмів. Подача деталей або сировини повинна проводитися з боку, зручного для робітника. Підйомні пристрої повинні бути оснащені

пристроями, що забезпечують надійне утримання предмета, а також зручний і безпечний підйом і установку його на обладнання.

Електрична апаратура і сполучні струмоведучі пристрої повинні бути надійно ізольовані і укриті корпусом або спеціальними шафами. Дверцята шаф і кожухи, що закривають доступ до струмопровідних частин, повинні бути заблоковані з ними (при відчиненні дверцят струм автоматично вимикається). Зовнішня електропроводка обладнання повинна бути добре захищена від механічного та хімічного впливу. Клеми і кінці проводів що ними закріплюються повинні бути закриті коробками. Станини електрифікованого обладнання, корпуси електродвигунів, металеві частини, що закривають електроапаратуру, повинні мати захисне заземлення, яке задовольняє вимогам діючих «Правил улаштування електроустановок».

Всі відкриті рухомі частини обладнання і механізмів повинні бути закриті глухими кожухами. Кожухи на змінних зубчастих і ремінних передачах повинні бути відкидними з примусовим закриванням. Захисні пристрої повинні бути надійні, безпечні, зручні в експлуатації. Захисні пристрої слід виконувати як постійні і лише у виняткових випадках – як знімні. Обладнання, в якому обробляються матеріали, що утворюють пил, повинно мати пристрої для уловлювання цього пилу в процесі роботи. Обладнання, яке виконує технологічні операції, пов'язані з виділенням пара або газів, повинно мати витяжну вентиляцію.

Практичне застосування вимог охорони праці та техніки безпеки розглянемо на прикладах таких широкоживаних видах м'ясопереробного обладнання, як вовчки і кутери.

Як і інше м'ясорізальне устаткування, м'ясорубки та вовчки є об'єктами підвищеної небезпеки для операторів та інших працівників, які здійснюють технічне обслуговування цих машин [7, 12]. Саме тому виключно важливо знати та дотримуватись всіх вимог безпеки – при розробці конструкцій м'ясорубок и вовчків, при їх монтажі та введення в експлуатацію і безпосередньо під час виконання виробничих операцій.

Прикладом сучасного міжнародного стандарту, що регламентує безпеку праці и санітарні вимоги в м'ясопереробній промисловості, є стандарт Європейського комітету із стандартизації EN 12331: 2015 «*Food processing machinery – Mincing machines – Safety and hygiene requirements*» (Устаткування для виробництва харчових продуктів – Машини для подрібнення у фарш – Вимоги безпеки и гігієни).

Авторами стандарту складений докладний перелік зон (рис. 6.67), де життя і здоров'я персоналу, який експлуатує і обслуговує вовчки, може наражатись на небезпеку. Небезпеку травм для рук і пальців працівників представляє шнек під завантажувальною горловиною (зона 1) і шнек під завантажувальним бункером (зона 2). Пальці можуть піддатися травмі в зоні 3, де фарш вивантажується з машини. Травми рук і ніг можливі при роботі в зоні 4, виконувані при установці і знятті ріжучого комплекту

і робочого шнека. Джерелом травм рук і пальців можуть бути приводи робочого і подавального шнеків, а також шнека-перетрушувача (зона 5).

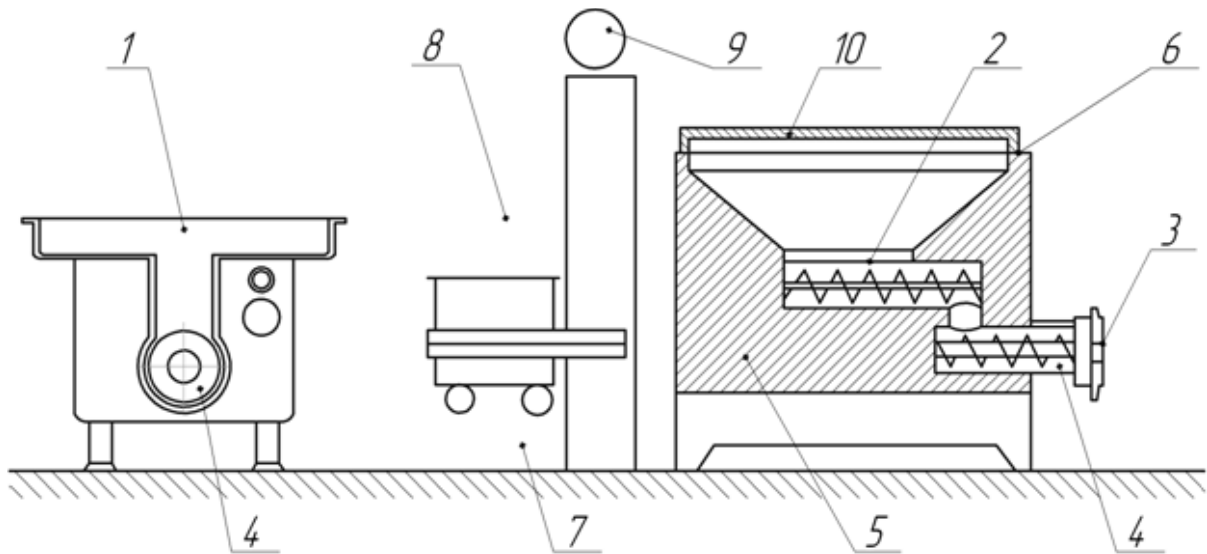


Рис. 6.67 – Схема розташування зон механічної небезпеки:

- 1 – завантажувальний бункер; 2 – подавальний шнек; 3 – ніж; 4 – робочий шнек;
5 – електрична небезпека, привод; 6 – завантажувальна горловина; 7 – зона під піднятим візком завантажувача; 8 – зона над рухомих візком завантажувача;
9 – елементи приводу завантажувача; 10 – рухома захисна кришка бункеру

Такі ж травми можна отримати в зоні 6 при випадковому або навмисному закриванні кришки. Якщо вовчок обладнаний завантажувальним пристроєм, небезпечною є зона 7 під вантажною ємкістю, де травми тіла можна отримати під час штатного або аварійного її опускання. Пальці і руки працівників можуть бути травмовані в зоні 8 при попаданні між рухомими і нерухомими частинами підйомно-опускного механізму, в зоні 9 при контакті з елементами приводу вказаного механізму (шківками, ланцюгами, тросами та ін.), а також в зоні 10 розвантаження вантажної ємкості. Механічні травми можливі також в разі руйнування або перекидання машини.

Чинниками безпеки також є можливість ураження електричним струмом, шум, дія двоокису вуглецю, азоту або пари при термічній обробці сировини в бункері вовчка. Нарівні з вказаними, автори стандарту відносять до небезпечних чинників також порушення принципів ергономіки: необхідність знаходитися в незручній позі, утворення зайвих фізичних зусиль, неналежне врахування анатомії кінцівок людини при розробці конструкції машини.

Особливо детально розроблені норми, які відносяться до зон механічної безпеки. Для зони 1 (вовчків без механічної подачі сировини) встановлено, що відстань між верхнім зрізом завантажувальної горловини і верхньою точкою спіралі робочого шнека не має бути менше 100 мм для горловини, діаметр якої не перевищує 46 мм, або 120 мм – для горловини з діаметром від 46–52 мм. Для вовчків з горловиною діаметром понад 52 мм обов'язковим є наявність пластини-обмежувача. І сировинний лоток, і пластини-обмежувач можуть виконуватися як стаціонарними, так і знімними.

Якщо вказані вузли виконані в знімному варіанті, має бути передбачена система зупинки робочого шнека протягом 2 с (на холостому ході) при спробі їх демонтажу. На рис. 6.68 і 6.69 представлені конструктивні схеми завантажувальної горловини із зазначенням відстаней, що забезпечують безпечну роботу персоналу в зоні 1.

Для забезпечення безпеки в зоні 2 (сировинний бункер – рис. 6.70 і 6.71) стандартом передбачено виконувати бункер закритим, або забезпечувати кришкою. При спробі відкрити кришку піднімання її краю на 50 мм повинне служити сигналом для зупинки робочого шнека (протягом 4 с – при роботі без сировини).

Якщо бункер виконаний відкритим, а кришка не може бути передбачена через особливості технологічного процесу (наприклад, при безперервній роботі), конструкція вовчка повинна перешкоджати доступу оператора до сировинного бункера при працюючому механізмі. Зокрема, при спробі піднятися до бункера по сходах або стати на платформу обслуговування обертання шнека в бункері повинне припинитись протягом 4 с (на холостому ході) після спрацьовування датчика.

Зовнішні елементи конструкції вовчка мають бути гладкими, щоб неможливо було підійнятися до небезпечної зони поблизу бункера. Конструкція вовчка без кришки повинна передбачати такі елементи захисту, як натискна планка-блокувальник, світловий бар'єр або захисна решітка, дія на яких повинна супроводжуватись відключенням шнека в бункері протягом 3 с (для вовчків з діаметром решітки до 160 мм) або протягом 4 с (для вовчків з діаметром решітки понад 160 мм).

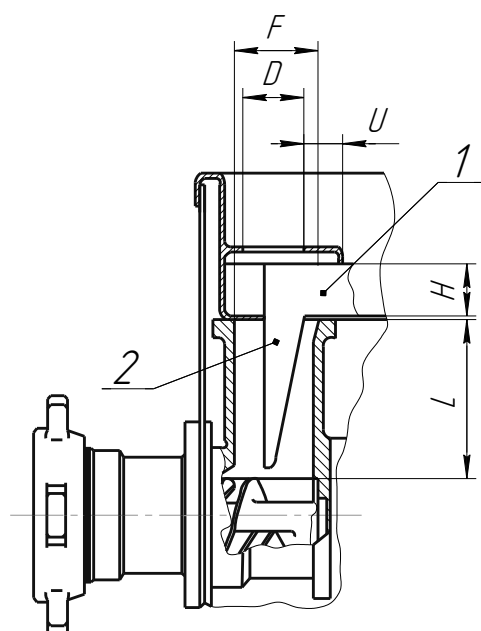


Рис. 6.68 – Безпечна конструкція завантажувальної горловини:
1 – середня частина руки; 2 – палець;
 $H < 40$ мм; $L > 120$ мм; $U > 40$ мм;
 $D < 52$ мм; $F < 85$ мм

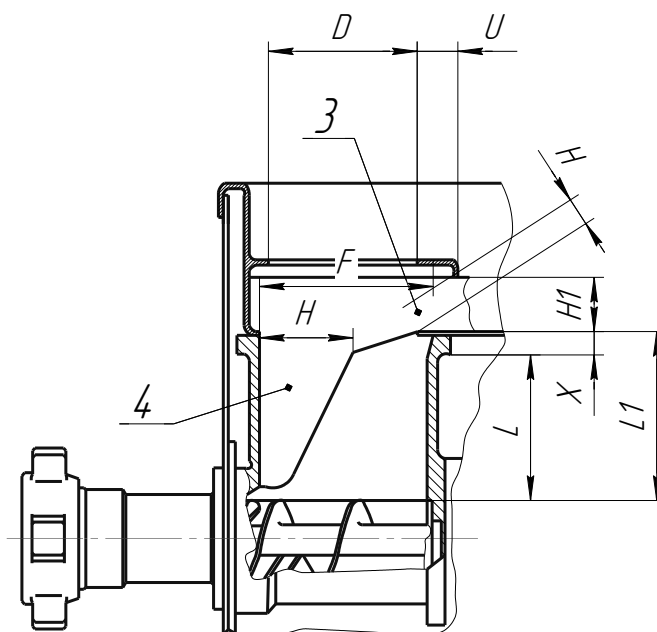


Рис. 6.69 – Безпечна конструкція завантажувальної горловини:
3 – передпліччя; 4 – кисть руки;
 $H = 40$ мм; $H1 < 120$ мм; $L > 230$ мм;
 $U > 40$ мм; $D < 52$ мм; $F < 200$ мм

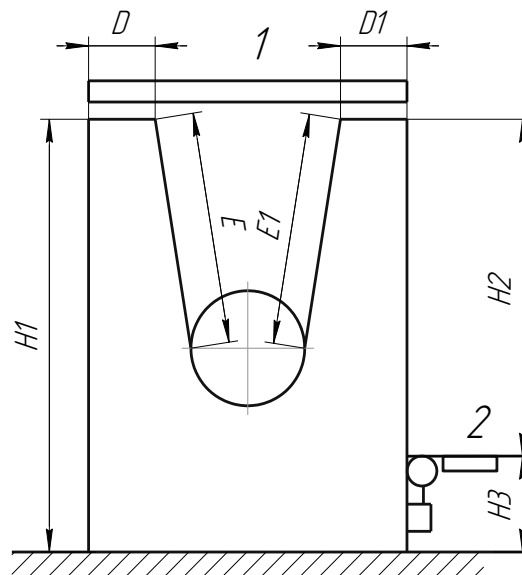


Рис. 6.70 – Безпечна конструкція вовчка із відкритим бункером, механічною планкою-блокувальником, світловим бар'єром та щаблем, що має блокування:

1 – механічна планка-блокувальник; 2 – щабель, що має блокування;

$H1 > 1600$ мм; $H2 > 1100$ мм; $H3 > 500$ мм із проміжним щаблем;

$H1+D1+E > 2250$ мм; $H1+H2+D1+E1 > 40$ мм

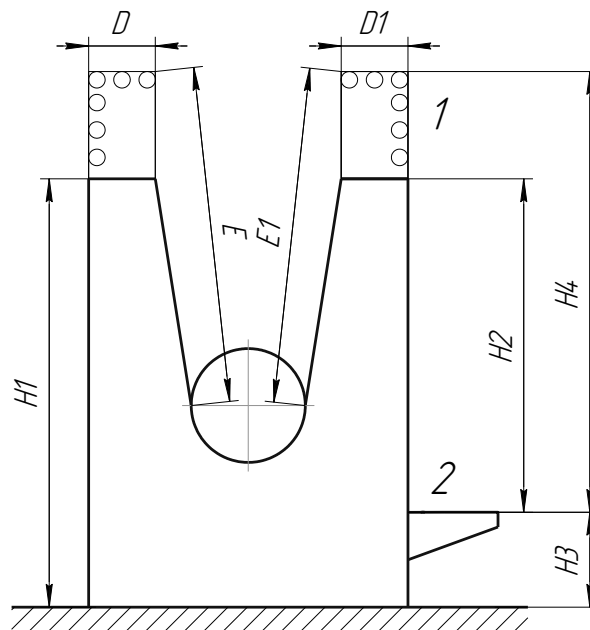


Рис. 6.71 – Безпечна конструкція вовчка із відкритим бункером, захисною решіткою та нерухомим щаблем: 1 – світловий бар'єр або знімна захисна решітка;

2 – нерухомий щабель; $H1 > 1600$ мм; $H2 > 1100$ мм; $H3 > 500$ мм із проміжним

щаблем; $H4 > 1600$ мм; $H1+D+E > 2250$ мм; $H4+D1+E1 > 2250$ мм

Для захисту тих працівників, що працюють в зоні небезпеки 3 місце вивантаження фаршу має бути забезпечене захисною решіткою або захисним кожухом (рис. 6.72). Захисну решітку встановлюють після вихідної решітки різального комплексу вовчка, причому її форма має бути такою, щоб ніяка інша решітка не могла бути встановлена на її місці. Діаметр отворів захисної решітки не повинен перевищувати 8 мм, а її товщина має бути не менше 5 мм. Застосування захисного кожуху на вивантаженні

обов'язкове, якщо діаметр отворів вихідної решітки вовчка складає не менше 8 мм. Захисний кожух має бути забезпечений блокуванням, що забезпечує зупинку робочого шнека протягом 2 с після зсуву захисного кожуху з позиції «Закрито» на 50 мм.

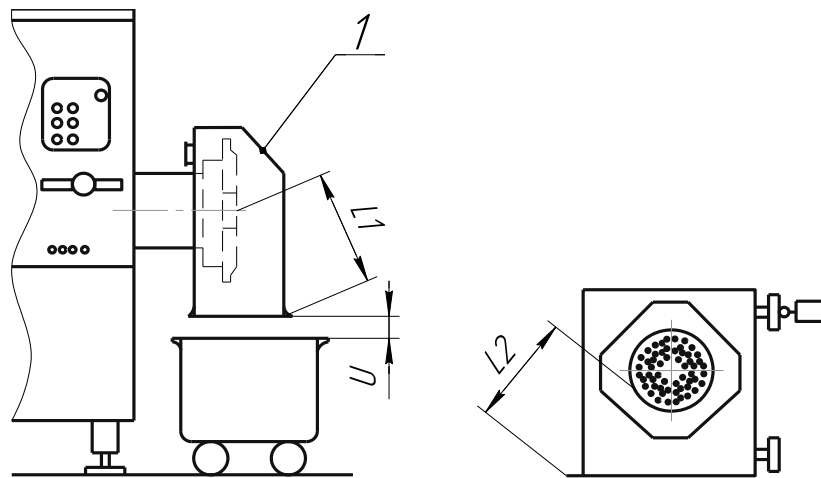


Рис. 6.72 – Захисний кожух вивантаження фаршу з вовчка:

1 – захисний кожух; D – діаметр отворів останньої решітки різального комплекту, мм;
 $L1 > 1,8D$ мм; $L2 > 1,2D$; $U < 50$ мм

Для безпеки виконання робіт по зніманню або по встановленню робочого шнека і різального комплекту (зона 4) вовчки з решіткою діаметром більше 106 мм повинні забезпечуватися спеціальними знімачами, а витягання ріжучого комплекту з горловини вовчка з решіткою меншого діаметру може бути здійснене за допомогою кліщів.

Доступ до елементів приводу вовчка (зона 5) обмежують, застосовуючи кришки і огорожі. Якщо ці елементи виконані знімними, має бути передбачена система блокування приводу при спробі їх відкриття.

Кришка сировинного бункера (зона небезпеки 6) може відкриватися і закриватися вручну або за допомогою спеціального приводу. В ручному варіанті вузол кришки має бути забезпечений противагою або пружинним механізмом, що запобігає її мимовільному закриванню. Зусилля, що витрачається на відкриття/закривання кришки не повинно перевищувати 250 Н. При використанні кришки зі спеціальним приводом, рух кришки повинен припинятися при будь-якому збої в роботі механізму. З моменту опускання кришки до відмітки 200 мм від верхнього краю бункера швидкість механічного закривання не повинна перевищувати 50 мм/с.

Правила безпеки встановлені стандартом також для підйомних завантажувальних пристроїв (зони 7–10). Ці правила стосуються захисту від перевантаження, захисту від випадкового падіння візка або контейнера, необхідності застосування захисних огорож рухомих частин і ін. Наявність завантажувальних пристроїв необхідна, якщо відстань від підлоги до верхнього краю сировинного бункера перевищує 1400 мм.

Правила електробезпеки, обов'язкові для виконання при розробці конструкцій вовчків, цілком типові для м'ясопереробного устаткування

і включають положення про наявність аварійної кнопки «СТОП» і захисних кожухів, що оберігають елементи системи контролю і управління від попадання вологи під час миття. Також обов'язковою є наявність кнопок включення і виключення безпосередньо на корпусі машини в зоні роботи оператора.

Визначимо вимоги безпеки до конструкції іншого типу машин – кутерів [13]. Сучасні підходи до нормування вимог гігієни та безпеки кутерів знайшли своє місце в стандарті Європейського комітету зі стандартизації EN 12855: 2003+A1: 2010 «*Food processing machinery – Rotating bowl cutters – Safety and hygiene requirements*» (Обладнання для виробництва харчових продуктів – Кутери з чашею що обертається – Вимоги безпеки і гігієни).

Насамперед, мова йде про механічні фактори небезпеки в різних робочих зонах кутера (рис. 6.73). Для зони 1 (обертіві ножі під ножовою кришкою) це небезпека порізів і пошкоджень пальців руки; для зони 2 (зона між чашею і рамою машини) – небезпека втягування пальців або руки; для зони 3 (зона руху завантажувального пристрою) – небезпека здавлювання або розривів кінцівок або тіла; для зони 4 (зона переміщення кришки ножів, протишумової кришки або вакуумної кришки) – небезпека здавлювання пальців або рук; для зони 5 (зона системи приводу) – пошкодження або втягнення верхніх кінцівок; для зони 6 (місця попадання металу в разі поломки ножів) – небезпека порізів тіла або попадання в нього; для зони 7 (зона розвантажувального пристрою) – небезпека здавлювання пальців або рук; для зони 8 (зона очищення або обслуговування ножів) – небезпека порізів або пошкоджень пальців або рук.

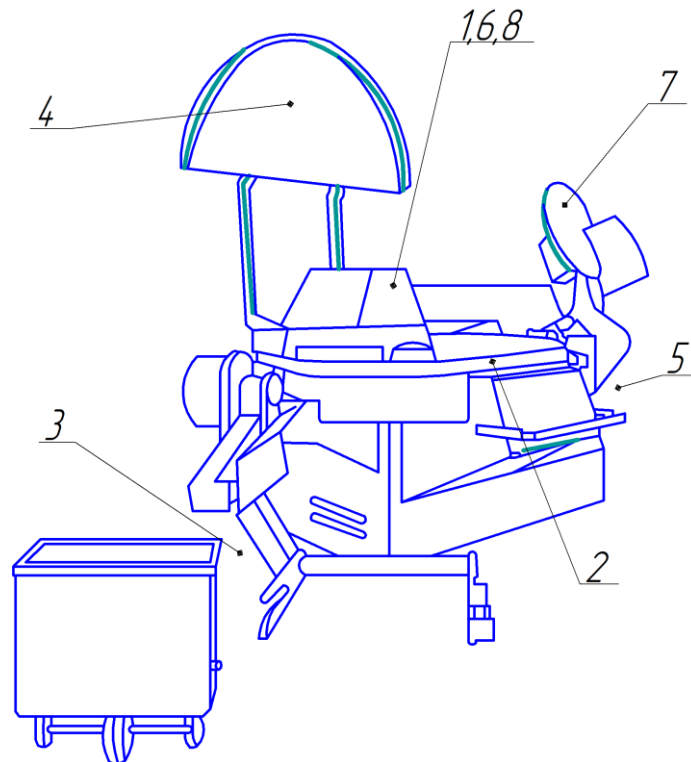


Рис. 6.73 – Позначення небезпечних зон кутера

Крім механічних, слід звернути увагу на такі фактори небезпеки, як електричні і гідравлічні, фактори небезпеки, пов'язані з втратою машини стійкості, чинники шумової небезпеки, чинники небезпеки, пов'язані з використанням газів, а також з невідповідність ергономічним принципам і з недотриманням принципів гігієни.

Для запобігання небезпеки, пов'язаної з механічними факторами, розробниками EN 12855: 2003 + A1: 2010 для різних робочих зон передбачені такі заходи (нижче представлені лише заходи, що істотно відрізняються від розглянутих вище)

Для кутерів типу 1 обертовий ніж повинен зупинитися якомога швидше, проте, необхідний для цього час не повинен перевищувати 2 с після того, як передній край кришки ножів піднятий більш ніж на 50 мм. Для кутерів типу 2 ножовий вал повинен зупинитися якомога швидше, однак, необхідне для цього час не повинен перевищувати 3 з після того, як передній край кришки ножів піднятий більш ніж на 50 мм. Для кутерів типу 3 ножовий вал повинен зупинитися якомога швидше, однак, необхідний для цього час не повинен перевищувати 4 с після того, як передній край кришки ножів піднятий більш ніж на 100 мм.

Чаша, що обертається, не повинна мати елементів конструкції, які можуть викликати втягування в простір між чашею і нерухомими елементами машини. Якщо це неможливо, для відсутності доступу в небезпечну зону має бути передбачено огорожу.

Вантажопідйомні пристрої повинні бути сконструйовані таким чином, щоб запобігати падінню транспортних візків.

Попадання води на зовнішні робочі електричні елементи повинно бути попереджено. Це може бути досягнуто шляхом накриття електричних елементів. Кутери не повинні піддаватися миттю водою під тиском, однак вимоги електробезпеки складені з урахуванням такої можливості.

Уникнути небезпечних наслідків використання газів (N_2 , CO_2 і пару) дозволяють наступні вказівки. Кутери, конструкція яких передбачає роботу з CO_2 , N_2 або пряме введення пара, повинні бути забезпечені закритою кришкою. Ця кришка може також бути використана в якості захисного огородження. Пристрої подачі газів повинні бути забезпечені запобігальними клапанами, що дозволяють припинити подачу газу або пари при відкритій кришці. Подача CO_2 , N_2 або пряме введення пару повинні здійснюватися тільки за умови належного закриття кришки. Машини мають бути обладнані пристроєм видалення газів у зовнішню атмосферу перед відкриттям кришки. Технічні засоби для подачі в кутер пару або охолоджувальних середовищ повинні бути ізольовані, щоб уникнути випадкового контакту з ними оператора.

В європейському стандарті EN 12855: 2003+A1:2010 також докладно описані вимоги до інструкції з експлуатації, яка повинна містити таку інформацію про машину: детальний опис машини і її складових частин; інформацію про можливі способи застосування машини, передбачені

виробником; про способи експлуатації та умови у виробничому приміщенні; про умови транспортування; документи, що засвідчують відповідність машини основним вимогам.

В цілому можна зазначити, що виконання вимог техніки безпеки до конструкції проектного обладнання є об'ємним і вкрай важливим завданням. Рішення цієї задачі формалізовані і відображені у відповідних нормативних документах. Це накладає суттєві відмінності на роботу конструктора, а саме – робить її більш строгою та дисциплінованою. Завданням конструктора в даному випадку є не пошук нових і оригінальних технічних рішень, а гарантоване забезпечення необхідного ступеня безпеки людей, що працюють з проектованим обладнанням протягом усього його життєвого циклу.

6.1.5 Забезпечення ергономічних вимог

При проектуванні обладнання, зазвичай, конструктор прагне в першу чергу забезпечити задані технічні характеристики машини або апарату і, безумовно, це вірно. Однак, в інженерній практиці відомі далеко не поодинокі випадки, коли використання нових продуктивних машин і пристроїв не давало належного ефекту через невідповідність їх конструкції функціональним особливостям людини.

Ефективність машини визначається не тільки такими її характеристиками, як ККД, продуктивність, трудомісткість виготовлення, надійність і ін., але і тим, наскільки легко і точно оператор зможе управляти машиною. Отже, створення ефективних і прогресивних систем «людина-машина» і «людина-машина-середовище» неможливо без врахування всіх зв'язків устаткування з людиною і середовищем. За врахування даних зв'язків відповідає ергономіка.

Ергономіка – це наукова дисципліна, яка вивчає функціональні можливості людини в трудових процесах, виявляє можливості та закономірності створення оптимальних умов для високопродуктивної праці та забезпечення необхідними людині зручностями. При створенні обладнання слід враховувати вимоги не тільки до самого обладнання, а й до всієї системи «людина-машина-навколишнє середовище».

Ергономічні вимоги до обладнання визначаються фізіологічними, антропометричними, біомеханічними та психологічними характеристиками людини. Врахування ергономічних вимог при проектуванні і конструюванні виробів забезпечує підвищення ефективності та якості праці, зручності експлуатації та обслуговування, поліпшення умов праці, економію витрат фізичної та нервово-психічної енергії персоналу, а також пристосування обладнання до функціональних можливостей персоналу.

При цьому досягається значний соціально-економічний ефект, що виражається в підвищенні привабливості і змістовності праці, збереження здоров'я і підтримуванні високої працездатності людини, скороченні непродуктивних витрат і витрат робочого часу, зменшенні витрат на надання пільг і компенсацій за роботу в несприятливих умовах.

При створенні нового виробу ергономічне опрацювання необхідне на всіх стадіях розробки конструкторської документації та технічного завдання. Вже на початкових стадіях проектування ретельно розглядають не тільки конструкторські особливості майбутньої системи, а й конкретні дії людини в цій системі.

Такий аналіз постійно нагадує конструктору про функції виробу, а ергономіст дозволяє уточнити ряд положень ергономічного характеру. Ергономіст допомагає вибрати з ряду конструкторських рішень оптимальний в ергономічному відношенні варіант. Моделі і макети такого варіанту не тільки слугують для перевірки композиційних рішень, але й дозволяють експериментально перевірити відповідність нової конструкції вимогам ергономіки.

Ергономіка найтіснішим чином взаємопов'язана з художнім конструюванням, так як критеріями її аналізу є: оптимальне пристосування конструкції до психофізіологічних особливостей людини; можливість за допомогою конструктивних рішень впливати на розкриття людських здібностей і їх стимулювання для оптимізації діяльності людини; можливість створення умов для виникнення позитивних емоцій і оптимального життєвого тону оператора в процесі взаємодії людини і техніки.

Ергономічні показники якості виробів визначає ГОСТ 16035-81. Відповідно до його положень, виріб, що проектується, повинен відповідати:

- силовим, швидкісним, енергетичним, зоровим, слуховим та іншим можливостям людини;
- розмірам і формі тіла людини його вазі (антропометричним факторам);
- можливостям і особливостям сприйняття (пам'яті, мислення тощо);
- гігієнічним показникам (освітленість, запиленість, токсичність тощо);
- сумісності при груповому обслуговуванні (в тому числі і психологічній).

Ергономічний підхід до гігієнічного нормування передбачає створення оптимальних умов для трудової діяльності урахуванням комплексного впливу факторів виробничого середовища (пил, газ, вібрації, шум, температура, іонізуюче випромінювання, освітленість та ін.).

Гігієнічне нормування має бути орієнтоване не тільки на показники гранично-допустимих концентрацій (ГДК) і гранично-допустимих зусиль (ПДУ), але і на створення оптимальних умов виробничого середовища, які забезпечували б не тільки високопродуктивну і безпечну працю персоналу, але й необхідні зручності в роботі, тобто збереження його сил, здоров'я, працездатності.

Необхідно враховувати, що дози і рівні шкідливих факторів, які значно менші допустимих, у ряді випадків при їх комбінованій дії стають небезпечними для здоров'я працюючих.

Сучасна техніка вимагає від обслуговуючого персоналу не стільки значних зусиль, скільки точності реакцій, продуманості дій, швидких рішень і, отже, значного нервового напруження.

Розподіл функцій між людиною і машиною, є важливим завданням порівняльного аналізу можливостей людини і машини.

Машині доцільно передати функції, що вимагають:

- створення великої фізичної сили рухами малозмістовними і монотонного характеру;
- великої трудомісткості;
- швидкої реакції на сигнали;
- високого ступеня плавності і точності докладання зусиль;
- прийому, переробки та зберігання великих обсягів інформації;
- прийняття однотипних постійно повторюваних рішень.

За людиною слід залишати функціями, які потребують:

- вирішення завдань планування, програмування і контролю трудового процесу;
- прийняття рішень в непередбачених ситуаціях;
- більш високої, ніж машина, чутливості до різних сигналів;
- різноманіття відповідних реакцій;
- пристосування до мінливих умов.

При конструюванні устаткування необхідно передбачати його відповідність антропометричним даним і біомеханічним характеристикам людини на основі врахування наступних факторів:

- габаритних розмірів і розмірів окремих частин тіла людини в робочих позах і положеннях;
- динаміки змін розмірів тіла при переміщенні його в просторі (динамічні розміри);
- діапазону рухів у суглобах.

Передбачаючи робоче місце оператора для машини що проектується, конструктор попередньо визначає робочий простір і робочу зону. Під робочим простором розуміється сукупність всіх точок у просторі, на яке може розповсюджуватись дія людини під час роботи з врахуванням його переміщення. Робоча зона – це сукупність точок робочого простору, в якому машину обслуговує оператор із фіксованого положення. Розміри робочого місця визначають розмірами поля зору, зонами дії рук і ніг під час роботи оператора.

Крім того, слід передбачити зручність обслуговування машини і в період проведення планово-попереджувального ремонту. Наприклад, вузли та деталі, що часто замінюються, мають бути не тільки доступними, але й розташованими таким чином, щоб їх зміна не потребувала додаткового розкладання машини. Періодичне мащення поверхонь, що труться, слід здійснювати без розкладання вузла. Люки, що необхідні для доступу

до таких вузлів і деталей, повинні мати розміри, що враховують зони досягнення. Наприклад, для того щоб просунути руку по лікоть, рекомендується вибрати діаметр отвору, рівним 110 мм; по плече 125 мм, при роботі у зимовому одязі слід додати ще 75 мм.

На рис. 6.74 показано робочі зони для рук. Найбільш зручним для розташування ручних органів керування є простір, обмежений оптимальними розмірами (зона А). Тривала робота в межах максимальних зон В стомлива, оскільки вона проводиться з граничним витягуванням рук.

Вплив навантажень, які виникають при виконанні тих чи інших операцій (керування, технічне обслуговування), враховують в кожній конкретній ситуації.

Статичні навантаження більш утомливі, ніж динамічні, тому якщо необхідно прикласти зусилля до 50 Н, рекомендується робоча поза сидячи; при зусиллі понад 200 Н і значному розмаху рухів – стоячи. Якщо потрібне зусилля знаходиться в межах 50–100 Н, робоча зона не впливає на продуктивність.

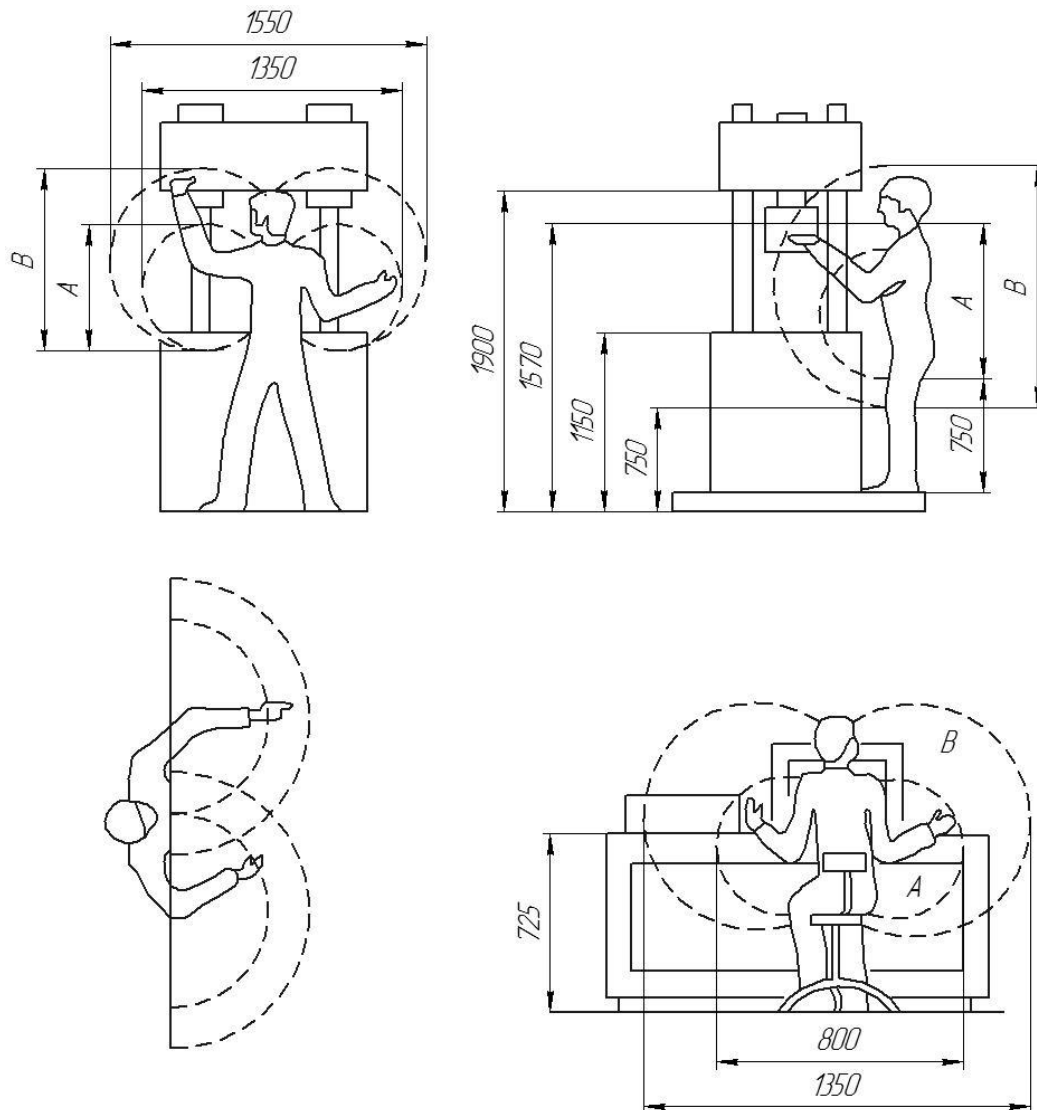


Рис. 6.74 – Робочі зони для рук оператора:
 А – зона легкої досяжності; В – зона граничної досяжності

Рациональне облаштування робочого місця оператора має істотне значення у надійному управлінні технічної системою. Велике значення тут має конструктивне виконання пульта і органів управління обладнання або технологічної лінії. Пульти керування повинні відповідати таким ергономічним вимогам (рис. 6.75).

Розміри пульта повинні відповідати розмірам устаткування, на якому він встановлений. Панелі пультів управління не повинні мати сторонніх елементів, що ускладнюють роботу оператора (невиправдані функціональним призначенням пульта виступи, поглиблення, різноплощинність, виступаючі елементи зовнішнього кріплення і т. п.). Написи і позначення, що не відносяться безпосередньо до роботи оператора (заводський номер, фірмовий знак і т. п.), не повинні розташовуватися на зовнішніх частинах панелей пультів управління.

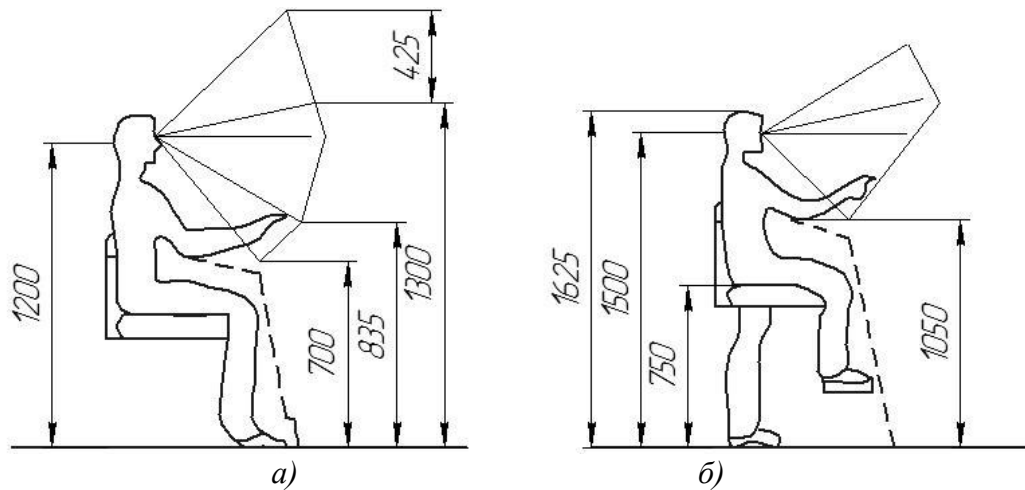


Рис. 6.75 – Оглядовість і розташування панелей пультів управління при роботі:

а) сидячи; б) сидячи і стоячи:

1 – зона для розташування другорядних індикаторів; 2 – зона для розташування важливих індикаторів; 3 – зона для розташування органів управління

Поверхні пультів управління повинні володіти дифузним або напружено-розсіяним відображенням світлового потоку, що виключає появу відблисків у полі зору оператора. При необхідності пульт управління може обладнуватися висувними ящиками для зберігання документації та дошками (висувними) для ведення записів і розміщення додаткових переносних приладів.

Органи управління та засоби відображення інформації на панелях пульта групуються за їх функціональним застосуванням. При розміщенні органів управління необхідно виконати наступні вимоги:

- органи управління повинні розташовуватися в зоні досяжності моторного поля персоналу;
- найбільш важливі і часто використовувані органи управління повинні бути розташовані в зоні легкої досяжності моторного поля;

- органи управління розміщуються на панелях пульта в такій послідовності, в якій відбувається їх включення, що спрощує управління;
- органи управління, пов'язані з певною послідовністю дій оператора, повинні групуватися таким чином, щоб дії оператора здійснювалися зліва направо і зверху вниз;
- найбільш важливі і часто використовувані органи управління та засоби відображення інформації розміщуються в оптимальній зоні (зона 1 на рис. 6.76);
- аварійні органи управління – в легкодоступних місцях, але не в оптимальній зоні; другорядні, періодично використовувані засоби відображення інформації та органи управління – не в оптимальних зонах;
- при цьому керуються в основному правилами угруповання і взаємозв'язку між ними.

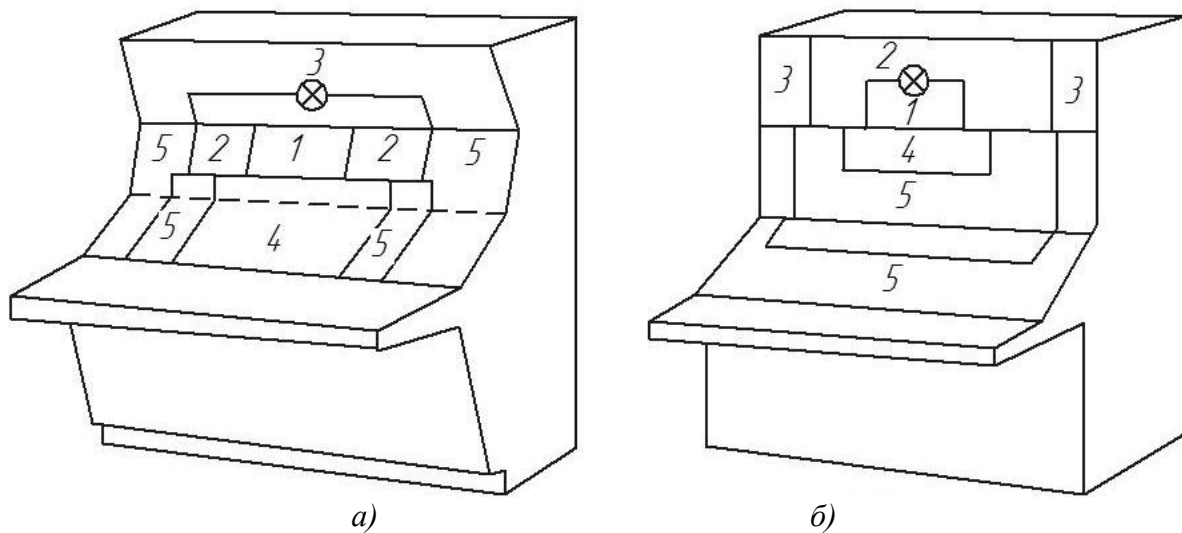


Рис. 6.76 – Зони розташування засобів відображення інформації та органів управління на панелях пульта:

а) в положенні сидячи; *б)* для роботи оператора в положенні стоячи:
 1 – найбільш важливі для роботи оператора засоби відображення інформації та органи управління; 2–5 – менш важливі зони

При груповому розміщенні індикаторів для контрольного зчитування необхідно виконувати наступні правила:

- при наявності в групі шести і більше індикаторів розташовувати їх у вигляді двох паралельних рядів (вертикальних або горизонтальних);
- не робити більше п'яти-шести горизонтальних або вертикальних рядів;
- при наявності на панелі більше 25–30 індикаторів компонувати їх у дві-три візуально помітні групи.

Лицьові поверхні індикаторів слід розташовувати в оптимальній зоні інформаційного поля в площині, перпендикулярній до нормальної лінії погляду оператора, що знаходиться в робочому положенні.

Органи управління розміщуються так, щоб під час роботи оператору не потрібно перехрещувати руки або закривати рукою при включенні прилад, що показує. При правильно розміщених органах управління оператор під час роботи не повинен думати про маніпуляції управління: розташування функціонально ідентичних органів управління має бути однаковим на всіх панелях робочого місця; розташування органів керування повинно забезпечувати рівномірність навантаження обох рук і ніг людини-оператора. Пульти керування не повинен бути виконаний конструктивно монотонно і повинен бути добре освітлений.

Важелі управління на пультах застосовуються в тих випадках, коли не потрібно швидкої реакції перемикачів. Конструктивне виконання важелів управління та їх установка повинні відповідати певним вимогам. Мінімальна довжина вільної частини важеля управління (разом з рукояткою) в будь-якому його положенні повинна бути не менше 50 мм для захоплення пальцями і 150 мм – для захоплення всією кистю. Форма і розміри рукояток важелів повинні забезпечувати максимальну зручність їх захоплення і надійного утримання в процесі управління. Важелі управління необхідно встановлювати на робочому місці так, щоб їх рукоятки при будь-якому положенні важеля знаходилися в межах зони досяжності моторного поля оператора. Рукоятки важелів, що переміщуються однією рукою, необхідно розміщувати з боку правої або лівої руки в межах досяжності при згині її в ліктьовому суглобі під кутом $90-135^\circ$ при створенні зусилля у напрямку прямо «на себе / від себе». Рукоятки важелів, що переміщуються двома руками, розміщують в площині симетрії сидіння з відхиленнями не більше 50 мм. Для використання важелів точного і безперервного регулювання повинна бути забезпечена опора.

Кодування рукояток важелів управління, в тому числі і важелів спеціального призначення (аварійних, протипожежних та ін.), а також важелів, об'єднаних у функціональні групи, необхідно проводити вибором відповідної форми, розміру і кольору, а також розташуванням.

Важелі управління повинні мати добре видимі написи, що позначають їх призначення, а також покажчики положення, що поміщаються як безпосередньо на важелях, так і поряд з ними. Важелі, що застосовуються для східчастих перемикачів, повинні мати надійну фіксацію проміжних і кінцевих положень. Важелі управління повинні бути встановлені так, щоб при їх переміщенні виключалась можливість випадкового включення (виключення) суміжного важеля.

Інтервали між рукоятками суміжних важелів управління, розташованих в паралельних площинах, повинні бути не менше 50 мм при переміщеннях однією рукою послідовно або у випадковому порядку; 100 мм – при переміщенні одночасно двома руками; 130 мм – при роботі в рукавицях або перчатках; 150 мм – при відсутності візуального контролю за важелями. У пристосуваннях з ручним кріпленням деталей (наприклад,

різального інструменту в кутерах) сила, прикладена до рукоятки затиску, не повинна бути спрямована в бік інструменту.

Вимикачі й перемикачі типу «тумблер» застосовуються для здійснення операцій швидкого включення-виключення і перемикання електричних ланцюгів при необхідності зорового контролю положення перемикачів. Форма і розміри приводного елемента повинні відповідати антропометричним даним пальців людини і забезпечувати максимальну зручність захоплення приводного елемента. При наявності на панелі великої кількості вимикачів і перемикачів їх приводні елементи слід кодувати формою, розмірами і кольором. Допускається кодування кольоровою міткою на торці приводного елемента.

При переведенні приводного елемента з однієї позиції в іншу повинен відчуватись перепад величини пружного опору, а також повинен бути чутний характерний звук. Положення приводного елемента «вгору», «вправо», «від себе» повинне відповідати робочому стану «Увімкнено», а положення приводного елемента «вниз», «вліво», «до себе» – «Вимкнено».

При розташуванні вимикачів і перемикачів типу «тумблер» в ряд не допускається розташування такого ряду «по вертикалі» або «в глиб» панелі від оператора, за винятком окремих випадків, обумовлених особливими умовами застосування. Тумблери, що використовуються як аварійні, слід захищати спеціальними кришками або розміщувати у заглибленні.

Написи і символи на панелі управління, що позначають функції вимикачів і перемикачів типу «тумблер», не повинні перекриватись приводними елементами, а також рукою оператора. Величина переміщення приводного елемента повинна бути достатньою для правильного визначення його положення на погляд. У двох-позиційному перемикачі кут переміщення приводного елемента з одного положення в інше повинен становити 40–60°, у трипозиційному – 30–50°.

Кнопкові і клавішні вимикачі та перемикачі застосовують для здійснення операцій швидкого включення і виключення, для вибору потрібного параметра, набору і введення команд управління. Для надійного фіксування пальця робоча поверхня кнопок і клавіш повинна мати невелику увігнутість.

Кнопкові і клавішні вимикачі та перемикачі повинні мати в момент натискання на приводний елемент зворотний зв'язок (пружний опір пальцю руки людини-оператора, а після завершення дії сигнал: механічний – різке падіння пружного опору, акустичний – «клацання» або візуальний – світловий сигнал).

Для позначення функцій приводних елементів вимикачів і перемикачів слід застосовувати написи або символи. Написи повинні бути короткими і зрозумілими при швидкому читанні, скорочення повинні використовуватись тільки загальноприйняті. Кнопкові і клавішні вимикачі та перемикачі повинні мати індикацію показань «включено» або «вимкнено» (для вимикачів що фіксуються і перемикачів – візуально; для перемикачів

що не фіксуються і вимикачів – світловим сигналом або спеціальними індикаторами, що не світяться). Кнопковий вимикач «Стоп» виконується червоного кольору і більших розмірів, ніж всі інші, розміщується в самому зручному, доступному місці.

Кнопкові вимикачі та перемикачі повинні бути захищені від попадання пилу, сировини, машинного мастила тощо. У габаритного обладнання чи устаткування з великим фронтом обслуговування повинна бути передбачена можливість виключення з декількох точок. Приводні елементи кнопкових і клавішних вимикачів і перемикачів, використовуваних для найбільш відповідальних операцій, слід огорожувати обідком щоб уникнути випадкового натискання, робити бортики між кнопками і клавішами, поміщати їх нижче поверхні використовуваної панелі або застосовувати додаткові пристрої блокування.

Поворотні вимикачі та перемикачі застосовують для операцій включення-виключення, послідовного перемикання і для плавного безперервного або ступеневого (дискретного) регулювання. Поворот вимикача або перемикача за годинниковою стрілкою повинен призводити до включення, збільшення параметра, а проти годинникової стрілки – до вимикання, зменшення параметра. При цьому повинен дотримуватись принцип відповідності руху покажчика індикаторного пристрою руху органу управління. Кінцеві положення маховиків і штурвалів мають бути чітко позначені і при необхідності обмежені спеціальним стопором. Маховики, призначені для ступінчастих перемикань, повинні мати надійну фіксацію і позначення їх проміжних положень.

Для подачі аварійних, запобіжних та повідомляючих сигналів застосовуються звукові сигналізатори немовних повідомлень. Вони повинні забезпечити залучення уваги працюючого оператора несподіваною подачею сигналу, зміною рівня звукового тиску, модуляцією по частоті і рівню звукового тиску, збільшенням тривалості звучання, частоти проходження. Однак сигнали не повинні перевантажувати слуховий аналізатор оператора, не повинні втомлювати його і відволікати увагу інших операторів.

Прикладом сучасної конструкції пульта керування може служити єдиний пульт управління технологічною лінією виробництва ковбасних виробів фірми *Seydelmann* (рис. 6.77, а) [94]. Він містить блок і органи управління. Пульт дозволяє управляти параметрами роботи всіх машин, які входять до складу технологічної лінії, що значно спрощує процес управління і підвищує його оперативність. Використання повноцінної клавіатури, кнопок оперативного реагування та широкоформатного поворотного дисплея дозволяє реалізувати велику кількість програмних завдань при компактній і зручній конструкції пульта. Пульт також оснащений засобами світлової сигналізації.

Пульт фірми *Laska* (рис. 6.77, б) вирішено шляхом реалізації функції *TouchScreen*. Це, з одного боку, дозволяє зробити його дуже компактним, але з іншого боку – зручність тривалої роботи з ним недостатня,

а поєднання функцій дисплея і клавіатури істотно ускладнює процес роботи і робить його менш оперативним.

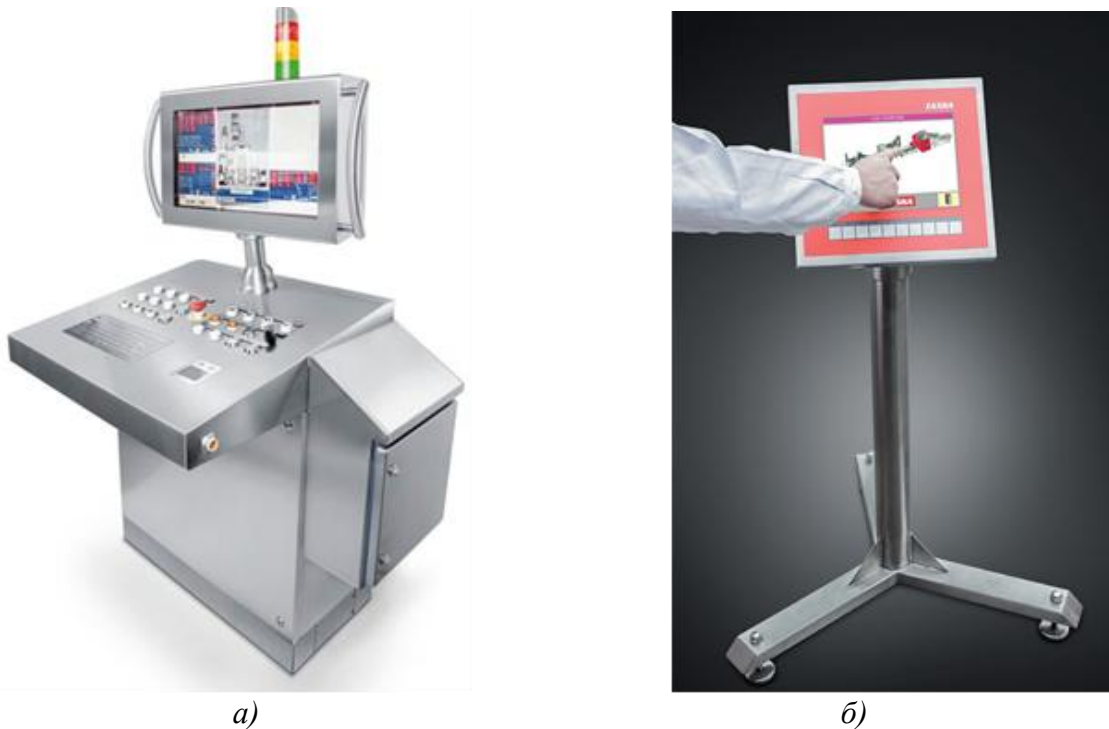


Рис. 6.77 – Єдині пульти управління технологічною лінією:
а) фірми Seydelmann; б) фірми Laska

Нижче представлені деякі приклади поліпшення ергономічності обладнання харчових виробництв.

Загвинчування фіксуючої гайки має проводитися при стопорінні ножового валу кутера, через що оператором зазвичай використовувалося два гайкових ключа одночасно. При цьому габарит чаші кутера не дозволяв оператору зручно розташуватися, захоплення гайковим ключем відповідних посадочних місць було ненадійним, а кисті оператора розташовувались в безпосередній близькості від ножів кутера. Застосування спеціального затискного пристосування [93], в конструкції якого використані черв'ячна передача і храповий механізм (рис. 6.78, а), дозволяє зробити фіксацію ножової головки більш зручною і безпечною.

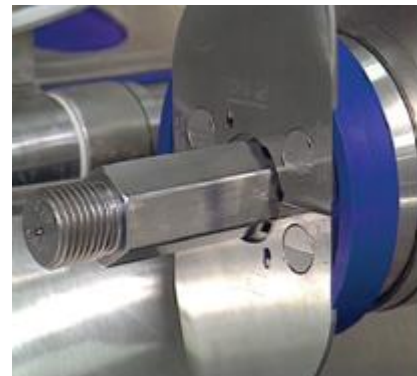
Застосування в ножовому блоці кутера вбудованих магнітів (рис. 6.78, б) дозволяє встановлювати ножі на планшайбу вже після її установки на ножовий вал, тобто збирати ножову головку безпосередньо на ножовому валу [81, 88]. Це дає незаперечні переваги, оскільки раніше було потрібно зібрати ножовий блок, що володіє значними габаритами і масою, і встановити його на ножовий вал. При цьому габарит конструкції кутера і наявність гостро заточених ножів в блоці приводили до незручності роботи з ним і до підвищеної небезпеки.

Належна висота розташування чаші крупно-об'ємних кутерів забезпечує як зручне завантаження сировини так і можливість спостереження за станом і якістю оброблюваного фаршу (рис. 6.79, а) [88]. У кутерах малої

продуктивності також забезпечена зручність роботи оператора з оброблюваною сировиною – у нижній частині станини виконана ніша, що дозволяє оператору розташовуватися ближче до чаші кутера (рис. 6.79, б) [92].



а)



б)

Рис. 6.78 – Конструкції вузлів кутера, що мають поліпшену ергономіку:

а) пристрій фіксації ножової головки;

б) ножовий блок з вбудованими постійними магнітами



а)



б)

Рис. 6.79 – Приклади забезпечення вільного доступу до зони обробки сировини:

а) в кутерах великий продуктивності; б) в кутерах малої продуктивності

У кутерах марки *Seydelmann* застосовано цікаве рішення органів управління – вони виконані у вигляді перемикачів, розташованих під чашею кутера, і керуються коліном оператора (рис. 6.80, а) [94]. Це зроблено з метою забезпечити свободу рук оператора для роботи з сировиною що переробляється (завантаження компонентів, контроль якості подрібнення, вивантаження), а також для підвищення оперативності управління кутером на різних стадіях процесу кутерування.

У кутерах більшої продуктивності (більшого габариту) використання колінних перемикачів не є можливим, однак частий контакт оператора з сировиною все так само передбачений технологічним процесом. З цієї причини на пульті управління застосовані джойстики, які допускають надійну передачу команд навіть при сильному забрудненні (рис. 6.80, б).



Рис. 6.80 – Приклади відповідності конструктивного виконання пульта управління умовам роботи обладнання:

а) кутерів малої продуктивності; *б)* крупно-об'ємних кутерів; *в)* емульсаторів

Натомість в емульсаторах, при обслуговуванні яких необхідність в систематичному контакті з сировиною відсутня, може бути успішно застосований пульт з рідко-кристалічним дисплеєм, плівковою – або *Touch-Screen*-клавіатурою (рис. 6.80, *в*) [91]. Кольорове оформлення елементів пульта і їх групування полегшує сприйняття оператором інформації, а значить робить роботу з пультом більш зручною і швидкою.

У конструкції сучасних вовчків передбачено безліч рішень, що полегшують працю оператора. Машини великої продуктивності, що мають шнеки великої маси, оснащені таллю для підйому робочого і подає шнеків до місць установки (рис. 6.81, *а*) [91]. Для транспортування шнеків і різального інструменту використовується спеціальний візок (рис. 6.81, *б*), його застосування полегшує і робить більш безпечною підготовку вовчка до роботи, а також підвищує зручність миття зазначених деталей [91].

Поліпшенню умов санітарно-гігієнічної обробки машини також сприяє розташування подавального шнека над робочим шнеком, можливість його швидкого демонтажу (рис. 6.81, *в*) та виконання горловини циліндра складеною, одна частина якої кріпиться на поворотній штанзі (рис. 6.81, *г*). Зазначені технічні рішення зменшують час допоміжних операцій при роботі з вовчком, зменшують робочі зусилля оператора і роблять його працю більш безпечною.

Розташування пульта управління може бути стаціонарним (рис. 6.82, *а*) [94] або ж з можливістю зміни положення щодо машини (рис. 6.82, *б*) [88]. І той і інший варіанти дозволяють забезпечити зручне розташування пульта управління, оперативність процесу управління і мінімізацію площі, яку займає обладнання.

У наші дні важливо обмежити вплив машин та обладнання не тільки на обслуговуючий персонал і виробничі приміщення, але і на навколишнє середовище.

Зокрема, джерела шуму і вібрацій повинні бути ізольовані від навколишнього середовища за допомогою кожухів, амортизаторів, пружин, які повинні бути частиною конструкції. Ізолювання шуму і вібрацій може бути досягнене застосуванням віброізолюючих опор і фундаменту. Якщо

неможливо ізолювати шум в самій конструкції, то повинна передбачатись експлуатація установки в спеціальних приміщеннях з шумопоглинаючими стінами і стелями.



Рис. 6.81 – Технічні рішення, які підвищують зручність обслуговування вовчків:
 а) таль для установки робочого шнека; б) візок для перевезення різального інструменту, робочого і подавального шнеків; в) розташування подавального шнека над робочим шнеком; г) відкидна горловина робочого циліндра

Джерелами шуму є всі тіла, що знаходяться в стані вібрації (повітря, вода, метал і т. д.) [104]. Коливання повітря сприймається людиною у вигляді звуку, якщо, їх частота знаходиться в інтервалі від 20 до 20 000 Гц. Шум умовно ділять на механічний і аеродинамічний.

Шум механічного походження виникає в результаті динамічних процесів і пружних деформацій в з'єднаннях машин і механізмів. Пружні деформації деталей машин проявляються у вигляді вібрації вузлів або агрегатів в цілому. Вібрації машин і механізмів можуть поширюватися через їх фундаменти на конструкції будівель. Механічний шум, що передається по конструкціях будівель, називається структурним шумом.

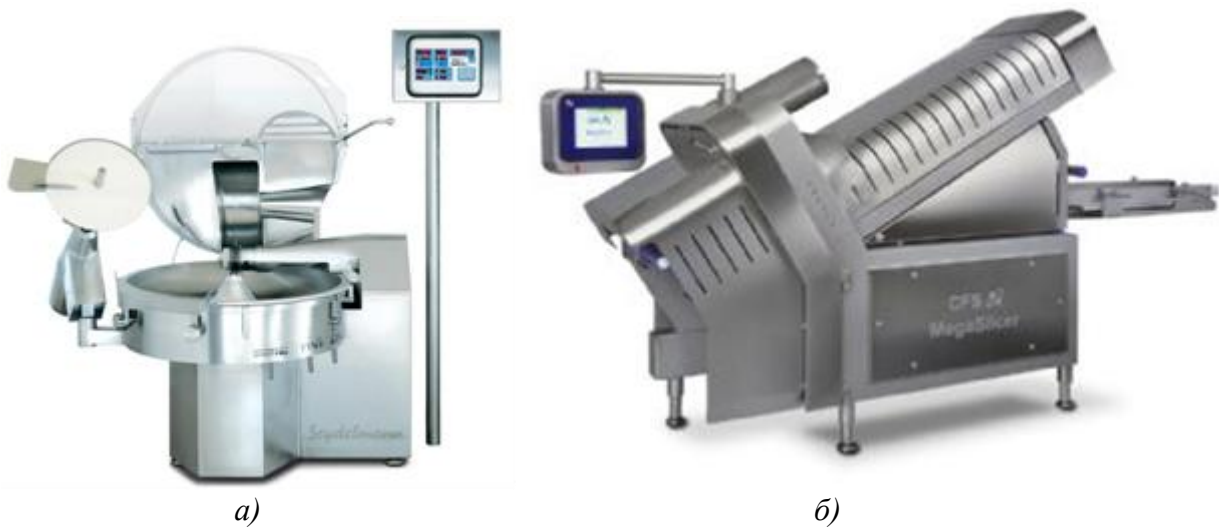


Рис. 6.82 – Виконання пульта управління:
 а) стаціонарно поряд з машиною; б) на поворотній штанзі

Аеродинамічний шум виникає при великих швидкостях руху газів, великих частотах обертання робочих органів тощо.

За своїм характером шуми можуть бути дуже різноманітними. До найбільш неприємних відносяться виючі або стріляючі шуми. До першого роду шумів, які називають тональними, можна зарахувати шуми повітродувок, турбін, струменеві шуми і т. п. До другого роду шумів, що називають імпульсними, відносяться шуми вихлопів, відбійних молотків, клепки і т. п., що сприймаються як удари, що часто наступають один за одним.

З метою боротьби з виробничими шумами проводиться ряд заходів по зниженню шуму в джерелі його виникнення. Однак, у більшості випадків їх важко здійснити, оскільки вони можуть призвести до порушення технології процесу. Значно легше виконати заходи щодо зменшення шуму на шляху його поширення.

Шум різних автоматів, двигунів, редукторів і т. д. можна усунути шляхом звукоізоляції даної машини масивним кожухом. У звукоізолюючих кожухах можуть бути передбачені знімні кришки для підходу до агрегату з метою його регулювання, періодичного обслуговування і ремонту.

В сучасних умовах новий агрегат з великою гучністю повинен розглядатись як недопрацьований і дефектний по конструкції.

Найбільш просто вдається усунути шляхом звукоізоляції шум від усякого роду приводів: зубчастих, ремінних, ланцюгових і т. д. У більшості випадків приводні пристрої частково або повністю покривають легкими негерметичними кожухами-огорожами з листового заліза або сітки, що захищають тільки від можливості дотику робітника з рухомими частинами агрегату. Деренчання цих огорож веде до збільшення загального шуму.

Заміна подібних огорож звукоізолюючими, тобто більш масивними і герметичними, дозволяє різко послабити шум. Звукоізолюючі кожухи з внутрішньої сторони покривають звуковбирним облицюванням, яке вибирають з урахуванням частотної характеристики шуму агрегату (шлаковата,

повсть, пінополіуретан та ін.). Покращення звукоізоляції досягається також встановленням подвійного кожуха з повітряним прошарком.

Ефективність установки кожуха в значній мірі залежить від його герметичності і способу кріплення. Для усунення жорстких зв'язків кожухи кріплять на пружні прокладки. По всьому периметру прилягання до підлоги кожух спирається на віброізолюючі прокладки (азбест, войлок та ін.).

В результаті експериментальних досліджень встановлено, в зубчастих передачах зміна технології, а також використання нових матеріалів з великою внутрішньою в'язкістю для виготовлення деяких деталей знижують загальний рівень шуму в таких розмірах [104]: ліквідація похибок зачеплення зубчастих коліс – на 10 дБ; зміна форми зубців з прямої на косу – на 5 дБ; фланкування, зрізання окремих ділянок профілів зубчастих коліс – на 3–6 дБ; збільшення висоти зубців до 3–3,5 модуля і зменшення кута зачеплення до 15° – на 5–8 дБ; надання діжеподібної форми зубцям одного з зубчастих коліс, що дозволяє одночасно зменшити вплив перекоосу і зміщення осей – на 3–5 дБ; вільна посадка одного з зубчастих коліс на шліцьовому валу – на 3–4 дБ; заміна в парі редуктора одного сталевого колеса на капронове – на 12 дБ; заміна зубчастої передачі на клинопасову – на 15 дБ; ліквідація перекоосу внутрішнього кільця шарикопідшипника – на 10 дБ; заміна підшипників кочення підшипниками ковзання – на 15 дБ.

Шум зубчастих коліс відбувається внаслідок вібрацій зубців і самих зубчастих коліс, що виникають через удари зубів і дії сил тертя при зачепленні зубчастих коліс. Сила шуму зубчастих коліс істотно залежить від їх окружної швидкості, від якості їх виготовлення і збірки, від матеріалу і термічної обробки коліс. Зі зниженням окружної швидкості зубчастих коліс від v_1 до v_2 рівень шуму зменшується приблизно на $\Delta L = 23 \lg(v_1/v_2)$.

Найбільш інтенсивний шум створюється при нерівномірному розподіленні зубців по окружності зубчастого колеса. В результаті цього порушується плавність зачеплення. Для поліпшення плавності зачеплення рекомендується замість прямозубих зубчастих коліс застосовувати косозубі або шевронні зубчасті колеса. Збільшення сили тертя при зачепленні зубчастих коліс викликають високочастотні вібрації. Застосування мащення послаблює шум приблизно на 4–6 дБ. Операції притирання, шліфування й шевінгування зубчастих коліс дозволяють знизити шум на 5–10 дБ.

Дієвим є також притисненням до торцевої поверхні зубчастих коліс 1 (рис. 6.83) гумових кілець 2 шайбами 3 або шляхом нещільного запресовування в обід коліс чавунних кілець 4.

Шум кулькових і роликів підшипників відбувається в основному внаслідок удару кульок і роликів по сепаратору і кільцям підшипників. Він зростає зі збільшенням діаметра і частоти обертання і мало залежить від навантаження. Для ослаблення шуму підшипників кочення рекомендується застосовувати підшипники мінімального діаметра з тугою посадкою на цапфи вала; встановлювати підшипники без перекоосу і захищати

від забруднень. Шум підшипників можна послабити, застосувавши мащення, а також замінивши підшипники кочення підшипниками ковзання.

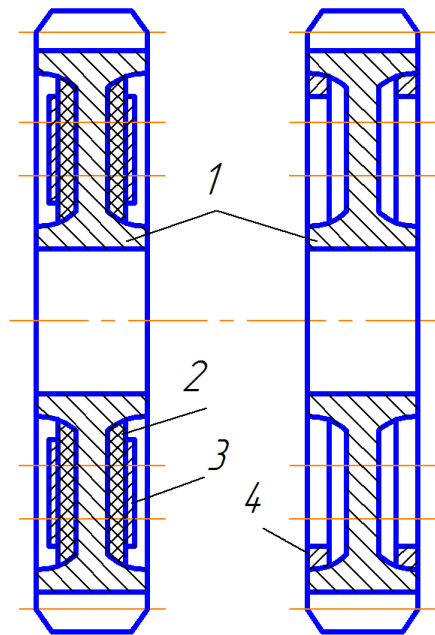


Рис. 6.83 – Способи боротьби із шумом зубчастих передач

Як приклад розглянемо систему боротьби з шумом у сучасних кутерах. Робота кутера супроводжується значним шумом, причому часто його рівень такий, що розмовляти поблизу кутера практично неможливо, а персонал змушений використовувати шумозахисні навушники. Тому задача зниження шумності роботи кутера завжди залишалася актуальною, але до останнього часу не було розроблено досить ефективного її рішення.

Система шумоізоляції кутерів *KILIA* є найбільш ефективною на сьогоднішній день серед інших аналогічних систем [92]. В ній запропоновано комплексний підхід щодо зниження шуму при роботі кутера. Так кругла форма станини (рис. 6.84) дозволяє зменшити рівень випромінюваного шуму. Вакуумна кришка, що охоплює не тільки чашу, але і весь корпус ножового валу, дозволяє більш повно ізолювати елементи конструкції, які найбільш схильні до вібрації від ножової головки. Застосування звукоізолюючих матеріалів для облицювання внутрішньої поверхні корпусу кутера так само сприяє суттєвому зниженню шуму. Такі рішення відповідають сучасним вимогам охорони праці до робочого місця і дають можливість розміщувати м'ясопереробні виробництва безпосередньо поблизу житлових районів. Всі згадані заходи дозволили знизити рівень шуму роботи кутерів серії *5000 Express* в 2 рази в порівнянні з кутерами інших виробників.

Однак найбільш революційним і ефективним технічним рішенням є застосування для виготовлення станини і корпусу кутера спеціально розробленого композитного матеріалу.

Матеріал, названий «*ECO 6000*», застосовується для виготовлення корпусів кутерів моделі *KILIA «Supreme Cut»*. Цей матеріал забезпечує безвібраційну роботу і низьку шумову емісію високошвидкісних кутерів

(з частотою обертання ножового валу до 6000 хв^{-1}). Зниження шуму відбувається завдяки кращій здатності даного матеріалу поглинати коливання і, таким чином, перешкоджати виникненню звукового випромінювання елементами корпусу кутера. Коливання в матеріалі «*ECO 6000*» загасають до 10 разів швидше, ніж в нержавіючій сталі, що призводить до суттєвого зменшення гучності роботи кутера *KILIA «Supreme Cut»* навіть у порівнянні з кутером *5000 Express* (рис. 6.85).



Рис. 6.84 – Конструкція кутера, що забезпечує малу шумову емісію

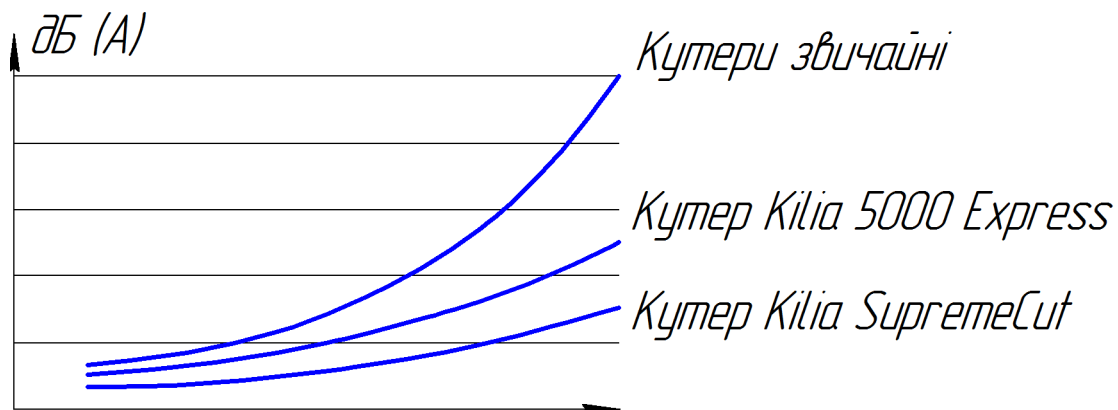


Рис. 6.85 – Порівняння рівня звукової емісії кутерів різних моделей

Наведені положення і приклади дозволяють переконатись, що виконання вимог ергономіки є важливим завданням при проектуванні обладнання. Від ефективності їх вирішення залежить зручність експлуатації створюваної машини або апарату, а також тривалість виконання оператором основних і допоміжних операцій. У сучасних умовах розвиненої конкуренції виробників все вище зазначене може бути вирішальним фактором для споживача, а значить визначити чи буде успішним проектоване обладнання чи ні.

6.1.6 Естетика і дизайн

Проектування виробів машинобудування, в тому числі і обладнання харчової промисловості, проводять з урахуванням вимог технічної естетики [22]. Спроектовані таким чином вироби дають, як правило, підвищений економічний ефект адже сприяють підвищенню культури виробництва і продуктивності праці, поліпшенню якості і зниженню браку продукції.

Зовнішній вигляд машин, створений з врахуванням вимог технічної естетики, сприяє створенню оптимального робочого середовища, яке діє за спокійливо на робітника, знижує його утомлюваність, допомагає зосередитись на роботі. Таке робоче середовище робить працю людини радісною, приносить їй моральне задоволення. Все це допомагає значно знизити аварійність, кількість нещасних випадків. Спроектоване з урахуванням вимог технічної естетики обладнання викликає ошадливість, акуратність по відношенню до себе при експлуатації, що сприяє підвищенню терміну служби.

Відтак, на ринку обладнання харчових виробництв більшим попитом у споживача користуються ті моделі, які окрім гарних технічних характеристик мають краще дизайнерське рішення.

До оцінюваних естетичних показників відносяться: сучасність художньо-конструкторського рішення виробу; функціонально-конструктивна виразність форми; гармонійна цілісність композиційної структури; досконалість виробничого виконання елементів зовнішньої форми.

Гарний зовнішній вигляд машини забезпечується інженерами дизайнерами, однак загальні уявлення про принципи художнього конструювання повинен мати і конструктор. Деякі з них викладені нижче.

Основні поняття технічної естетики наступні:

- *технічна естетика* – це наука про художнє конструювання, яке вивчає його суспільну природу та закономірності розвитку, його принципи і методи;
- *художнє конструювання* – це конструювання предметного середовища з врахуванням естетичних потреб людини, призначене забезпечити максимальну зручність експлуатації виробів, їх відповідність психіці та фізіології людини, їх високі естетичні якості;
- *форма виробу* – це геометрична характеристика, яка відповідає функціональному призначенню виробу, і яка органічно витікає з особливостей конструкції та структури, яка повністю використовує властивості застосовуваних матеріалів, відображає специфіку технології виробництва, відповідає естетичним вимогам;
- *композиція* – це естетична характеристика, яка відображає систему організації зв'язків елементів форми і змісту виробу як єдиного цілого; теорія композиції озброює конструктора загальними закономірностями побудови виробів, засобами і прийомами побудови красивої форми; особливими категоріями композиції є об'ємно–просторова структура та техніка, а до допоміжних відносять пропорційність, масштабність, ритм, контраст, нюанс, симетрію та асиметрію, світло та колір;

- *об'ємно-просторова структура* – категорія, яка розкриває внутрішню будову об'ємів предмета, їх співвідношення і зв'язок;
- *тектоніка* – категорія, що виражає в художній формі конструктивну будову предмета, фізичні властивості матеріалу співвідношення частин, які несуть і тих, яких несуть;
- *пропорційність* – розмірність, визначення співвідношень частин між собою та з цілим;
- *масштабність виробу* – відображення відповідності та співвідношення розмірів виробу та людини;
- *ритм* – повторюваність, закономірне чергування сильних і слабких, коротких і довгих і т. ін. елементів композиції, розташованих у порядку убутання чи зростання; ритм спроможний надавати композиції динамічний характер чи статичний;
- *контраст* – різко виражене протиставлення елементів цілого (за розмірами тощо);
- *нюанс* – незначна різниця в однорідних елементах цілого;
- *симетрія* – принцип організації елементів композиції, заснованої на правильному (дзеркальному) їх розміщенні навколо загального центру чи осі; симетричність композиції зазвичай підкреслює статичність виробу;
- *асиметрія* – принцип організації елементів композиції, заснований на динамічній рівноваженості композиції;
- *динамічна рівновага* – якість композиції створювати вигляд спрямованого руху часто в нерухомих предметах.

У практиці художнього конструювання в багатьох випадках вимоги технічної естетики пов'язані з деякими правилами створення технологічних конструкцій, наприклад:

- вимогою технологічності є зменшення довжини кінематичного ланцюга виробу, так як механізм з короткою кінематичною ланцюгом, як правило, менш трудомісткий у виготовленні; разом з тим зменшення довжини кінематичного ланцюга, заміна механічних пристроїв електричними, важільного управління – кнопковим та ін. полегшують завдання конструктора при знаходженні раціональної естетичної форми конструкції;
- працюючи над естетичним виглядом виробу, дуже важливо правильно підібрати пропорції основних складальних одиниць і всієї конструкції, що задовольняє вимогам естетики і покращує технологічність конструкції; велике значення для поліпшення естетичного вигляду виробу в цілому має зовнішній вигляд таких деталей, як рукоятки і кнопки управління, сигнальні лампочки, фірмові таблички та ін.: форми цих деталей повинні відповідати всій конструкції виробу і бути технологічними у виготовленні;

- особлива увага повинна бути приділена таким декоративним деталям, як кожухи і кришки, вмiле використання яких дозволяє вирішити складні питання ув'язки естетики виробів з їх технологічністю.

Форма машини повинна співвідноситись з простором, частини машини мають певні співвідношення між собою. Важливою закономірністю об'ємно-просторової структури є єдність побудови, зміст и розвиток головних елементів.

Загальні внутрішні закономірності будови форм у мистецтві, архітектурі і дизайні вивчаються теорією композиції. Метою композиції в художньо-конструкторському проектуванні є створення оптимальних форм, що відповідають функціональним призначенням, конструктивно-технологічним і економічним вимогам виробництва, а також враховують людський фактор і володіють високими естетичними якостями.

Предмет *композиції* – виріб і прилеглий до нього простір – утворює об'ємно-просторову структуру. Об'ємно-просторова структура виробів може бути простою (стійки, транспортери, редуктори і т. д.) або складною (тістоприготувальні агрегати, пакувальне обладнання, роботизовані лінії). У процесі роботи тістоприготувальних агрегатів, роботизованих ліній та інших машин змінюється взаємне розташування вузлів, а отже, і об'ємно-просторова структура. Для таких виробів конструктор повинен опрацьовувати і аналізувати форму при різних робочих положеннях вузлів і деталей.

Рiзне розміщення об'ємів в просторі при компонованні виробів створює певне враження: напруженість, стійкість, статичність. Значну роль тут відіграє силует виробу.

Зрине відображення у формі роботи матеріалу, здатність витримувати навантаження, напруженість елементів, міцність, стійкість висловлює інша категорія композиції, названа *тектонікою*. Вона є виразом закономірностей будови виробу, властивих його конструктивній схемі, об'єктивних фізичних властивостей, співвідношення мас несучих і ненесучих частин.

Тектоніка спирається на закономірності конструктивної компоновки і проявляється у взаємному розташуванні частин виробу, його пропорціях, ритмічному ладі форм. Так, наприклад, форма зварної несучої конструкції не повинна викликати сумнівів, що це саме зварний вузол, а не виливок, або якщо опора машини сприймає значні навантаження, це візуально повинно відчуватися, і довіра до обраної форми не повинна бути розхитана.

Важливою закономірністю об'ємно-просторової структури є єдність ладу, утримання і розвиток головних елементів. Наприклад, на рис. 6.86, а зображено два циліндричних апарати, змонтовані на потужних опорах з швелерів. Хоча опори тільки примикають до циліндрів, створюється враження, що вони проходять наскрізь. Установка виглядає громіздкою. Тяжкості ж циліндрів і загрузки опор не відчувається, і вони виглядають не працюючими. Опори заповнюють частину простору між циліндрами, візуально збільшують установку і роблять перенасиченою об'ємно-просторову структуру.

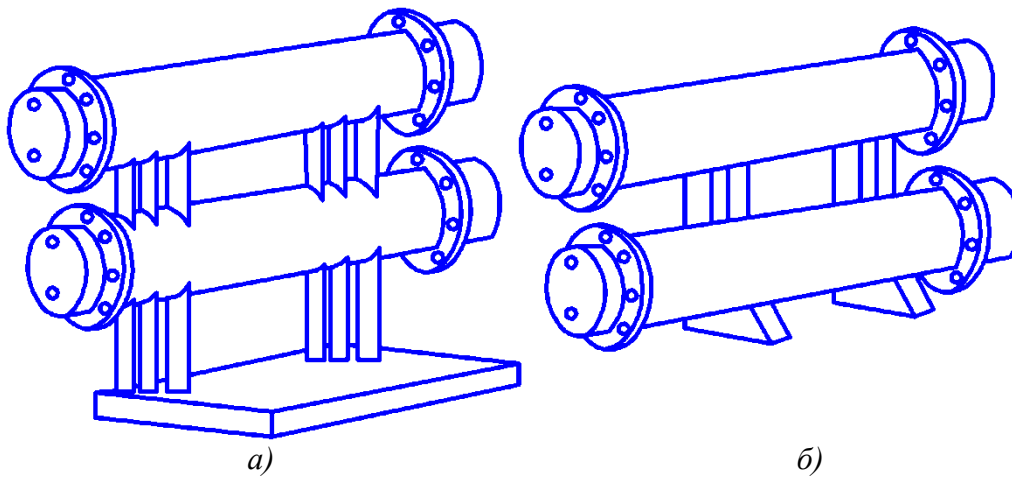


Рис. 6.86 – Аміачна установка:

а) базове конструктивне рішення; б) нове конструктивне рішення

Нове рішення конструкції показано на рис. 6.86, б. Тут візуально виявлена тяжкість циліндрів і завантаження опор. Перетин їх зменшено відповідно до розрахунку. В результаті загальна маса агрегату зменшилась, полегшилось складання. Змінилася і об'ємно-просторова структура, вона стала більш ажурною і виразною. Тектоніка тут виражена яскраво.

Промислові вироби, форма яких не має тектонічної ясності, тобто не інформує, як працює конструкція або хибно відображає роботу конструктивної основи, завжди композиційно неповноцінні, оскільки композицію обладнання, в основному, зумовлює взаємозумовленість конструкції і форми, виражені в конкретному матеріалі.

Одним з основних засобів композиції є *пропорції*. Вони сприяють доцільній організації форми, легкому встановленню взаємозв'язку з іншими засобами композиції та підвищенню естетичної якості виробу. Пропорції (відповідність) – це співвідношення розмірів частин художнього твору. Дві змінні величини називають пропорційними, якщо відносини їх не змінюються, тобто у скільки разів збільшиться (або зменшиться) одна з них, у скільки ж разів збільшиться (або зменшиться) і інша.

У пропорціонуванні промислового виробу допускаються два основні підходи. Перший будується на відносній свободі проектувальника у виборі пропорцій, а другий – на виборі пропорцій для виробу зі складною об'ємно-просторовою структурою, розмірні відносини яких визначаються конструкцією. У цьому випадку дизайнер повинен працювати в тісному контакті з конструктором і вчасно коригувати пропорційний лад.

Пропорційно спроектоване обладнання є не тільки естетично та художньо виразним, воно, як правило, відрізняється кращими показниками жорсткості конструкції і меншою металоємністю. У практиці художнього конструювання найбільшого поширення набула пропорційність по «золотому перерізу» і пропорціональність на основі геометричної подоби.

Вважається, що одне з найкращих зорових вражень справляє предмет, розміри сторін якого утворюють пропорцію виду (рис. 6.87). Ряд

«золотого перерізу» має наступні значення сторін: 0,146; 0,236; 0,382; 0,618; 1,00; 1,618 (сума двох сусідніх членів ряду дорівнює подальшому члену ряду). У разі пропорціонування по «золотому перерізу» призначення основних габаритних розмірів машини і її вузлів проводиться у відповідності зі спеціальною шкалою.

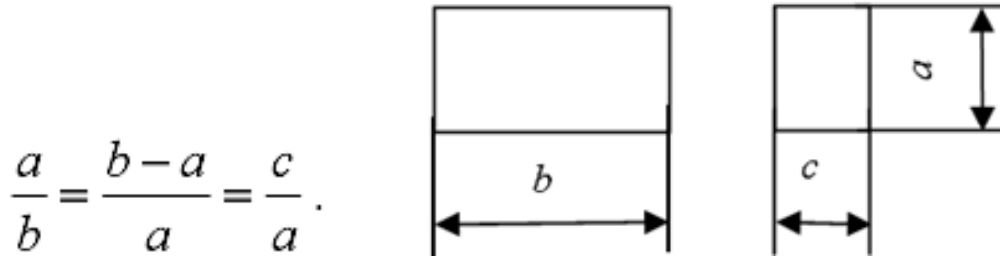


Рис. 6.87 – Розміри сторін «золотого перерізу»

Побудову такої шкали (рис. 6.88, а) виконують на прямокутному трикутнику з відношенням катетів 1:2. Великий катет прийомами, зрозумілими з рисунка, ділиться на систему відрізків, розміри яких $M_0, M_1, M_2 \dots$ підкоряються закону «золотого перерізу». У подальшому отримані відрізки погоджують з розмірами машини, приймаючи більший відрізок M_0 за найбільший габаритний розмір. Така методика вперше була застосована Л. Б. Ерліхом при аналізі пропорцій вертикально-свердлильного верстата (рис. 6.88, б).

Більшість розмірів виробів машинобудування диктується конструктивними, технологічними та іншими особливостями. Змінити ці розміри навіть незначно в цілях гармонізації форми часто неможливо. На практиці їх доводиться уточнювати шляхом сполучень величин M , багаторазово їх повторюючи, ділячи на два і т.д.

У результаті аналізу виробів машинобудування [6, 20] щодо застосування пропорціонування за схемою «золотого перерізу» можна рекомендувати наступне. У процесі сприйняття виробу насамперед фіксуються габаритні розміри, які й характеризують гармонію форми. З цієї причини слід узгодити з відповідними великими поділками шкали, в основному, лише габаритні розміри. Ув'язка зі шкалою інших розмірів машини, відповідних величинам, починаючи від M_6, M_7 і т. д., може не проводитись. При узгодженні розмірів виробу з розподілами, одержуваними в результаті поєднань основних відрізків (M_1, M_2, M_3 і т. д.), кількість членів, що входять в ці поєднання, не повинна перевищувати двох. Сполучення бажано скласти з сусідніх членів ряду шкали (наприклад, M_1 - M_2, M_4 - M_5 і т. д.).

Однак «золотий переріз» не володіє особливими естетичними якостями і тому не може служити основним законом пропорційності при створенні машин. Він найбільш доцільний для виробів порівняно простих прямокутних форм, розвинених у вертикальному напрямку при невеликій кількості членувань.

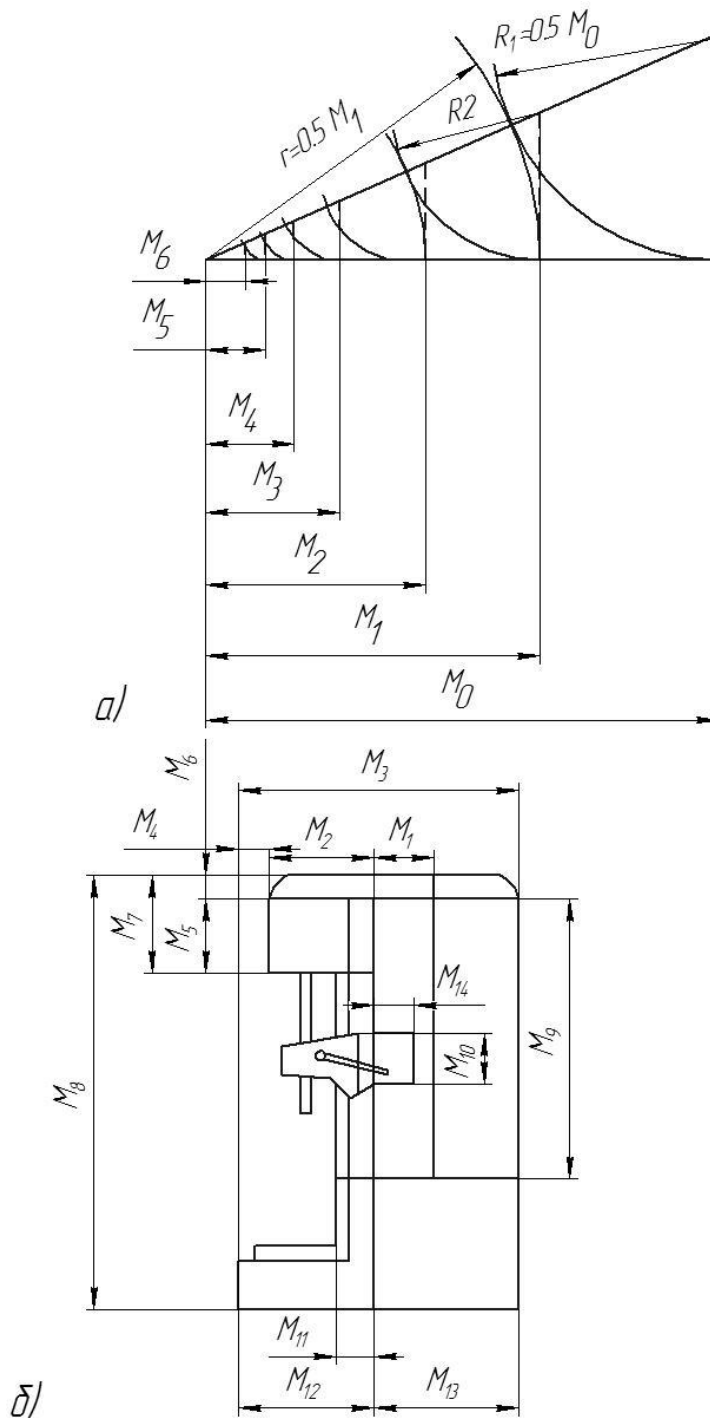


Рис. 6.88 – Аналіз пропорцій вертикально-свердильного верстата

У художньому конструюванні металорізальних верстатів набуває поширення графічне пропорціональність на основі геометричної подоби. Розглянемо два випадки поєднання прямокутників на основі подібності прямокутних трикутників (рис. 6.89). На рис. 6.89, а зв'язок двох прямокутників, що є самостійними елементами композиції, виникає на основі супідрядності меншого прямокутника більшому (частини і цілого). Супідрядність тут обумовлена системою подібних прямокутних трикутників, вписаних в розглянуті прямокутники. У випадку, показаному на рис. 6.89, б, зв'язок двох прямокутників отриманий шляхом повторення

форми меншого в більшому, тобто при розчленуванні цілого на подібні частини. Супідрядність і розчленування в різноманітних поєднаннях зазвичай використовуються в якості елементів пропорціонування.

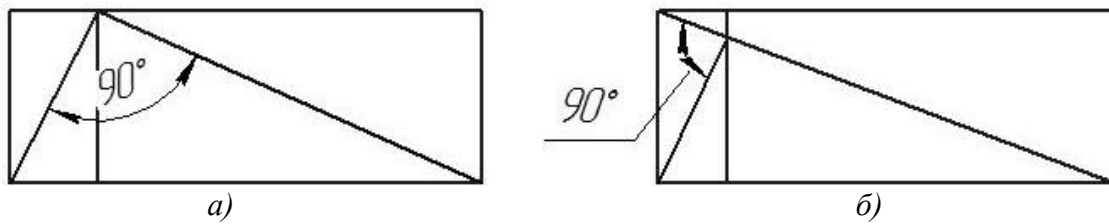


Рис. 6.89 – Поєднання прямокутників:

а) співпоєднання частини в цілому; *б)* розділення цілого на подібні частини

Виконуючи схему графічного пропорціонування, знаходять одну або декілька систем паралельних і взаємно перпендикулярних прямих, утворених гіпотенузами подібних прямокутних трикутників. Ці трикутники повинні вписуватися в ортогональні проекції машини. Системи зазначених прямих дозволяють встановити необхідний пропорціональний зв'язок між членуваннями конструкції. Пропорційність зазвичай проводиться в порядку значимості форм від загального до конкретного, тобто подальша система паралельних і перпендикулярних прямих будується на членуваннях, що знайдені попередньою аналогічною системою.

Схеми пропорціонування конструктивних форм токарно-гвинторізного верстата моделі «Селтік» (фірми-виробники «Ла Мон-Дьялі» – Бельгія та «Міллер і Цезан» – Франція) представлені на рис. 6.90. За точкою перетину E взаємно перпендикулярних прямих AC і BE (рис. 6.90, *а*) визначено положення нижньої площини корита (MK). Вертикальне членування по передній бабці проходить через точку N (рис. 6.90, *б*), положення якої уточнено системою взаємно перпендикулярних прямих MN і NK . Членування FO (рис. 6.90, *в*) уточнено системою ліній AN і NO , а QS (рис. 6.90, *г*) системою BT і PS . Членування супорта і правої тумби уточнюються відповідними системами.

Побудова подібних схем пропорціонування в ряді випадків виявляється складною. Для таких випадків застосовують не одну, а кілька систем взаємно паралельних і не перпендикулярних прямих, і схема пропорціонування повинна забезпечити вказаний зв'язок між елементами форми.

Слід також зазначити, що гармонія форми характеризується не тільки одними пропорціями, а й іншими категоріями композиції, які повинні знаходитися в активній взаємодії. Сам же процес пропорціонування є лише своєрідним математичним прийомом «доведення», уточнення попередньо обраних форм машини, і сам по собі не може наділити виріб незаперечними естетичними якостями.

Симетрія. Розрізняють симетрію абсолютну, відносну, контрастну. Абсолютна симетрія – повторення конструктивних елементів машини по обидва боки від обраної осі симетрії. Відносна симетрія передбачає,

що по обидва боки від обраної осі симетрії врівноважуються елементи, однакові за габаритами, масою або іншими ознаками. Контрастна симетрія будується за принципом контрасту, коли вихідній композиційній формі машини, розташованій по один бік симетрії, відповідає інша, різко відмінна від першої композиційна форма.

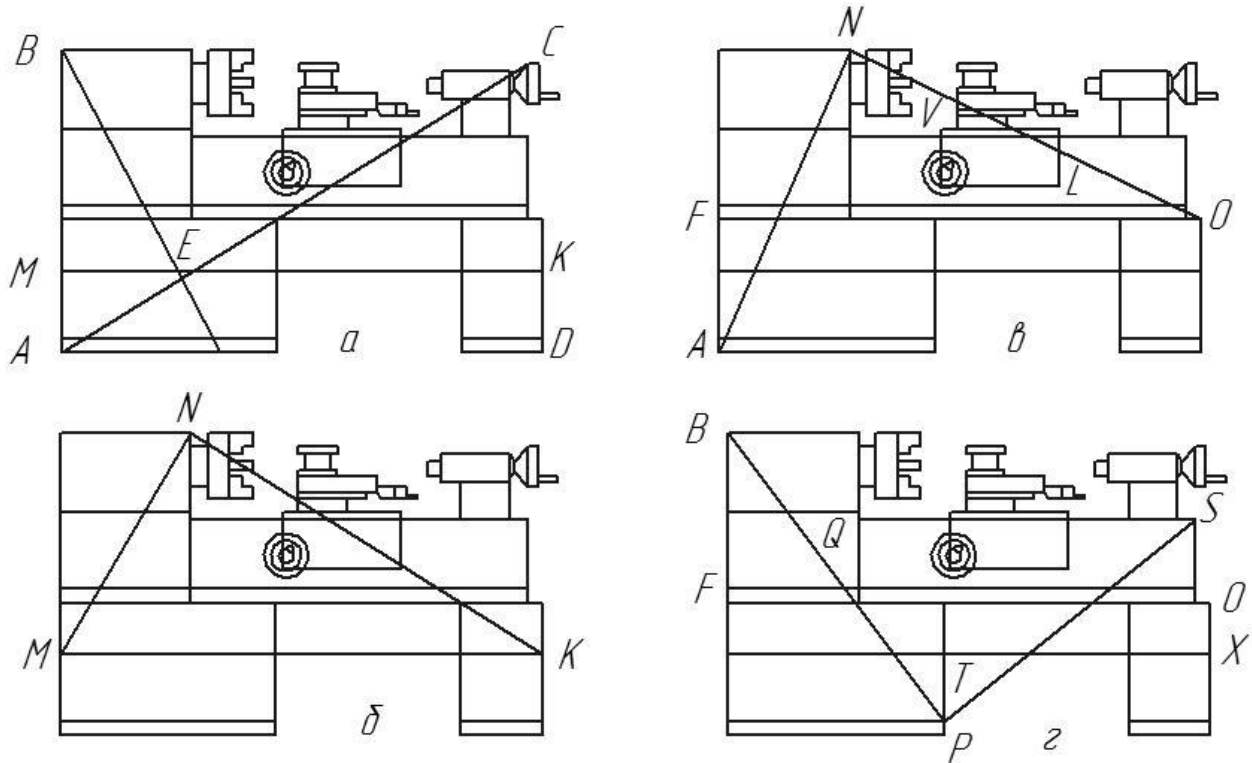


Рис. 6.90 – Схеми пропорціонування токарно-гвинторізного верстата

Ритм. Ритмом називається правильне чергування певних форм або величин у часі чи просторі. Ритм в машинах – це повторення певних елементів конструкції або їх форм. Іноді користуються прийомом аритмії, коли елементи конструкції розміщуються на різній відстані, елементи робляться тонше або товщі, світлі частини чергуються з темними і т.д. Контрастність окремих частин машини підсилює художні враження, утворені цими частинами. Використовується контрастність маси (важка частина поблизу легкої), форми (гостре ребро поблизу закругленого), розміру (широка поверхню поблизу вузької), світла (світла поверхня і темна), напрямки (смуги горизонтальні і вертикальні) і т.д. Розчленованість форми машини – імітація розчленування її на складові частини за допомогою, наприклад, забарвлення, створення канавок, установки ребер та інших прийомів.

Рекомендації та приклади колірної обробки виробів. Традиційний підхід до вибору покриттів, як завершального етапу конструкторської розробки далеко не завжди може забезпечити вимоги технічної естетики, що впливає з визначення покриттів як органічної частини форми і утворюючого її матеріалу. У зв'язку з цим покриття і способи їх нанесення слід вибирати в процесі конструювання окремих деталей, складальних одиниць і виробу в цілому з урахуванням основних експлуатаційних і технологічних

факторів. Наприклад, для отримання надійного в експлуатації склоемалевого покриття необхідно уникати зварних швів і гострих ребер в конструкції. При необхідності електролітичного хромування деталі її конфігурацію слід конструювати з урахуванням низької розсіюючої здатності електродів хромування.

Колір відіграє важливу роль в оптимальному режимі функціонування системи «машина-людина-середовище». Кольорове рішення має задовольняти ряду вимог, основними з яких є: інформаційно-сміслові значення (інформація про функції виробу, сигналізація про стан виробничого середовища з точки зору безпеки, позначення органів управління та ін.); рекламна ефективність (товарний вигляд виробу); емоційно-естетичний вплив на людину.

Позитивний емоційно-естетичний вплив кольорового рішення на людину забезпечують: створення комфортних психофізичних умов функціонування людського організму в ході трудового процесу; формуванням обстановки, що сприяє творчому підходу людини до своєї роботи.

Колірний фактор психофізичного комфорту забезпечує: оптимальні умови сприйняття людиною форми предметів (машини, верстата, інструментів і т.д.); оптимальні умови сприйняття простору, в якому відбувається трудовий процес; часткову компенсацію несприятливих впливів виробничого процесу (зниження зорової стомлюваності і т.д.); поліпшення санітарно-гігієнічних умов; підвищення ступеня безпеки виробничих процесів.

Колір впливає на якісне сприйняття готового виробу. Темні кольори, що створюють ефект тяжкості, можна використовувати для фарбування фундаментів, несучих конструкцій, в деяких випадках станин; такі кольори як би підкреслюють їх призначення, виконувану функцію. Однак вироби, повністю пофарбовані в темні тони, мають непривабливий вигляд, поглинають багато світла і створюють фон, що утруднює виявлення обрисів виробів при виконанні, наприклад, точних робіт. Такі яскраві кольори, як жовтий, червоний, помаранчевий, викликають враження напруженості, тривоги. У той же час вони сприяють появі відчуття теплоти. Світлі тони використовують для зменшення враження масивності (якщо частина машини нависає над головою оператора і стомлює його своєю громіздкістю, то можна створити враження уявного видалення фарбуванням її в блідо-блакитний колір).

Багато фахівців рекомендують забарвлювати обладнання у світло-сірі, світло-зелені, світло-блакитні тони, так як вони володіють високим коефіцієнтом відображення (близько 60 %). Крім того, вироби повинні бути пофарбовані таким чином, щоб створювався кольоровий контраст між їх окремими частинами. Такий метод фарбування в значній мірі сприяє виявленню чіткості розділення деталей і, отже, сприяє підвищенню продуктивності праці. Необхідно, однак, уникати занадто різких кольорних контрастів, так як вони стомлюють очі. Особливо важливо не фарбувати великі площі в яскраві кольори. Яскраво пофарбовані поверхні можуть викликати явище засліплення, стомлення очей і загальне фізичне нездужання.

Внутрішні поверхні корпусних деталей доцільно фарбувати в темні тони, так як це полегшує складання, контроль і регулювання механізму, зібраного в корпусі. Внутрішні частини панелей, люків потрібно фарбувати в яскраві кольори для того, щоб вони чітко виділялись у відкритому положенні. Кольорове позначення пристосувань і деяких інструментів полегшує обслуговування складних машин і установок.

Рухомі пристрої (завантажувачі, транспортна техніка, крани, електрораки та ін.) повинні чітко виділятися на загальному фоні. Для залучення до них максимальної уваги необхідно фарбувати їх, наприклад, в яскраво-помаранчеві кольори, на передні і задні частини машини наносити чорні і жовті смуги. Кількість кольорів повинна бути мінімальною. У багатьох випадках два або три кольори забезпечують необхідний ефект.

Особливого значення набуває колір при використанні його в сигнальних системах. Застосування кольору для будь-яких кодуєючих систем має співпадати з його укоріненим значенням. Очевидно, червоний колір, що позначає небезпеку або «Стоп», не слід застосовувати для інших цілей.

Урахування психологічного впливу різних кольорів відіграє важливу роль у техніці безпеки. Використання кольору в якості коду-носія інформації про небезпеку може бути додатковим засобом попередження нещасних випадків.

На рис. 6.91, *а* представлена хлібопекарська тунельна піч ПХК-50. Схема облицювання печі нераціональна з точки зору технології виготовлення і монтажу. Наявність верхнього стикового пояса 3 погіршує зовнішній вигляд, ускладнює конструкцію і збільшує металоємність. Самі панелі 1 занадто громіздкі за величиною, у зв'язку з цим їх монтаж більш складний. Крім того, забезпечити гарну якість великої поверхні завжди важче, ніж малою. Прилади контролю і управління 2 розташовані на самих панелях. У процесі випічки від впливом високих температур панелі мають незначне переміщення, що може позначитися на роботі приладів.

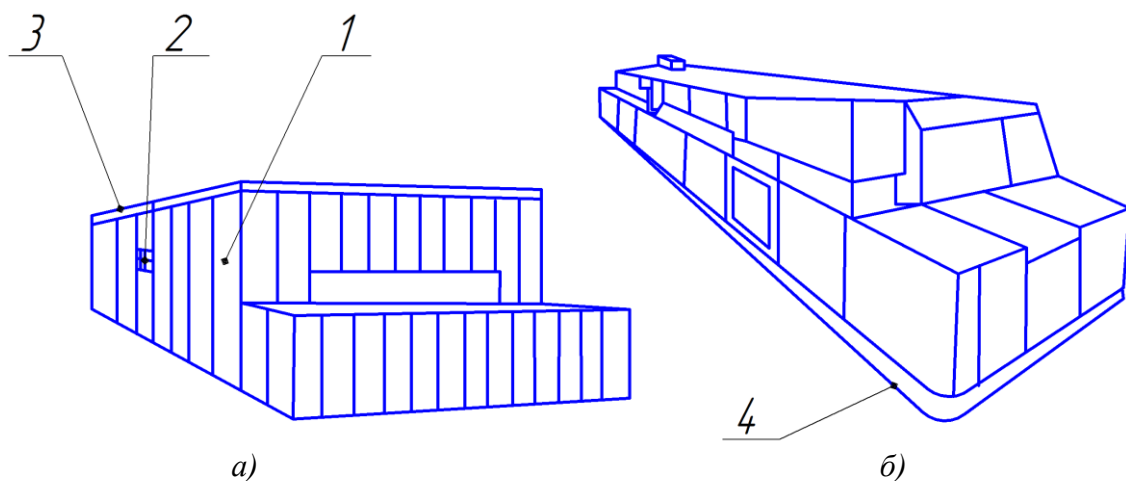


Рис. 6.91 – Хлібопекарська тунельна піч ПХК-50:

а) базове конструктивне рішення форми; *б)* нове конструктивне рішення форми

У конструктивному вирішенні, запропонованому для усунення недоліків (рис. 6.91, б), введено горизонтальний функціональний пояс, на якому змонтовані прилади. Конструкція як би розчленована. Прибрано стикувальний пояс, панелі стикуються на верхній площині. Це дозволило зменшити розміри панелей і, отже, поліпшити якість поверхні і полегшити монтаж. На роботу приладів, розміщених на функціональному поясі, розширення-стиснення панелі від нагрівання та охолодження не впливає.

Зміна конфігурації верхніх панелей з прямокутних на радіусні візуально зменшує габарити печі. Введення стандартної підсічки 4 (сходінка всередину) сприяє певній легкості (піч не росте з підлоги), розміри нижньої частини візуально зменшуються. Роз'єм, що перенесений на верхню кришку, став не видимий, одночасно це дало можливість замінити верхній металевий лист на азбестову панель, зменшивши тим самим металоемність. Було змінено і колірне рішення. Замість білих тонів, які при великих обсягах не раціональні (білий колір візуально збільшує розміри, чорний – зменшує), був введений світло-бежевий тон. Це поліпшило психологічний клімат для обслуговуючого персоналу.

На наведеному прикладі видно як, здавалося б, суто естетичне рішення привело до полегшення монтажних робіт, економії металу, поліпшення умов праці.

В якості виробу що має негармонійну форму, розглянемо тістомісильну машину И8-ХТА-12/1, представлена на рис. 6.92. Це машина безперервної дії, вона призначена для замісу тіста в тістоприготувальному агрегаті. Доцільно перевірити її форму і її відповідність функціональному призначенню одним із способів пропорціонування (графічна побудова).

Форма тістомісильної машини закрита, функціональність її не проглядається. З метою перевірки гармонійності пропорції місильної машини будемо дві системи прямих на двох її проекціях. Вписуємо нижню горизонтальну частину машини в прямокутник $AOBP$ і проводимо діагональ AB . Далі намагаємось зв'язати верхню частину машини з її нижньою частиною, провівши через точку C пряму перпендикулярну AB . Ця пряма дає випадкову точку D на похилій грані вузла і не збігається з верхньою точкою D до існуючої конструкції, задаючи тим самим висоту вузла по межі лінії KL . Це підтверджує і лінія KE , проведена через точку E перпендикулярно AB , якщо вписати верхню частину машини (без дозатора) в прямокутник $OKLC$.

На цій же проекції машини можливо узгодити й інші її вузли і деталі. Наприклад, прямокутну кришку – панель з жалюзі. Для цього будемо центр системи подібних трикутників, гіпотенузи яких перпендикулярні AB . Якщо побудову почати від передньої грані нижньої частини машини, від точки a , то такими прямими будуть ab , cd , ek , lm , ng , причому вертикальна лінія gr не збігається з краєм прямокутної кришки-панелі, тобто ця кришка-панель повинна закінчуватись по лінії gr або може бути

продовжена до лінії ts (позначена пунктиром). Подібним чином перевіряється пропорційний лад машини на іншій її проекції за допомогою системи повних прямих MN , GI , IV і VW . Причому лінії GI як би знижують висоту будови верхньої частини машини до лінії ZI , що збігається з лінією KL на боковій проекції.

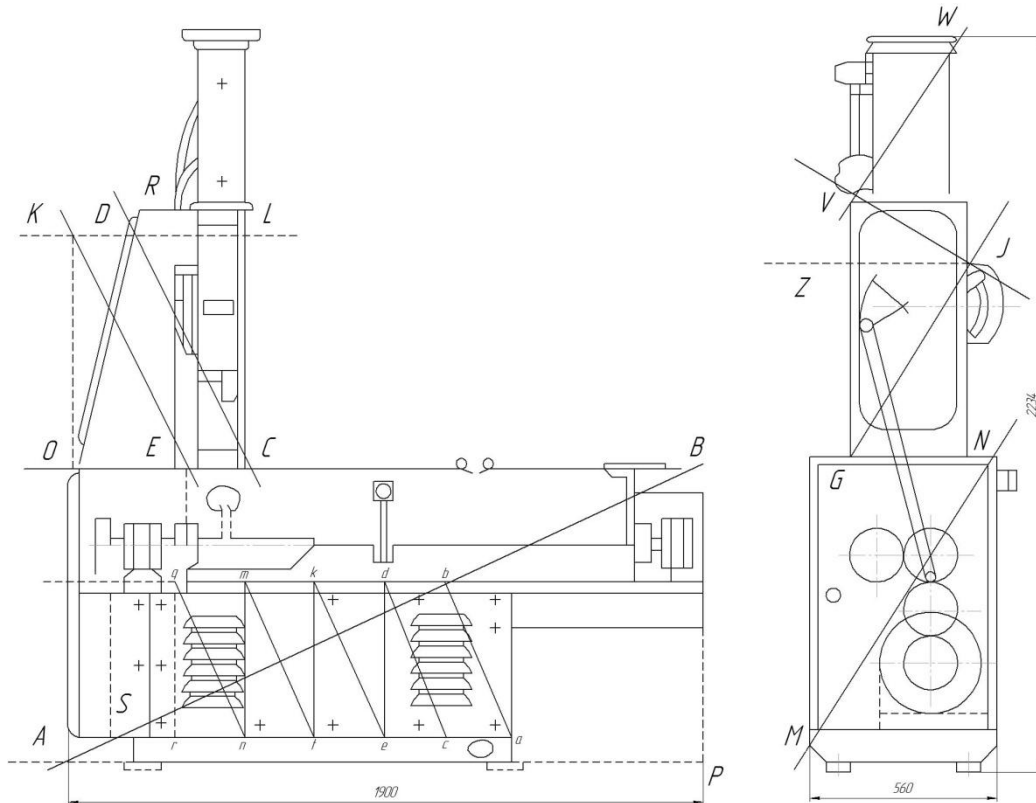


Рис. 6.92 – Загальний вид тістомісильної машини И8-ХТА-12/1

За результатами перевірки можна зробити висновок, що форма машини є не гармонійною, потребує композиційної організації, зокрема пропорціонування зв'язку своїх вузлів. Сама конструкція машини вимагає дизайнерського опрацювання.

На рис. 6.93 представлені приклади дизайнерського оформлення конструкцій м'ясопереробних машин. Заслугує на увагу композиція шприца (рис. 6.93, а) [89]. Машина виглядає пропорційною, плоскі поверхні чергуються з криволінійними, при цьому радіус кривизни криволінійних поверхонь досить великий, що створює гармонію між поверхнями машини. Машина в цілому симетрична, хоч це і не підкреслено, обробка поверхонь, їх колір, а також оформлення пульта управління створюють враження сучасності і в теж час – деякої строгості.

Зовнішній вигляд емульсатора (рис. 6.93, б) [90] є яскравим прикладом застосування контрасту при художньому конструюванні. Циліндричні кожухи приводу і колеса служать фоном, на якому різко виділяються бункер, електрошафа та інші елементи конструкції з прямими кутами. Причому створюється враження чергування зазначених геометричних форм – ритм. Машина компактна, виглядає гармонійно.



а)

б)

Рис. 6.93 – Художнє оформлення конструкцій машин:
а) шприца марки *Handtmann*; б) емульсатори марки *Inotec*

Фасувальний автомат (рис. 6.94, а) має розкриту структуру (елементи огорожі прозорі або ж відсутні), при цьому тектоніка така, що створюється враження масивності конструкції, хоча вона такою і не є (конструкція автомат не металоємний, основний тип приводу – пневматичний, великі робочі зусилля відсутні) [88].

В оформленні автоматів для обгортання карамелі (рис. 6.94, б) основний акцент зроблено на використанні контрасту, завдяки чому корпус машини має яскраво виражені призматичні форми, а кожухи робочого барабана та магазину з обгортковою стрічкою – циліндричні, заокруглені. При цьому поверхні кожуха магазину, розташовані в різних площинах – також контрастують між собою. Застосування напівпрозорого органічного скла для облицювання корпусу дозволяє розкрити внутрішню структуру машини, причому роблячи це м'яко. Все це дозволяє підкреслити легкість конструкції машини.



а)

б)

Рис. 6.94 – Художнє оформлення конструкцій машин:
а) фасувального автомата марки *GEA SmartPacker*;
б) обгортального автомата марки *GEA Aquarius*

На рис. 6.95 показано два вовчка, в оформленні конструкцій яких простежується два різних підходи. Так тектоніка вовчка фірми *Seydelmann* (рис. 6.95, а) покликана створити враження масивності конструкції і потужності приводу машини. Тоді як в конструкції вовчка марки *GEA* (рис. 6.95, б), навпроти, передбачені елементи, що працюють на створення враження про машину як про більш легку, ніж вона є насправді (фасонний захисний кожух горловини, опори малого діаметра, кругла форма захисної рамки бункера, поясок, колірне рішення). Так само слід зазначити, що вовчок марки *GEA* виглядає більш сучасним, тоді як вовчок *Seydelmann* виглядає нарочито металомістким, як би показуючи велику кількість нержавіючої сталі, використаної для побудови машини.

В деякій мірі такий підхід в дизайнерському рішенні можна пояснити широкою популярністю марки *Seydelmann* і порівняно високою вартістю машин цього виробника. У цьому випадку доречно говорити про так зване «статусне» виконання цих машин, маючи на увазі, що закупівлю такого обладнання можуть дозволити собі ті виробництва, які володіють надлишковими капітальними засобами.



Рис. 6.95 – Художнє оформлення конструкцій вовчків:
а) марки *Seydelmann*; б) марки *GEA PowerGrind 280*

Схожі відмінності можна простежити і у кутерів різних виробників (рис. 6.96). Кутери *Seydelmann* (рис. 6.96, а) виглядають найбільш металомісткими і масивними. Кожух чаші має велику висоту і значний радіус кривизни. При цьому форма верхньої частини станини, а також механізмів завантаження і вивантаження продукту підкреслюють масивність машини, створюючи враження яскраво вираженою суворості, грубості конструкції. Взавши до уваги велику приводну потужність цих машин, а також високі швидкості різання сировини, такий підхід в художньому конструюванні в даному випадку можна вважати виправданим.

Кутери марки *K+G Wetter* (рис. 6.96, б) [93] мають більш гармонійну форму, а також іншу тектоніку. Використання заокругленими форм для деяких поверхонь спільно з грубими формами станини створює враження

масивної і потужної машини, але в той же час – досить витонченої за своїм виглядом. Конструктивні рішення механізмів завантаження і вивантаження надають їм охайний вигляд, який до того ж не відволікає увагу від самого кутера.



Рис. 6.96 – Художнє оформлення конструкцій кутерів:
 а) марки *Seydelmann*; б) марки *K + G Wetter*;
 в) марки *GEA CutMaster*; г) марки *GEA CutMaster Duo*

Куттер *GEA CutMaster* (рис. 6.96, в) має станину з заокругленими кутами та еліпсоподібну вакуумну кришку і огорожу чаші [88]. Чаша кутера (спільно з кришкою і огорожею) є візуальним центром машини, і акцентує увагу на себе. Механізм завантаження компактний, для підйому візка використовуються тонкі криволінійні тяги. Тарілка вивантажувача має яскраво виражене колірне рішення. Все вищевказане, спільно з оформленням пульта управління і завантажувального вікна в кришці чаші, дозволяє охарактеризувати композицію машини, як елегантну, що створює враження легкості конструкції і сучасності самого обладнання. Підкреслює перевагу дизайнерського рішення машини нюанс – гострий буртик вакуумної кришки чаші.

Тектоніка ж куттера *CutMaster Duo* (рис. 6.96, з) ще далі відходить від масивності. Зовнішній вигляд кутера нагадує скоріше зовнішній вигляд оргтехніки або сучасних металорізальних верстатів з програмним керуванням, але ніяк не силове обладнання, призначене для високошвидкісного подрібнення охолодженої м'ясної сировини. Створенню такого враження сприяють чергування заокруглених і різких форм елементів конструкції кутера, геометрична форма кришки чаші, широке використання полімерних матеріалів (вивантажний диск, кришка чаші, ущільнення в ножовий голівці, захисні пояски, пульт управління), а також кольорове оформлення. Дану конструкцію можна розглядати прикладом того, як має виглядати технологічне обладнання в 21 столітті.

Можна підсумувати, що досвід, накопичений проектними організаціями, свідчить про те, що проектування промислового виробу лише тоді дає гарні результати, коли конструктор, технолог і дизайнер працюють в тісному контакті і кожний зі спеціалістів добре розуміє задачу іншого.

Однак, не слід на догоду ефектній помітності форм нехтувати раціональними кінематичними схемами і конструкціями виробів. Цілком зрозуміло, що, поганий той інструмент, який травмує руки робітника, обладнання, яке володіє малою продуктивністю і незручне в роботі. Саме єдність форми і змісту є одним з найважливіших законів художнього конструювання.

Тільки в результаті ретельної розробки виробу з використанням методів художнього конструювання можна досягти повної єдності форми і змісту, в якому відображені функціональні, експлуатаційні та естетичні якості і особливості розробки об'єкта.

6.1.7 Розмірний аналіз конструкції обладнання

Слід відзначити ще один важливий етап проектування обладнання.

При розробці технічного проекту рекомендується виконувати розмірний аналіз конструкції машини. Такий аналіз допомагає вибрати раціональні схеми компоновання деталей і вузлів складальних одиниць машини і прийняти раціональні конструктивні рішення.

При розробці робочого проекту остаточно розраховують допуски на розміри деталей обладнання.

Нижче наведені деякі методичні вказівки щодо проведення розмірного аналізу конструкцій машин на етапі розробки технічного проекту.

Над розробкою проекту машини, як правило, працює група конструкторів, очолювана провідним конструктором. Конструктори розробляють проекти окремих вузлів машини. Провідний конструктор керує роботою групи конструкторів і виконує загальну ув'язку всіх вузлів машини. Таким чином, провідному конструктору зручно проводити розмірне відпрацювання конструкції машини, а кожному конструктору – розмірне відпрацювання конструкції свого вузла.

На початковій стадії розробки технічного проекту провідний конструктор машини установлює схему її загального компоновання. Потім він виявляє всі вимоги точності, що пред'являються до відносного розташування

складальних одиниць і деталей машини. Після цього провідний конструктор виявляє розміри деталей, що впливають на точність вихідних розмірів. Таким чином, провідний конструктор становить розрахункові схеми, що визначають розмірні взаємозв'язки компонованих вузлів і деталей.

Після виявлення компоновальних розрахункових схем виконують розмірний аналіз конструкції машини, для чого визначають середню точність n впливових розмірів при заданій точності вихідного розміру [16].

Знайшовши значення допусків t_{cp} для впливових розмірів, провідний конструктор оцінює можливість забезпечення середніх допусків у виробництві. При відносно великих значеннях допусків t_{cp} необхідну кінцеву точність вихідного розміру можна забезпечити шляхом взаємозамінності. При дуже жорстких допусках t_{cp} кінцевої точності можна досягти за допомогою компенсаторів.

Більш точну оцінку можна отримати, якщо задаватися конкретними значеннями допуску t_i для кожного впливово розміру і обчислювати похи-

бку вихідного розміру: $t'_\Sigma = 1,2 \sqrt{\sum_i C_i^2 t_i^2}$.

Зіставивши розрахункове значення похибки розміру t'_Σ із заданим значенням t_Σ , провідний конструктор призначає технологічний метод досягнення необхідної точності вихідного розміру. Якщо $t'_\Sigma < t_\Sigma$ або мало відрізняється від нього, необхідну точність можна забезпечити шляхом взаємозамінності. При $t'_\Sigma \gg t_\Sigma$ слід застосовувати метод регулювання. Якщо з яких-небудь причин не можна використовувати компенсатор, провідний конструктор повинен зменшити t'_Σ , домагаючись виконання умови $t'_\Sigma \approx t_\Sigma$.

Зменшити t'_Σ можна двома способами: скороченням кількості впливових розмірів і зменшенням значень t_i . Перший спосіб вимагає зміни схеми компоновання або конструкції складальних одиниць, другий пов'язаний з ускладненням технології виготовлення деталей. Нерідко остаточне рішення можна прийняти лише після проведення порівняльних економічних розрахунків.

При розмірно-технологічному аналізі конструктор встановлює:

- вимоги точності відносного розташування деталей і складальних одиниць;
- остаточну схему загального компоновання машини;
- попередні значення допусків на виготовлення деталей і складальних одиниць машини;
- методи досягнення необхідної кінцевої точності при загальному складанні машини.

Вузли та деталі можна компоувати в машині по різних принципових схемах, кожна з яких має свої переваги і недоліки. Розглянемо це положення на прикладі найбільш типового випадку – компоновки трьох складальних одиниць (рис. 6.97). Компоновку більшого числа складальних одиниць завжди можна привести до даного випадку. При складанні вузлів 1–3 потрібно забезпечити збіг осей обертання валів вузлів 1 і 2 окремо у вертикальній і горизонтальній площинах.

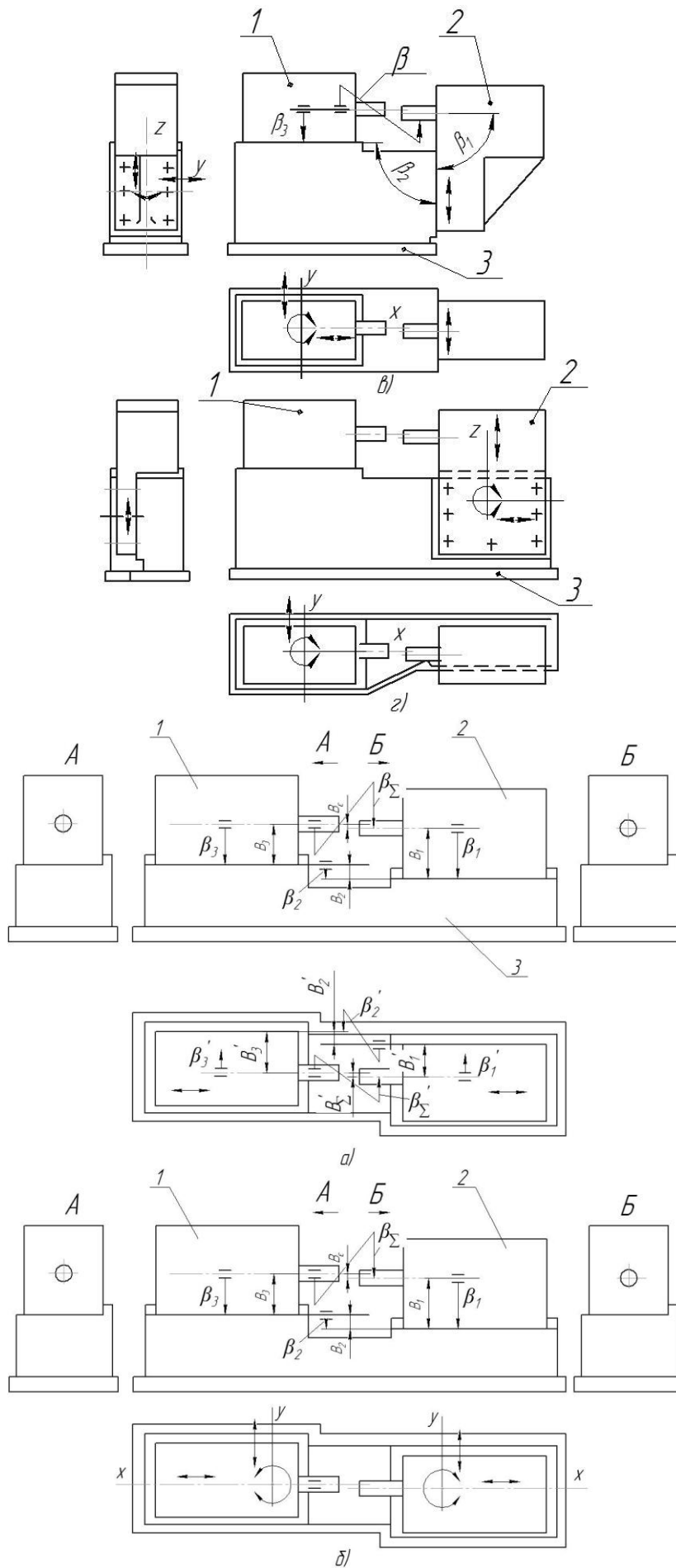


Рис. 6.97 – Схема розрахунку допусків при компонованні обладнання

На рис. 6.97, *a* наведена схема компоновки, в якій вузли 1 і 2 встановлюють на площині і бічними стінками підтискають до напрямних бортів плити 3. При такій установці кожен вузол позбавляють п'яти ступенів свободи щодо плити. Необхідна точність положення вузлів у напрямку осей валів зазвичай буває невисокою, забезпечення її ніяких труднощів у виробництві не викликає, тому ступінь свободи для переміщення вузла уздовж осі вала як тут, так і надалі не розглядається.

На цій схемі B_{Σ} , $B_{\Sigma'}$, β_{Σ} і $\beta_{\Sigma'}$ вказують на збіг і паралельність осей валів у вертикальній і горизонтальній площинах. Це і є вимоги точності відносного розташування вузлів.

При схемі компоновки по рис. 6.97, *a* точність відносного розташування вузлів 1 і 2 можна забезпечувати таким чином:

- автоматично після їх установки на базових поверхах плити і підтиску до напрямних бортів (для цього необхідно, щоб лінійні розміри B_1 , B_2 , B_3 , B_1' , B_2' , B_3' і кутові розміри (вимоги паралельності) β_1 , β_2 , β_3 , β_1' , β_2' , β_3' виконувалися при обробці з такою точністю, при якій сума похибок цих розмірів не перевищує допустимі значення B_{Σ} , $B_{\Sigma'}$, β_{Σ} і $\beta_{\Sigma'}$; складання вузлів за такою схемою найбільш просте, але механічна обробка деталей ускладнюється через високі вимоги до їх точності);
- приганянням базових площин плити (або вузлів 1 і 2);
- підбором компенсаторних прокладок, клинів;
- додатковою обробкою деталей за місцем, тобто за результатами вимірювань при складанні.

На рис. 6.97, *b* приведена аналогічна попередній схема компоновки, в якій вузли не підтиснуті до напрямного борту. Внаслідок цього вони мають ступені свободи для переміщення уздовж осей O_x і O_y і повороту навколо вертикальної осі, що дозволяє забезпечити необхідну точність збігу і паралельність осей валів у горизонтальній площині регулюванням. Для цього вузли переміщують і повертають в базовій площині до тих пір, поки осі валів не співпадуть і не будуть паралельні.

Збіг і паралельність осей валів у вертикальній площині, як і в попередній схемі, слід забезпечувати точністю розмірів B_1 , B_2 , B_3 , β_1 , β_2 і β_3 , (див. рис. 6.97, *b*) приганянням, додатковою обробкою або застосуванням компенсаторних деталей.

У схемі компоновки, що наведена на рис. 6.97, *b*, вузол 2 кріплять до вертикальної торцевої площини плити. Базові площини плити для вузлів 1 і 2 розташовані взаємно перпендикулярно. Кожен вузол має три ступені свободи. Це дає можливість забезпечити збіг осей валів у вертикальній і горизонтальній площинах і паралельність в горизонтальній площині вивірянням положення вузлів. І лише паралельності осей валів у вертикальній площині досягають точним виготовленням деталей по кутовим розмірам β_1 , β_2 і β_3 або іншими методами, описаними вище.

У схемі компоновки, що на рис. 6.97, *з*, вузол 2 укріплений на бічній вертикальній площині плити. Кожен з вузлів 1 і 2 має три ступені свободи у взаємно перпендикулярних площинах. У цьому випадку обидві базові площини плити паралельні осям валів, що дає можливість забезпечити всі вимоги точності вивірянням положення вузлів.

Припустимо, що показані на рис. 6.97 варіанти компоувальних схем рівноцінні з точки зору зручності експлуатації і габаритів. Тоді вибір найкращої схеми залежить від результату економічних розрахунків: схема, при якій вартість виготовлення машини мінімальна, і буде найкращою.

З точки зору здешевлення складання машини найкращою є схема компоновки, по якій під час складання не вимагається проведення вивірки, пригону або регулювання.

Вузли та деталі при їх установці повинні відразу займати правильне положення. Виходячи з цього, на рис. 6.97 дешеву механічну обробку вузлів і деталей забезпечує схема компоновки, по якій при виготовленні деталей не потрібно витримувати точні допуски. З урахуванням цього схему компоновки на рис. 6.97, *з* слід вважати найкращою, а схему на рис. 6.97, *а* – найгіршою. Остаточний вибір оптимальної схеми компоновки виконують після проведення економічних розрахунків.

Для досягнення точності з'єднання вузлів з найменшими витратами при виборі схеми компоновки конструктор повинен по можливості уникати пригонки, вивірок і регулювання при складанні, так як ці ручні операції дорогокоштовані; застосування їх допустимо тільки в крайніх випадках і повинно бути обґрунтовано економічно. Крім того, конструктору в першу чергу слід з'ясувати, які вимоги точності до відносного розташування вузлів і скільки розмірів впливає на точність.

Чим більше допуск на розмір деталі, тим простіше і дешевше її виготовлення, тому дуже важливо отримати якомога більший допуск t_i для кожної деталі. Значення t_i залежить від t_{Σ} і числа розмірів що впливають, які входять в дану розрахункову схему. Отже, для збільшення t_i можна підвищувати t_{Σ} і зменшувати кількість впливових розмірів. На практиці для розширення допусків використовують обидва напрямки.

Якщо вали вузлів з'єднані муфтою, значення t_{Σ} залежить від типу сполучної муфти. Так, сполучна муфта типу МУВП допускає вельми незначні зміщення і перекося осей з'єднувальних валів. При використанні кулачково-дискової муфти можуть бути допущені більші похибки, а при наявності муфти з тороподібним пружним елементом допустимі зсув і перекося осей валів ще більш значні. Отже, при необхідності можна підібрати стандартну або сконструювати спеціальну сполучну муфту і збільшити таким чином значення t_{Σ} , тобто розширити допуск на зміщення і перекося осей валів вузлів що з'єднуються.

Іноді вдається зменшити кількість впливових розмірів розрахункової схеми введенням конструктивних змін. Наприклад, за схемою компоновки,

що на рис. 6.97,а, кожна з чотирьох розрахункових схем містить по три впливові розміри (B_1, B_2 і $B_3; \beta_1, \beta_2$ і $\beta_3; B_1', B_2'$ і $B_3'; \beta_1', \beta_2'$ і β_3'). Якщо вивести опорні поверхні плити в одну площину, впливові розміри B_2 і β_2 з розрахункових схем випадають. При деяких умовах такого результату можна досягти і по відношенню щодо впливових розмірів B_2' і β_2' . В цих випадках не тільки зменшується кількість впливових розмірів, але і спрощується конструкція плити, а також знижується вартість її виготовлення.

Після уточнення t_{Σ} і кількості впливових розмірів розрахункової схеми розраховують допуски на розміри деталей. Якщо значення t_i отримані розрахунком легко забезпечити при механічній обробці деталей, слід застосовувати схему на 6.97, а. Якщо ж допуски t_i дуже жорсткі і не можуть бути витримані у виробництві, слід використовувати схеми компонування, в яких можна проводити вивірку положення вузлів (рис. 6.97, з).

Для конкретних виробів і умов виробництва можна вибрати схему компоновки, в якій одну частину вимог точності забезпечують регулюванням, а іншу – точним виготовленням деталей.

У масовому і багатосерійному виробництвах широко застосовують спеціальне обладнання, пристосування та інструменти. У цих умовах при виготовленні деталей вдається витримувати і порівняно жорсткі допуски.

При складанні ручні операції типу пригін і регулювання вкрай небажані, тому в масовому і багатосерійному виробництвах вузли часто з'єднують гнучкими зв'язками (ременями, ланцюгами, карданними валами, компенсуючими муфтами тощо). Якщо жорстку зв'язку вузлів зберігають, необхідну точність їх відносного положення забезпечують точним виготовленням деталей, щоб вузли при установці займали точно положення і були позбавлені свободи переміщення і повороту (див. рис. 6.97, а).

При одиничному і дрібносерійному виробництві необхідну точність відносного розташування вузлів забезпечують переважно регулюванням, приганянням і виготовленням деяких простих деталей по місцю. У цих випадках бажано, щоб вузли при установці могли вільно переміщуватись і повертатися по базовим поверхням (див. рис. 6.97, з).

Вище розглянуті варіанти компоновки вузлів призначені для простого типового випадку. На практиці зустрічаються більш складні схеми компонування трьох і більше вузлів, до яких можуть бути пред'явлені різні вимоги точності, тому зазвичай виникають різні за складністю завдання знаходження найкращого варіанту компонування схеми. Однак викладені вище принципи і загальні вказівки допоможуть успішно вирішити будь-яку компонувальну задачу, незалежно від її складності.

Вид загальної компоновки багатьох типів машин виправданий тривалою експлуатацією цих машин. При розмірному аналізі схема компонування таких машин не піддається сумніву. У цих випадках, виходячи з існуючої схеми компонування, визначають вимоги точності і технологічні методи її досягнення.

6.2 Проектування вузла

6.2.1 Послідовність проектування вузла

Після прийняття рішень по визначенню принципу дії обладнання, будови його кінематичної схеми та компоновки постає задача розробки конструкцій його вузлів та агрегатів.

Досконалість запропонованих конструкцій вузлів безпосередньо впливає на ефективність роботи створюваного обладнання, зручність експлуатації та його вартість. Тобто, недостатньо опрацьовані конструкції окремих вузлів можуть звести нанівець прогресивні рішення, що були прийняті на етапі компонування обладнання. Саме тому, під час розробки конструкції окремого вузла необхідно враховувати значну кількість специфічних вимог і гармонійно поєднувати рішення по їх втіленню.

Послідовність дій при проектуванні вузла наступна:

- уточнення функціонального призначення вузла та вимог до його конструкції;
- вибір варіанту принципової схеми;
- забезпечення високої надійності та низької собівартості;
- компонування;
- забезпечення точності складання вузла (проведення розмірного аналізу);
- призначення посадок рухомих і нерухомих з'єднань.

Проектування вузла починається з уточнення завдання, з визначення функціонального призначення та положення вузла в обладнанні, виявлення можливих зв'язків з іншими частинами виробу тощо [23].

Завданням на вузол, зазвичай, є ескізна компоновка, що виконана для обладнання, або ним є окреме технічне завдання. У компонувальному кресленні на обладнання найчастіше вже визначено місце вузла, його принципову схему або початкові дані для цієї принципової схеми. За відсутності попереднього опрацьовування конструкції і принципової схеми вузла конструктору слід починати проектування з розробки і узгодження принципової схеми вузла з провідним конструктором (який займається компонувальним кресленням обладнання). Необхідно орієнтовно визначити місце встановлення вузла, а також уточнити і узгодити найбільш важливі його технічні характеристики. Важливо відразу уточнити і виявити всі прив'язочні розміри, а також умови роботи і експлуатації, оскільки прийнята до опрацювання компоновка важко піддається подальшій зміні в процесі розробки.

Чорнове графічне опрацьовування вузла конструктор повинен починати з графічного зображення прив'язок і виявлення частин суміжних вузлів, які стикуються з даним, потім, намітивши основну структуру вузла, переходити до проектування. Досвідчений конструктор при цьому уточнює серійність виготовлення обладнання і самого вузла, можливу

серійність в майбутньому, виявляє перспективу використання наміченого до проектування вузла в інших виробках. В процесі проектування він прагне надати конструкції вузла типовий характер і закладає можливість його майбутньої модернізації.

Під час проектування конструктор виконує наступне:

- враховує можливості підприємства-виготівника;
- повсякчас подумки відтворює і аналізує умови роботи вузла і умови його експлуатації;
- прагне забезпечити кращі умови для ремонту;
- стежить за забезпеченням норм техніки безпеки і виробничої санітарії;
- обмежує номенклатуру вживаних купівельних виробів та оснащення, необхідного для складання;
- враховує характер організації виробництва на підприємстві-виготівнику тощо.

При вирішенні компоновки вузла конструктор надає деталям остаточні конструктивні форми відповідно до їх призначення і умов роботи. При цьому конструктор зобов'язаний бути і технологом – забезпечувати технологічність ще не спроектованих деталей. Жодного розміру та жодної деталі у вузлі не повинно з'явитися без чіткого обґрунтування їх необхідності, раціональності конструктивного рішення, призначення допусків, баз та ін.

При проектуванні конструктору бажано враховувати марки матеріалів, які можуть бути застосовані для виготовлення деталей вузла, а також методи отримання заготовок для них. Також повинна забезпечуватись як сама можливість складання вузла, так і технологічність процесу складання. В більшості випадків ефективним є використання в спроектованій конструкції відпрацьованих, перевірених практикою, технічних рішень.

Правильно спроектований вузол не повинен мати зайвих запасів міцності, робочого об'єму тощо, тобто конструктор повинен дотримуватися принципу необхідного і достатнього. Якщо спостерігається надлишок рівня виконуваних функцій (властивостей), то це означає можливість поліпшення будови вузла. Порожнеча (наявність вільного простору) в конструкції вузла також свідчить про нераціональність його компоновки, або, вірніше, про можливість створення кращого варіанту.

Вузол, конструкція якого відповідає технічним вимогам, завжди логічний, в ньому наявність кожного елемента обґрунтована, а їх будова взаємопов'язана.

Наприклад, при вирішенні простого завдання закладення вісі і кріплення на ній поворотної підмоторної плити цей шлях міркувань може бути наступним (рис. 6.98).

Конструктору поставлено завдання спроектувати підмоторну плиту. На плиті встановлюватимуть електродвигун, який разом із пасовою передачею складатиме привод. Місце встановлення плити вже визначено на етапі компонування машини.

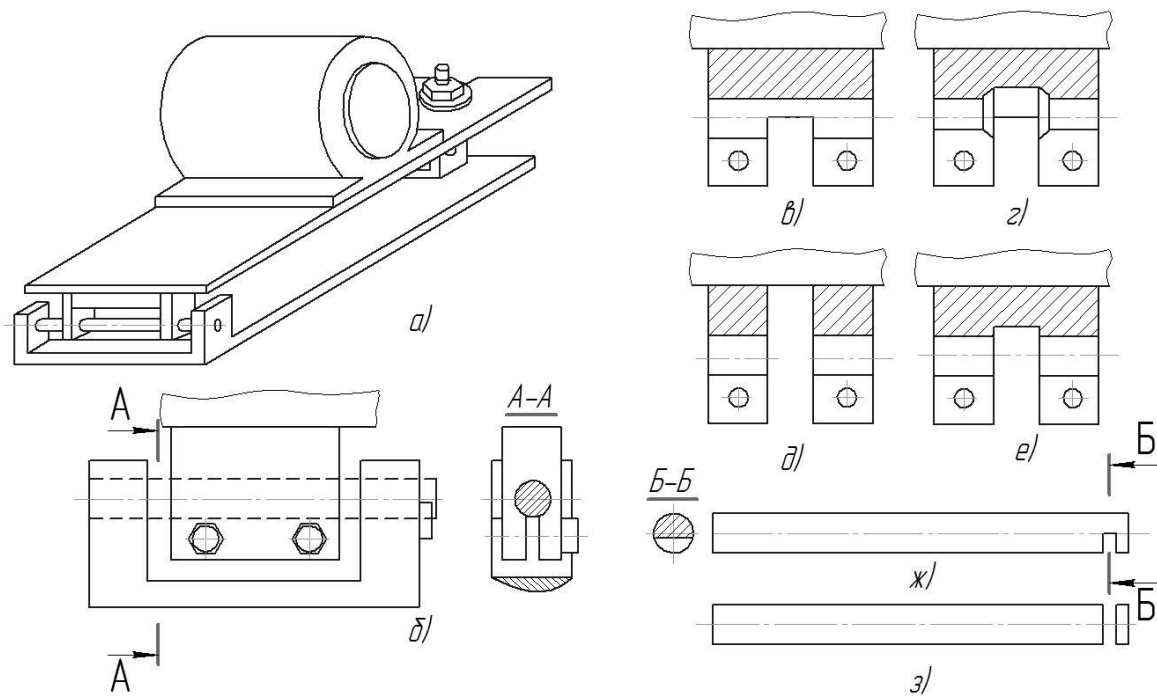


Рис. 6.98 – Схема конструкції підмоторної плити

Для надійної роботи необхідно, щоб вісі веденого валу і валу електродвигуна були взаємно паралельні. Важливою є також умова розташування канавок шківів в одній площині, яка перпендикулярна до вісей валів. Положення плити, яке передбачене в машині, забезпечує вирішення питання про паралельність вісей в тому випадку, якщо забезпечити перпендикулярність вісі електродвигуна грані плити з точністю, що досягається просвердлюванням кріпильних отворів по координатах. Застосування ж підмоторної плити, яка зміщується прямолінійно по напрямним, неможливе, якщо врахувати умови налаштування. Звідси випливає висновок, що необхідно проектувати саме поворотну підмоторну плиту.

Виставляння шківів вздовж вісі валу електродвигуна можна вирішити шляхом його просвердлювання. Але це незручно і нетехнологічно через засвердлювання валу електродвигуна, а також через те, що це важко здійснити після монтажу і вивіряння. Завдання точного позиціонування шківів можна вирішити, зміщуючи верхню плиту щодо нижньої вздовж вісі її повороту, потім зафіксувати плиту на вісі тим або іншим способом.

Наприклад, зручно скористатися клемним затиском, клеми добре доступні. Більш ефективним буде рішення, при якому підмоторна плита матиме провудину з клемою, яка допускає деяке переміщення електродвигуна разом з плитою вздовж вісі. Нижню плиту можна закріпити нерухомо і все вивіряння буде здійснюватись поворотом, зрушенням верхньої плити. Конструкція буде більш надійною, якщо опору плити збільшити.

Постає питання, як конструктивно оформити клеми? Для кріплення однією широкою клемою необхідна значна кількість гвинтів для її стягування. Конструкція вийде важкою і нетехнологічною через велику довжину отвору, який необхідно калібрувати (рис. 6.98, б). Напевно більш раціональним рішенням буде створення двопасового клемного затиску. Можна

вважати, що при цьому протяжність пазу має бути до вісі отвору. Але виникає сумнів – це допустимо, але чи достатньо? Як в такому випадку оброблювати поверхні провухини? Якщо при розробці технологічного процесу виготовлення провухини фахівець-технолог призначить спочатку обробку пазу, а потім розточування отвору (адже паз зручніше зробити до приварювання провухини до плити), то обробка такого отвору буде складною і нетехнологічною (рис. 6.98, е).

Якщо в провухині зробити виточку, то хоча і з'явиться можливість отримання якісного отвору (можливість провести розточування і розвертування), але свердління отвору залишиться навряд чи здійсненим. Якщо ж паз обробити після приварювання і свердління провухини, то вийде начебто прийнятна конструкція. В ній буде забезпечено виконання умов завдання, можлива обробка отвору, скорочена довжина отвору, обмеженого допуском, але наскільки доцільне і оптимальне знайдене рішення, чи не буде дороговартісною така обробка? Можливо є інший варіант?

А що, якщо паз зробити глибшим і перекрити ним весь отвір? Тоді обробку паза можна буде провести до зварювання і обробка отвору буде більш технологічною. Можна зовсім не виконувати паз, а приварити дві провухини. Проте, таке рішення буде складнішим і при виготовленні тільки однієї плити без оснащення воно буде невиправданим (рис. 6.98, з, д). В якому випадку доцільно робити повздовжній проріз? Якщо його виконувати після приварювання провухини, то на фрезерному верстаті необхідно буде встановлювати всю габаритну деталь, через що необхідно буде використовувати верстат великого типорозміру. Якщо ж проріз виконати до приварювання провухини, то в такому випадку буде погіршено технологічність обробки отвору (ударні навантаження на інструмент). А чи виправдує себе обробка отвору після приварювання провухини? Можна стверджувати, що ні. Можливо небезпечна деформація приварюваних деталей при зварюванні? Якщо кваліфіковано задати місця приварювання та їх розміри то ні, такої небезпеки немає. Таким чином доцільно використовувати приварювання остаточно оброблених провухин, а приварювати провухини слід в місцях їх найбільшої жорсткості. Такий порядок дій буде правильним.

Отже вирішено – провухину необхідно остаточно обробляти до її приварювання, паз робити таким, що перетинає отвір по глибині. Тепер слід задати допуски на координати місць приварювання (рис. 6.98, е). Вісь можна кріпити по-різному, але, в даному випадку, зручніше планкою-чекою (рис. 6.98, б, ж). Для введення планки на вісі можна передбачити паз (рис. 6.98, ж), який фрезерується, але в такому випадку вісь буде жорстко зафіксована і при регулюванні ременів пасової передачі доведеться послаблювати клемний затиск, що небезпечно, адже можна порушити положення плити. Як бути в такому разі? Необхідно забезпечити поворот вісі. Рішення ослабити клеми при регулюванні натягу ременів призведе до ускладнення експлуатації вузла. До того ж в такому випадку потрібно використовувати операцію фрезерування. Тобто, дана пропозиція не раціональна.

Можливо краще паз замінити кільцевою канавкою (рис. 6.98, з)? Так, і в такому разі будуть виконані всі умови. При регулюванні натягу ременів не буде потрібно відтискати клеми, положення плити залишиться зафіксованим, а обробка вісі буде більш технологічна, оскільки скасується операція фрезерування.

Приблизно так може міркувати конструктор, розробляючи проект тієї або іншої частини обладнання, його вузла або агрегату. Він аналізує кожен свій крок, використовуючи при цьому досвід, знання типових конструктивних рішень, машинобудівної технології, експлуатації тощо.

Конструктивне вирішення деталей, хоч і розроблюється остаточно на наступних стадіях проектування, але воно не може бути виконане без урахування будови вузла. Саме будовою вузла визначаються основні геометричні форми та розміри його деталей. При цьому основні розміри деталей повинні бути обґрунтовані розрахунками.

Повністю розраховувати необхідно лише найбільш навантажені деталі вузла: вали, зубчасті колеса, підшипники, ремені, шпинделі та ін. Під час такого розрахунку уточнюються обрані розміри, вибір марки матеріалу, вид термічної обробки та зміцнювальної обробки (параметри яких безпосередньо впливають на міцність і довговічність деталей). Параметри таких деталей, як корпуси, фланці, кронштейни тощо, зазвичай, не розраховують. Їх розміри встановлюють виходячи з конструктивних і технологічних міркувань або на підставі емпіричних рекомендацій. Але, в особливо відповідальних випадках (при значних діючих зусиллях) їх розраховують, користуючись відповідними літературними джерелами.

Компонувальну частину загального виду вузла викреслюють, як правило, в трьох проекціях і в масштабі (бажаний масштаб 1:1). На кресленні указують технічну характеристику вузла, наприклад найбільший і найменший моменти на валу, загальне передавальне відношення і т. д.; технічні вимоги до готового вузла: плавність ходу, безшумність, точність розташування вхідного і вихідного валів тощо.

Помилки в складальному кресленні вузла, якщо вони не суттєві, можуть не відбитися на взаємному розташуванні вузлів у виробі. Ці помилки легше піддаються виправленню, чим помилки принципу, прив'язки або компоновки, тому до якості компоувального креслення вузла пред'являються особливо високі вимоги. Звичайно, при цьому не слід захоплюватись тими питаннями, які можуть бути вирішені при деталюванні, хоча, опрацювання всіх питань на загальному виді вузла має бути достатньо докладним.

Нижче наведено опис будови натяжної секції (рис. 6.99), яка є складовим вузлом скребкового транспортеру (див. рис. 6.1).

Секція натяжна складається з бокових стінок 5, кришки 3, днища 29, які з'єднуються між собою болтовим з'єднанням (болт 40, гайка 49, шайба 57) та болтовим з'єднанням (42, 51, 58, 60), утворюючи загальний корпус. Задля герметизації корпусу застосовуються прокладки (23, 30).

З метою зменшення відходів металу при виробництві зірочка виконується збірною: власне зірочка 21 встановлюється на ступицю 20. Задля покращення ремонтпридатності (спрощення заміни зірочки) обертовий момент від зірочки до ступиці передається за допомогою болтового з'єднання (15, 63, 52, 60). При цьому шайба 63 призначена для попередження самовідгвинчування гайки. Ступиця 20 встановлюється на валу 23, обертання до якого передається за допомогою шпонки 17. Задля попередження зміщення зірочки вздовж вісі вала застосовують болтові фіксатори (болт 41 та гайка 49). Вал 23 встановлюється в підшипникових опорах кочення. Кожна опора складається з кулькового двохрядного підшипника, який здатний самовстановлюватись.

Так як підшипники встановлюються в різних корпусах, то задля компенсації неспіввісності вісей цих корпусів застосовують саме підшипники, які здатні самовстановлюватись (внутрішня обойма може повертатись на великий кут).

Так як значне вісьове навантаження на вал відсутнє, то потреба у використанні упорних та радіально-упорних підшипників відсутня. Підшипник на вал встановлюється з натягом (оскільки обертається саме вал). Задля вісьової фіксації вала в зборі, лівий підшипник фіксується на валу шайбою 14 за допомогою болтів з шайбами. Підшипник зовнішнім кільцем встановлюється із зазором або по перехідній посадці в корпусі підшипника 12.

Задля герметизації підшипникового вузла встановлюється кришка 13, яка фіксується болтами 38 з шайбами 57. Кришка має різьбову пробку-масльонку 52, яка призначена для подачі мастила в підшипниковий вузол. Для внутрішньої герметизації вузла встановлюється ущільнення – сальникове кільце 20.

Права підшипникова опора має такі конструктивні відмінності. Задля регулювання зазору в підшипниках (для забезпечення оптимальних умов їх роботи) використовується гайка 34, в якій встановлюються гвинти 44. Регулювання зазору в підшипнику здійснюється загвинчуванням гвинтів 44 в гайці.

Кришка підшипника 22 щільно прилягає до зовнішнього кільця підшипника і притискає його до корпусу підшипника 2, а в лівій підшипниковій опорі між кришкою і підшипником передбачається зазор задля компенсації температурних та інших деформацій.

На правому кінці вала встановлюється крильчатка 2, яка працює в корпусі 1. Корпус 1 в свою чергу кріпиться болтами 37 до кришки 22. Кожна кришка 12 встановлюється в плиті повзуна 8 і фіксується до неї за допомогою гвинтових з'єднань (35, 49, 57).

Повзуни необхідні для забезпечення зміщення вала разом із зірочкою і підшипниками вздовж корпусу 1, задля зміни натягу ланцюга. Повзун кріпиться до бокової стінки 5 з можливістю ковзання вздовж неї. Це забезпечується шляхом застосування опорних кутків та бокових фіксуючих кутків. Кутки між собою та до стінки 5 кріпляться за допомогою

болтових з'єднань. Задля зміщення повзунів застосовується натяжний гвинт 24, який встановлюється в петлях повзуна. Зміщення здійснюється шляхом обертання гайки 25.

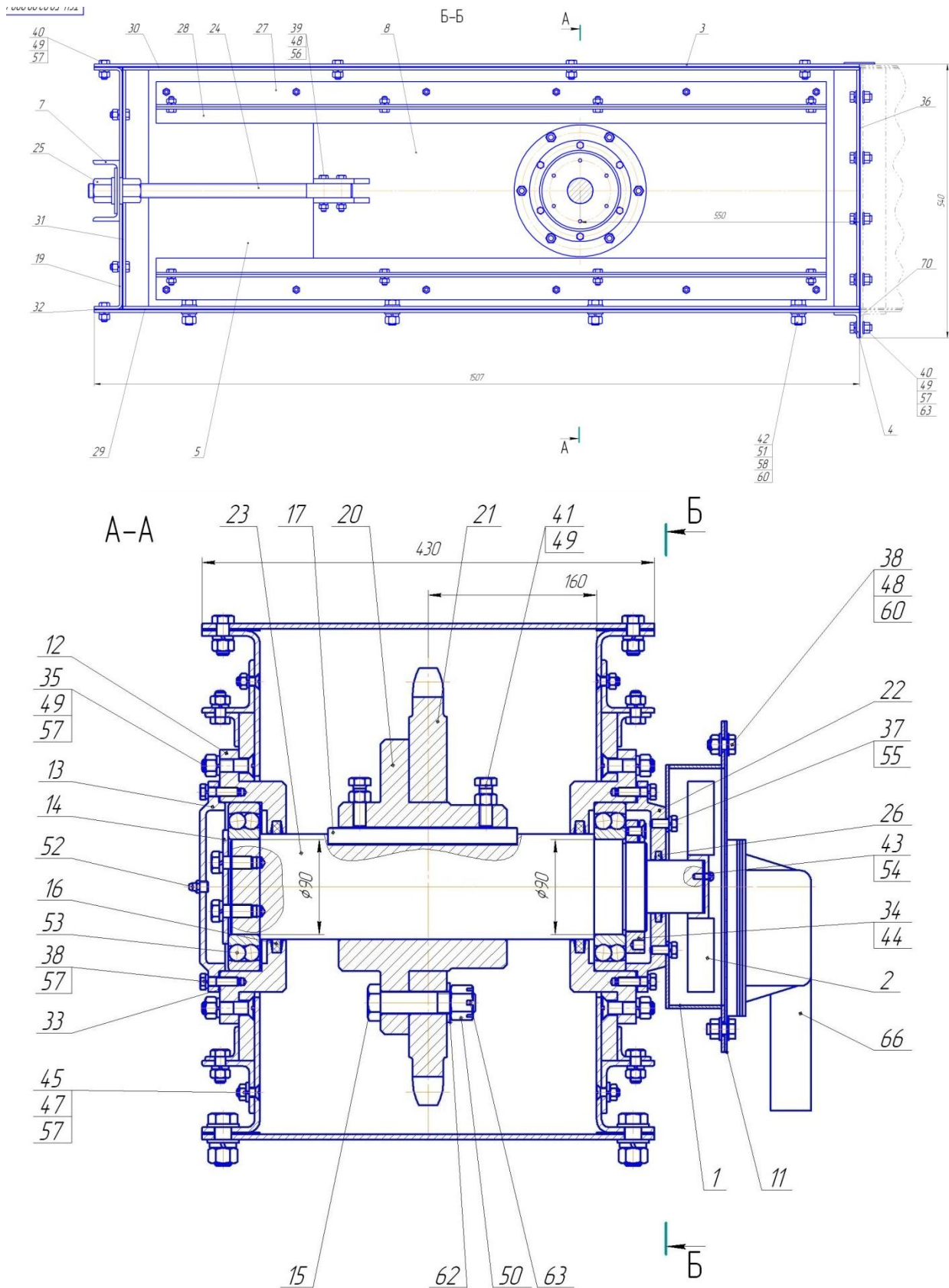


Рис. 6.99 – Будова натяжної секції скребкового транспорту

На кресленні показані наступні розміри:

- габаритні (507×540×430 мм);
- приєднувальні (посадкові внутрішній і зовнішній діаметри підшипника);
- установчі (показано відстань розташування зірочки вздовж валу 160 мм).

В технічних вимогах вказано, що рухомі деталі повинні рухатись плавно, без заїдань. Вказано покриття зовнішніх поверхонь (емаль сіра), а також вид мастила для підшипників (солідол УС-1).

6.2.2 Забезпечення надійності та зниження собівартості вузла

Завдання конструктора, як було визначено вище – це створення таких машин, які відрізнятимуться підвищеною економічною ефективністю, скороченими експлуатаційними витратами і невисокою вартістю машинобудівної продукції в цілому.

Проте успішне рішення цієї задачі можливе лише при дотриманні вказаних орієнтирів на всіх стадіях проектування – від компонування обладнання до конструювання його деталей.

Таким чином, і при проектуванні окремо взятого вузла необхідно максимально забезпечити простоту його конструкції, надійність і довговічність, зручність експлуатації, технологічність виготовлення і складання. Кожна з цих вимог має свої специфічні шляхи вирішення [46, 97].

Підвищення технологічності виготовлення. Нижче показані приклади усунення зайвої механічної обробки. У вузлі установки підшипників кочення точній механічній обробці слід піддавати строго обмежені ділянки робочих поверхонь (рис. 6.100).

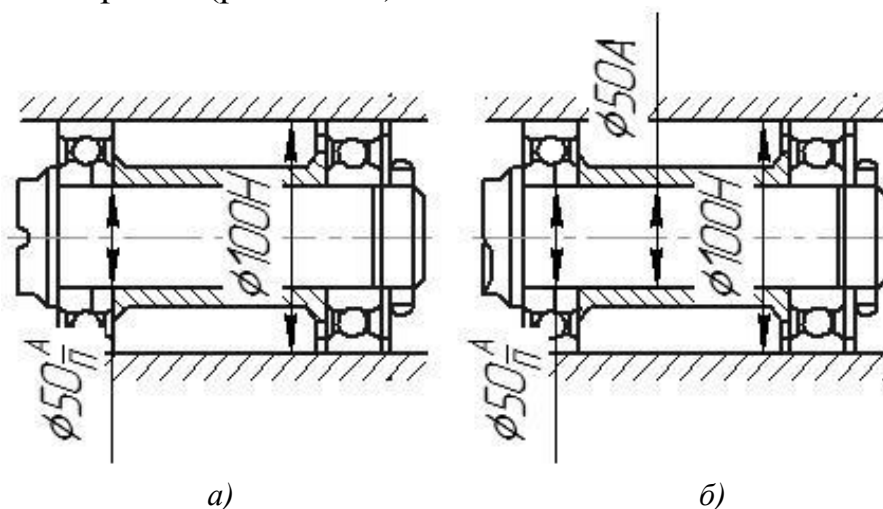


Рис. 6.100 – Види конструкцій валів та корпусів, які мають різну протяжність зон обробки: а) із значною протяжністю; б) із мінімізованою протяжністю

У ступінчастому валу (рис. 6.101, а) із-за наявності заплечика збільшується діаметр D заготовки і різко підвищується об'єм стружки, яка знімається. Великий перепад діаметрів сходинок, у свою чергу, викликає збільшення об'єму механічної обробки. Об'єм стружки, яка знімається,

складає 135 % об'єму готового виробу; коефіцієнт використання матеріалу заготовки дорівнює 0,43, тобто більше половини об'єму заготовки йде в стружку.

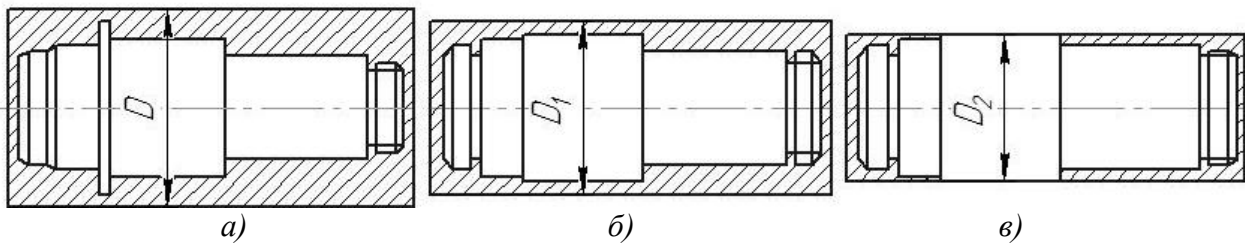


Рис. 6.101 – Види конструкцій валів з різним об'ємом матеріалу, який знімається при токарній обробці:
a) з максимальним значенням такого об'єму;
б) із зменшеним значенням; *в)* з мінімальним значенням

У конструкції валу без заплечика із зменшеним перепадом діаметрів сходинок (вид *б*) об'єм стружки, яка знімається, завдяки зменшенню діаметру D_1 заготовки скорочується в 3 рази в порівнянні з попереднім варіантом. Велика частина цього скорочення (80 %) обумовлена видаленням заплечика. Коефіцієнт використання матеріалу підвищується до 0,7. На виді *в* показано подальше скорочення об'єму стружки, що знімається, досягнуте при виготовленні деталі з прутка діаметром, рівним максимальному діаметру D_2 валу. Коефіцієнт використання матеріалу тут підвищується до 0,8.

Деталі найдоцільніше виконувати із заготовок, що мають форму, близьку до форми остаточного виробу, і отримувати гарячим штампуванням в закритих штампах. Окрім скорочення механічної обробки, штампування збільшує міцність завдяки ущільненню металу, утворенню волокнистої текстури і рекристалізації, що відбувається при охолодженні заготовки і супроводжується утворенням дрібних рівновісних зерен. Суцільно-штамповані деталі за всіх інших рівних умов міцніше, легше і вимагають меншої механічної обробки, чим збірні деталі.

Застосування штампів економічно виправдане при масовому випуску деталей, коли первинні витрати на виготовлення штампів швидко окупаються.

Проте завдяки високій міцності штампованих виробів штампування нерідко застосовують у виробництві відповідальних машин незалежно від масштабу випуску і вартості виготовлення.

Найвищу точність і найменшу шорсткість поверхні забезпечує холодне калібрування (чеканка), вживане як остаточна операція після гарячого штампування. Інколи чеканка повністю виключає необхідність механічної обробки.

На рис. 6.102 представлені способи виготовлення чашкової деталі (деталь показана на рисунку тонкими лініями). Виготовлення точінням з циліндрової болванки (рис. 6.102, *a*) суттєво трудомістке. Деталь ослаблюється

перерізанням волокон матеріалу. На рис. 6.102, б показана заготовка, отримана у відкритому штампі з фасонною матрицею і плоским бойком, в, г – те ж, з фасонними матрицями і бойком. При штампуванні в однострумковому закритому штампі (вид д) більша частина поверхонь набуває остаточної форми, за винятком поверхонь, що підлягають механічній обробці. Отвір намічений поглибленнями 1. Напуск в отворі видаляють механічною обробкою або подальшими штампувальними операціями.

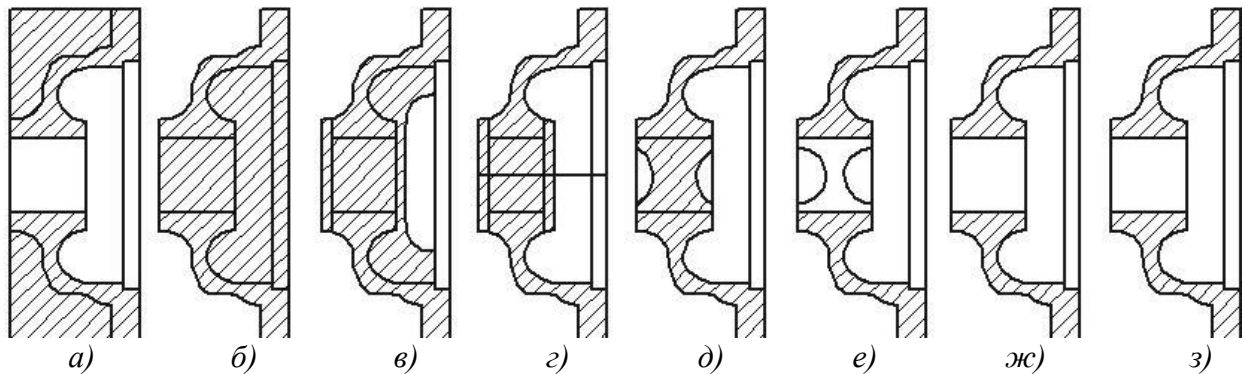


Рис. 6.102 – Види заготовок для виготовлення деталі типу «Кришка корпусу»

При штампуванні в чистовому струмку (рис. 6.102, е) точність необроблених стінок вища; припуски на механічну обробку менші. Перемичку в отворі видаляють вирубним штампом. На рис. 6.102, ж показана заготовка, отримана на горизонтально-кувальній машині, з прошивкою отвору. При холодному калібруванні всім поверхням надається остаточно вигляду (рис. 6.102, з), за винятком поверхонь, що потребують особливо точної обробки (посадочний отвір, центруюча вибірка, торець фланця).

Розчленовування деталей часто дозволяє зменшити трудомісткість механічної обробки. Приклади розчленовування деталей, як засоби зменшення відходу металу в стружку, приведені на рис. 6.103. Конструкція водила з кільцями, виконаними разом із корпусом водила (вид в), нетехнологічна. Доцільніше встановити пальці в отворах (вид г, д), точне виготовлення і координування яких не представляє складнощів.

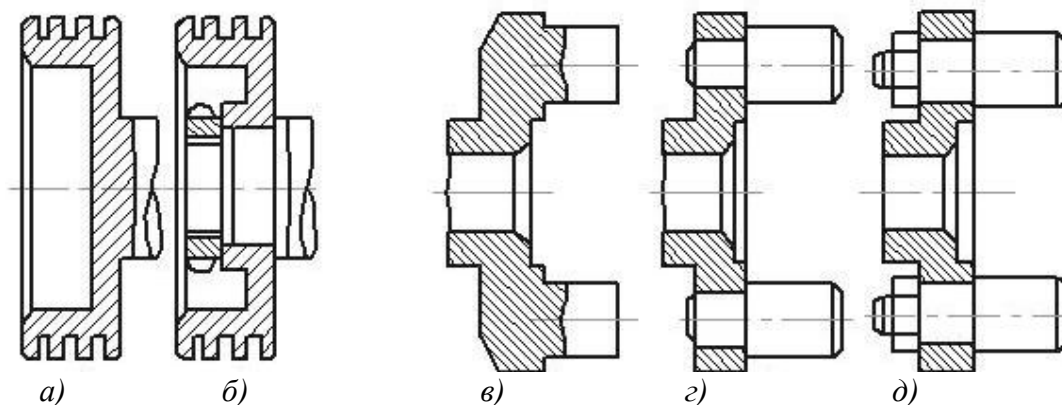


Рис. 6.103 – Перехід від суцільної конструкції деталі до збірної:
а), б) зміна будови поршня; в), г) зміна будови корпусу

Для збільшення продуктивності механічної обробки і підвищення її точності та чистоти велике значення має обробка деталі на прохід з вільним входом і виходом ріжучого інструменту за межі оброблюваної поверхні.

Так конструкція корпусної деталі, показана на рис. 6.104, *a*, нетехнологічна, оскільки хід ріжучого інструменту (торцевої фрези) уздовж оброблюваної поверхні обмежений стінками. Умови різання є різними на різних ділянках оброблюваної поверхні. Спочатку виріб підводять до фрези осьовою подачею і відбувається вривання фрези в метал, при якому отримати малу шорсткість важко. Для того, щоб отримати більш менш однакову шорсткість на всьому протязі оброблюваної поверхні, потрібно зробити декілька проходів. Прийоми продуктивної обробки (швидкісне різання, обробка по настроєних операціях, а також групова обробка) в даному випадку непридатні. Кожну деталь доводиться обробляти індивідуально, витрачаючи багато часу на підведення, виведення фрези і налаштування в розмір.

У правильній конструкції *б* з виступаючою оброблюваною поверхнею фреза працює на прохід, обробляючи площину з однаковою шорсткістю при високій продуктивності.

На вигляді *в* показана нетехнологічна конструкція плити. Поверхні, що підлягають обробці, *a–f* розташовані на різних рівнях, обробка кожної поверхні вимагає окрему операцію. Контур верхньої фланця *c* унаслідок наявності внутрішніх бобишок доводиться обробляти при комбінованій поперечній і подовжній подачах виробу.

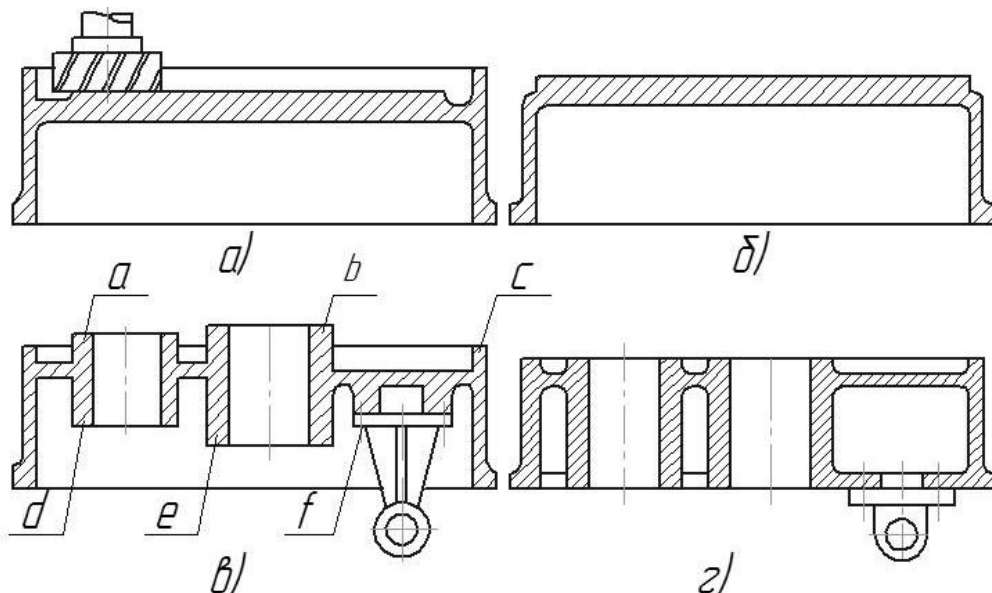


Рис. 6.104 – Забезпечення високої продуктивності обробки деталі:

- a*) підвищення технологічності обробки плити;
- б*) підвищення технологічності обробки бобишок

У технологічній конструкції *г* всі оброблювані поверхні виведені на один рівень. Обробка проводиться в два прийоми – проходом верхньої і нижньої поверхні плити.

На рис. 6.105 показані приклади виконання точних отворів. У конструкції *a* підшипник встановлений в роз'ємному корпусі (радіальна збірка), в гнізді, що обмежений з обох боків стінками. Обробляти посадочну поверхню гнізда дуже важко. У конструкції *б* (установка підшипника в цілому корпусі з осью збіркою) точна обробка посадочної поверхні ускладнена через наявність буртика, який фіксує підшипник в осьовому напрямі.

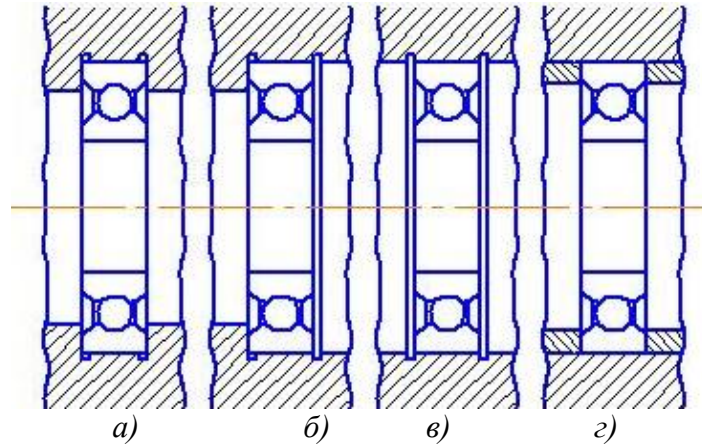


Рис. 6.105 – Підвищення технологічності обробки корпусу підшипника

Правильними є конструкції з обробкою посадочної поверхні напрохід. Підшипник в цьому випадку фіксують в осьовому напрямі стопорними кільцями (вид *в*) або проміжними втулками (вид *г*), одна з яких закріплена в корпусі, а інша служить для затягування кільця підшипника.

Форма оброблюваних деталей має бути узгоджена з типом обробки, формою і розмірами ріжучого інструменту і з послідовністю операцій. На рис. 6.106 показано сполучення головки шатуна із стрижнем двотаврового перетину. Конструкція *a* може бути отримана тільки штампуванням і не піддається круговій механічній обробці. Виїмку *m* між полицями тавра при вказаній формі не можна відфрезерувати. Неможлива фігурна обробка зовнішньої поверхні *n* головки і ділянок *q* переходу полиць двотавра в головку.

Виїмку можна відфрезерувати циліндровою (вид *б*) або торцем фрезою (вид *в*). Той і інший способи цілком визначають форму сполучення, яка має бути відображена на кресленні. Фігурне фрезерування дозволяє отримати зовнішній контур *q* шатуна (вигляд *б*). Торці *s* полиць фрезерують фрезою торця або циліндровою з виводом на поверхні *t*, підрізані при обточуванні кінців *u* втулки. Тавра, що залишаються на ділянках сполучення, з голівкою масиви *v* (вид *б*) і *w* (вид *в*) ліквідують підторцюванням ділянок переходу (вид *г*) або напівкруглими вибірками (вид *д*).

Для збільшення продуктивності механічної обробки доцільно обробляти максимальне число поверхонь на одному верстаті, з одного установа, за одну операцію, із застосуванням одного інструменту, використовуючи всі можливості верстата, на якому проводиться основна операція. Так фланцевий вал з оброблюваним квадратним фланцем (рис. 6.107, *a*) вимагає

копірного фрезерування граней квадрата. Вал з циліндричним фланцем (вид б) цілком обробляється на токарному верстаті.

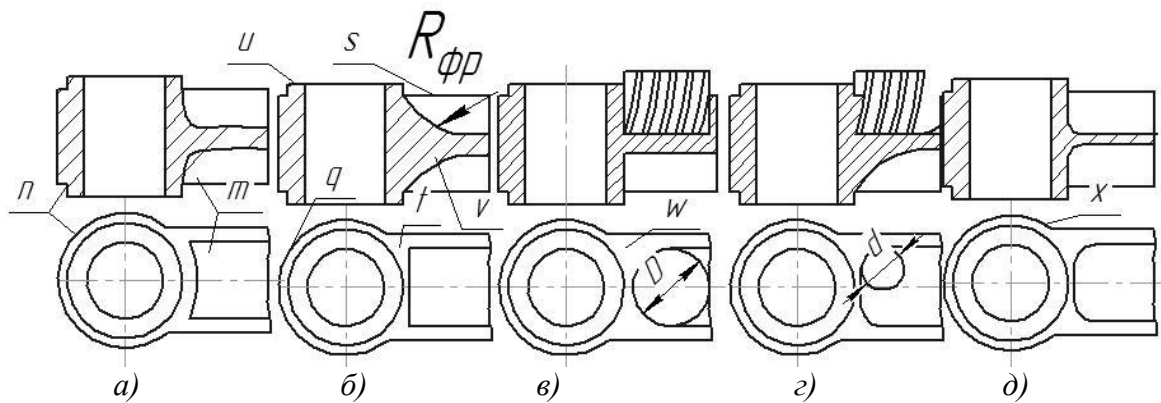


Рис. 6.106 – Підвищення технологічності обробки місця спряження головки шатуна з двотавровим стрижнем

При обробці на кожному верстаті кількість перестановок деталі слід зводити до мінімуму, добиваючись обробки максимального числа поверхонь з одного установа. На виді в рис. 6.107 показаний перехідник з двома центруючими виточками різного діаметру і з двома рядами кріпильних отворів, розташованих на різних радіусах. Незначна зміна конструкції (вид з) дозволяє обробляти центруючі проточки і кріпильні отвори одночасно і напрохід.

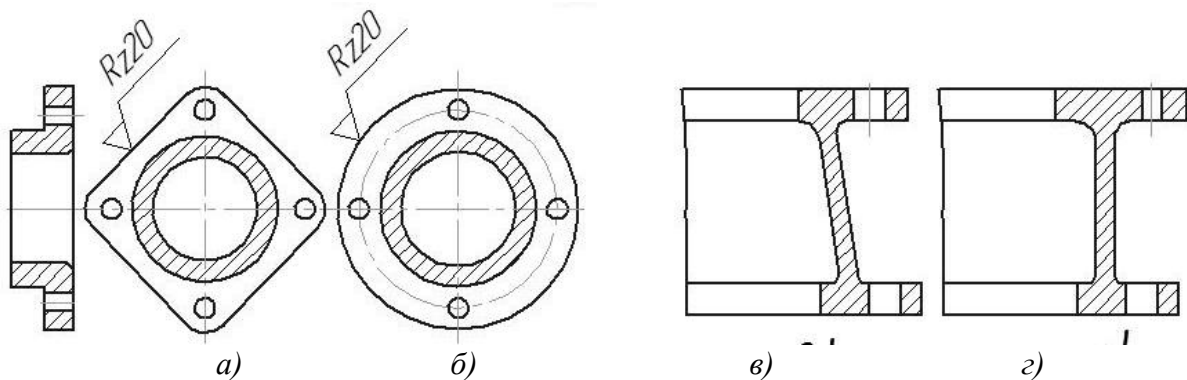


Рис. 6.107 – Зменшення номенклатури операцій (а, б) та кількості установів (в, г) при обробці деталей

У великосерійному і масовому виробництві слід забезпечувати можливість групової обробки деталей по налагодженій операції з установом заготовок в багатомісних швидкодіючих пристосуваннях. Оброблювані ділянки повинні володіти достатньою стійкістю щоб уникнути деформацій під дією сил різання.

Зубчасте колесо з торцями ступиці, що виступають по відношенню до торців обода (рис. 6.108, а), не пристосоване для групової обробки: зубчасті вінці нежорстко фіксовані при обробці і можуть деформуватися під зусиллям різання. Доцільніше виконувати ступиці урівень (вид б) або з незначним (0,1–0,2 мм) зазором s (вид в) по відношенню до обода. Заготовки

доцільно стягувати не по ступицях, а за допомогою спеціальних кінцевих дисків, що спираються на ободи.

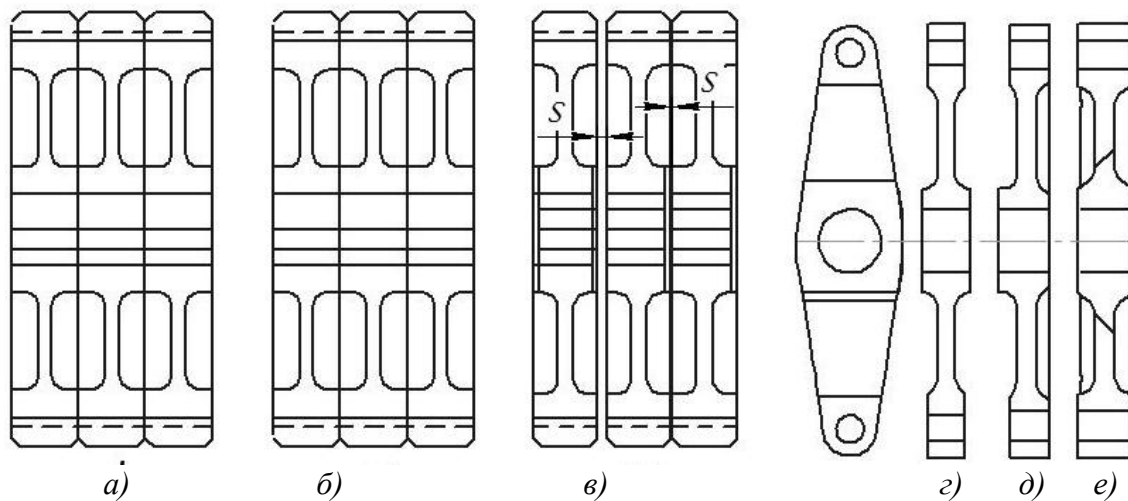


Рис. 6.108 – Зміни конструкції деталей, що спрямовані за забезпечення їх групової обробки:
a, б, в) при розташуванні деталей в вертикальній площині;
г, д, е) при розташуванні деталей в горизонтальній площині при обробці

На видах *г–е* показаний важіль, що піддається фрезеруванню по зовнішньому контуру. Виступаючі торці маточин (вид *г*) не дозволяють здійснити щільне стягування комплекту. Дещо кращою є конструкція *д*, яка допускає попарне стягування. Якнайкращою для групової обробки є конструкція *е* з гранями, які розташовані в одній площині.

При збільшенні масштабів випуску однорідних виробів в машинобудуванні великий економічний ефект дає уніфікація деталей і вузлів.

На рис. 6.109, *а* представлений ланцюг транспортера, складений з ланок двох видів. У іншій конструкції ланцюга (вид *б*) ланки уніфіковані. Уніфікація деталей стягнутого хомута, що складається з двох трудомістких деталей (вид *в*) стала можливою після введення сережки (вид *г*). На рис. *е* і *з* показані приклади уніфікації штамповок у вузлі складеного шківів (вид *д*) і в конструкції циліндричного штампованого резервуару (вид *ж, з*).

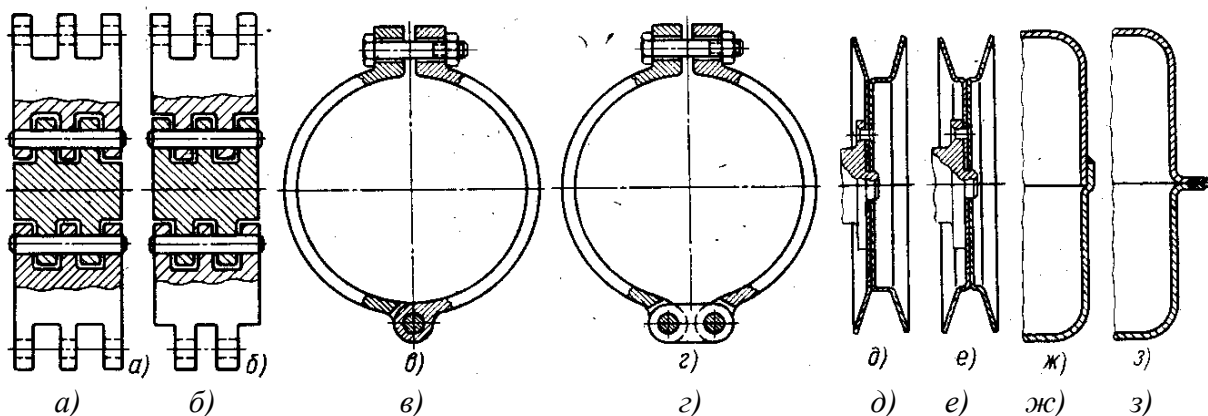


Рис. 6.109 – Перехід до уніфікованих конструкцій:
а, б) ланцюга транспортера; *в, г)* хомута; *д, е)* шківів; *ж, з)* частин резервуара

На рис. 6.110 наведений приклад уніфікації розмірів під ключ вузла редукційного клапана. У початковій конструкції (рис. 6.110, а) є три розміра під ключ. Після уніфікації для регулювання конструкції (рис. 6.110, б) потрібний ключ лише одного розміру.

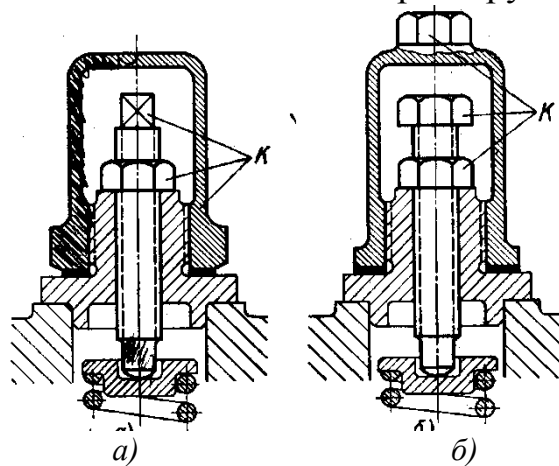


Рис. 6.110 – Вузол редукційного клапана (К – поверхні під ключ):
 а) з деталей із різними розмірами під ключ;
 б) з деталей з однаковими розмірами під ключ

Зниження матеріаломісткості і полегшення деталей і вузлів. Основною частиною капіталовкладень, необхідних при технічному оснащенні виробничих процесів, є витрати на устаткування, головна частина яких йде на виготовлення. З витратами на виготовлення устаткування зв'язані витрати на його транспортування і монтаж, а також витрати на проектування.

Найбільшу частину витрат (зазвичай понад 50÷60 %) складають витрати на сировину і матеріали, а також на оплату праці (зазвичай близько 30 %). Слід зазначити, що близько 30% витрат на сировину складають витрати на матеріали, проведені також машинобудуванням.

Дуже важливі чинники скорочення витрат машинобудівного виробництва – це зменшення його матеріаломісткості і заміна металів полімерними і іншими матеріалами.

Зниження коефіцієнтів запасу міцності у зв'язку із застосуванням сучасних методів дослідження деталей, вузлів машин і зміцнюючої технології – також важлива передумова для зменшення матеріаломісткості устаткування.

Найважливішим питанням конструювання є правильний вибір напружень, що допускаються, або запасу міцності, який забезпечує безпечну роботу деталей. До порівняно недавнього часу для забезпечення надійності і довговічності машин головним чином збільшували розміри деталей і вузлів. Це не сприяло створенню малогабаритних і легких машин. Велике значення для економії матеріалу має вибір раціональних профілів елементів конструкцій.

Питома витрата металу для прямокутних апаратів складає 90÷130 кг/м³ ємкості, а для циліндричних резервуарів всього 18÷50 кг/м³

(тобто в 3÷5 раз менше, ніж для прямокутних), причому питома витрата в обох випадках зменшується із збільшенням ємкості.

Питання економії металу мають первинне значення при проектуванні апаратури, що працює під зовнішнім тиском. Для збільшення жорсткості таких апаратів часто економічно доцільно не збільшувати товщину стінки апарату, а встановлювати спеціальні кільця жорсткості з дешевих матеріалів.

При конструюванні велике значення має і правильний вибір матеріалу. Нижче вказані значення вартості у відносних одиницях тонни відливок з різних металів: чавун сірий – 1; сталь аустенітного класу – 3,1÷4,0; сплави алюмінію – 5,6.

Для здешевлення конструкцій апаратів необхідно всі зовнішні деталі (фланці, лапи) робити зі звичайної сталі. Слід, проте, враховувати, що інколи вигідно застосовувати дорогокоштований, але міцний матеріал замість дешевого.

Надійність конструкції в значній мірі визначається міцністю і жорсткістю її деталей і вузлів. Підвищення міцності без збільшення маси досягається застосуванням раціональних профілів і форм, ефективним використанням матеріалу, рівномірним розподілом навантажень між елементами конструкції.

До доцільних способів підвищення жорсткості відноситься правильний вибір схеми навантаження, раціональне розставлення опор.

Значного зменшення матеріаломісткості можна досягти, надаючи деталям рівноміцнісну форму, щоб напруження в кожному перетині і кожній точці цього перетину були однакові. Це можливо здійснити, коли навантаження сприймається всім перетином деталі, вирівнюючи напруження по перетину шляхом видалення металу з менш навантажених зон перетину і додавання його в більш навантажені зони на периферії перетину.

На рис. 6.111 показано ряд профілів балки, яка піддається вигину, з однаковою площею перетину в порядку посилення периферійної зони перетину і зростання моменту опору. З аналізу рис. 6.111 витікає, що порожнисті і двотаврові перетини балок, що працюють на вигин, відрізняються найбільшою міцністю і жорсткістю (ці величини характеризуються значеннями відповідно моменту опору W і моменту інерції I).

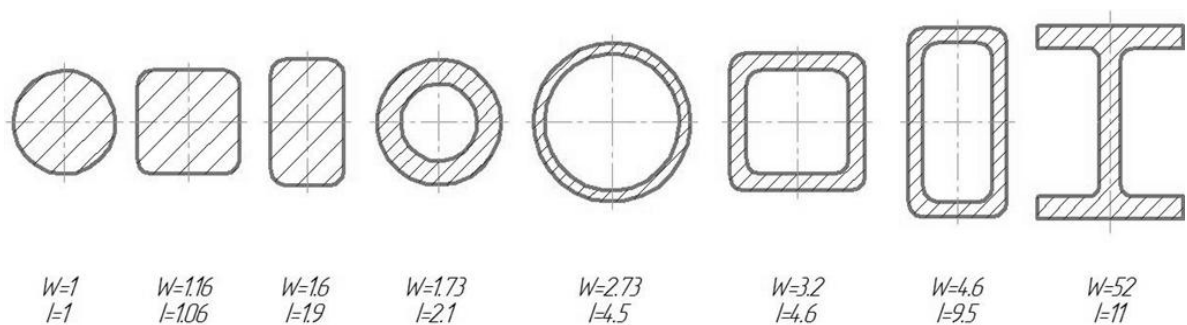


Рис. 6.111 – Суцільні та пустотілі профілі з однаковою площею перерізу (момент опору W і момент інерції I круглого перерізу умовно прийняті за 1)

У харчовому машинобудуванні широко поширені циліндричні деталі (вали, осі та ін.). Як впливає з попереднього, порожнисті круглі профілі володіють істотними перевагами в порівнянні з суцільними.

На рис. 6.112 приведені залежності відношень I/I_0 , W/W_0 і D/D_0 (де I , W і D – відповідно момент інерції, момент опору і зовнішній діаметр полого перетину; I_0 , W_0 и D_0 – відповідно момент інерції, момент опору і діаметр суцільного перетину) від відношення внутрішнього діаметру d пустотілого перетину до зовнішнього діаметру D . При $d/D=0,9$ момент опору і момент інерції збільшуються відповідно в 4,5 і 10 разів, а при $d/D=0,95$ – в 6 і 20 разів в порівнянні із значеннями цих характеристик для суцільної деталі ($d=0$). Такі переваги тонкостінних профілів зумовили тенденцію застосування їх в сучасному машинобудуванні для напружених деталей.

На рис. 6.113 показані варіанти додання рівномірності циліндричним деталям 1–4, що піддаються вигину зосередженим навантаженням. Рівномірність суцільної деталі 1 досягається зміною зовнішньої конфігурації деталі уздовж вісі, а деталі 2 – видаленням матеріалу зсередини при збереженні зовнішньої конфігурації деталі. Рівномірність пустотілих деталей забезпечується зміною зовнішньої її конфігурації (деталь 3) або форми внутрішньої порожнини (деталь 4). Слід, однак, відзначити, що жорсткість рівномірністних деталей менше жорсткості деталей, які мають хоча б місцеві підвищені запаси міцності.

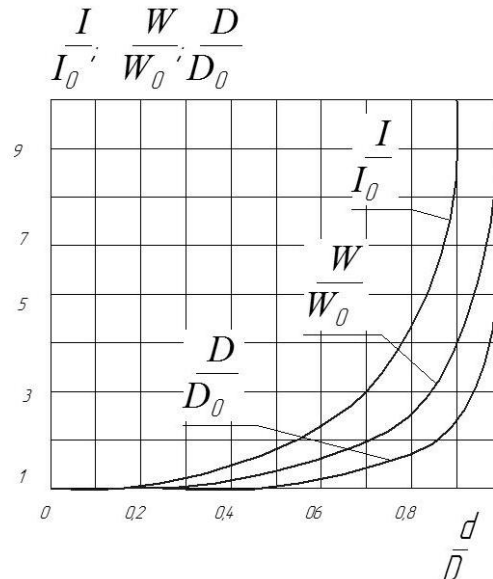


Рис. 6.112 – Залежність відносних величин I , W і D циліндричних деталей однакової маси від відношення d/D при $G=const$

Найбільш ефективним є забезпечення рівномірності швидкообертуючихся дисків. Згідно умові рівномірності їх товщина повинна зменшуватись у міру зростання радіусу.

При конструюванні машин необхідно створювати рівномірністні вузли. Розглянемо приклад отримання рівномірністного вузла з'єднання

ланок ланцюгового транспортера, які мають провусини однакової ширини. Вузол, показаний на рис. 6.114, *а*, є нерівноміцністним, оскільки зми-
нальні напруження у верхніх провусинах в $3/2$ рази більше, ніж в нижніх провусинах (верхніх провусин дві, а нижніх три).

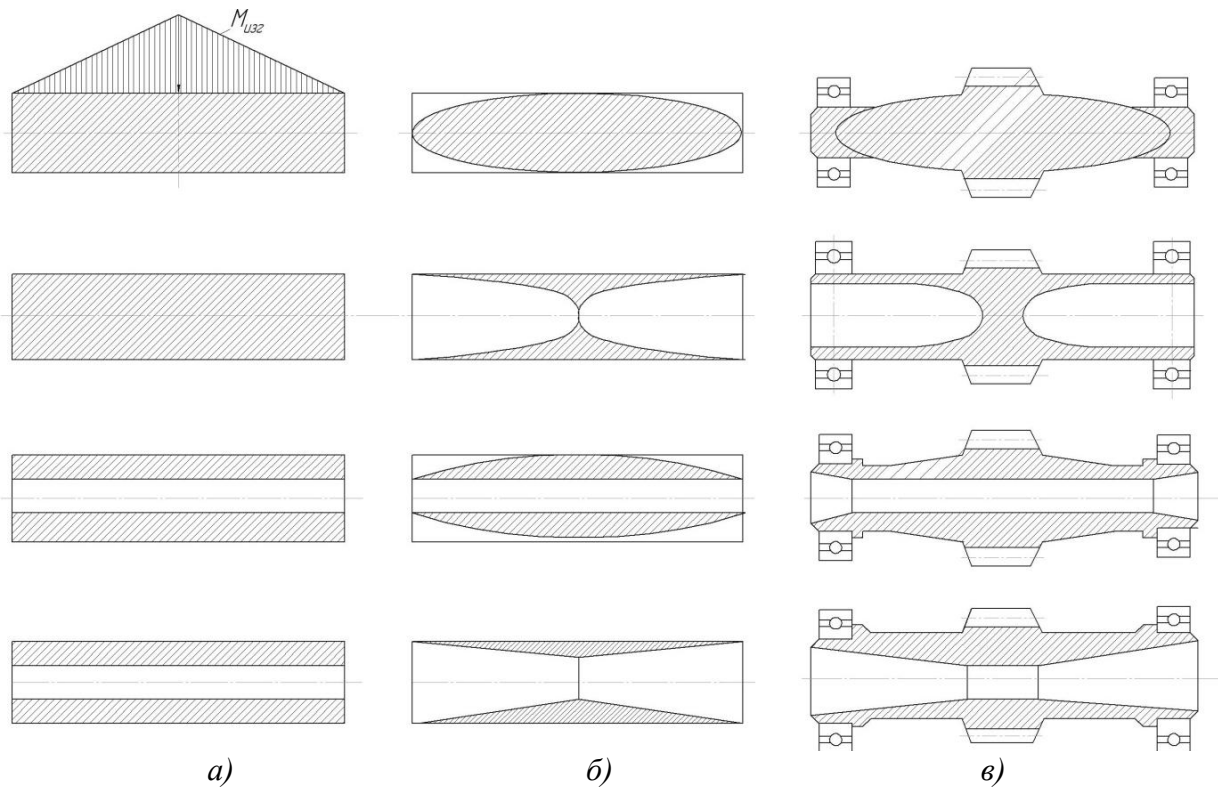


Рис. 6.113 – Надання деталям рівноміцності

(1–4 – ряди деталей з однією початковою конфігурацією):

а) деталі нерівноміцні; *б)* рівноміцні деталі; *в)* вузли з рівноміцними деталями

Міцність пальця значно менше міцності нижніх провусин. Розраху-
нкові площі змінання верхньої і нижньої провусин однакові, діаметр па-
льця збільшений, що підвищує його міцність на зріз. На рис. 6.114, *б*, *в* по-
казаний той же вузол з рівноміцністними ланками.

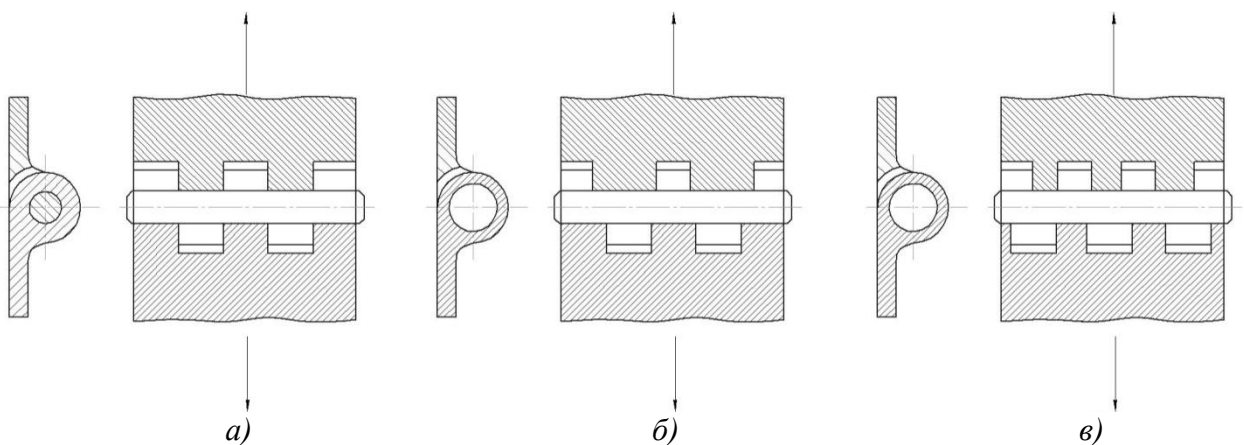


Рис. 6.114 – Забезпечення рівноміцності деталей:

а) вузли з різною міцністю ланок; *б*, *в)* вузли з однаковою міцністю ланок

Одним із головних шляхів зменшення матеріаломісткості є таке навантаження деталей, при якому якнайповніше використовується матеріал. Як відомо, лише при роботі на розтягування-стискування в усіх точках поперечного перетину напруження однакові і матеріал використовується повністю. У інших випадках напруження неоднакові по перетину деталі. По цьому при конструюванні необхідно прагнути по можливості замінювати вигин і кручення на розтягування/стискування.

На рис. 6.115, *а* показано шатун, до стрижня якого позакентровано прикладено навантаження, що викликає додатковий вигин. Це веде до необхідності посилення перетину стрижня і обважнює шатун.

У іншому варіанті (рис. 6.115, *б*) цей недолік пом'якшений, але вигин не виключається унаслідок асиметрії перетину стрижня по відношенню до напрямку дії сили.

У конструкції, показаній на рис. 6.115, *в*, стрижень працює тільки на стискування, і маса шатуна є найменшою. На рис. 6.115, *г*, *д* показаний важіль, який унаслідок зсуву площини дії сил щодо його вісі, піддається крученню. У варіанті, приведеному на рис. 6.115, *е*, кручення виключене.

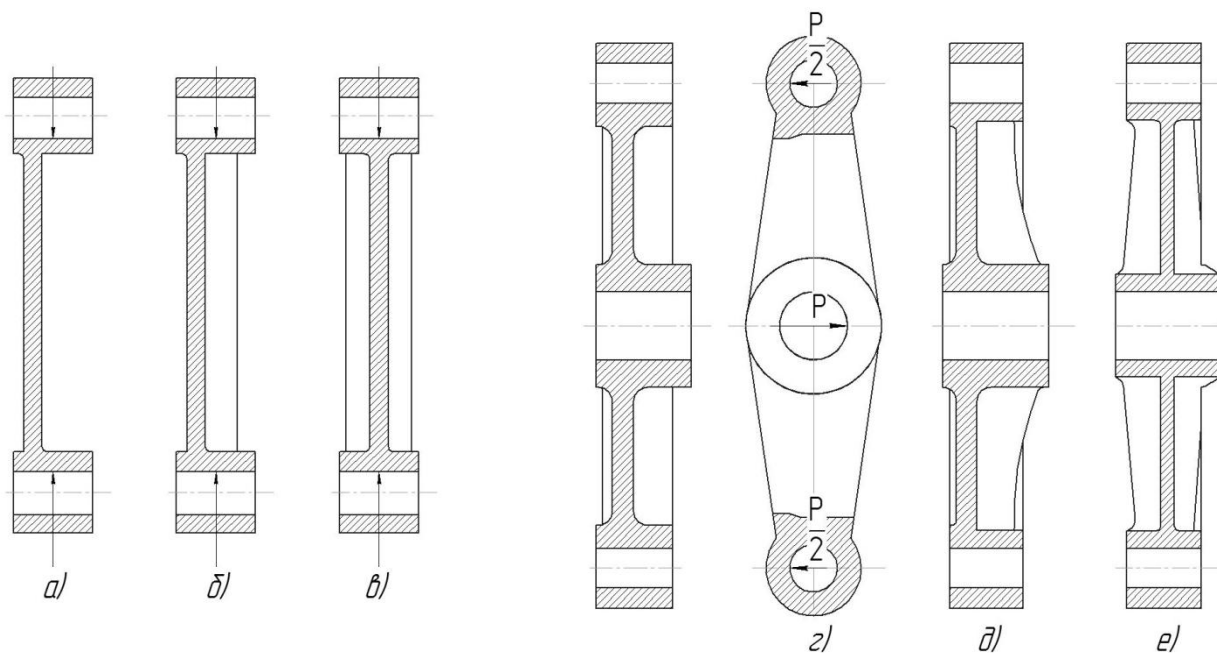


Рис. 6.115 – Узгодження форми деталі з напрямком діючих навантажень:

а, б) шатуни, що працюють на згинання; *в*) шатун, що працює на стискування;

г, д) важелі, що працюють на кручення та згинання;

е) важіль, який працює тільки на згинання

Вигину можуть піддаватися, наприклад, деталі кутового важеля, установки ролика на станині, конструкції приводу роликового штовхача, зварного з'єднання проушини з трубою, вузла кулькового під'ятника, фланцевого з'єднання (рис. 6.116, *а, в, д, ж, і, л*). У покращених конструкціях деталі не піддаються вигину або його вплив зменшено в результаті введення ребер жорсткості або зміни напрямку дії сил (рис. 6.116, *б, г, е, з, я, м, н, о, я, р*).

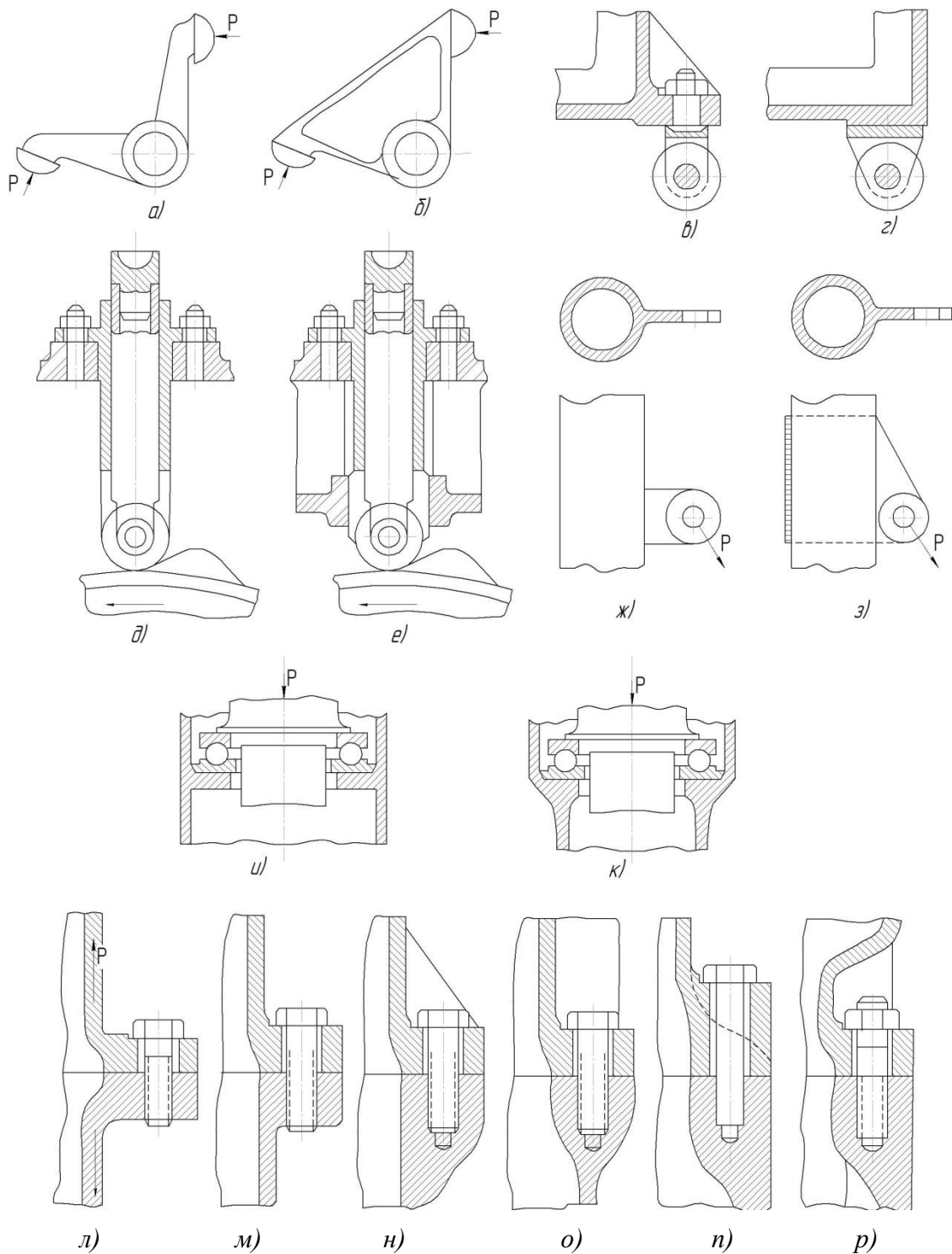


Рис. 6.116 – Ескізи вузлів з деталями:

a, в, д, ж, и, л) що працюють на згинання;

б, з, е, з, к, м, н, о, п, р) які не підлягають згинанню взагалі або згинання незначне

Багато конструкційних матеріалів по-різному чинять опір розтягванню/стисканню. Для ряду легованих сталей відношення між допустимими напруженнями стискання і розтягування складає $1,15 \div 1,3$. У зв'язку з цим при вигині доцільно застосовувати слабо асиметричні профілі (рис. 6.117, *a*) або профілі з однібічним посиленням (рис. 6.117, *б*). На рис. 6.117 показане недоцільне (*в*) і доцільне (*з*) навантаження литої деталі з чавуну, яка характеризується підвищеною асиметрією властивостей.

При конструюванні вузлів з деталями, що піддаються вигину, необхідно прагнути до можливого зменшення величини згинального моменту.

Розглянемо найбільш поширені випадки вигину валів: консольно закріпленого (рис. 6.118, *а*), вільно опертого кінцями (рис. 6.118, *б*) і із зацімленими кінцями (рис. 6.118, *в*). Максимальний згинальний момент M_{max} і максимальний прогин f_{max} для вказаних випадків визначають відповідно за формулами:

$$а) M_{max}=P \cdot l; \quad f_{max}= P \cdot l^3/3E \cdot I; \quad б) M_{max}=P \cdot l/4; \quad f_{max}= P \cdot l^3/48E \cdot I;$$

$$в) M_{max}=P \cdot l/8; \quad f_{max}= P \cdot l^3/192E \cdot I;$$

де E – модуль подовжньої пружності; I – момент інерції перетину щодо нейтральної вісі; l – довжина балки; P – зосереджене навантаження.

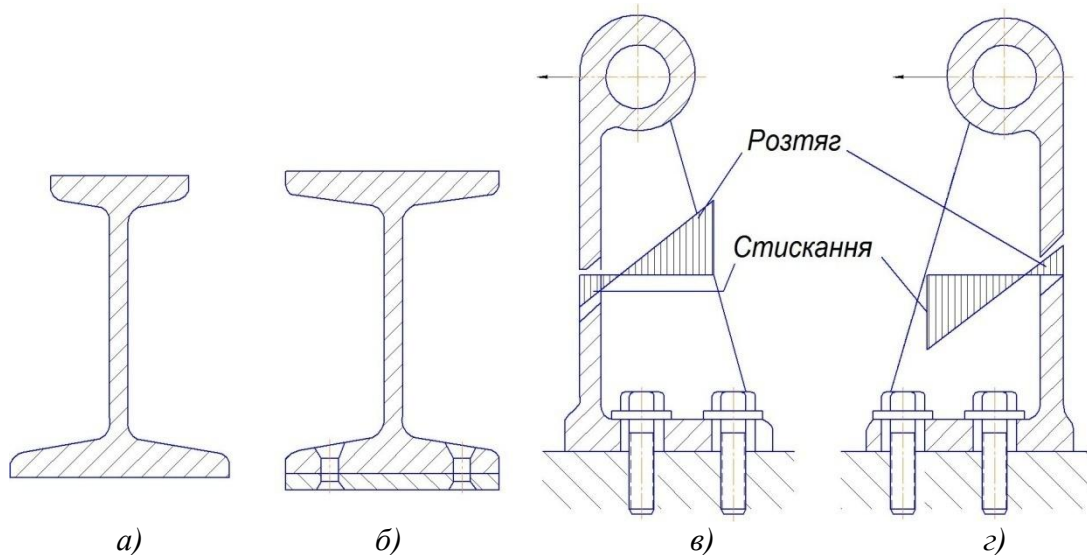


Рис. 6.117 – Способи підвищення міцності деталей, які працюють на згинання:
а, б) перехід від слабо асиметричного профілю до профілю із одностороннім посиленням; *в, г*) перехід від нераціонального до раціонального розташування чавунного кронштейна

З наведених формул видно безперечну перевагу двохопорних балок (особливо із закладеними кінцями) в порівнянні з консольними.

Однак при конструюванні, вибираючи розташування опор валів і інших конструктивних вузлів, необхідно враховувати додатково і інші чинники. На рис. 6.118, *г, д, е* наведені приклади консольної і двохопорної установки валу.

Враховуючи габаритні розміри основної деталі, відстань між опорами конструкції, що показана на виді *д*, не можна виконати менше певної величини, у зв'язку з чим різні варіанти конструкції необхідно порівнювати при різних довжинах валу. Проте і у варіанті, приведенному на виді *д*, досягається значне зниження найбільшого напруження згинання в небезпечному перетині і максимального прогинання в порівнянні із значеннями цих величин для варіанту (*г*). Слід також врахувати, що в другій конструкції (*д*)

навантаження на підшипники вдвічі менше, ніж у першій (з). Варіант (е) найбільш близький до випадку затискання кінців валу (в) завдяки застосуванню жорсткіших опор (роликові підшипники). Проте для коротких і жорстких валів збільшення жорсткості опор не приводить до помітного ефекту, оскільки в цьому випадку стирається різниця між схемами вільного спирання валу і затискання його кінців.

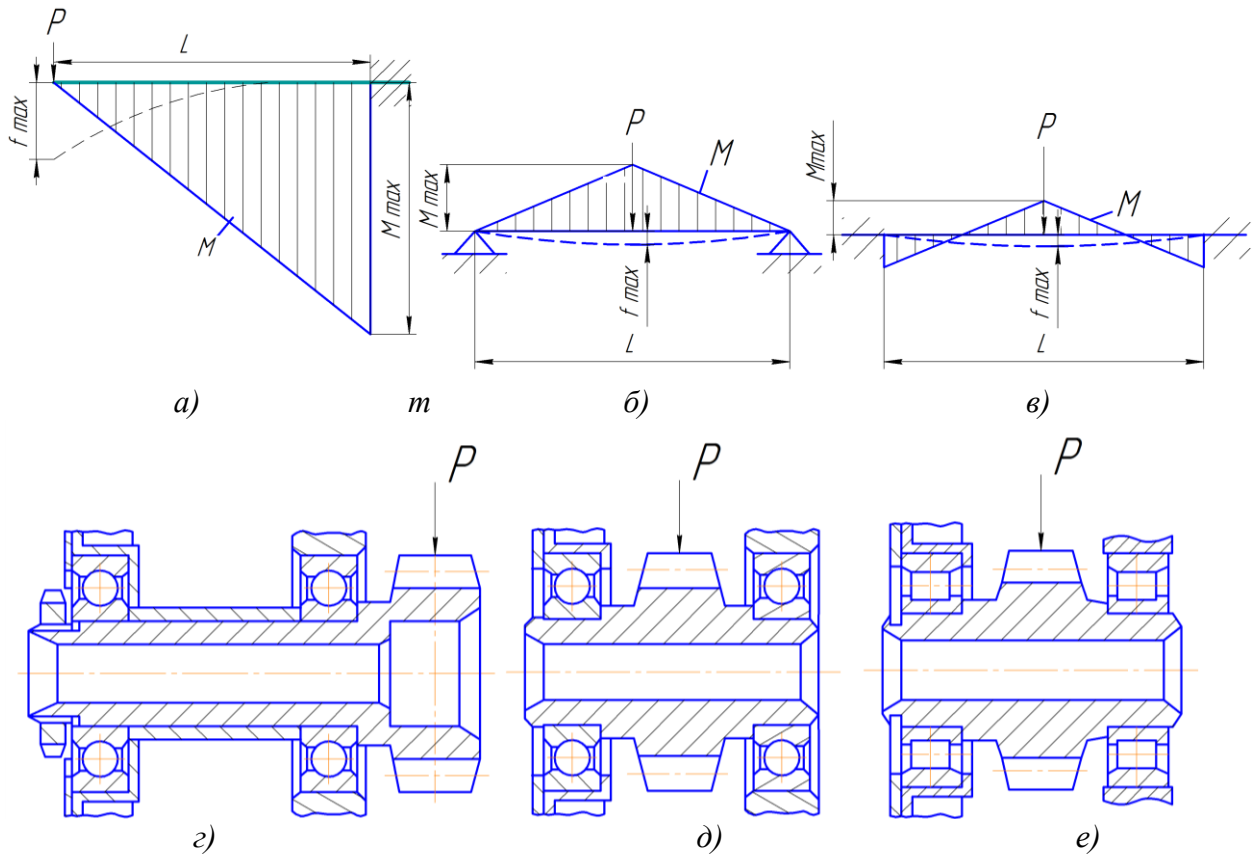


Рис. 6.118 – Епюри згинальних моментів (а, б, в) при різному закріпленні валу та вузли, що відповідають цим епюрам (з, д, е)

У конструкції, показаній на рис. 6.119,а зменшена довжина l консолі і збільшено перетини валу на найбільш навантажених його ділянках. Інколи довжину l консольної ділянки (б) зменшують зміною положення ступиці (в) або виконанням деталі у згоді з валом (з).

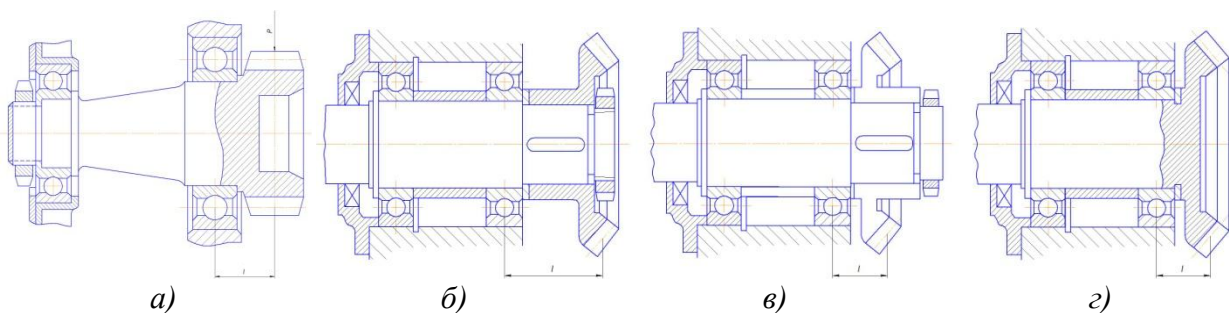


Рис. 6.119 – Підвищення міцності консольних валів:

- а) вал зі зменшеною консоллю та збільшеним посадковим діаметром;
- б) вал нераціональної конструкції; в, з) вали раціональних конструкцій

У ряді випадків вдається полегшувати деталі видаленням металу з менш напружених ділянок. На рис. 6.120 наведений приклад полегшення фланця зміною його зовнішнього контуру. Фланцева деталь, показана на рис. 6.120, *а* може бути полегшена в результаті зменшення товщини фланця (*б*) і зміни його форми (*в*).

Деякі деталі можна полегшувати, змінюючи форму або зменшуючи товщину окремих елементів. Слід зазначити, що більш раціональним є видалення металу з периферії, чим з ділянок, близьких до центру (рис. 6.121). Зменшення товщини у напрямку до периферії широко застосовують при полегшенні дисків, фланців, кришок, які швидко обертаються. На рис. 6.121 приведений графік, що ілюструє ефективність заміни диска, що швидко обертається постійної товщини, диском трапецеїдального перетину.

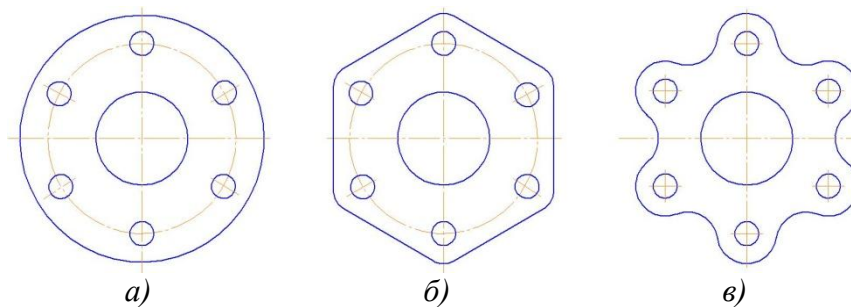


Рис. 6.120 – Фланці різної конфігурації:

а) круглий (умовна маса $m=1$); *б*) фігурний ($m=0,85$); *в*) фігурний ($m=0,76$)

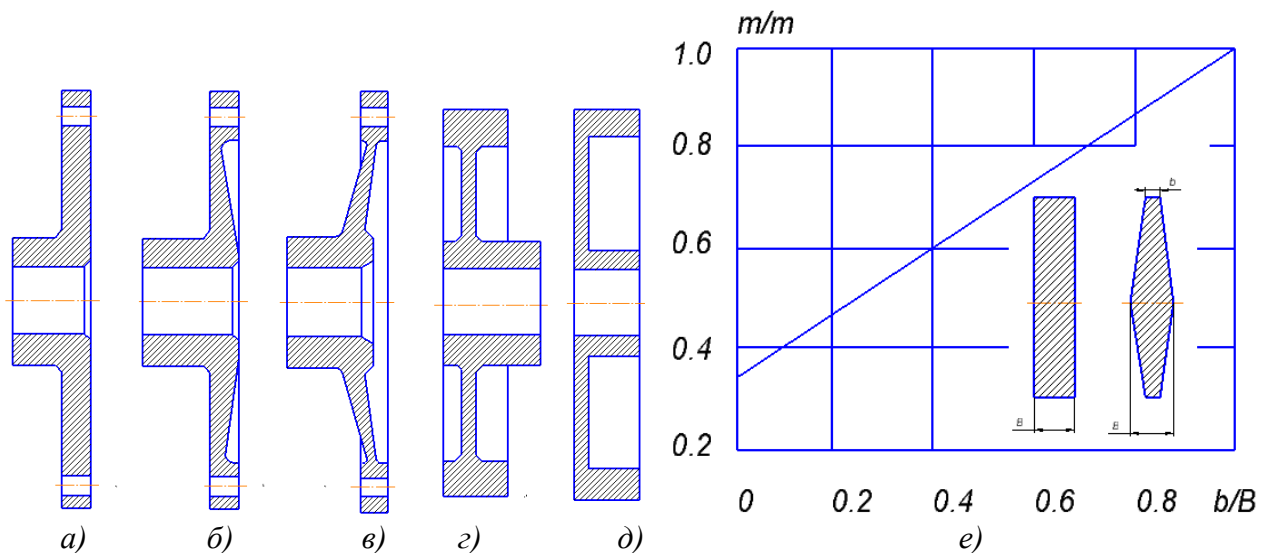


Рис. 6.121 – Приклади полегшення деталей:

а) фланець неполегшений; *б*, *в*) полегшені фланці; *г*) полегшення деталі шляхом скорочення осевих розмірів; *д*) полегшення деталі шляхом видалення кільцевих об'ємів; *е*) залежність відносної маси m/m_0 дисків відповідно трапецеїдального та прямокутного перерізів від співвідношення b/B

Зменшенню маси деталей сприяє застосування галтелей, скосів і конусів зв'язаних деталей. Помітному зниженню металоємності конструкцій сприяє застосування замість литих листових штампованих деталей (рис. 6.122).

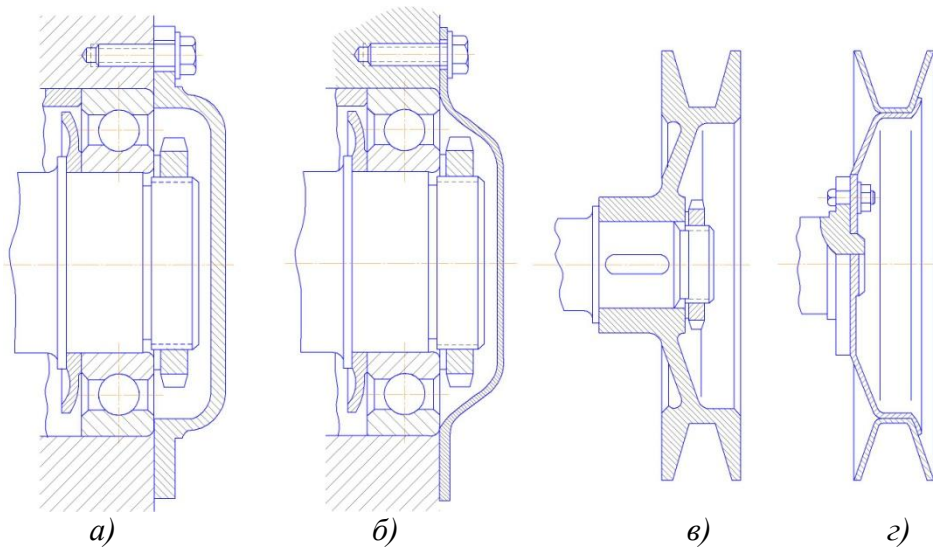


Рис. 6.122 – Вузли з литими (а, в) і штампованими (б, з) деталями (кришки, шківни)

Використання легких сплавів також приводить до полегшення конструкцій. Унаслідок м'якості і невисокої міцності легких сплавів для кріплення виконаних з них деталей виключається використання гвинтів (рис. 6.123, а). Отвори під різьблення армують сталевими футерками (б), проте перевага віддається кріпленню на шпильках (в) або стягнутих болтах (з). Деталі з легких сплавів армують також втулками з твердого металу (д, е, ж).

У продовольчому машинобудуванні широко застосовують полімери для виготовлення деталей машин, апаратів, трубопроводів. У багатьох випадках полімери успішно замінюють метали. При використанні полімерів не лише знижується маса конструкцій, але і поліпшуються експлуатаційні якості машин і апаратів. Застосування полімерів економічніше, ніж використання металів, завдяки простішій технології обробки полімерів, менш складному і порівняно недорогому устаткуванню, меншій трудомісткості.

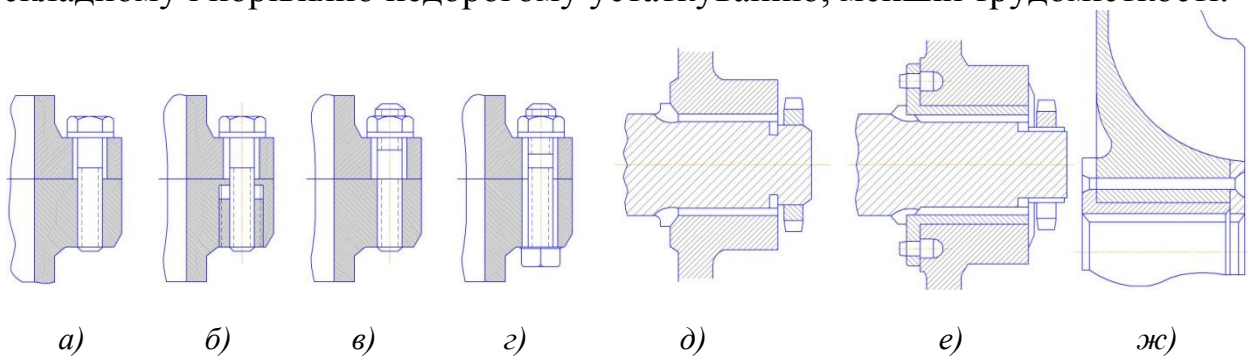


Рис. 6.123 – Вузли з'єднання деталей із легких сплавів:

- а) на гвинтах; б) на гвинтах і сталевих втулках; в) на шпильках; з) на болтах;
 д) нераціональне шліцьове з'єднання; е) нераціональне шліцьове з'єднання;
 ж) армування деталі з легкого сплаву втулкою з твердого сплаву

Великогабаритні шківни і зубчасті колеса виготовляють збірними, що дозволяє найраціональніше використовувати фізико-механічні властивості різних полімерів. На рис. 6.124 наведена дослідна конструкція

насоса з вініпласту. Колесо 2 насоси, корпус 1 і деталі 3, 4, 5 виконані з листового вініпласта товщиною 20 мм. Як конструктивний матеріал вініпласт застосовують для виготовлення ємкісної апаратури, відцентрових насосів, компенсаторів тощо.

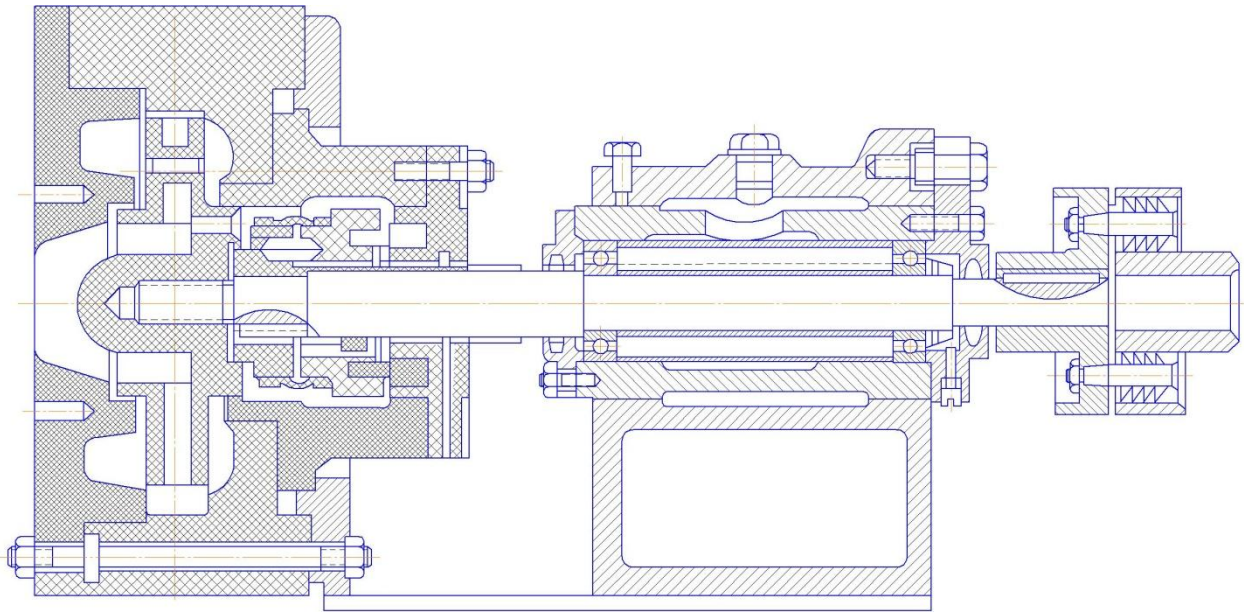


Рис. 6.124 – Насос із вініпласту

Підвищення надійності конструкцій. Надійність конструкцій насамперед визначається міцністю і жорсткістю деталей і вузлів. Способи полегшення конструкцій і зменшення їх матеріаломісткості, що розглянули вище, не повинні здійснюватись за рахунок зниження міцності і жорсткості. У зв'язку з цим прагнуть до застосування вигідних профілів і форм, максимального використання міцності матеріалу і рівномірного навантаження всіх елементів конструкції. Підвищенню надійності конструкцій також сприяють підвищення жорсткості за рахунок надання деталям і вузлам жорстких форм, раціональне розставлення опор тощо.

Підвищення жорсткості конструкцій. Надійність роботи конструкції у великій мірі визначається жорсткістю. Прагнучи до зменшення матеріаломісткості конструкції, навіть при повному забезпеченні міцності, можна випустити з уваги забезпечення жорсткості. В результаті можуть виникати навантаження, викликані неприпустимим прогинанням конструктивних елементів, залишковими деформаціями, підвищеним тертям, перекосом і заїданням частин, що труться, вузлів тощо.

Основні способи збільшення жорсткості деталей і вузлів: заміна, якщо можливо, деформацій вигину деформаціями розтягування/стискання; введення зв'язків між ділянками найбільших деформацій для деталей, що працюють на вигин; раціональне розставлення опор; збільшення перетинів і посилення ділянок затиску, ділянок переходу від одного перетину до іншого і ділянок зосередження навантажень; застосування конічних і склепінчастих форм.

На рис. 6.125 представлені конструкції литих кронштейнів. Тоді як балочний кронштейн (вид *а*) працює на вигин, у кронштейні, показаному на виді *б*, стрижні працюють переважно на розтягування/стискання. В порівнянні з цією конструкцією кронштейн, показаний на виді *в*, має велику жорсткість; кронштейн, приведений на виді *г*, – меншу міцність (із-за наявності горизонтальної ділянки, що працює на вигин), але більшу міцність, чим кронштейн, показаний на виді *а*.

На рис. 6.126 показані схеми осьового навантаження різних оболонок. Найменш жорстким є циліндр (вид *а*). Конус (вид *б*) жорсткіший, оскільки його стінки переважно працюють на стискання; ще жорсткіші сферична (*в*) і яйцевидна (*г*) оболонки. Для підвищення жорсткості і міцності конічних оболонок, що піддаються осьовому стисканню, застосовують кільця жорсткості. У конічних конструктивних елементах (*д*, *е*), посилені кільцями жорсткості, верхні кільця працюють переважно на стискання, а нижні – на розтягування.

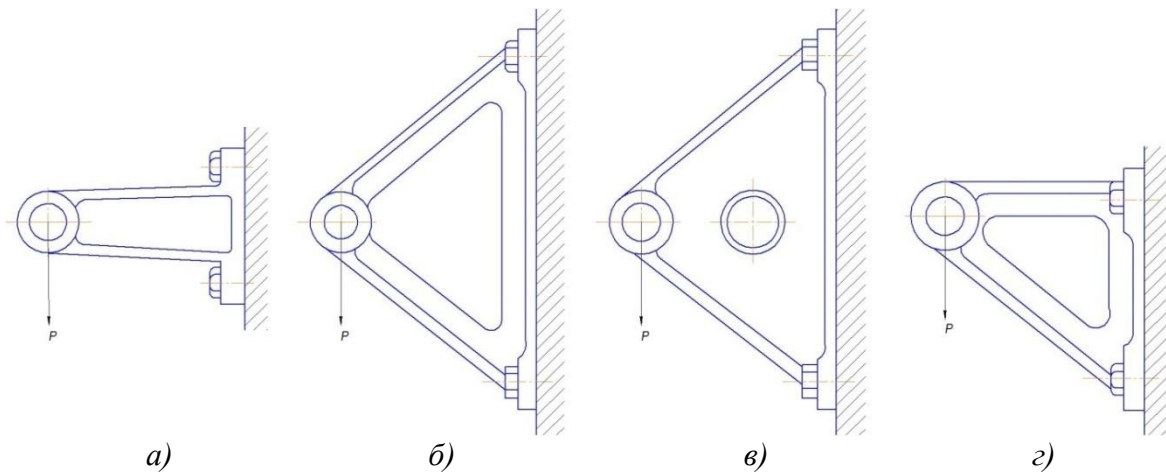


Рис. 6.125 – Литі кронштейни:

а) який працює на згинання; *б*) з елементами, що працюють на розтягнення/стискання; *в*) посилений; *г*) з елементами, що працюють на згинання або стискання

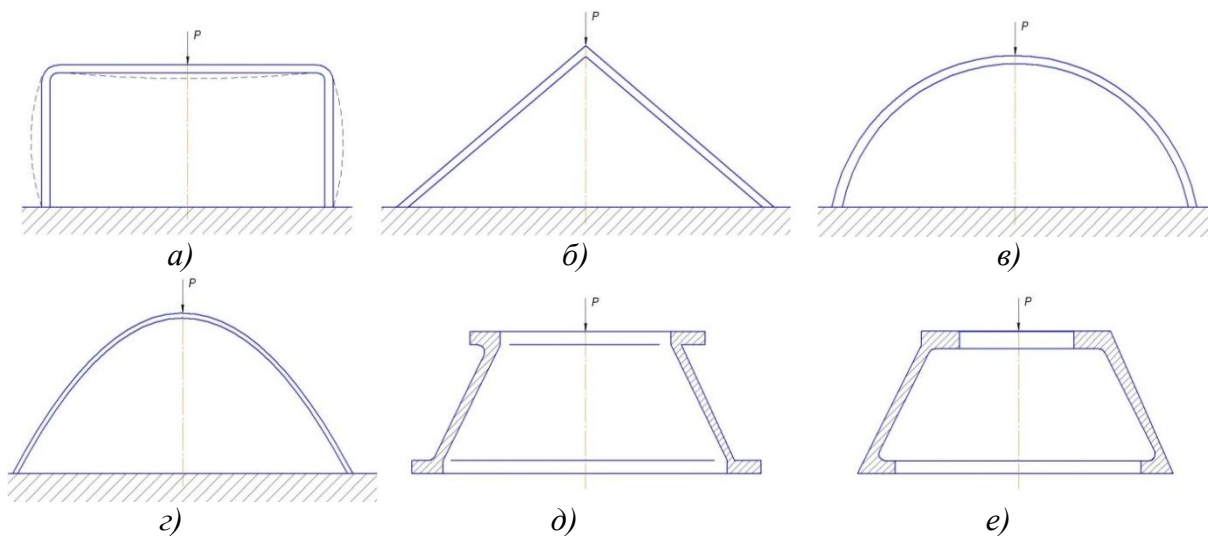


Рис. 6.126 – Оболонки, які навантажені осьовим зусиллям:

а) циліндрична; *б*) конічна; *в*) сферична; *г*) яйцеподібна;
д, *е*) конічні, які посилені кільцями жорсткості

Вирішуючи задачу збільшення жорсткості, необхідно знайти точки найбільших переміщень деталі, яка деформується, або вузла і ввести конструктивні елементи, що перешкоджають цим переміщенням і що працюють на розтягування/стискання. Так, циліндричний апарат, навантажений внутрішнім тиском, можна укріплювати елементами жорсткості (рис. 6.127).

Збільшенню жорсткості конструкції сприяє раціональне розставлення опор. В цьому відношенні ефективно можливе більше зближення опор, оскільки прогинання двохопорної балки пропорційне кубу величини прольоту. Колінчасті вали на двох опорах (рис. 6.128, *a*) відрізняються малою жорсткістю. У зв'язку з цим доводиться підсилювати щоби і шийки валу. Жорсткість можна підвищити введенням середньої опори (вид *б*) і в ще більшому ступені – введенням декількох опор (вид *в*).

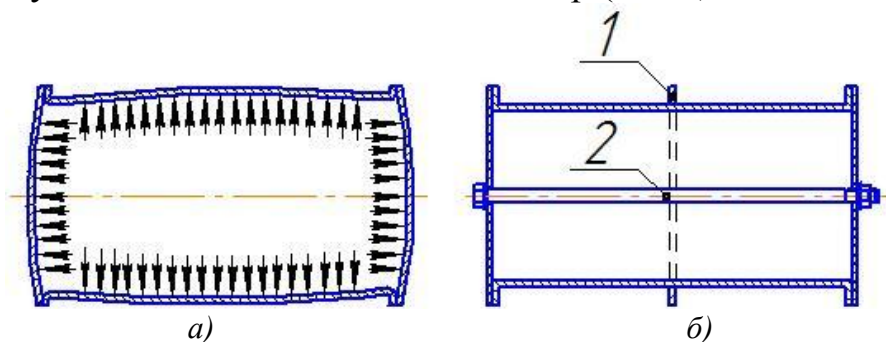


Рис. 6.127 – Циліндричний апарат неукріплений (*a*) та укріплений (*б*) елементами жорсткості (1 – кільце жорсткості; 2 – осьова тяга)

Інколи вводять додаткову опору або замінюють консольну конструкцію двоопорною (рис. 6.128). При збільшенні жорсткості конструкції слідують, однак, враховувати необхідність вирішення інших конструктивних завдань.

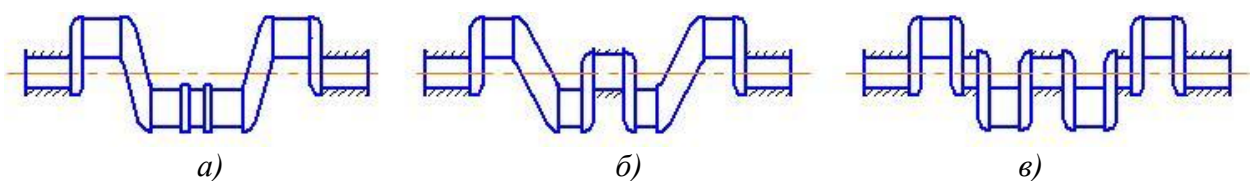


Рис. 6.128 – Колінчастий вал на двох (*a*), трьох (*б*) і п'яти (*в*) опорах

Потрібно прагнути до збільшення жорсткості конструкції по можливості без відповідного збільшення маси. Так, вибираючи конструкцію валу, міняючи його перетин (рис. 6.129), при відносно невеликому збільшенні маси валу можна досягти великого збільшення його жорсткості і міцності.

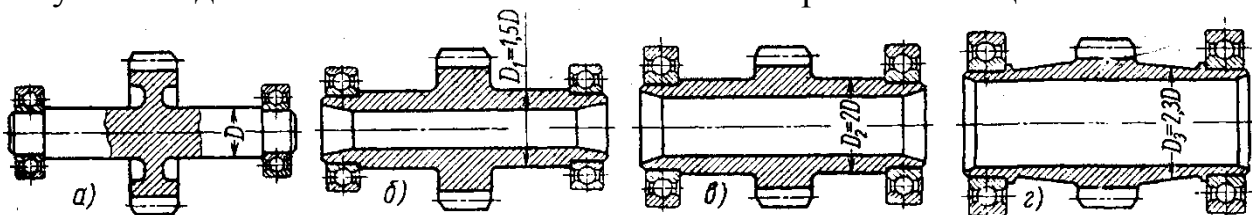


Рис. 6.129 – Приклад збільшення жорсткості і міцності конструкції:
a) $I=1$, $W=1$, $m=1$; *б*) $I=4,5$, $W=3$, $m=1,5$; *в*) $I=13$, $W=6,5$, $m=2$; *г*) $I=20$, $W=9$, $m=2,2$

Для збільшення жорсткості корпусних деталей і оболонок або пластинок широко застосовують ребра. Для зміцнення корпусних деталей слід віддавати перевагу не зовнішньому оребренню, а внутрішньому; в цьому випадку ребра працюють на стискання (більшість ливарних матеріалів краще чинять опір стисканню, ніж розтягуванню). У конструкції (рис. 6.130, *а, б*) в основному працюють верхні ребра.

Для збільшення жорсткості деталі типа дисків і днищ доцільно забезпечувати їх прямими або кільцевими ребрами (*в*). Збільшенню жорсткості кільцевих ребер сприяє збільшення їх висоти, розташування їх на радіусі з найбільшим кутом повороту перетину.

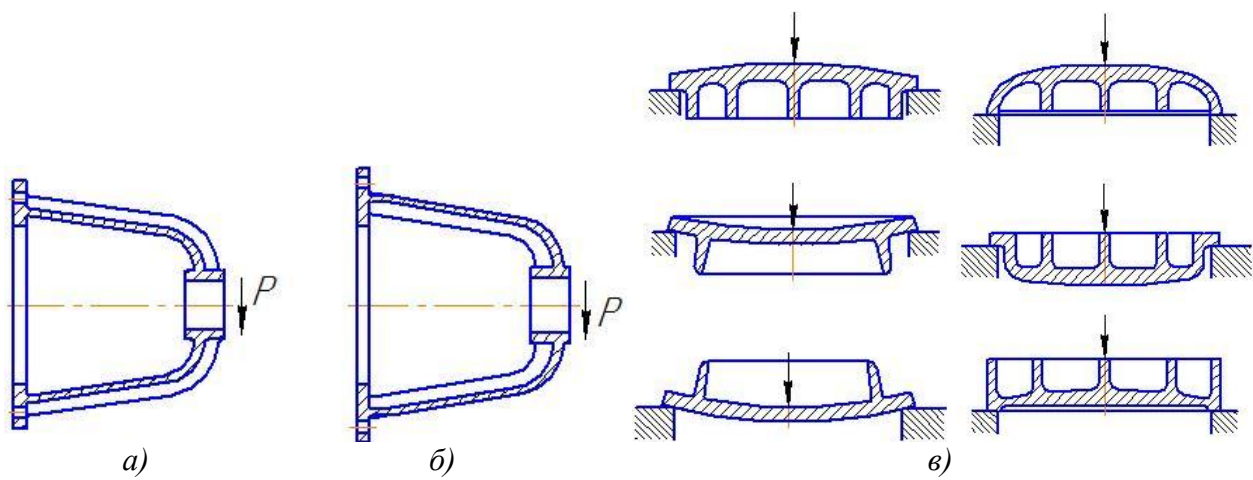


Рис. 6.130 – Підвищення жорсткості шляхом використання оребрення:
а) зовнішнє оребрення; *б)* внутрішнє оребрення; *в)* диски і днища з кільцевими та радіальними ребрами, які підлягають згинанню

Ємкісні апарати прямокутної форми нераціональні з-за низької жорсткості; їх часто необхідно зміцнювати ребрами жорсткості. Більш жорсткими є овальні, еліптичні і особливо циліндричні апарати. Жорсткість днищ циліндричних апаратів визначається формою днища. Найменш жорсткими є плоскі днища. Більш жорсткі – увігнуті днища, однак при наявності тиску в апараті відбувається розпір обичайки; крім того, при використанні увігнутих днищ помітно зменшується робочий об'єм апарату. Застосування опуклих і конічних днищ сприяє зменшенню радіальних деформацій апарату.

Підвищення довговічності деталей. Довговічність вузла залежить серед іншого від довговічності його деталей. Втомна міцність деталей значно знижується, якщо деталь має ослаблення, різкі переходи, вхідні кути, які служать місцевими концентраторами напружень. У місцях концентрації напружень відбувається розпушування металу, яке передуює утворенню втомних тріщин. Чим різкіше перехід і чим більше перепад перетинів, тим вище місцеве максимальне напруження. Концентрація напружень, яка викликана чинником форми, посилюється технологічними чинниками.

Втомна міцність у великій мірі залежить від стану поверхні: чим більше шорсткість поверхні, тим нижче втомна міцність. В порівнянні з іншими з'єднаннями нижчою втомною міцністю відрізняються пресові, конусні і клемні з'єднання з високими напруженнями змінання на посадочних поверхнях.

У ряді випадків можливе зниження циклічних навантажень підвищенням пружності деталей у напрямі дії навантажень і введенням пружних зв'язків між деталями, що передають і сприймають навантаження. Так, якщо в з'єднаннях, що працюють при циклічних навантаженнях, підвищити пружність болтів, то знизиться величина сил, що діють на болти, і скоротиться інтервал між екстремальними значеннями навантаження. Введення пружних муфт між деталями, що сприймають циклічний обертовий момент, знижує амплітуду циклу напружень.

При конструюванні деталей, призначених для роботи під дією змінних навантажень, необхідно прагнути до зведення концентрації напруги як до одного з основних методів підвищення втомної міцності. Наприклад, різьбові отвори доцільно замінювати гладкими. На ділянках, де розташовані джерела концентрації напруги, слід збільшувати перетин деталі, що знижує номінальну напругу.

Значного зниження напруги в кутах ступінчастих деталей можна досягти введенням плавних сполучень і галтелей (рис. 6.131). За наявності отворів місцеві напруження можна понизити збільшенням перетинів деталі на ділянці розташування отворів, округлюванням кромek отворів і так далі.

Втомну міцність пресових з'єднань можна підвищувати (рис. 6.132) збільшенням діаметру посадочної поверхні, введенням розвантажуючих виточок в ступиці і на валу, зменшенням товщини ступиці до торців, бомбінуванням (виконання поверхні, навантаженої в умовах лінійного або плоского контакту, опуклою) валу, накоченням розвантажуючих кільцевих канавок у торців з'єднання.

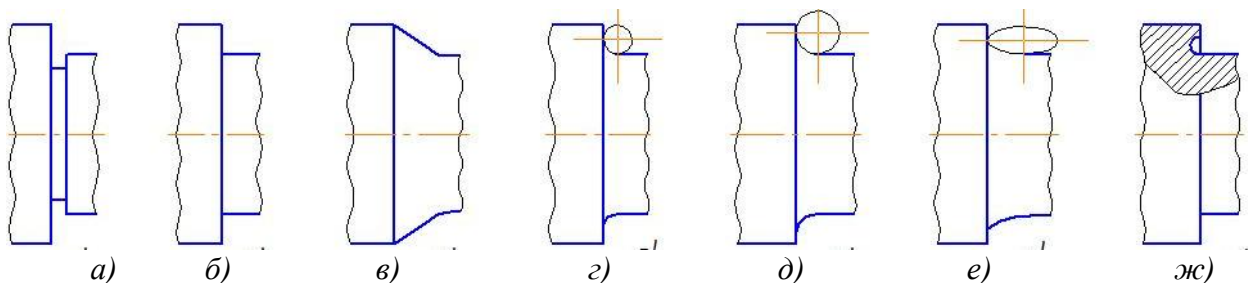


Рис. 6.131 – Ступінчасті вали:

a, б) з гострими кутами на перехідній ділянці;
в) з конічним спряженням; *г, д, е, ж)* з галтелями

В результаті багатократної деформації і мікроруйнувань, які викликають нагрівання матеріалу в поверхнях з'єднань, що передають пульсую-

чий обертовий момент, або що підлягають дії знакозмінних радіальних навантажень, що сполучаються, виникають наклеп, зварювання і фрикційна корозія. Для запобігання цим явищам поверхні, що сполучаються, встановлюють із радіальним або осьовим натягом. На рис. 6.133 показані варіанти кріплення деталей на валах.

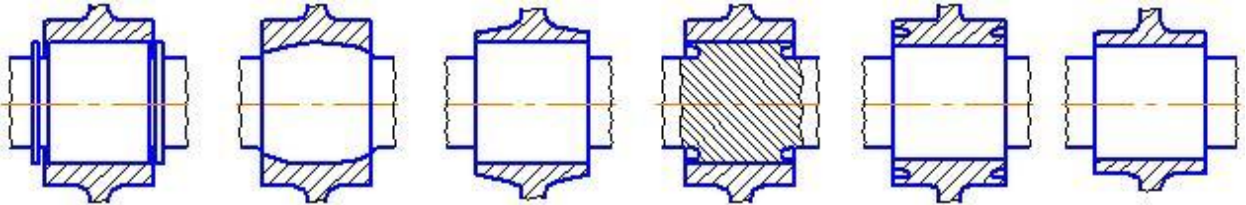


Рис. 6.132 – Ескізи пресових з'єднань

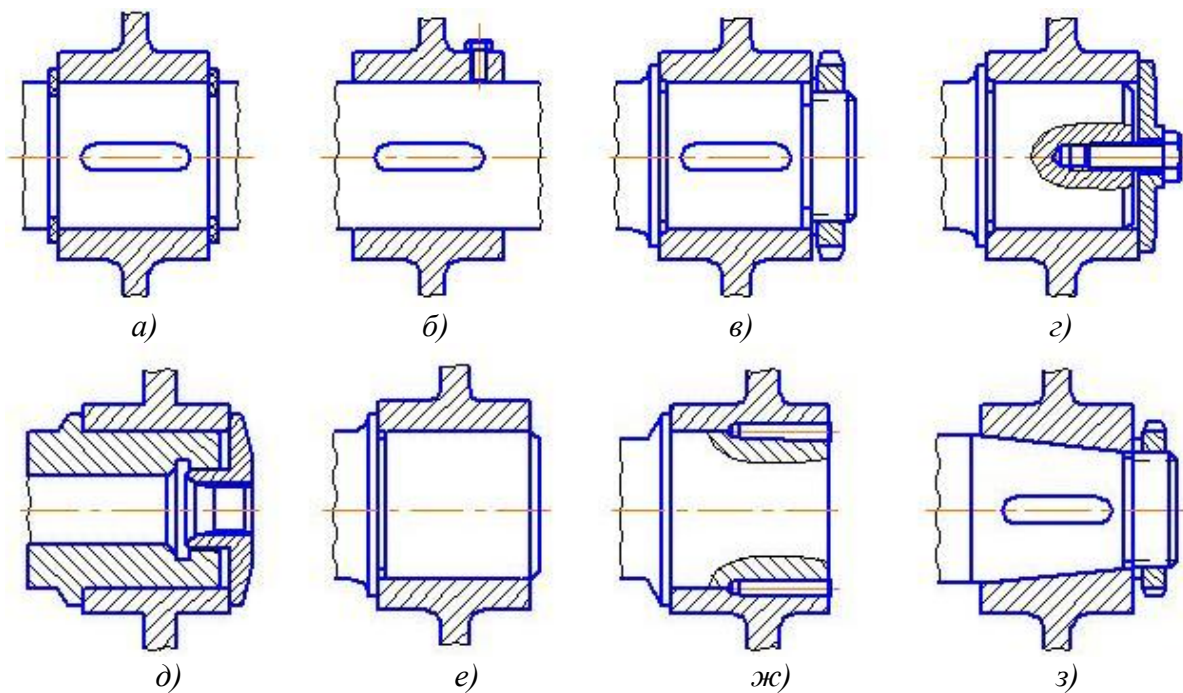


Рис. 6.133 – Циліндричні з'єднання, які закріплені:

- a)* без зятягування; *б)* слабим зятягуванням; *в)* осьовим зятягуванням і упором ступиці в буртик валу; *г)* центральним болтом; *д)* внутрішньою гайкою; *е)* напресуванням; *ж)* конічними штифтами; *з)* зятягуванням на конус

Рівнонавантаженість опор. Важливе значення для довговічності вузлів має забезпечення рівнонавантаженості підшипникових опор. На рис. 6.134, *a* показана зубчаста передача, в якій навантаження P_1 на мале колесо перевищує навантаження P_2 на велике колесо в $D_2/D_1 \approx 4$ рази, а навантаження N_1 на лівий підшипник в 2,5 рази більше навантаження N_2 на правий підшипник. Рівна довговічність опор забезпечується, якщо на правому кінці валу встановити малий підшипник (рис. 6.134, *б*), навантажений в 2,5 рази менше, ніж лівий. Якщо бажано зберегти однакові підшипники, то слід прийняти іншу схему розташування опор (рис. 6.134, *в*).

На виді *з* показана нераціональна схема установки диска відцентрового компресора: горловий підшипник навантажений великою радіальною N_1 та вістовою P_2 силами, тоді як на задній підшипник діє невелика радіальна сила N_2 . У покращеному варіанті (вид *д*) осьова сила P_2 сприймається недовантаженим заднім підшипником. У іншій конструкції (вид *е*) вал встановлений на різних підшипниках, які підібрані відповідно до навантажень, що діють на них.

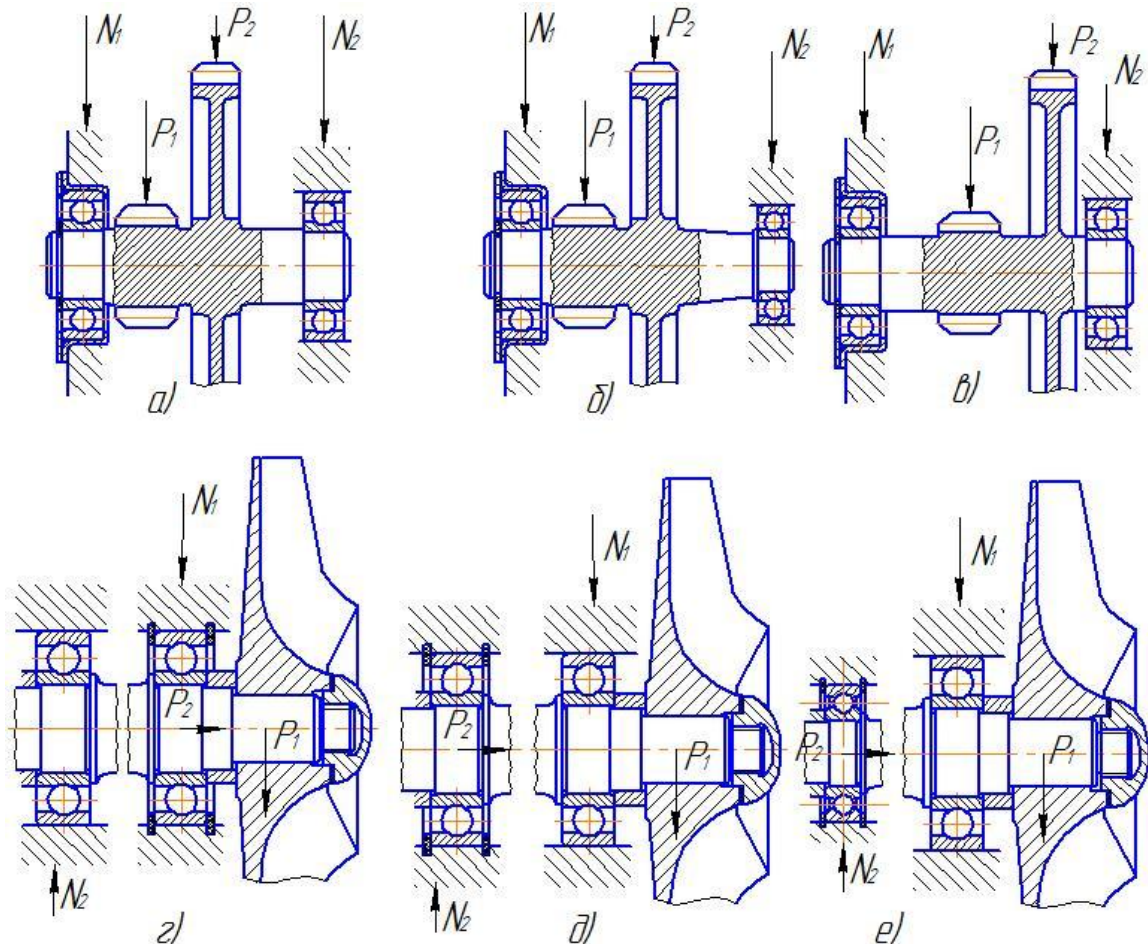


Рис. 6.134 – Ескізи вузлів з нераціональним (*а, з*) і раціональним (*б, в, д, е*) розташуванням опор

У ряді випадків необхідно виявляти напрям пружних деформацій, що впливають на розподіл навантажень, і використовувати ці деформації для вирівнювання навантажень. На рис. 6.135, *а* показаний підшипниковий вузол, в якому найбільша частка навантаження доводиться на підшипник, розташований в площині стінок ступиці; унаслідок податливості ступиці другий підшипник навантажений незначно. Навантаження на підшипники вирівнюються при зміцненні маточини другою перегородкою (рис. 6.135, *б*).

Самовстановленість. Велике значення для забезпечення довговічності конструкцій має самовстановленість вузлів. У тих випадках, коли можливі перекоси і зсуви в рухомих з'єднаннях, необхідно забезпечувати для конструкції можливість самовстановлення.

Вигин валів, як відомо, веде до перекосу шарикопідшипників і однобічного перевантаження кульок. В результаті зменшується довговічність підшипників. У зв'язку з цим підшипники слід поміщати в сферичну обойму або при незначних осьових силах застосовувати дворядні сферичні підшипники.

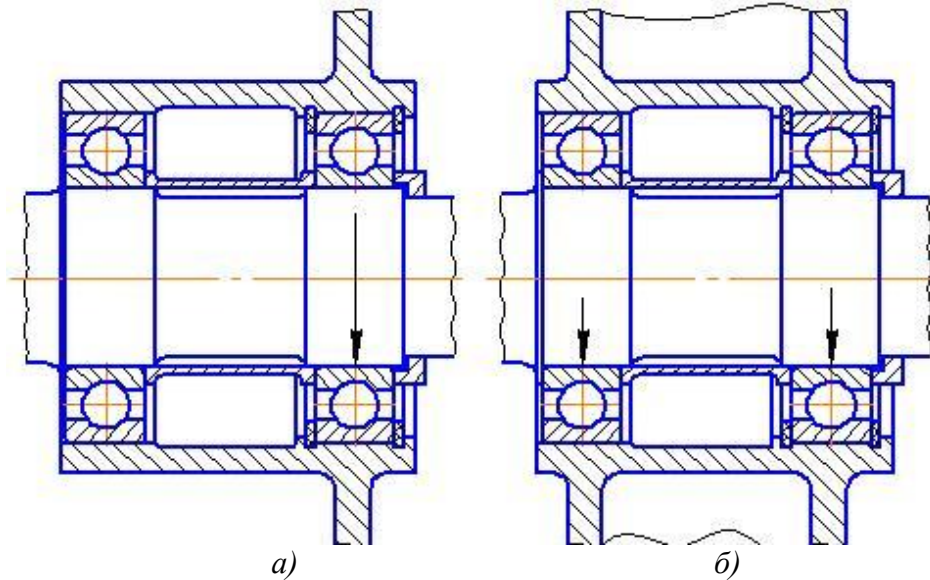


Рис. 6.135 – Конструкції з різними (а) і вирівняними (б) навантаженнями на підшипники

При жорсткому кріпленні клинової засувки (рис. 6.136), яка перекриває співісні трубопроводи, не можна забезпечити щільного прилягання засувки одночасно до обох сідел приводного штока (вид а). У вдосконаленій конструкції (вид б) засувка розділена на дві частини, що самовстановлені, зафіксовані півсферичними шарнірами на голівці штока. В результаті забезпечено щільне перекриття трубопроводів.

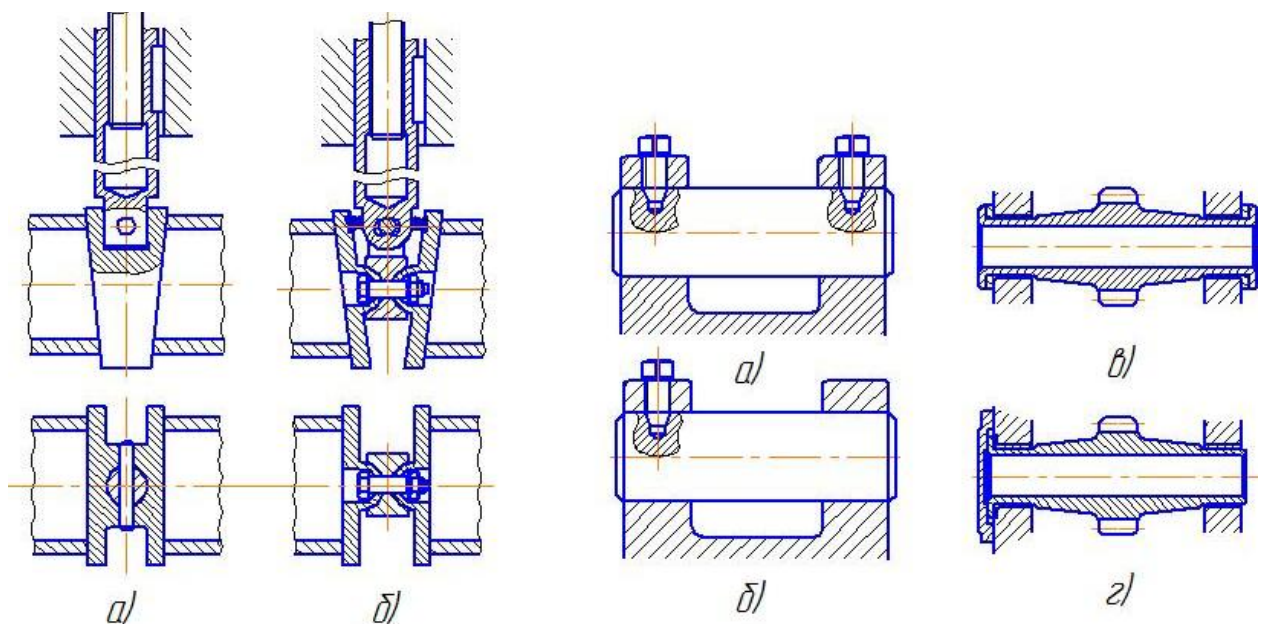


Рис. 6.136 – Деталі, які не мають можливості самовстановлюватись (а, в, з) та які здатні самовстановлюватись (б, д, е)

Деталі необхідно фіксувати у вузлах в вісьовому напрямі тільки в одній точці, забезпечуючи можливість вільного самовстановлення по всій довжині деталі. Наприклад, палець, зафіксований в двох опорах за допомогою врізних гвинтів (рис. 6.136, *в*), позбавлений можливості подовжуватись при нагріванні. У зв'язку з цим може виникати додаткове напруження, чого не відбувається при фіксації тільки одного кінця пальця (рис. 6.136, *з*).

На рис. 6.136, *д* показана схема валу, зафіксованого в двох перетинах. Щоб уникнути заклинювання опорних поверхонь при тепловому розширенні корпусу (необхідно враховувати і неточності виготовлення, монтажу) вал можна фіксувати на короткій ділянці, щоб другий кінець валу самовстановлювався в опорі (вид *е*).

При конструюванні необхідно передбачати запаси на самовстановлення, а також враховувати виробничі відхилення розмірів. На рис. 6.137, *а* наведений приклад установки валу в корпусі на підшипниках кочення, причому всі розміри, що характеризують взаємне розташування валу, підшипників і корпусу, прийняті за номіналом. У покращеному варіанті (вид *б*) прийняті запаси: m – на посадочній поверхні корпусу під плаваючою підшипник; h – на посадочній поверхні корпусу під жорстко встановлений підшипник; k – у різьбі під кріпильну гайку; n – на посадочній поверхні валу під плаваючий підшипник.

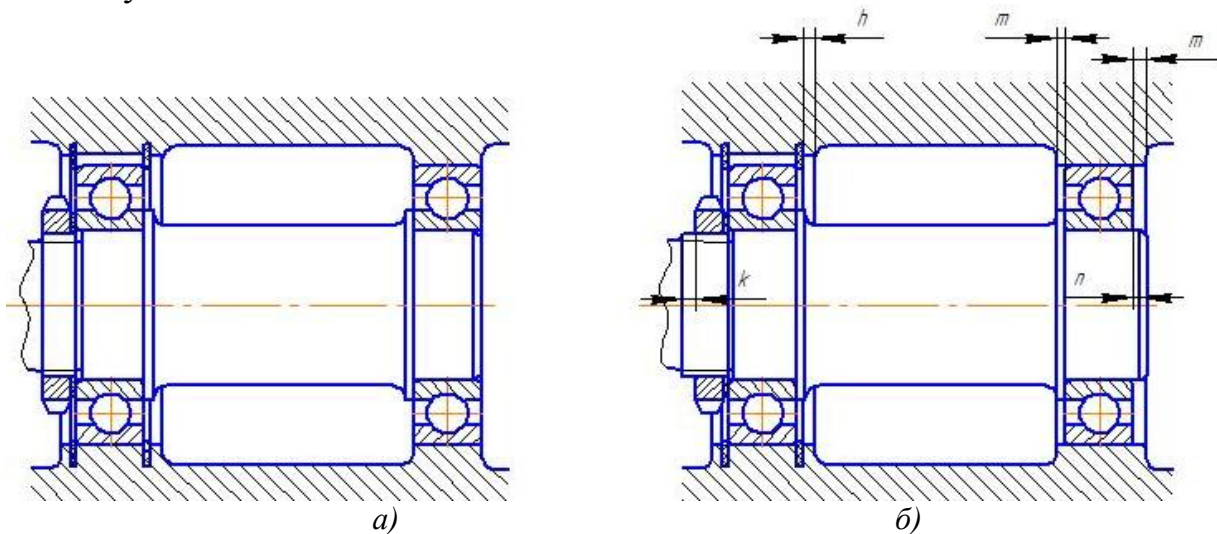


Рис. 6.137 – Вал, який встановлений в посадочній поверхні корпусу на підшипниках кочення:
а) розміри деталей прийняті по номіналу;
б) розміри деталей прийняті з запасами на самовстановлення

Підвищення міцності різьбових і фланцевих з'єднань. У харчовому устаткуванні широко застосовують різьбові і фланцеві з'єднання. Недостатня міцність цих з'єднань може приводити до відмов в роботі, тобто знижувати надійність конструкцій. Тому при конструюванні необхідно приділяти увагу міцності цих з'єднань. Основний принцип забезпечення правильної роботи різьбових з'єднань – розвантаження їх від напружень згинання та зрізу. Поперечні сили повинні сприйматись додатковими силовими елементами, або має бути застосована щільна посадка.

На рис. 6.138 приведені раціональні і нераціональні конструкції різьбових з'єднань. При конструюванні слід враховувати, що незатягнуті різьбові з'єднання, що працюють в умовах циклічних і динамічних навантажень, швидко виходять з ладу.

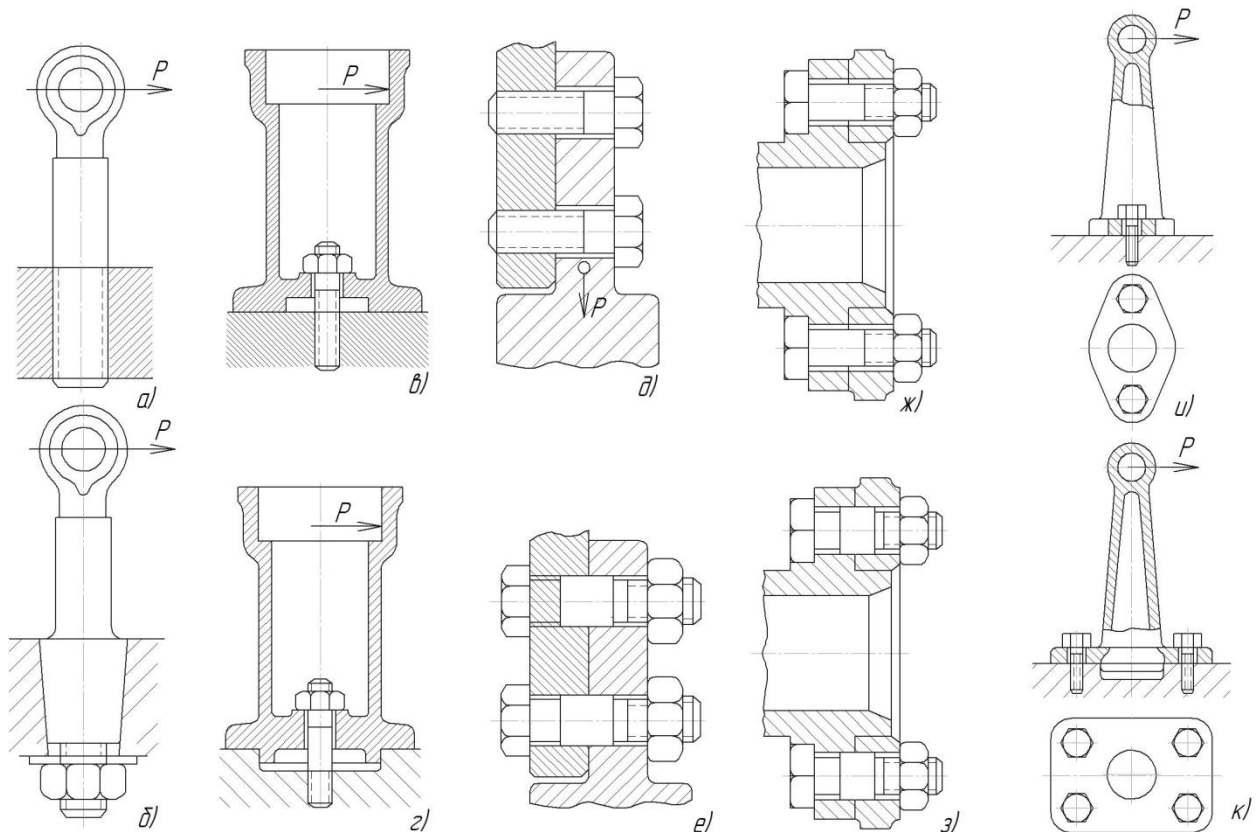


Рис. 6.138 – Раціональні (б, з, е, з, к) і нераціональні (а, в, д, ж, и) конструкції:

а, б) кріплення консольного стрижня до корпусу; в, з) кріплення литої стійки до корпусу; д, е) кріплення до диску деталі, яка знаходиться під дією відцентрових сил; ж, з) фланцевого з'єднання, яке передає обертовий момент; и, к) кріплення кронштейна

При проектуванні апаратів, що містять гази або рідини під тиском, необхідно враховувати негерметичність різьбових з'єднань і, не обмежуючись установкою прокладок (рис. 6.139, а), застосовувати ковпачкові гайки (рис. 6.139, б) або встановлювати під гайкою втулки з пружними елементами (рис. 6.139, в). Необхідно виключати загортання набивання і прокладок (вид е). Слід застосовувати проміжні кільця (вид ж), встановлювати ґрундбуksi (вид з). Необхідно уникати кріплення деталей на різьбленні великого діаметру (вид з), застосовуючи з'єднання на болтах (вид д), гвинтах або шпильках.

Найменш бажано використовувати різьбові з'єднання великого діаметру у виробках з в'язких і пластичних матеріалів (корозійностійких сталей, м'яких сплавів) у зв'язку з можливістю утворення задирів на витках різби.

Серед роз'ємних нерухомих з'єднань, вживаних в харчовій промисловості, найбільш поширені фланцеві з'єднання. За допомогою фланців

до апаратів приєднують різні кришки, труби, сполучають складені корпуси апаратів, трубопроводи тощо. Фланцеві з'єднання повинні володіти достатніми міцністю, жорсткістю і при необхідності забезпечувати герметичність з'єднання при даних тиску і температурі.

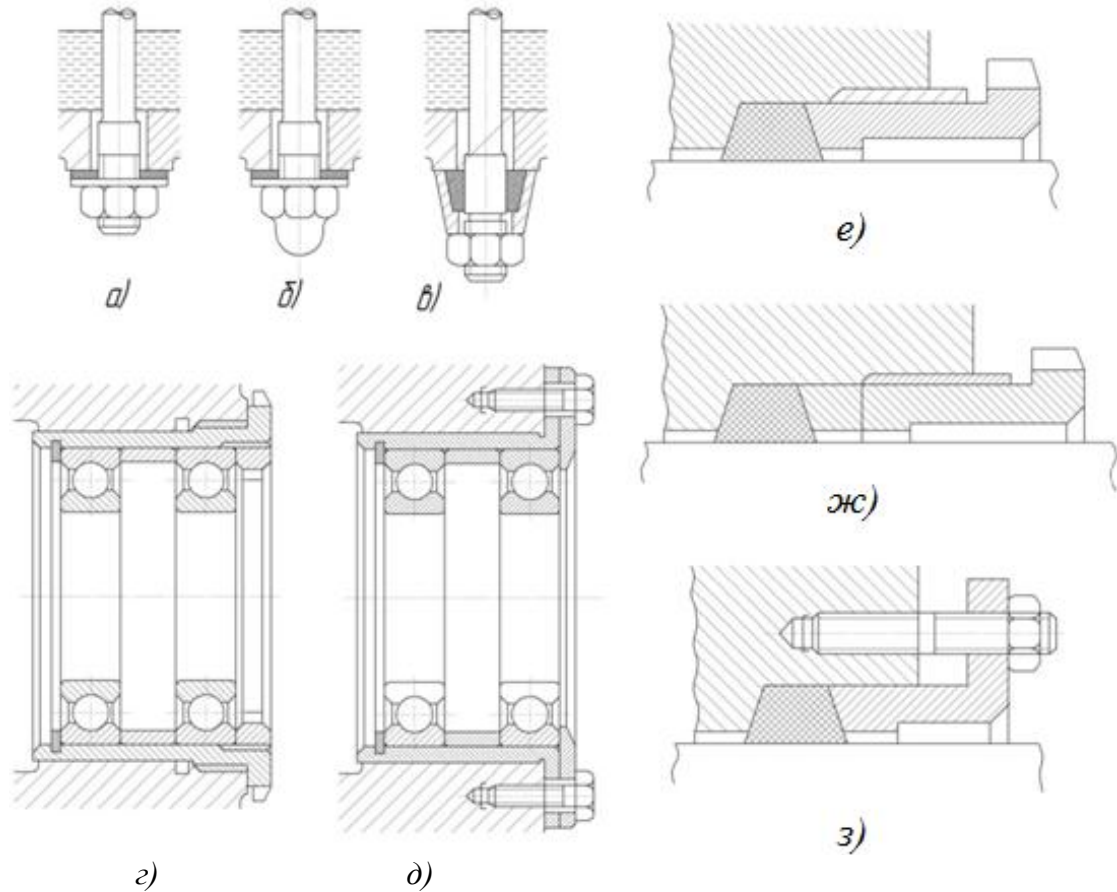


Рис. 6.139 – Різні виконання з'єднань та ущільнень:

a) різьбове з'єднання, яке ущільнене прокладками; *б)* різьбове з'єднання, яке ущільнене ковпачковими гайками; *в)* різьбове з'єднання, яке ущільнене втулками; *г)* деталь великого діаметру, яка закріплена на нарізці; *д)* деталь великого діаметру, яка закріплена на болтах; *е)* сальникове ущільнення з набивкою, яка скручується при закручуванні гайки; *ж, з)* сальникові ущільнення відповідно з металевим кільцем та грундбуксою, які перешкоджають скручуванню набивки

На рис. 6.140 показані фланці циліндричних точених деталей в порядку зростання жорсткості. Застосовують литі, приварні, ковані фланці та ін. Литі фланці (рис. 6.141, *a*), застосовують для литої, чавунної або сталевий кованої апаратури; фланці приварні плоскі (вид *б*) – для сталевий зварної апаратури; фланці з шийкою (вид *в*) – для відповідальній апаратури з вуглецевих і низьколегованих сталей. Сталевий вільні фланці на відбортовці (вид *г*) застосовують в апаратурі і на трубопроводах з м'яких кольорових металів (міді, алюмінію та ін.) або крихких матеріалів і встановлюються при надлишковому тиску до $0,6 \text{ МН/м}^2$. Вільні фланці на приварному кільці (вид *д*) застосовують при надлишковому тиску до $2,5 \text{ МН/м}^2$. Фланці на приварному бурті (вид *е*) використовують в найбільш відповідальних випадках.

У трубах і ємкостях, виготовлених з термопластичних матеріалів і працюючих при невеликих навантаженнях, широко застосовують поширені зварні конструкції фланців (рис. 6.141, *ж*). Для збільшення міцності зварних швів на зріз сполучення фланця з горловиною виконують ступінчастим (рис. 6.141, *з*). Завдяки цьому на зріз працює і основний матеріал, міцність якого вища за міцність матеріалу зварного шва. Застосовують також клейові фланці, які можна виготовляти з міцніших пластмас, ніж матеріал основного виробу (рис. 6.141, *и*).

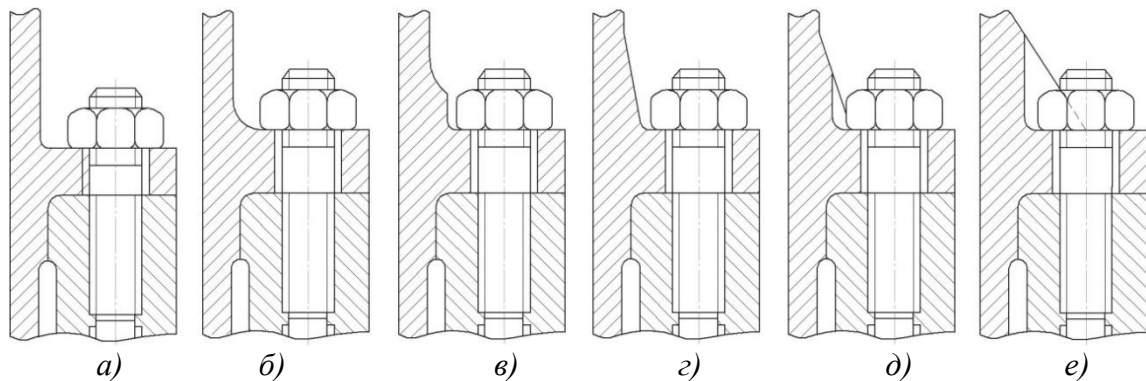


Рис. 6.140 – Циліндричні точені деталі з фланцями:
а) тонким; *б, в)* посиленням; *г)* посиленням з конічним переходом;
д, е) посиленням з торцьованою опорною поверхнею

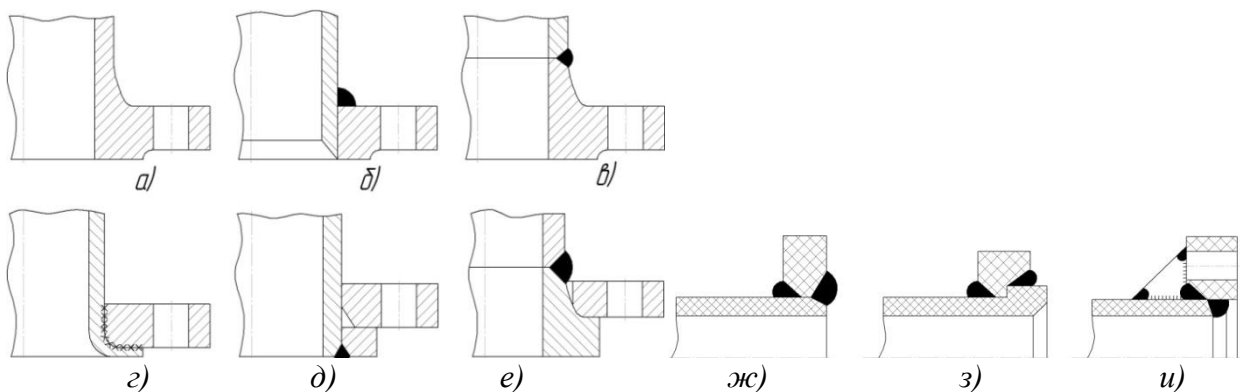


Рис. 6.141 – Фланці:
а) литий; *б)* приварний плоский; *в)* з шийкою; *г)* вільний на відбортовці;
д) вільний на приварному кільці; *е)* вільний на приварному бурті;
ж) звичайний полімерний зварний фланець; *з)* полімерний зварний фланець зі ступінчастим спряженням; *и)* полімерний зварний клеєний

Поліпшення роботи центруючих з'єднань. Для підвищення точності центрування і щоб понизити вплив температурних деформацій, доцільно центрувати деталі по найменшому діаметру, який допускається конструкцією (рис. 6.142, *а–в*). При центруванні по мінімальному діаметру максимальний зазор при посадці часто зменшується. Якщо вузол складається з декількох концентричних деталей, то слід по можливості зменшувати кількість центруючих поверхонь. Необхідно прагнути до центру-

вання по одній поверхні (рис. 6.142, *з, д*) і залишати на іншій поверхні гарантований зазор.

Циліндричні фланці зазвичай центрують по внутрішньому буртику, розташованому на одному з фланців (рис. 6.143, *а–г*). При необхідності забезпечення щільності з'єднання стикових поверхонь слід уникати контакту кутів центруючих поверхонь, вводячи фаски, які перекривають галтель на ділянці сполучення центруючого буртика з фланцем, або канавки (рис. 6.143, *д*).

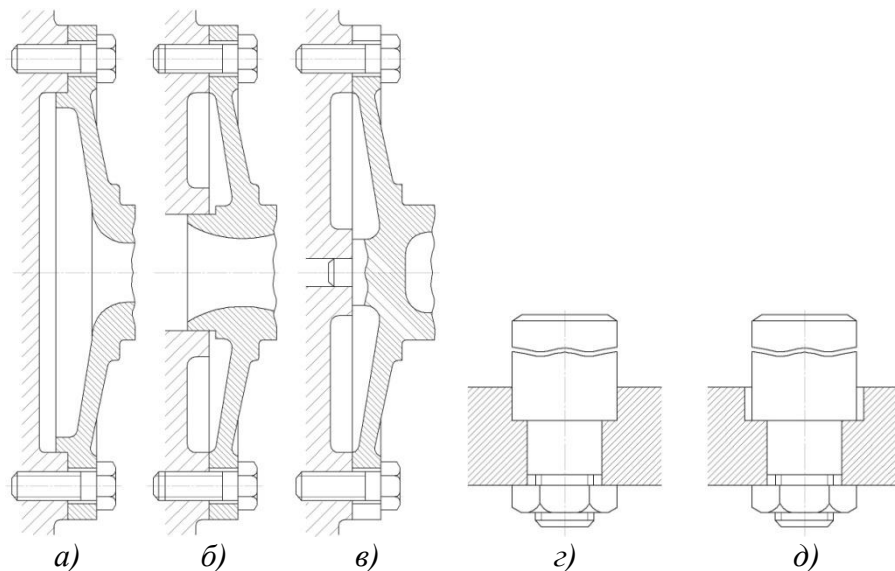


Рис. 6.142 – Конструкції, які центруються:

а) по найбільшому діаметру; *б)* по проміжному діаметру;
в) по найменшому діаметру; *г)* по двом поверхням; *д)* по одній поверхні

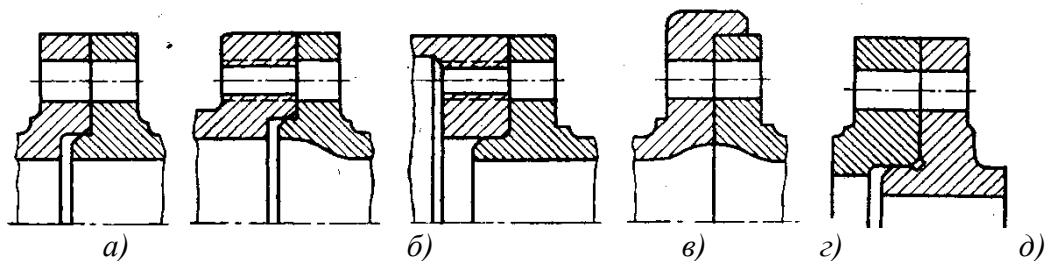


Рис. 6.143 – Фланцеві з'єднання, які центруються:

а, б) по внутрішньому бурту; *в)* по найменшому діаметру (фланець з наскрізною проточкою); *г)* по зовнішньому бурту; *д)* з центруючим буртом

Звичайні різьбові з'єднання не забезпечують задовільного центрування із-за зазорів в різьбі і коливань її середнього розміру. Виняток становлять точні центруючі різьби – великі різьби трапецеїдального профілю, які виготовляють фрезеруванням і шліфуванням. При необхідності центрування різьбових з'єднань вводять додаткові центруючі поверхні, наприклад гладкі циліндрові поясоочки (рис. 6.144).

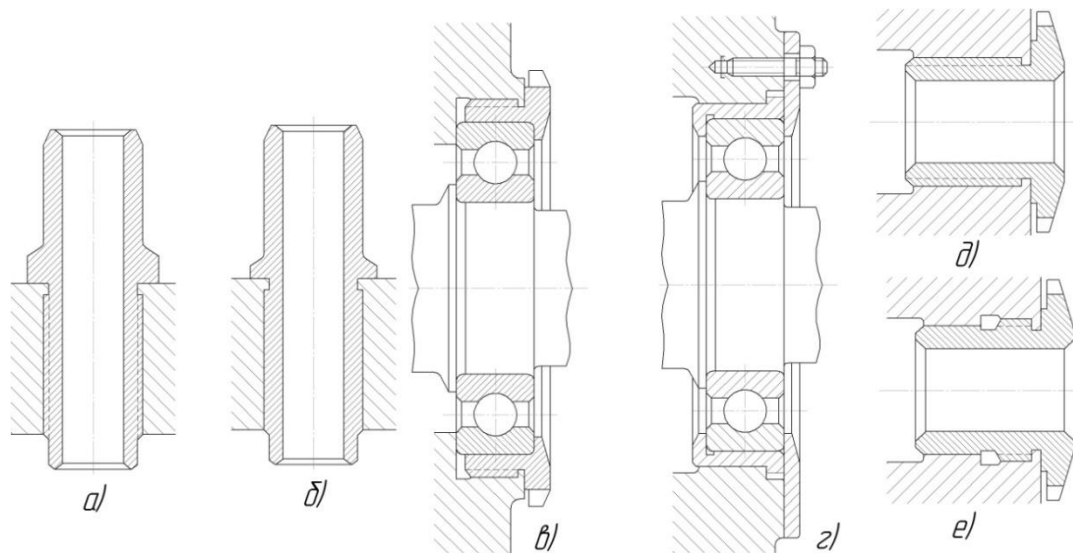


Рис. 6.144 – Недоцільні (а, в, д) та доцільні (б, з, е) варіанти центруючих з'єднань

Усунення деформацій при затягуванні. Для підвищення надійності конструкцій необхідно прагнути до виключення деформацій при затягуванні з'єднань. При кріпленні шпильками тонкостінних опуклих кришок (рис. 6.145, а) верхня частина деталі може піддаватися вигину і виникає додаткове напруження. Щоб уникнути цього шпильки і болти укладають в жорсткі труби (рис. 6.145, б), інколи використовують ребра жорсткості (рис. 6.145, в).

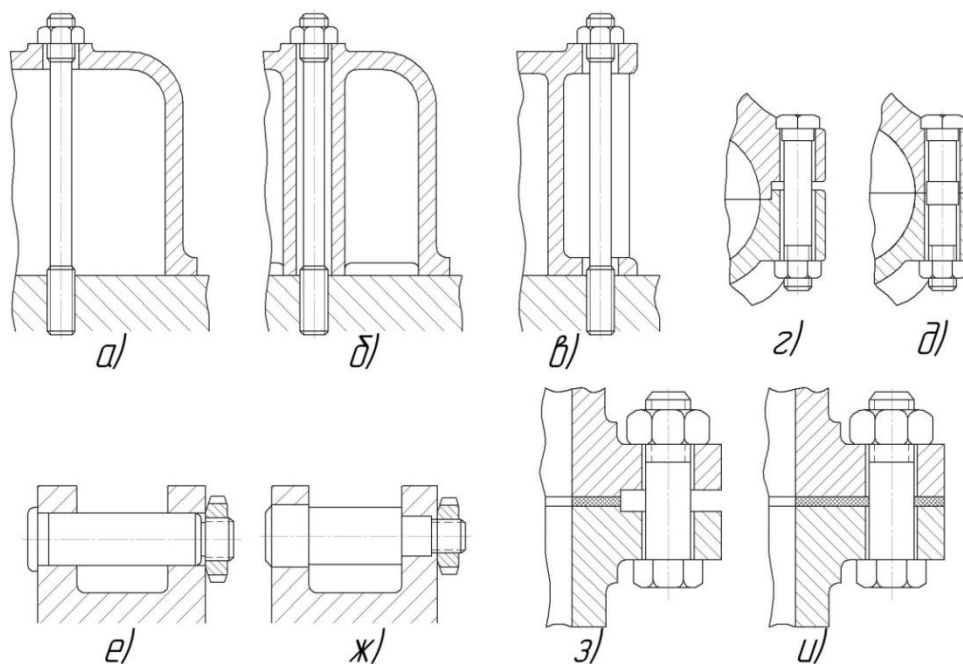


Рис. 6.145 – Вузли з деталями:

а, з, е, з) що деформуються при затягуванні;

б, в, д, ж, и) що незначно деформуються або не деформуються при затягуванні

На видах з і д показані варіанти кріплення кришки шатуною голівкою, а на виді е – кріплення пальця в проушинах, при якому останні піддаються вигину. Рациональніший варіант (вид ж), коли один кінець пальця затягнутий в проушині, а інший кінець має можливість самовстановлюва-

тись. На видах *з*, *і* наведені відповідно нераціональна і раціональна конструкції фланцевого з'єднання; у останньої фланці при затягуванні не деформуються.

Принцип агрегатності. Доцільно конструювати вузли у вигляді незалежних агрегатів, які окремо складаються, регулюються, піддаються обкатці, контрольним випробуванням і встановлюються в закінченому вигляді на машину.

Послідовно проведене агрегування дозволяє здійснити паралельну і незалежну збірку вузлів машини, спрощує монтаж, прискорює доведення дослідних зразків, полегшує використання на нових машинах доведених і перевірених в експлуатації конструкцій і спрощує ремонт, дозволяючи комплектно замінити вузли, що зносилися, новими. Агрегування інколи ускладнює конструкцію, але кінець кінцем завжди дає великий вигравш в загальній вартості виготовлення машин, надійності і зручності експлуатації.

Приклади агрегування дрібних вузлів наведені на рис. 6.146. В конструкції *а* редукційний клапан встановлений безпосередньо в корпусі. Установка клапана в окремій втулці (конструкція *б*) робить вузол агрегатним.

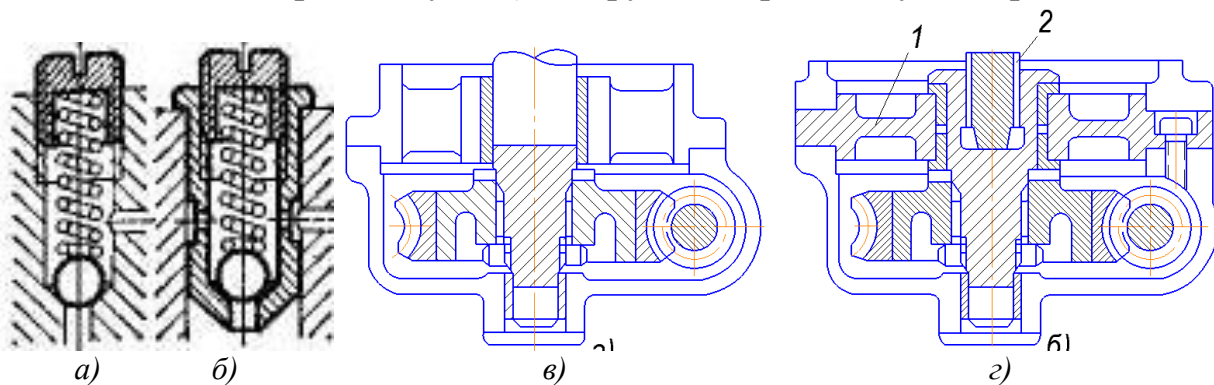


Рис. 6.146 – Приклади агрегування конструкцій

На рис. 6.146, *в* наведений черв'ячний редуктор, безпосередньо пов'язаний з приводним валом машини. Вал черв'ячного колеса змонтований в опорах, розташованих в різних корпусах. Витримати співвісність опор при обробці складно. Збірка у край незручна: потрібно заздалегідь надіти черв'ячне колесо на основний вал, встановити корпус редуктора, після чого вмонтовувати черв'як, угвинчувавши його в зуби черв'ячного колеса. Перевірити правильність зачеплення і відрегулювати осьове положення черв'ячного колеса складно.

В агрегованій конструкції *г* вал черв'ячного колеса установки в двох опорах, з яких одна розташована в корпусі, інша – в діафрагмі *h*. Обидві опори можна обробити в зборі, отримавши необхідну співвісність. Вал черв'ячного колеса сполучений з приводним валом шліцьовим переходником 2. Монтаж редуктора значно спрощується.

Раціональність силової схеми. Досконалість конструкції, її маса, габарити і в значній мірі працездатність залежать від раціональності закладеної в ній силової схеми. Раціональною є схема, в якій сили, що діють, взаємно врівноважуються на можливо короткій ділянці за допомогою еле-

ментів, що працюють переважно на розтягування, стискання і кручення (а не вигин).

Як приклад, розглянемо шнековий транспортер (рис. 6.147, *a*), що приводиться електродвигуном через черв'ячний редуктор 1 і ланцюгову передачу 2. Корпус транспортера, завдовжки декілька метрів, виконаний з листової сталі і встановлений на трубчастих ніжках. Помилка полягає в тому, що корпус навантажений зусиллями приводу P , яка згинає і деформує нежорсткий корпус, встановлений на хитких опорах. Унаслідок малої величини зазорів між витками шнека і стінками корпусу, витки при деформації корпусу чіпляють за стінки. Підвищене тертя викликає збільшення приводного крутного моменту, що супроводжується новим зростанням згинальної сили і новим збільшенням тертя. Врешті-решт, шнек неминуче заклинюється в корпусі.

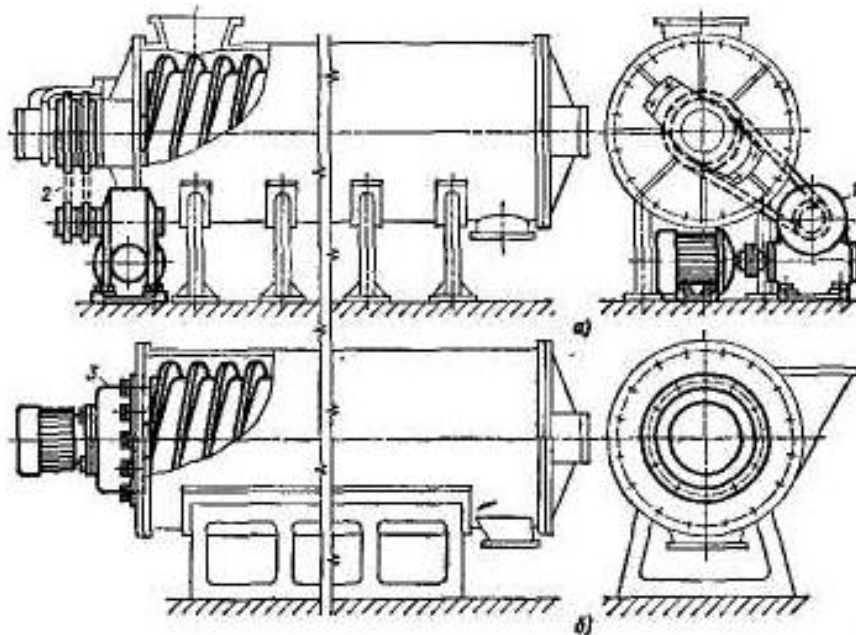


Рис. 6.147 – Поліпшення силової схеми шнекового транспортера

У найбільш доцільній конструкції *б* шнек приводиться фланцевим електродвигуном через співісний редуктор 3, встановлений на торці корпусу. Крутний момент приводу і крутний реактивний момент на корпусі взаємно погашаються у вузлі кріплення редуктора. Корпус і опора не піддаються дії сил приводу. Опора навантажена тільки масою транспортера і має бути достатньо жорсткою, щоб попередити прогинання корпусу під дією його власної маси.

У приводі підвісного конвеєра (рис. 6.148, *a*), що складається з редуктора 1, конічної передачі 2 і циліндрових зубчастих коліс 3, що передають обертання приводній зірочці 4 ланцюгової передачі, силова схема нераціональна. Опорні вузли передачі, кріпильні болти і фундаменти навантажені зусиллями приводу; значна частина елементів конструкції працює на вигин. Вузли приводу роз'єднані, встановлені на різних підставах і не зафіксовані один щодо іншого. Для того, щоб добитися задовільної роботи механізмів, потрібне кропітке регулювання взаємного розташування механізмів.

Зубчасті колеса, виконані з чавунного литва, не захищені від бруду; їх можна змащувати тільки набиванням, тобто періодично нанесенням консистентного мастила. Мащення опор горизонтального і вертикального валів також періодичне. Габарити установки дуже великі, що пояснюється роз'єднаністю вузлів, а також застосуванням неміцного матеріалу (чавуну) для виготовлення найбільш відповідальних деталей (зубчастих коліс). Конструкція характерна для старих прийомів конструювання.

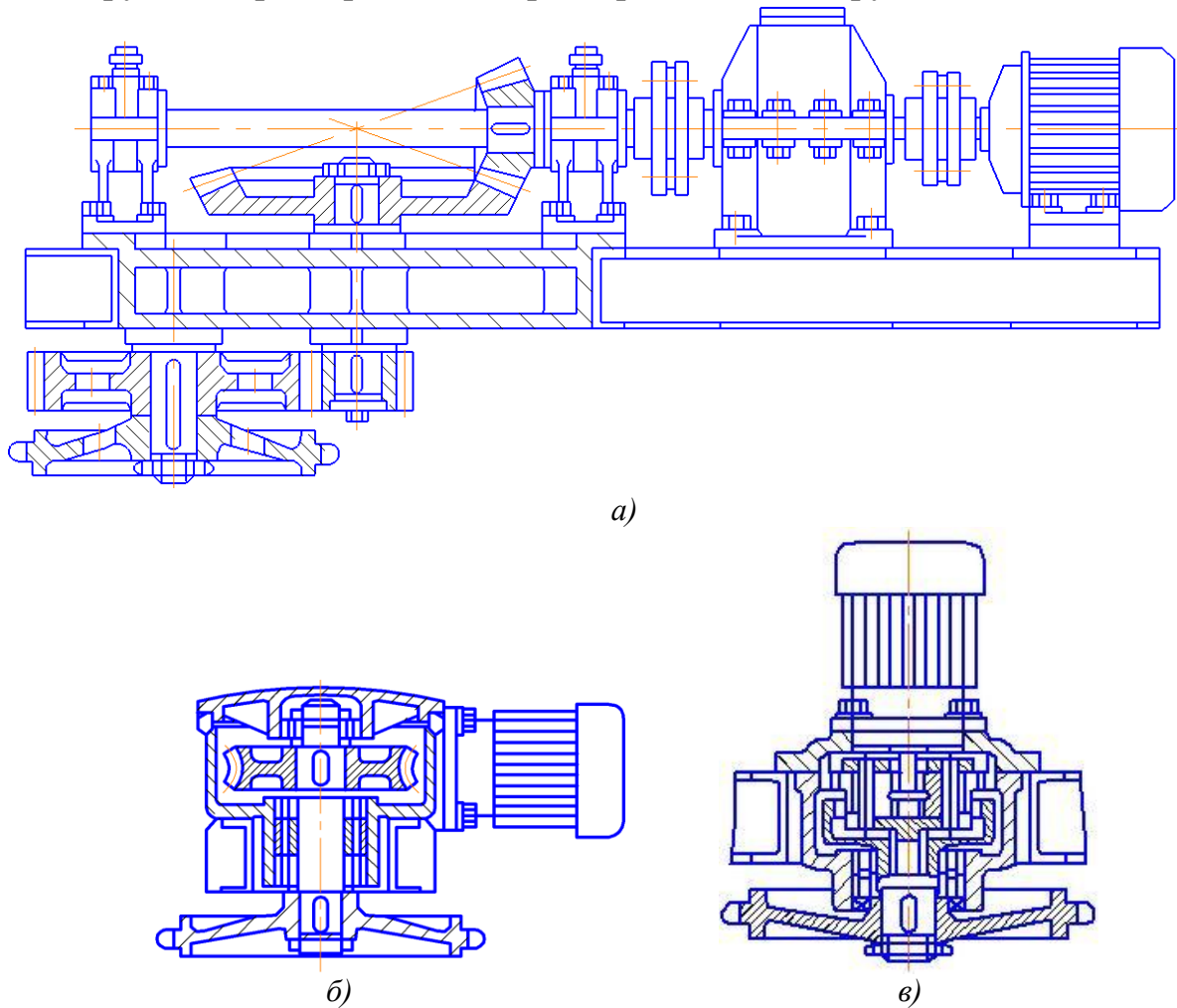


Рис. 6.148 – Поліпшення силової схеми приводу підвісного конвеєра

В агрегованих конструкціях мотор-редуктора привод здійснюється від фланцевого електродвигуна через черв'ячний (б) або планетарний (в) редуктор. Кутова передача усунена. Габарити установки різко скорочуються. Зусилля приводу погашаються в корпусі редуктора, який навантажений тільки окружним зусиллям на приводній зірочці. Введення централізованого рідкого мащення збільшує довговічність передачі. Врешті виходить величезний вигрощ в габаритах і масі установки, простоті виготовлення, зручності монтажу і обслуговування, коефіцієнті корисної дії, витраті енергії, надійності і довговічності.

Компактність конструкції. Однією з ознак раціональної конструкції є компактність. Доцільне використання об'єму зменшує розміри, масу і металоємність.

Зменшення осевих розмірів можна інколи досягти рознесенням конструкції в радіальному напрямі. У вузлі торцевого ущільнення (рис. 6.149, 1), втулка m якого притискається пружиною до ущільнюючого диска n , розташування пружини зовні втулки (конструкція 2) робить вузол компактнішим без порушення параметрів, що визначають його працездатність.

У шліцьових, зубчастих, пресових, конусних і інших з'єднаннях, несівна здатність яких пропорційна квадрату діаметру, і при однаковій навантаженості довжина з'єднання підкоряється співвідношенню $l_1/l_2=(D_2/D_1)^2$, значного скорочення осевих розмірів можна досягти порівняно малим збільшенням діаметру (конструкції $b-e$).

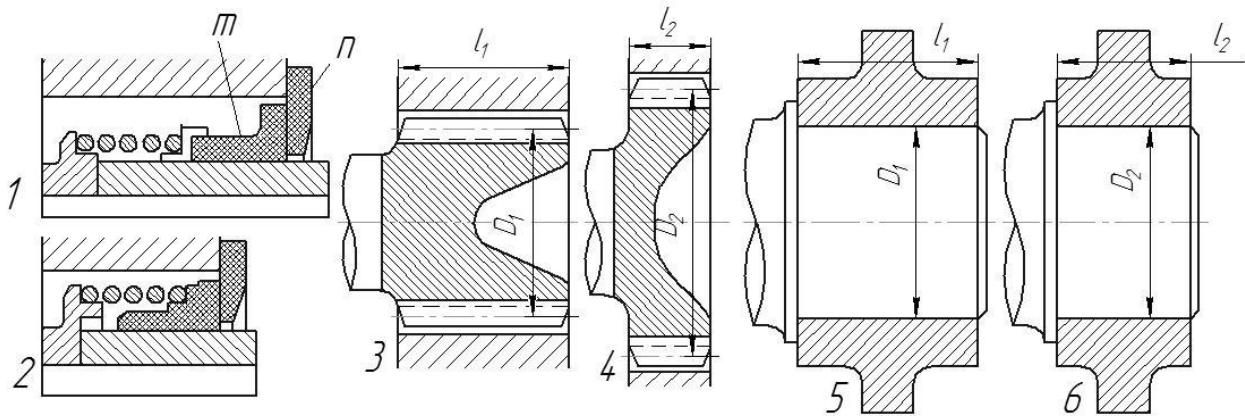


Рис. 6.149 – Приклади підвищення компактності конструкцій:

1, 2) торцевого ущільнення; 3, 4) шліцьового з'єднання; 5, 6) з'єднання з натягом

У вузлі рис. 6.150, a кінцевої установки валу, навантаженого радіальною і осовою силою змінного напрямку, осове навантаження сприймають два однорядні упорні підшипники. Конструкція громіздка. Фіксація валу в подовжньому напрямі неточна: упорні підшипники, розташовані на значній відстані один від одного, мають бути встановлені з осовим зазором, який компенсує теплові деформації системи; в установці неминучий осовий люфт.

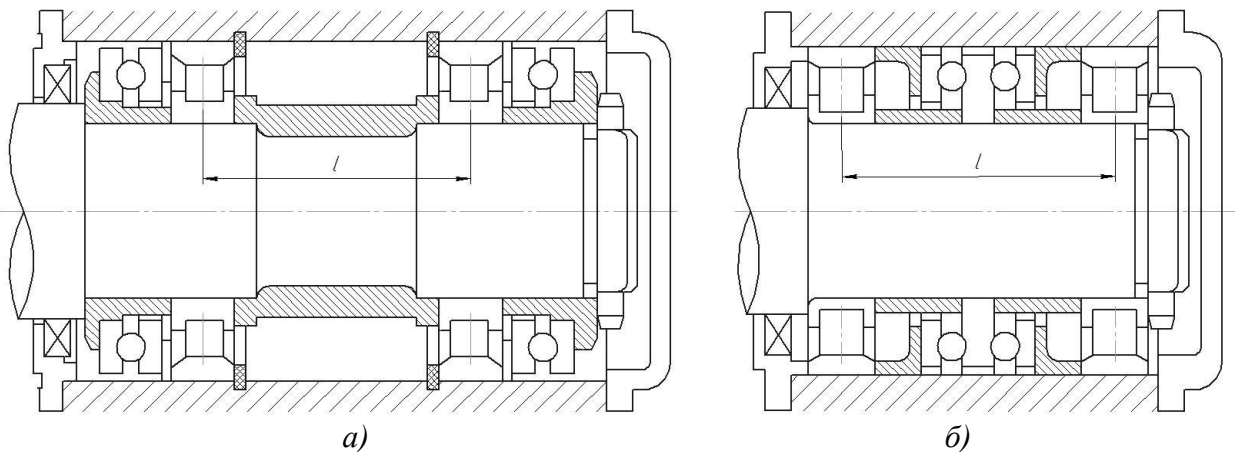


Рис. 6.150 – Приклад підвищення компактності конструкції опори валу:

a) нерациональна конструкція; b) рациональна

У конструкції рис. 6.150, *б* осьове навантаження сприймає дворядний упорний підшипник, розташований між радіальними опорами. При тій же відстані L між опорами розміри вузла скорочені приблизно в 1,5 рази. Осьовий люфти стає мінімальним. При збереженні тих же розмірів, що і в конструкції рис. 6.150, *а* можна збільшити рознесення радіальних опор в 1,5 рази з вигодою для стійкості валу.

На рис. 6.151, *а* показаний вузол кінчної передачі зі звичайною консольною установкою зубчастого колеса. У конструкції *б* застосована двохопорна установка. Один кінець валу ведучого колеса встановлений в стінці корпусу, інший – у відокремленій кришці *1* з вікном на ділянці зачеплення зубів. Габарити передачі істотно скорочені, стійкість коліс покращена.

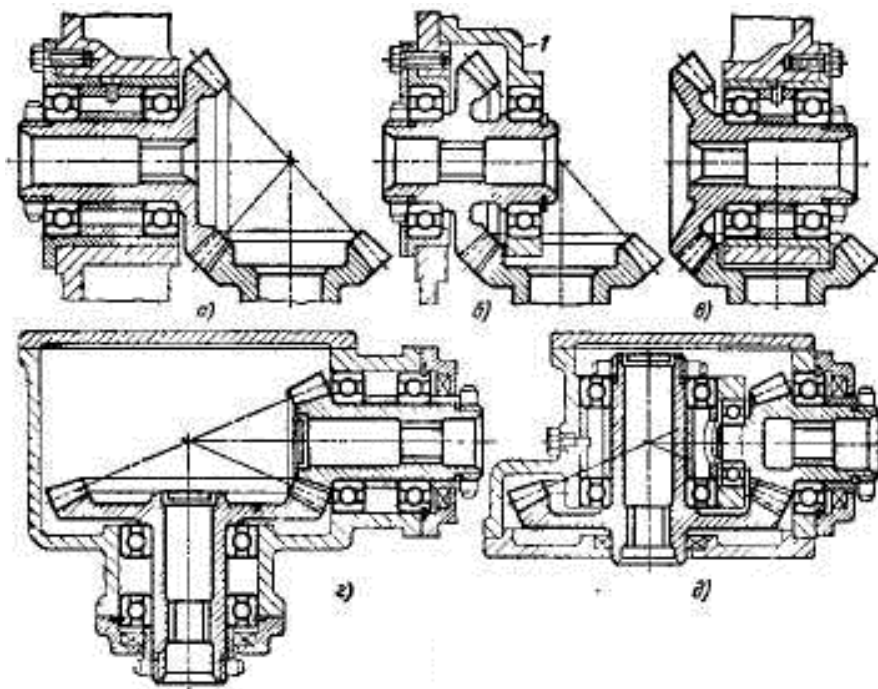


Рис. 6.151 – Приклад підвищення компактності кінчної передачі

При перенесенні зубчастого колеса на іншу сторону веденого валу (конструкція *е*) осьові розміри передачі скорочуються майже в 2 рази в порівнянні з початковою конструкцією.

Редуктор з кінчною передачею звичайної схеми (*г*) відрізняється великими розмірами. Об'єм корпусу більш раціонально використаний в конструкції *д*, де підшипники великого кінчного колеса і один з підшипників малого колеса встановлені усередині в приливі.

Поєднання конструктивних функцій. Розміри і масу конструкції в деяких випадках можна зменшити поєднанням декількох функцій в одній деталі.

При парній установці радіально-упорних підшипників, призначених для несення осьового навантаження в двох напрямках (рис. 6.152, *а*), навантаження в кожен момент сприймає який-небудь один з них, а другий в цей час не діє. У однорядному підшипнику двосторонньої дії (рис. 6.152, *б*)

кульки поміщені в обойми з глибокими канавками; зовнішня обойма для зручності складання зроблена роз'ємною. Під навантаженням кульки притискаються до однієї сторони канавки і відходять від протилежної сторони. При зміні напрямку навантаження відбувається зворотне явище. Такі підшипники при однаковій вантожопідйомності мають удвічі менші осьові розміри, чим спарені підшипники. Виведенням зовнішніх кілець в загальну обойму (рис. 6.152, в) можна зробити конструкцію агрегатної.

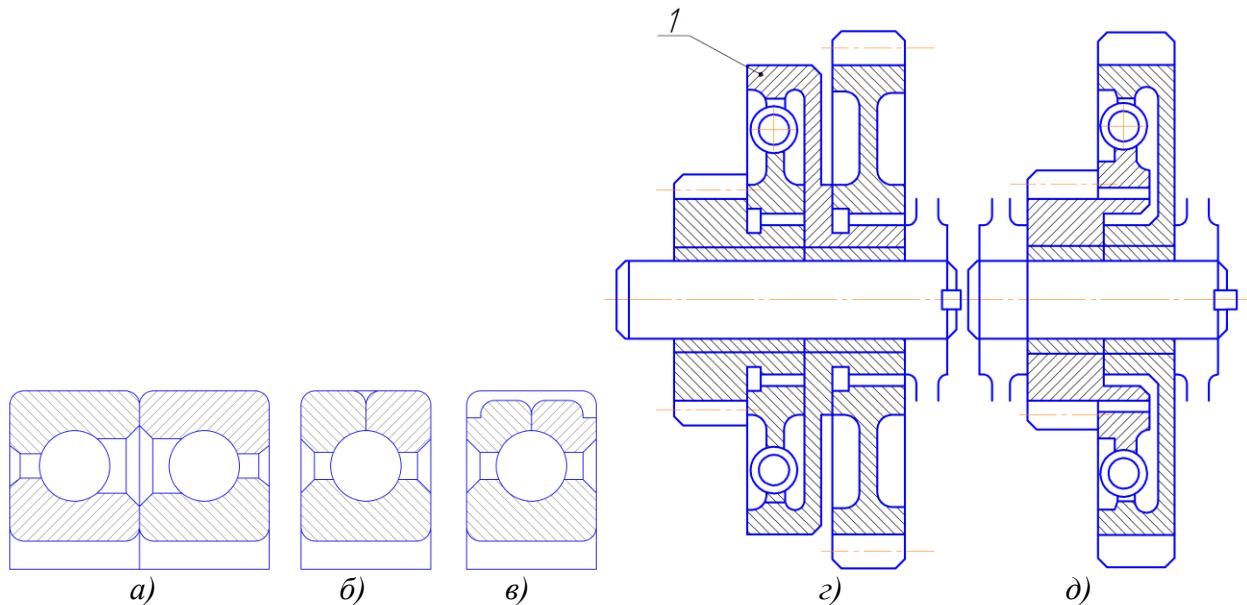


Рис. 6.152 – Приклади поєднання конструктивних функцій

На рис. 6.152, і показана установка зубчастих коліс з проміжною пружинною муфтою 1. У конструкції д амортизуючі пружини розміщені у великому колесі приводу. В результаті зменшені маса і осьові габарити, збільшена жорсткість вузла.

Розвантаження точних механізмів. Точні рухомі з'єднання і механізми слід розвантажувати від зайвих сил, що можуть викликати підвищене зношування або порушити правильну роботу механізму. Робочі поверхні слід оберігати від дії сторонніх зусиль і необережної експлуатації.

У конічному пробковому крані з рукояткою, встановленою безпосередньо на хвостовику пробки (рис. 6.153, а), зусилля повороту сприймають притерті поверхні крана; випадкові удари по рукоятці можуть пошкодити ущільнюючі поверхні. Невмілий оператор може при повороті крана відтягнути рукоятку на себе і порушити герметичність посадки. Самоцентрування пробки в конічному гнізді утруднене одночасним центруванням хвостовика в кришці крана.

У конструкції б приводний вал з рукояткою встановлений в окремому корпусі і пов'язаний з пробкою шліцами. Пробка розвантажена від дії зовнішніх сил і має можливість самоцентруватись в гнізді.

У конструкцію введено додаткове удосконалення – регулювання осьового положення пробки натискним гвинтом 1. При первинній установці

гвинт відкручують, і пробка під дією пружини щільно сідає в гніздо. Потім гвинт підкручують, злегка підводячи пробку. Герметичність при цьому майже не порушується, зате поворот крана значно полегшується.

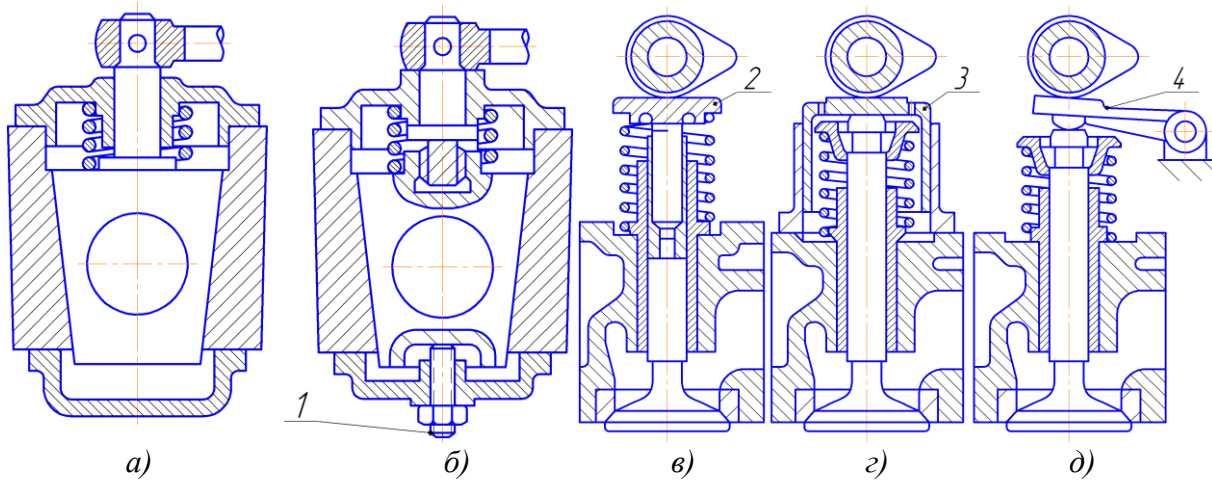


Рис. 6.153 – Приклади розвантаження точних механізмів

У конструкції *в* приводу клапана двигуна внутрішнього згорання кулачок діє безпосередньо на тарілку 2, вкручену в полий шток клапана. При відкритті клапана, коли кулачок набігає на тарілку, клапан перекошується (в межах зазору в напрямній); ущільнююча фаска голівки, відходячи від сідла, відкриває вузьку серповидну щілину. Це особливо небезпечно для вихлопних клапанів; струмінь гарячих газів, спрямовуючись в щілину, викликає односторонню ерозію і обгорання клапана. При закритті клапана, коли кулачок збігає з тарілки, клапан сідає на сідло боком. Відбувається одностороннє зношування ущільнюючої фаски вкладиша сідла.

В конструкції *г* поперечні складові зусилля сприймає проміжний стакан 3. На клапан діє тільки осьова, центрально прикладена, сила. Збільшення мас зворотно-поступально-рухомих частин в цій конструкції обмежує швидкохідність двигуна. Цей недолік усунений в конструкції *д*, де клапан приводиться через проміжний важіль 4. Клапан не повністю (як в конструкції *г*), але значною мірою розвантажений від дії поперечних сил.

Вибір серії підшипників. Підшипники кочення майже всіх типів випускають декількох різновидів (серій), що відрізняються розмірами, вантажопідйомністю і швидкохідністю.

На рис. 6.154, *а*, *б* показано залежність від діаметру d валу коефіцієнтів працездатності і граничні допустимих частот обертання для підшипників різних типорозмірів і серій.

Коефіцієнти працездатності зростають, а частота обертання падає з переходом від легких серій до важких та із збільшенням діаметру підшипника. Наприклад, для роликів підшипників коефіцієнти працездатності середніх серій приблизно в 1,7 рази більше, ніж легких; важких серій – в стільки ж раз більше, ніж середніх, і приблизно в 3 рази більше, ніж легких серій.

Довговічність підшипників із-за її залежності від коефіцієнта працездатності зростає з переходом на важчі серії значно стримкіше.

Довговічність визначається так: $h=(1/n)(C/Q)^{0,33}$ тобто при $n=const$ і $Q=const$ довговічність пропорційна $C^{3,33}$. Отже, за інших рівних умов довговічність роликкових підшипників середніх серій в $1,7^{3,33}=6$ раз більше, ніж легких; важких серій – в стільки ж раз більше, ніж середніх, і приблизно в 36 разів більше, ніж легких серій.

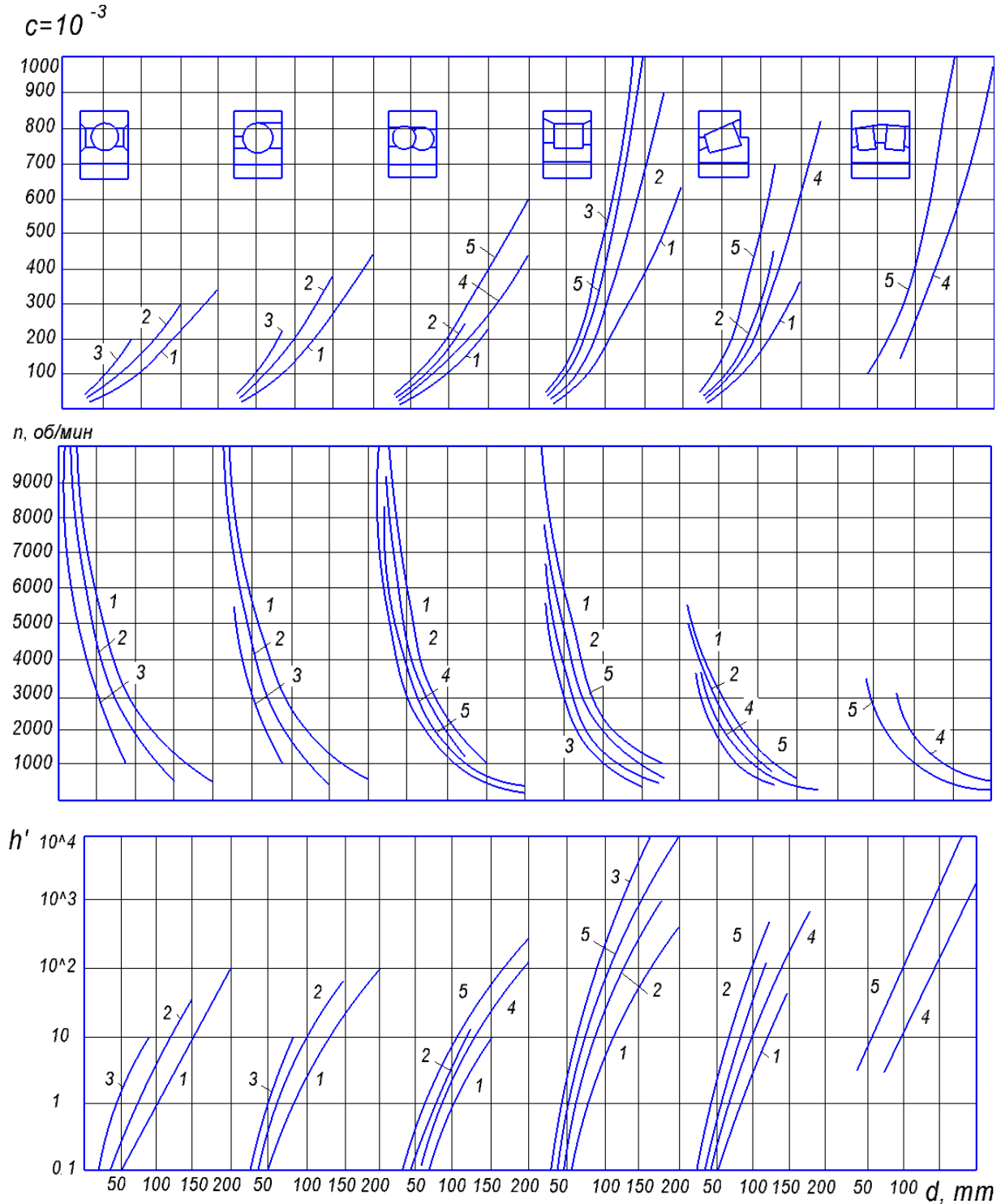


Рис. 6.154 – Коефіцієнт працездатності C , гранична частота обертання n і відносна довговічність h підшипників серій:

1 – легка; 2 – середня; 3 – важка; 4 – легка широка; 5 – середня широка

На рис. 6.154, в показана відносна довговічність W , розрахована в припущенні однакових навантажень і частот обертання. За одиницю прийнята довговічність радіального шарикового підшипника легкої серії з $d=100$ мм (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Відносна довговічність підшипників

Підшипники	Серія		
	легка	середня	важка
Шарикові	1	4	15
Роликові	4	25	150

Як видно, довговічність підшипників важких серій приблизно на один порядок перевищує довговічність підшипників легких серій, а довговічність роликових підшипників на один-два порядки перевищує довговічність шарикових.

На підставі рис. 6.154, в можна оцінити порівняльну довговічність підшипників, які схожі по функціональному призначенню і швидкохідності. У таблиці 6.1 приведені цифри відносної довговічності радіальних шарикових і роликових підшипників діаметром 100 мм в припущенні, що навантаження і частота обертання однакові (за одиницю прийнята довговічність шарикового підшипника легкої серії).

Як видно, довговічність роликових підшипників перевищує довговічність шарикових підшипників для легкої серії в 4 рази, середньої – в 8 разів і важкої – в 10 разів. Довговічність роликового підшипника важкої серії в 150 разів більше довговічності шарикового підшипника легкої серії.

При виборі серії, окрім несучої здатності, слід враховувати габарити, масу і швидкохідність підшипника. На рис. 6.155 приведені основні показники підшипників різних типів і серій з однаковим діаметром валу ($d=80$ мм). Як видно з рис. 6.155, значну перевагу мають підшипники легких серій по габаритах, масі і швидкохідності. Несуча здатність їх, звичайно, менше, ніж підшипників середніх і особливо важких серій.

Найчастіше застосовують підшипники легких і середніх серій, вважаючи за краще в необхідних випадках підвищувати коефіцієнт працездатності шляхом збільшення діаметру валу, що є таким же ефективним засобом підвищення несучої здатності і довговічності, як і збільшення важкості серії. Цей спосіб відповідає сучасній тенденції застосування в силових вузлах порожнистих валів збільшеною діаметру як засобу підвищення міцності і жорсткості та зменшення маси конструкції.

Розрахунок підшипників по приведених формулах і каталожних даних дає лише середні і притому дещо зменшені значення довговічності. Згідно зі статистичними даними у 50 % підшипників довговічність в 3–4 рази, а у 10% в 10–20 разів перевищує розрахункову, причому у підшипників підвищеної точності вона значно більше, чим у підшипників нормальної точності.

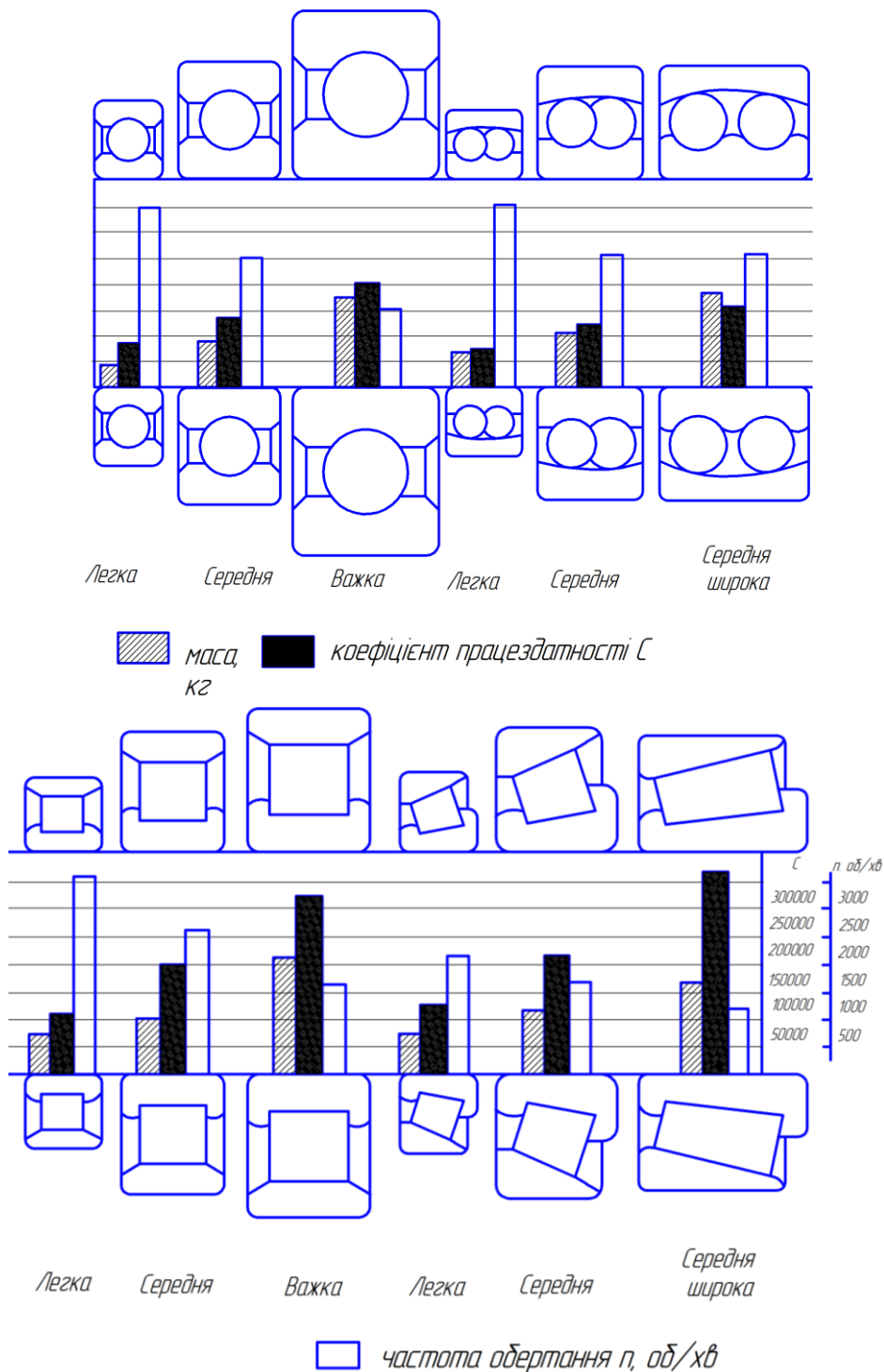


Рис. 6.155 – Порівняльні показники підшипників

Довговічність і несуча здатність підшипників дуже сильно залежить від конструкції вузла, правильності установки підшипників, жорсткості валу і корпусу, величини натягу на посадочних поверхнях і, особливо, від умов мащення. Підшипники в правильно сконструйованих вузлах при доцільному попередньому натягу нерідко працюють протягом терміну, що у багато разів перевершує розрахунковий. З іншого боку, високе значення коефіцієнта працездатності не є гарантією надійності. Такі підшипники можуть швидко вийти з ладу унаслідок помилок установки (перетяжка підшипників, перекіс осей, недостатнє або надлишкове мащення).

Підвищення зручності експлуатації. На рис. 6.156, *а* показано швидкодіюче з'єднання з відкидними болтами (званими автоклавними унаслідок того, що їх часто застосовують для кріплення кришок автоклавів). Досить відвернути гайку на висоту, що забезпечує її прохід через кут кришки, після цього болти відкидають і звільняють кришку.

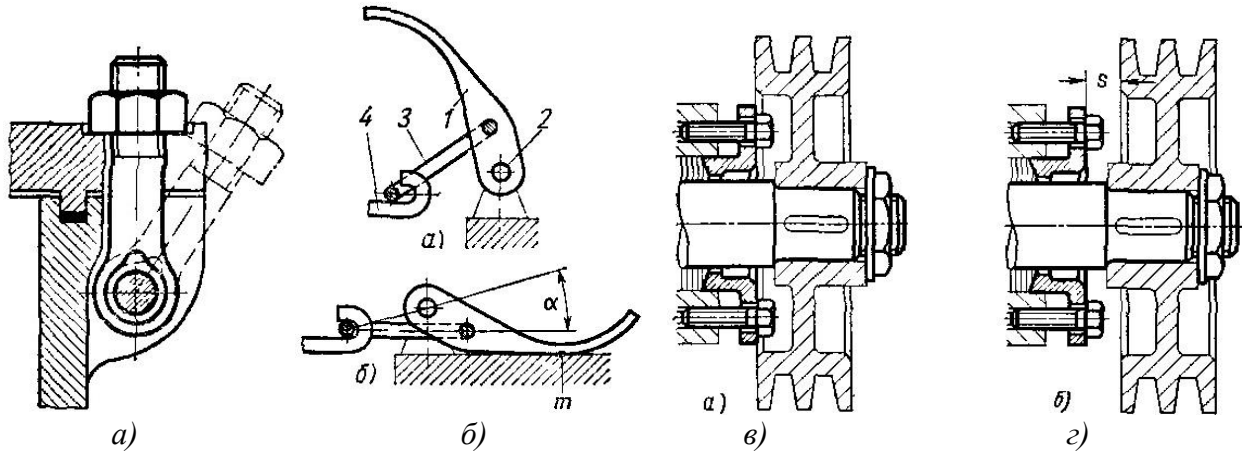


Рис. 6.156 – Забезпечення зручності експлуатації та монтажу вузла:
а) відкидний болт; *б)* швидкодіючий зажим;
в, з) забезпечення підводу інструменту до різьбового кріплення фланцю

У швидкодіючих з'єднаннях широко застосовують затвори з перекидним важелем. При переведенні в положення, показане на виді (*б*), важіль натягує гачок. Через відому властивість кривошипно-шатунного механізму натягнення досягає максимуму в мертвій точці. При переході за мертву точку (кут δ) важіль фіксується силами пружності системи, що притискують його до упору *т*.

Так само необхідно забезпечувати вільне і зручне підведення інструменту при монтажі вузлів. Так на виді (*в*) показаний варіант конструкції, при якому фланець ущільнення можна встановити лише при знятому шківі. На виді (*з*) цей недолік усунений.

6.2.3 Вибір варіанту конструкції вузла

Розробка низки варіантів конструкції – це справа не індивідуальної звички або схильностей конструктора, а закономірний метод проектування, який допомагає відшукати найбільш раціональне рішення.

Схему вузла зазвичай вибирають шляхом паралельного аналізу декількох варіантів, які піддають ретельній порівняльній оцінці. Оцінювання проводять з міркувань конструктивної доцільності, досконалості кінематичної і силової схем, вартості виготовлення, енергоємності, витрат на робочу силу, надійності роботи, габаритів, металоємності і маси, технологічності, ступеня агрегування, зручності обслуговування, складання/розбирання, огляду, налагоджування, регулювання [46].

Також при аналізі слід з'ясувати, якою мірою обрана схема забезпечує можливість подальшого розвитку, форсування і вдосконалення машини, утворення на базі початкової моделі похідних машин і модифікацій.

Проте не завжди вдається навіть при найретельніших пошуках знайти рішення, що повністю відповідає поставленим вимогам. Бездоганний в усіх відношеннях варіант в конструкторській практиці – це рідкісний успіх і справа іноді не в недостатці винахідливості, а в суперечності вимог, які висувуються до вузла. В таких випадках доводиться йти на компромісне рішення і поступатися деякими з вимог, що не мають первинного значення в даних умовах застосування машини. Нерідко треба обирати той варіант, який не стільки має найбільші переваги, скільки володіє найменшими недоліками.

Як приклад розробки і порівняльного аналізу варіантів конструкції наведемо вузол конічної зубчастої передачі (рис. 6.157), який часто зустрічається в машинобудуванні [46]. Для спрощення не будемо розглядати можливі конструктивні варіанти підведення і відбору обертового моменту, типу опор, способів фіксації осьового положення зубчастих коліс. Нижче наведено лише варіанти загальної компоновки передачі, конструкції корпусу, розставлення опор, систем складання і перевірки зачеплення.

Остаточний вибір варіанту редуктора залежить від умов його застосування і установки. Так найбільшими перевагами для загальних умов застосування володіють конструкції 1–3. А при необхідності скорочення габаритів і маси доцільно застосовувати компактні конструкції 12–16.

Варіант 1 конструкції кутової передачі найбільш поширений (рис. 6.157). Вали коліс розташовані в одному корпусі, що дозволяє при виготовленні забезпечити точне взаємне розташування осей. Доступ до коліс вільний – через люк з відокремленою кришкою. Механізм можна оглядати в зборі. За умовами збірки зовнішній діаметр малого колеса має бути менше діаметру отворів під підшипники валу.

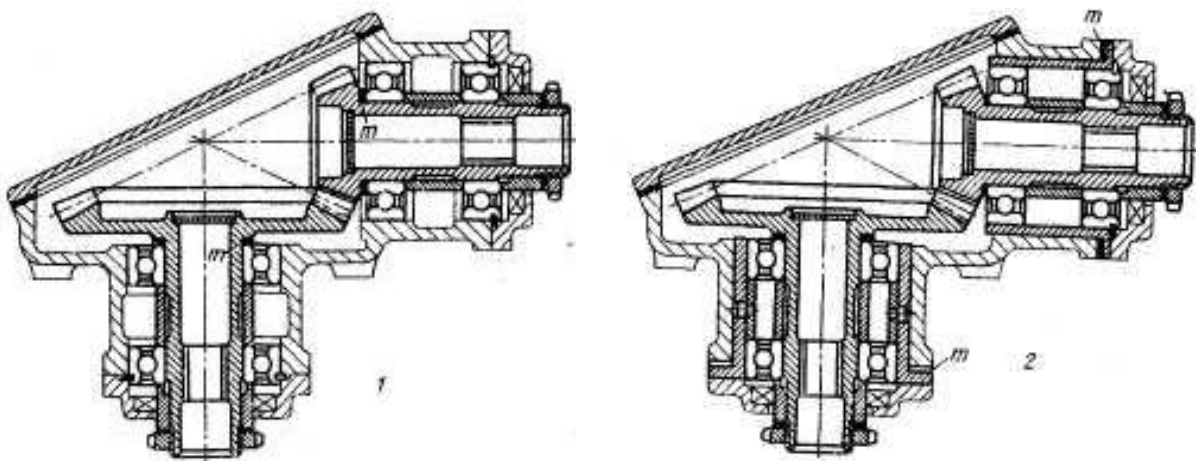


Рис. 6.157 – Варіанти 1 і 2 конструкції кутової передачі

Зачеплення регулюється мірними шайбами *m* (необхідне повне розбирання вузла установки коліс). Редуктор в основному розрахований на кріплення нижньою площиною за допомогою лап.

У варіанті 2 підшипники встановлені в проміжних втулках, що дозволяє дещо збільшити діаметр малого колеса. Для регулювання зачеплення

досить замінити мірні шайби, що підкладаються під проміжні втулки. Зручно, якщо регульовальні шайби виконані у вигляді півкілець (варіант внизу), які фіксуються кріпильними болтами. Для зміни шайб відкручують на невелику величину проміжну втулку.

У варіанті 3 колеса встановлені у відокремлених корпусах (рис. 6.158). Переваги попередньої конструкції зберігаються, проте жорсткість головного корпусу значно зменшується. При виготовленні корпусів необхідно витримати сувору співвісність центруючих буртиків і отворів під підшипники. Редуктор більш пристосований для підвісного кріплення, хоча можлива установка його нижньою площиною за допомогою лап, відлитих разом з нижньою кришкою.

У варіанті 4 хвостовик колеса виведений вгору. Перевірити зачеплення важко. Оглядати механізм в зборі не можна; при знятті корпусу колеса цілісність механізму порушується. Регулювати зачеплення можна тільки по фарбі з багатократними зніманнями і повторними встановленнями колеса. Для огляду внутрішньої порожнини редуктора необхідно заздалегідь відключити вал відбору потужності.

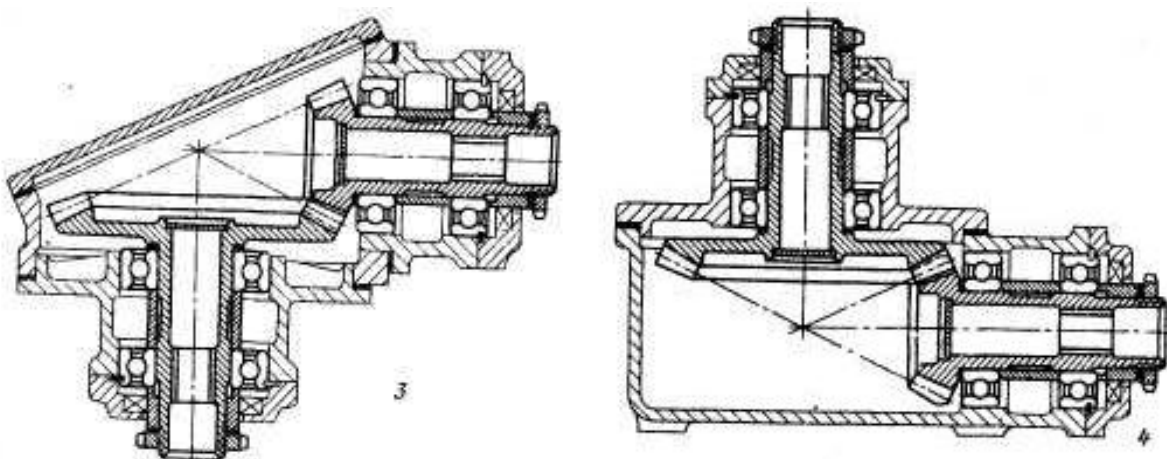


Рис. 6.158 – Варіанти 3 і 4 конструкції кутової передачі

У варіанті 5 корпус виконаний з роз'ємом в площині вісі шестерні (рис. 6.159). Конструкція забезпечує просте і зручне складання та огляд механізму. Перевірка зачеплення буде повноцінною тільки в тому випадку, якщо вал шестерні в зборі з підшипниками притиснути до нижніх ліжок підшипників. Виготовлення роз'ємного корпусу значно складніше, ніж цілого. Необхідно спочатку начисто обробити стики, з'єднати половини корпусу на контрольних штифтах і в зборі обробити отвори під підшипники. Поверхні стиків притирають. Застосування ущільнюючих прокладок неприпустиме (порушується циліндричність гнізд підшипників шестерні).

У варіанті 6 верхня опора валу колеса перенесена в кришку (рис. 6.159). Відстань між опорами збільшена, радіальні навантаження на підшипники зменшені. Недолік конструкції – складність огляду і регулювання механізму в зборі. При знятті кришки вал колеса залишається на нижній опорі; відсутність його фіксації не дозволяє перевірити

правильність зачеплення. Крім того, розташування опор в різних деталях погіршує центрування валу. Необхідна обробка отворів під підшипники в зборі корпусу і кришки, що ускладнює технологію виготовлення.

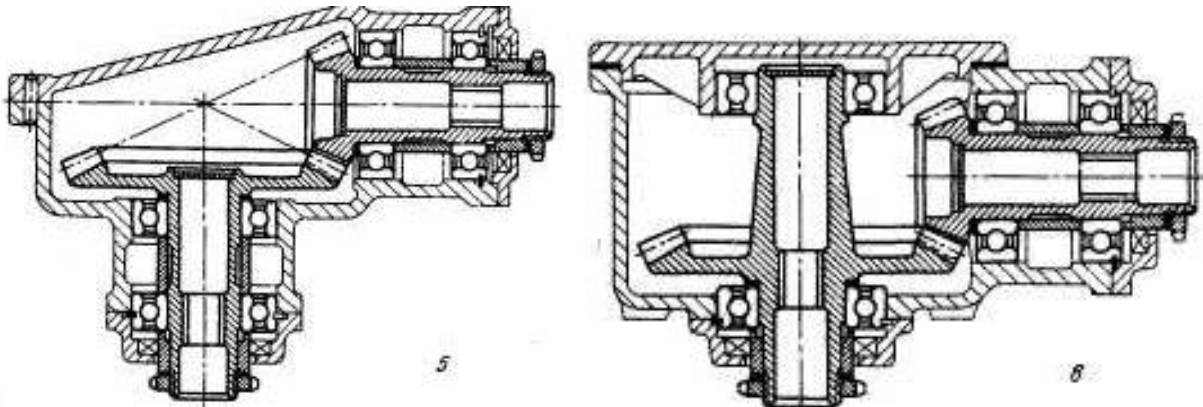


Рис. 6.159 – Варіанти 5 і 6 конструкції кутової передачі

В конструкції 7 вал колеса встановлений на двох підшипниках в кришці (рис. 6.160). Регулювання зачеплення можливе лише по фарбі. Огляд механізму в зборі складний. Для зняття кришки з колесом необхідно заздалегідь вийняти шестерню, унаслідок чого механізм виявляється роз'єднаним.

В конструкції 8 вал колеса змонтований у верхньому прилив корпусу (рис. 6.160). Доступ до механізму – через нижню кришку. Конструкція прийнятна при підвісному кріпленні редуктора і непридатна, якщо його необхідно встановлювати нижньою площиною (для огляду механізмів довелось б знімати весь редуктор).

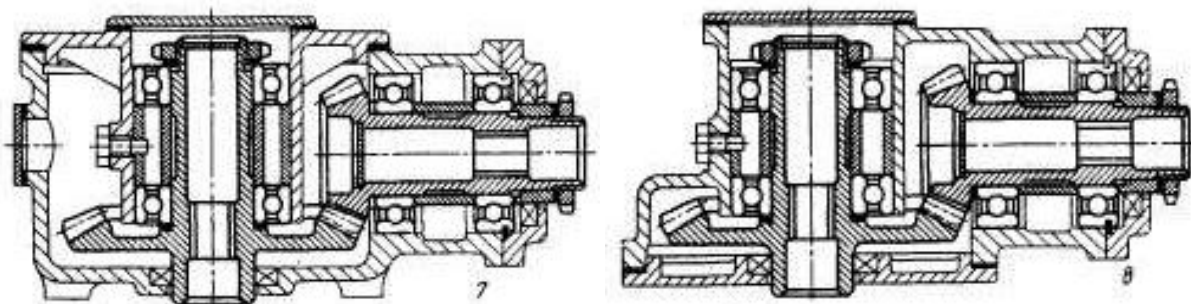


Рис. 6.160 – Варіанти 7 і 8 конструкції кутової передачі

У варіанті конструкції 9 вал колеса встановлений в нижньому прилив корпусу (рис. 6.161). Привод виведений вгору. Ділянка зачеплення є видимою з торця зубців після зняття верхньої кришки. Для огляду механізму необхідно заздалегідь відключити вал відбору потужності від колеса.

У варіанті 10 передній підшипник валу шестерні встановлений в перегородці n , яка підлита до бічних стінок корпусу (рис. 6.161). Механізм є видимим в зборі після зняття несучої верхньої кришки. Недолік конструкції – ділянка зачеплення закрита перегородкою.

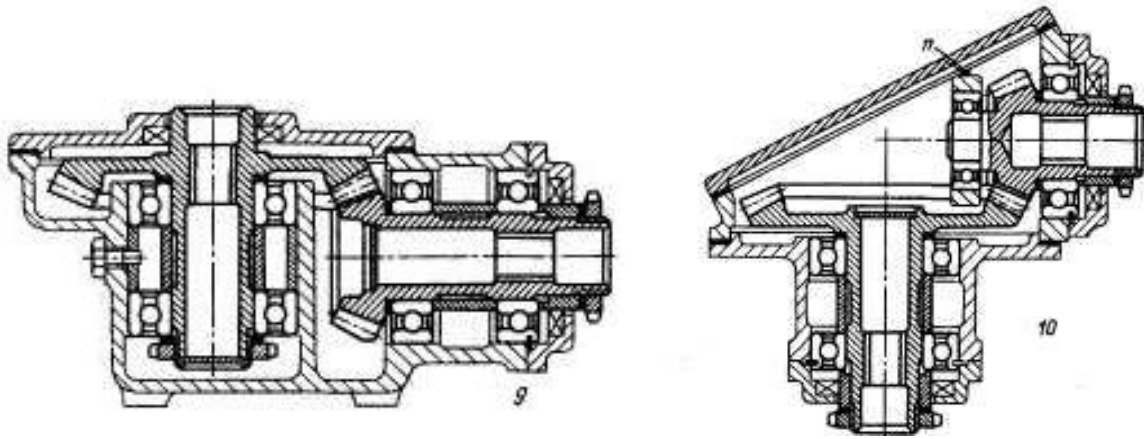


Рис. 6.161 – Варіанти 9 і 10 конструкції кутової передачі

В конструкції 11 внутрішній підшипник валу шестерні перенесений на протилежну стінку корпусу, що забезпечує гарне рознесення опор і зручний огляд механізму. Можливий відбір потужності з валу шестерні. Недолік конструкції: не можна розібрати зубчасті колеса порізно; для зняття колеса необхідно заздалегідь демонтувати шестерню (рис. 6.162).

У варіанті 12 підшипники колеса і внутрішній підшипник шестерні встановлені в приливі корпусу. Огляд механізму через нижню несучу кришку; ділянка зачеплення є видимою з торця зубців. Для огляду необхідно заздалегідь відключити вал відбору потужності. Конструкція допускає тільки підвісне кріплення (рис. 6.162).

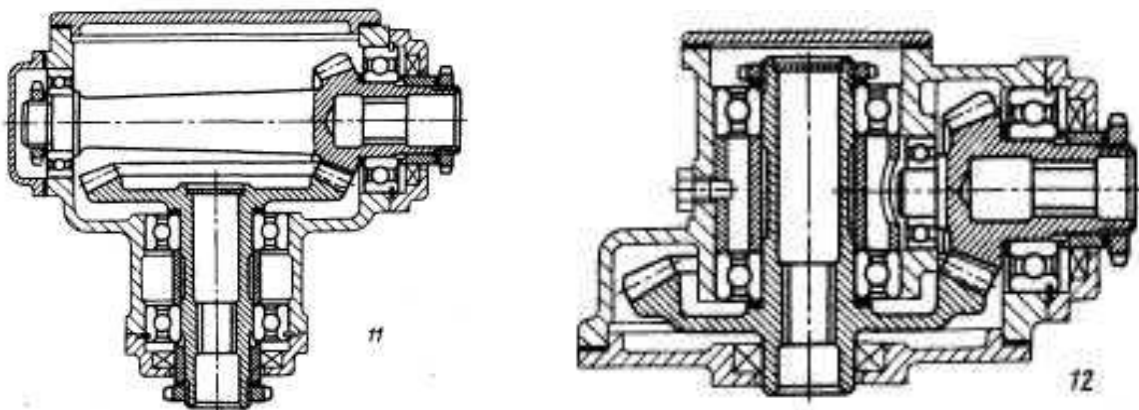


Рис. 6.162 – Варіанти 11 і 12 конструкції кутової передачі

На варіанті 13 наведено той же варіант, але з виведенням валу колеса вгору і з кріпленням редуктора нижньою площиною (рис. 6.163). Варіант 14 з виведенням валу колеса вниз допускає огляд механізму без відключення валу відбору потужності (рис. 6.163). Кріплення здійснюється за допомогою бічних лап або приливів на нижній кришці.

Варіант 15 – такий самий, але з виведенням валу колеса вгору (рис. 6.164). Варіант 16 – з пониженою висотою корпусу і штампованою кришкою великого розміру, що забезпечує зручний огляд механізму (рис. 6.164).

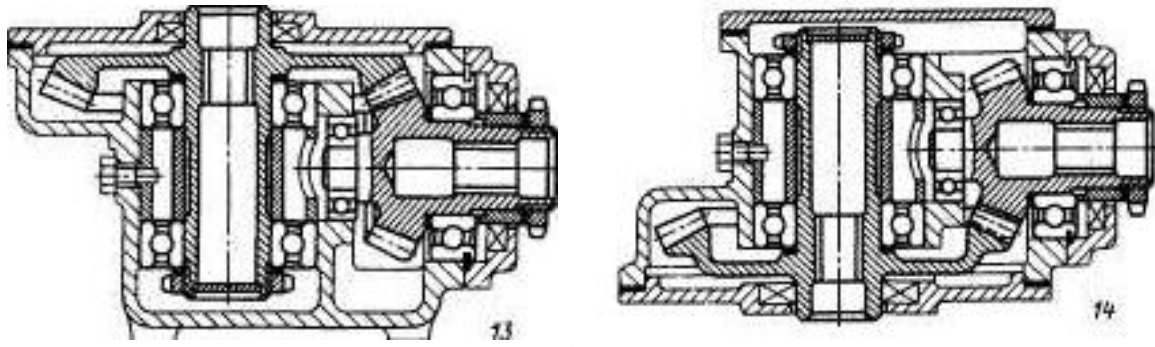


Рис. 6.163 – Варіанти 13 і 14 конструкції кутової передачі

Як можна було помітити з наведених вище прикладів, серед прийомів, що полегшують конструювання, видне місце займає метод інверсії. Він полягає в оберненні функцій, форм і розташування деталей.

У вузлах інколи буває вигідним поміняти деталі ролями: ведучу деталь зробити веденою; напрямну – такою, що направляється; охоплюючу – охоплюваною; нерухому – рухомою. Доцільно інколи інвертувати форми деталей, наприклад, зовнішній конус замінити внутрішнім, опуклу сферичну поверхню – увігнутою тощо. У інших випадках стає вигідним перемістити конструктивні елементи з однієї деталі на іншу, наприклад, шпонку з валу на ступицю або бойок з важеля на штовхач.

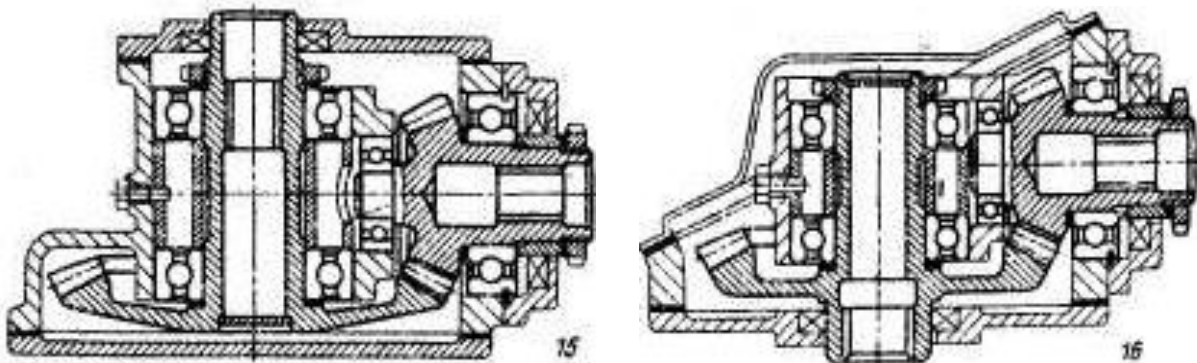


Рис. 6.164 – Варіанти 15 і 16 конструкції кутової передачі

Кожного разу конструкція при цьому набуває нових властивостей. Справа конструктора – проаналізувати переваги і недоліки початкового і інвертованого варіантів з урахуванням надійності, технологічності, зручності експлуатації і вибрати якнайкращий з них. У досвідченого конструктора метод інвертування є невід’ємним інструментом мислення і значно полегшує процес пошуків рішень, в результаті яких народжується раціональна конструкція. Нижче наведені приклади інвертування типових машинобудівних вузлів [46].

У схемі на рис. 6.165, *а* важіль 1 приводить в дію тягу 2 через вісь 3, встановлену у вилці тяги. У схемі (*б*) вісь встановлено у вилці важеля. Результат інверсії – усунення поперечних сил на тягу. Але в конструкції по (*б*) важка обробка провухини тяги. У схемі на виді (*в*) бойок коромисла 4 плоский, тарілка штовхача 5 – сферична, а в схемі (*г*) – навпаки. Інверсія

усуває поперечні навантаження на штовхач. Бойок можна виконати циліндричним, що забезпечує лінійний контакт.

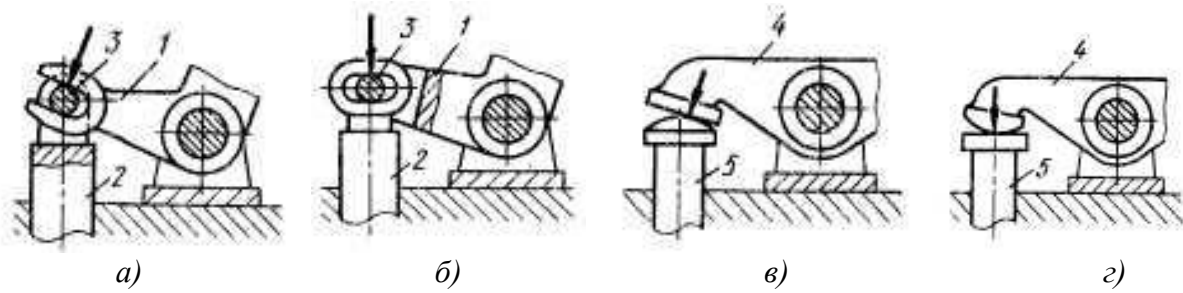


Рис. 6.165 – Варіанти конструкції приводу штовхача

У схемі на рис. 6.166, *a* тягу виконано з сферичним наконечником *б*, в схемі (*б*) сферичним виконаний бойок *7* коромисел. Інверсія покращує мащення з'єднання (мастило, що знаходиться в порожнині приводу, скупчується в чаші тяги). У схемі (*в*) ніпель *8* затягується внутрішньою гайкою *9*, в схемі (*г*) – зовнішньою *10*. Осьові габарити в схемі (*г*) менше, а радіальні дещо більше.

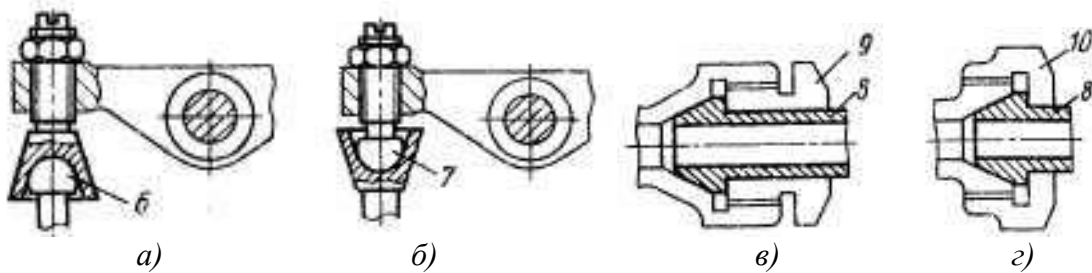


Рис. 6.166 – Варіанти конструкції:

a, б) приводу коромисла; *в, г*) ніпельного з'єднання

У схемі на рис. 6.167, *a* ніпель *11* виконаний з внутрішнім конусом, в схемі (*б*) – із зовнішнім. Осьові габарити в схемі на виді (*б*) менше. Заміна повної сфери (*в*) двома концентричними півсферами (*г*) значно скорочує осьові габарити.

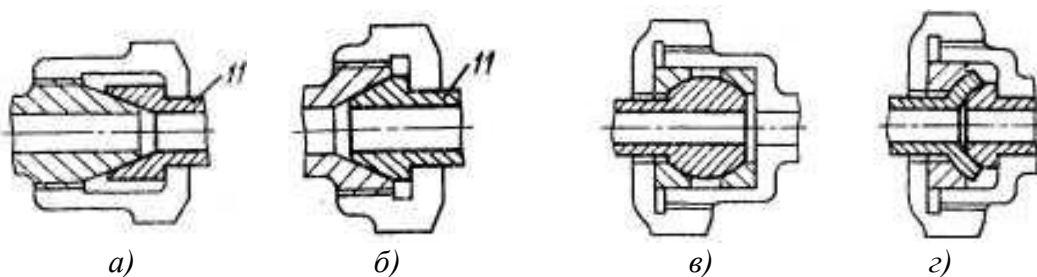


Рис. 6.167 – Варіанти конструкції сферичного з'єднання трубопроводів

Схема на рис. 6.168, *a* вигідніше за схему (*б*) за умовами змащування. Схема (*г*) підвищує міцність різьбового з'єднання в порівнянні зі схемою (*в*) – податливість бобишки у початкових витків сприяє більш рівномірному розподілу навантаження по витках.

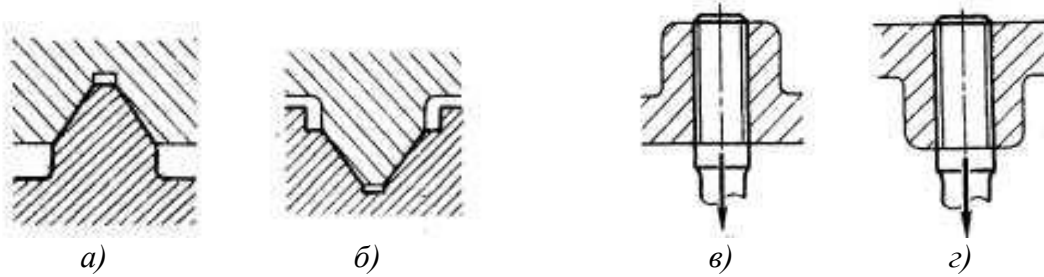


Рис. 6.168 – Варіанти конструкції:
а, б) напрямної; в, г) кріплення шпильки

У схемі на рис. 6.169, а гвинт з коротким різьбовим поясом 14 переміщається в корпусі з нарізкою, довжина якої дорівнює ходу гвинта. У схемі (б) нарізку нарізано по всій довжині гвинта; корпус має короткий різьбовий пояс 15. При цьому полегшується виготовлення, оскільки нарізання довгої нарізки в отворі є складним. При однаковому діаметрі міцність гвинта (б) вище.

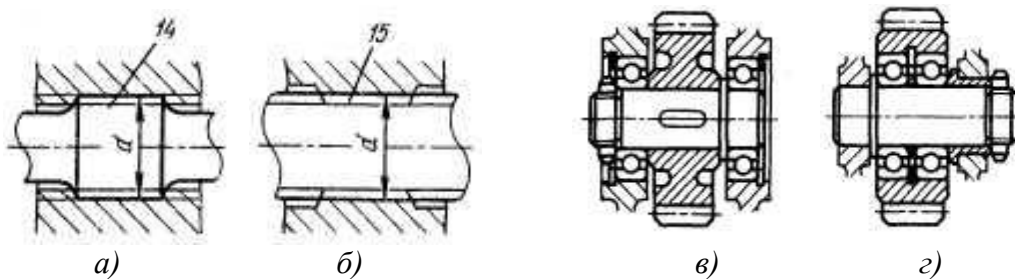


Рис. 6.169 – Варіанти конструкції:
а, б) гвинта переставного; в, г) проміжного зубчастого колеса

Установка шестерні на підшипниках кочення на вісі (рис. 6.169, г) зменшує довговічність підшипників (обертаються зовнішні кільця підшипників, тоді як у (в) – внутрішні). Навантаження на зовнішні кільця на схемі (в) – постійного напрямку. Схема (г) інколи доцільна за габаритними умовами (наприклад, консольна установка шестерні).

У схемі на рис. 6.170, а вісь 16 закріплена в шатуні і обертається в підшипниках вилки, в схемі (б) – навпаки. Схема (б) покращує умови роботи підшипника унаслідок збільшення його жорсткості і пропорцій. У схемі (в) направляюча шпонка 17 встановлена на валу і має довжину, рівну ходу маточини 18. У схемі (г) шпонка 19 встановлена в маточині і переміщається в подовжньому пазу валу. Схема полегшує виготовлення вузла і покращує спрямування.

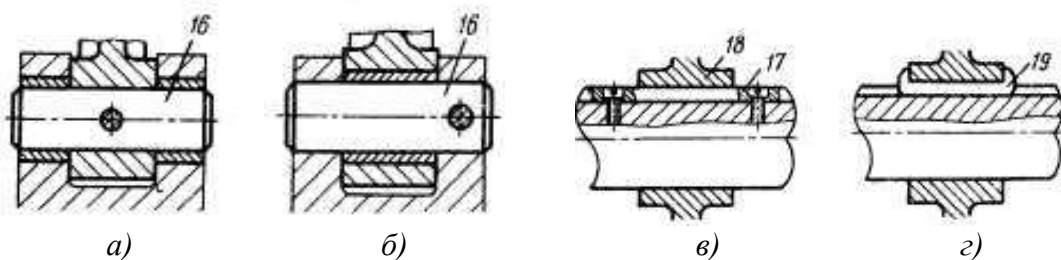


Рис. 6.170 – Варіанти установки:
а, б) шатуна у вилці; в, г) зубчастого колеса

У схемі на рис. 6.171, *а* головка важеля впливає на дві пружини, які спираються на корпус. У схемі (*б*) важіль зроблено вильчастим і він впливає на одну пружину, яка працює в обох напрямках. Схема скорочує осьові розміри вузла. Заміна пружини розтягування (*в*) пружиною стискання з реверсом (*г*) підвищує надійність і довговічність вузла (пружини стискання міцніше пружин розтягування). Але конструкція (*г*) значно складніше, за конструкцію (*в*).

У схемі на рис. 6.172, *а* клапан направляється стрижнем 28, запресованим в корпусі, а в схемі (*б*) – хвостовиком 29, що ковзає в отворі корпусу. Точність спрямування в схемі (*б*) значно вище (направляючий отвір і сідло обробляються з одного установу).

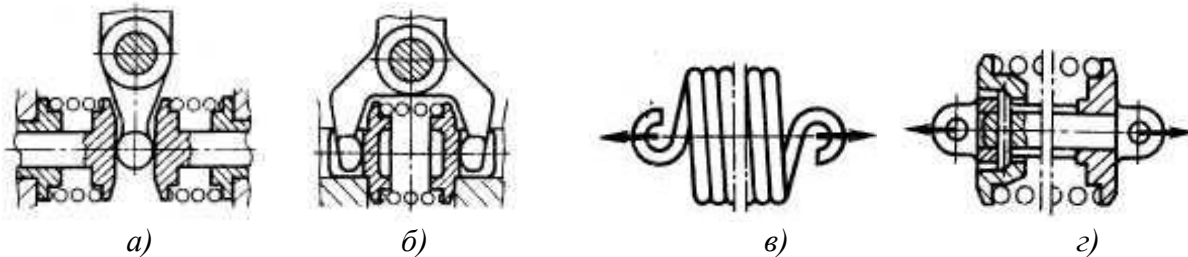


Рис. 6.171 – Варіанти конструкції:

а, б) вузла пружинної амортизації важеля; *в, г*) пружинного вузла

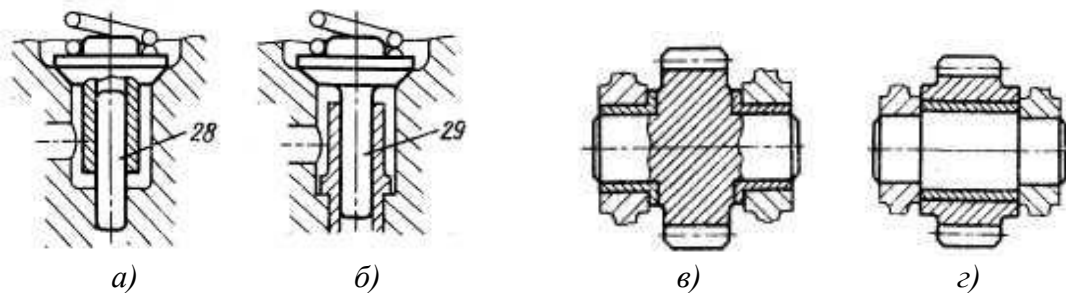


Рис. 6.172 – Варіанти конструкції:

а, б) перепускного клапану; *в, г*) проміжного зубчастого колеса

Установка шестерні на осі (*г*) покращує умови роботи підшипника унаслідок збільшення його жорсткості. У схемі (*г*) навантаження на вісь постійного напрямку; в схемі (*в*) навантаження циклічне (круговий вигин).

6.2.4 Компонування агрегату або функціонального вузла

Після вибору схеми і основних показників вузла розробляють його компоновку. Процес компонування зазвичай складається з двох етапів: ескізного і робочого. В ескізній компоновці розробляють основну схему і загальну конструкцію агрегату. На підставі аналізу ескізної компоновки складають робочу компоновку, яка уточнює конструкцію агрегату і служить початковим матеріалом для подальшого проектування [46].

Техніка компонування. При компонуванні важливо вміти виділити головне з другорядного і встановити правильну послідовність розробки конструкції. Спроба скомпонувати одночасно всі елементи конструкції є помилкою, яка властива початкуючим конструкторам. Отримавши завдання,

яке визначає цільове призначення і параметри проектного агрегату, конструктор нерідко починає відразу вимальовувати конструкцію в цілому у всіх її подробицях, з повним зображенням конструктивних елементів, надаючи компоновці такого вигляду, який повинно мати лише складальне креслення конструкції в технічному або робочому проекті.

Конструювати таким чином – означає майже напевно прирікати конструкцію на нераціональність, оскільки відбувається необмірковане додавання окремих конструктивних елементів.

Компонування слід починати з вирішення головних питань – вибору раціональних кінематичної та силової схем, правильних розмірів і форми деталей, визначення найбільш доцільного взаємного їх розташування.

При компонуванні треба йти від загального до часткового, а не навпаки. З'ясування подробиць конструкції на даному етапі не лише марне, але і шкідливе, оскільки відволікає увагу конструктора від основних завдань компонування і збиває логічний хід розробки конструкції.

Інше основне правило компонування – розробка варіантів, поглиблений їх аналіз і вибір найбільш раціонального. Повна розробка варіантів необов'язкова. Зазвичай достатньо навіть олівцевих нарисів від руки, щоб отримати уявлення про перспективність варіанту і вирішити питання про доцільність продовження роботи над ним.

Необхідна умова правильного конструювання – постійно мати на увазі питання виготовлення і із самого початку надавати деталям технологічно доцільні форми. Досвідчений конструктор, komponуючи деталь, відразу робить її технологічною; початківець же повинен постійно звертатися до консультацій технологів.

Компонування необхідно вести на основі нормальних розмірів (діаметри посадочних поверхонь, розміри шпонкових і шлицевих з'єднань, діаметри нарізок тощо). Особливо це важливо при компонуванні вузлів з декількома концентричними посадочними поверхнями, а також ступінчастих деталей, форма яких в значній мірі залежить від градації діаметрів. Одночасно слід добиватися максимальної уніфікації нормальних елементів.

При компонуванні мають бути враховані всі умови, що визначають працездатність агрегату, розроблені системи мащення, охолодження, складання-розбирання, кріплення агрегату і приєднання до нього суміжних деталей (приводних валів, комунікацій, електропроводки); передбачені умови зручного обслуговування, огляду і регулювання механізмів; вибрані матеріали для основних деталей; продумані способи підвищення довговічності, збільшення зносостійкості пар тертя, способи захисту від корозії; досліджені можливості форсування агрегату і визначені його межі.

Не завжди компонування проходить гладко. В процесі проектування часто виявляють непомічені в первинних прикидках недоліки, для усунення яких доводиться повертатися до раніше забракованих схем або розробляти нові. Це не повинно бентежити конструктора. У таких випадках корисна

італійська приказка «*Dare al tempo il tempo*» («дати час часу»), тобто доцільно зробити передишку, після якої в результаті підсвідомої роботи мислення нерідко виникають вдалі рішення, що виводять конструктора з безвиході. Після паузи конструктор дивиться на креслення інакше і бачить недоліки, які були допущені в період розвитку основної ідеї конструкції.

Деколи конструктор мимоволі втрачає об'єктивність, перестає бачити недоліки вподобаного йому варіанту і можливості інших варіантів. У таких випадках доречною виявляється неупереджена думка сторонніх людей, вказівка старших, порада колег і навіть прискіплива критика. Більш того, чим гостріше ця критика, тим більшу користь отримує з неї конструктор.

Компонування краще всього вести в масштабі 1:1. При цьому легко вибрати потрібні розміри і перетини деталей, скласти уявлення про відповідність частин конструкції, міцності і жорсткості деталей і конструкції в цілому. Разом з тим такий масштаб позбавляє від необхідності нанесення великої кількості розмірів і полегшує подальші процеси проектування зокрема, деталювання. Розміри деталей в цьому випадку можна брати безпосередньо з креслення. Викреслювання в зменшеному масштабі суттєво ускладнює процес komponування. Якщо розміри об'єкту не дозволяють застосувати масштаб 1:1, то окремі одиниці і агрегати об'єкту слід в усякому разі komponувати в натуральну величину.

Компонування простих об'єктів можна розробляти в одній проекції, в якій конструкція з'ясовується якнайповніше. Форми конструкції в поперечному напрямі заповнюються просторовою уявою. При komponуванні складніших об'єктів вказаний спосіб може викликати істотні помилки; у таких випадках обов'язкова розробка конструкції у всіх необхідних видах, розрізах і перетинах.

Не варто витрачати час на вимальовування подробиць. Типові деталі і вузли доцільно змальовувати спрощено, також і викреслювання дрібних деталей залишають на остаточні стадії komponування.

На всіх стадіях komponування слід удаватися до конструкції виробників і експлуатаційників. Чим ширше поставлено обговорення komponування і чим уважніше конструктор прислухається до корисних вказівок, тим кращою стає компоновка і досконалою виходить конструкція.

Техніка виконання компоновальних креслень – це процес безперервних пошуків, проб, прикидок, розробки варіантів, їх зіставлення і відбракування непридатних. Не слід шкодувати часу і сил на опрацювання проекту. Вартість проектних робіт складає лише незначну частку вартості випуску машин (за винятком машин одиничного і дрібносерійного виробництва). Більш глибоке опрацювання конструкції врешті дає вигоду у вартості, термінах виготовлення і доведення, якості і економічній ефективності машини.

Приклад komponування вузла. Для ілюстрації методики komponування розглянемо проектування відцентрового насоса, який входить до складу системи миття тунельних спіральних печей в якості окремого агрегату [46].

Вибраний як приклад об'єкт володіє специфічними особливостями, що впливають на методику і послідовність компоновання. У даному випадку є досить стійка початкова база у вигляді ескізу гідравлічної частини насосу, яка впливає з розрахунків. Конструктору залишається реалізувати цей ескіз в металі. У багатьох випадках буває задана тільки схема проєктованого об'єкту, без певного розмірного скелета. Інколи конструктор приступає до проєктування, знаючи лише технічні вимоги до нього і не уявляючи собі майбутньої конструкції. Тоді доводиться починати з розробки ідеї конструкції і пошуків конструктивної схеми, після чого слідує компоновання у власному сенсі цього слова.

Описувана нижче методика компоновання не є єдино можливою. Процес компоновання, як і всякий творчий процес, суб'єктивний і багато в чому залежить від досвіду, навиків і здібностей конструктора. Різними можуть бути хід компоновання, послідовність розробки конструкції, а також конструктивні вирішення завдань, що виникають при проєктуванні. Методику, що приводиться нижче, слід розглядувати як приклад, мета якого – ілюструвати основні закономірності, властиві будь-якому процесу компоновання.

До основних закономірностей відносяться:

- послідовність розробки, з'ясування на перших етапах тільки основних елементів конструкції і ігнорування подробиць;
- розгляд в процесі проєктування декількох варіантів і вибір якнайкращого з них на основі зіставлення конструктивної, технологічної і експлуатаційної доцільності;
- паралельні з проєктуванням орієнтовні розрахунки на міцність, жорсткість, довговічність;
- передбачення з перших же кроків компоновки резервів розвитку агрегату і з'ясування меж його форсування;
- надання технологічності конструкції, що розробляється, послідовне проведення уніфікації і стандартизації;
- розробка схеми складання/розбирання;
- ретельний перегляд всіх елементів конструкції на експлуатаційну надійність.

У наведеному нижче прикладі результати кожного етапу компоновання представлені окремими кресленнями. У початкуючого конструктора може створитися помилкове враження, ніби процес компоновання складається з послідовного складання таких креслень. Насправді мова йде про одне і те ж компоновальне креслення, яке безперервно доповнюється і уточнюється по ходу розробки, поки не набуває остаточного вигляду. Для наочності на даних кресленнях дрібні деталі показані здебільше в повному вигляді.

У книжковому викладі доводиться удаватися до повного вимальовування варіантів і ґрунтовних пояснень при порівнянні переваг і недоліків

різних конструктивних рішень. На практиці велику частину варіантів, як вказувалось вище, конструктор зіставляє в думках, відразу відкидаючи недоцільні рішення, і лише інколи робить накидання варіантів, деколи навіть без дотримання масштабу. Таким чином, процес зіставлення і вибору варіантів відбувається набагато швидше, ніж може показатися з приведених нижче пояснень і ілюстрацій.

Багато часу доводиться витратити на вирішення виникаючих при проектуванні складних або нових конструктивних завдань, які вимагають творчої роботи, пошуків аналогій і опорних прикладів з практики різних галузей машинобудування, а інколи і постановки експериментів, які, залежно від відведених на проектування термінів, можуть бути проведені швидко або зі всією диктованою обставинами ґрунтовністю.

Початкові дані. Початковим матеріалом для проектування є розрахунковий ескіз гідравлічної частини насоса з основними розмірами (рис. 6.173).

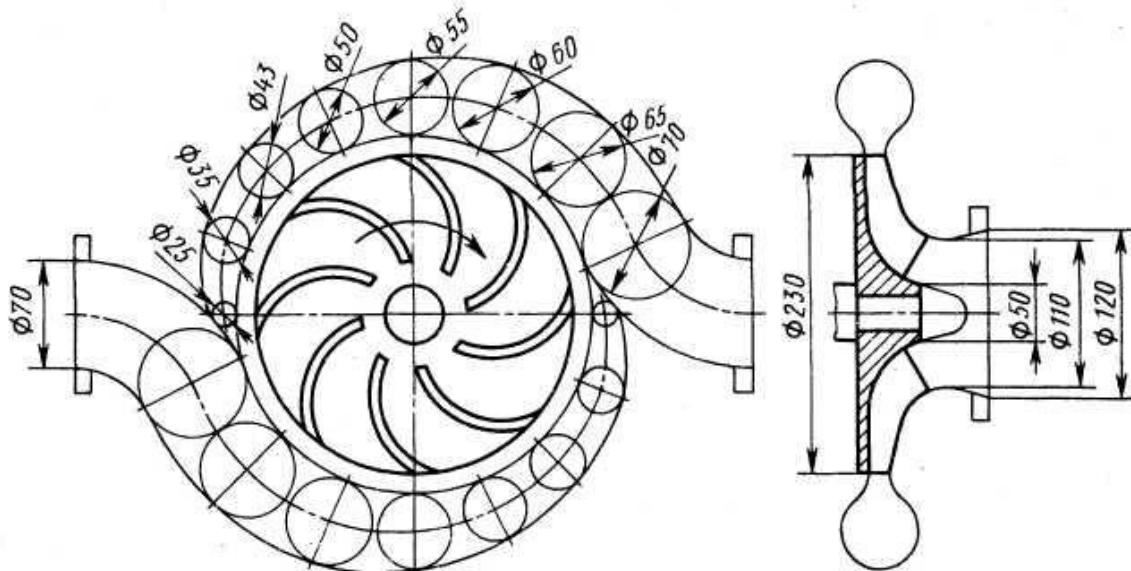


Рис. 6.173 – Ескіз гідравлічної частини насоса

Насос одноступінчатий, з осьовим входом і консольною крильчаткою. У всмоктуючому патрубку встановлений направляючий апарат, що забезпечує осьовий вхід водяного струменя на крильчатку. Привод насоса здійснюється від асинхронного електродвигуна ($N=30$ кВт; $n=2950$ хв⁻¹). Колова швидкість крильчатки 35,5 м/с, розрахунковий тиск – 0,5 МПа, продуктивність 40 л/с. Насос має два симетрично розташованих вихідних патрубка площею 40 см² кожен.

Розрахунком визначено кількість і розташування лопаток (вісім лопаток, зігнутих по ходу обертання крильчатки), профіль проточної частини крильчатки, перетини вихідних равликів по кутах кола. Задано термін служби насоса – 10 років при двозмінній роботі.

Розрахункова довговічність насоса дорівнює добутку терміну служби на коефіцієнти змінності і вихідних днів (припускаючи безремонтну

експлуатацію, коефіцієнт ремонтних простоїв не вводимо). Отже, $L_h = \eta_{зм} \cdot \eta_{вих} \cdot H$, де $H = 10 \cdot 365 \cdot 24 = 87\,600$ годин – номінальний термін служби; $\eta_{зм}$ – коефіцієнт змінності (при двозмінній роботі $\eta_{зм} = 0,66$); $\eta_{вих} = 0,7$ – коефіцієнт вихідних днів. Розрахункова довговічність $L_h = 0,66 \cdot 0,7 \cdot 87\,600 \approx 40\,000$ годин.

Опора валу. Проектування доцільно почати з вибору типа, розмірів і розташування опор валу крильчатки.

Як опори приймаємо шарикові підшипники, які відрізняються від підшипників ковзання простотою мащення. Радіальне навантаження на підшипники складається з маси крильчатки і валу та відцентрової сили, що виникає із-за неповної статичної врівноваженості крильчатки. Крім того, опори сприймають осьову силу тиску робочої рідини на крильчатку. Виходячи з попередніх конструктивних прикидок, приймаємо масу крильчатки $m_k = 4$ кг, маса валу і приєднаних до нього деталей (внутрішні обойми підшипників, фланець приводу, стягнуті гайки) $m_g = 2$ кг.

Неврівноважену відцентрову силу крильчатки можна приблизно визначити по величині статичного дисбалансу. Прийmemo точність статичного балансування $m = 5$ г на колі крильчатки. Тоді неуврівноважена відцентрова сила: $P_{відц} = m \cdot \omega^2 \cdot R = 0,005 \cdot 310^2 \cdot 0,115 = 55H$.

Максимальна радіальна сила, яка діє на крильчатку в площині розташування її центру тяжіння – $P = G_k + P_{відц} = 40 + 55 = 95H$.

Навантаження на найближчий до крильчатки підшипник: $R_1 = P \left(1 + \frac{l}{L} \right)$, де l – відстань від центру тяжіння крильчатки до передньої опори; L – відстань між опорами.

Навантаження на другий підшипник – $R_2 = R_1 - P = P \frac{l}{L}$.

Доцільний діапазон відношення L/l знаходиться в межах $1,5 \div 2$. Нижче за ці значення сили R_1 і R_2 різко зростають; збільшення L/l понад 2 зменшує сили незначно, а тільки викликає збільшення осьових розмірів установки. Прийmemo $L/l = 1,5$. Тоді $R_1 = 1,66P = 1,66 \cdot 95 = 160$ Н; $R_2 = 0,66P = 0,66 \cdot 95 = 63$ Н.

Маса валу $m_g = 2$ кг розподіляється приблизно порівну між обома підшипниками. Отже, $R_1 = 160 + 10 = 170$ Н і $R_2 = 63 + 10 = 73$ Н.

З метою уніфікації приймаємо обидва підшипники однаковими. Оскільки задній підшипник навантажений менше, доцільно додатково навантажити його осьовою силою, тобто зробити задню опору тою, яка фіксує вал в осьовому напрямку.

Урівноваження осьової сили крильчатки. У відкритих крильчатках на спинку діє повна сила гідростатичного тиску, що створюється на виході (у нашому випадку $p = 0,5$ МПа). Сила, що діє в протилежному напрямі, значно менше, оскільки тиск на диск крильчатки з боку лопаток змінюється

по квадратичному закону, починаючи від вакууму, що створюється у всмоктуючому патрубку, до 0,5 МПа на виході крильчатки. В результаті виникає направлена у бік всмоктування осьова сила, що досягає в даному випадку приблизно 10 кН. Цю силу можна ліквідувати установкою закритою дводисковою крильчаткою з двостороннім ущільненням і введенням розвантажувальних отворів між порожнинами всмоктування і нагнітання (рис. 6.174). При цьому гідростатичний тиск на крильчатку повністю врівноважується, оскільки з обох боків діє однаковий тиск (0,5 МПа).

Окрім гідростатичних сил на крильчатку діє сила реакції повороту струменя на вході, направлена проти всмоктування. Проте ця сила невелика, і нею можна нехтувати.

Умова гідростатичної врівноваженості полягає в тому, щоб діаметри обох ущільнень були однаковими, а сумарна площа розвантажувальних отворів щонайменше дорівнювала площі кільцевого зазору в ущільненні.

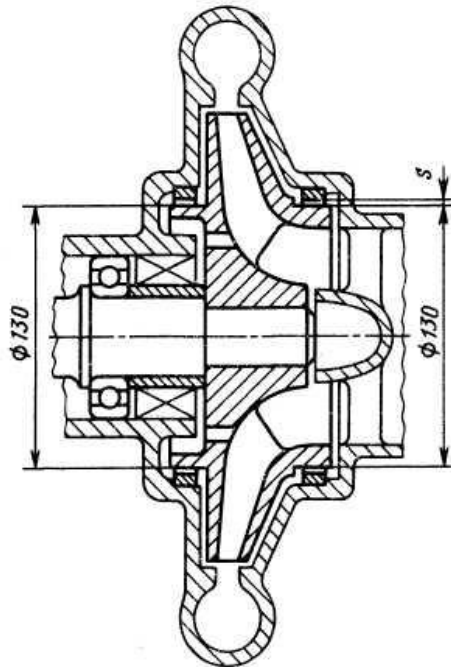


Рис. 6.174 – Схема до визначення радіального зазору крильчатки

Приймаючи діаметр ущільнення $D_y=130$ мм, радіальний зазор $s=0,1$ мм, кількість розвантажувальних отворів $n=8$ (по кількості лопаток), отримуємо $0,785 \cdot n \cdot d^2 \geq 0,1n \cdot D_y$, звідки $d \geq \sqrt{0,005D_y} \geq 2,5$ мм. Приймаємо із запасом $d=5$ мм.

Ущільнення виконуємо у вигляді циліндрових виступів на дисках крильчатки, що входять із зазором в кільця, запресовані в корпусі насоса. Враховуючи можливість попадання бруду на ущільнюючі поверхні, кільця виконуємо з м'якої бронзи.

Довговічність опор. Приймаємо діаметр валу крильчатки ($d=40$ мм) і вибираємо як опори однорядні шарикові підшипники 208 легкої серії (динамічна вантажопідйомність $C=25,6$ кН). Необхідна по заданій довговічності насоса динамічна вантажопідйомність:

$$\tilde{N} = R \cdot k_{\sigma} \left(\frac{60n \cdot L_h}{10^6} \right)^{1/3},$$

де R – навантаження на підшипник (у нашому випадку для найбільш навантаженого підшипника $R=170$ Н); k_{σ} – коефіцієнт режиму роботи підшипників (приймаємо $k_{\sigma}=1,5$); n – частота обертання валу ($n=2950$ об/хв); L_h – задана довговічність, $L_h=40000$ годин.

Отже $\tilde{N} = 170 \cdot 1,5 \left(\frac{60 \cdot 2950 \cdot 40000}{10^6} \right)^{1/3} \approx 3,65$ кН. Таким чином, вибрані

підшипники з великим запасом задовольняють заданій довговічності і забезпечують значне збільшення як навантаження, так і частоти обертання на випадок подальшого форсування насоса.

Розставлення опор. При вибраному відношенні $L/l=1,5$ відстань між опорами цілком залежить від ширини підшипника 18 мм. Загальна довжина вильоту $l=45+10+9=64$ мм; від величини l вильоту центру тяжіння крильчатки відносно передньої опори. Останню величину визначає умова розміщення ущільнень між переднім підшипником і гідравлічною порожниною насоса. Виходячи з конструктивних прикидок, приймаємо довжину ущільнення рівної 45 мм, а відстань між торцем ущільнення і площиною розташування центру тяжіння крильчатки 10 мм. Ширина між опорами $L=1,5l=100$ мм.

Підсумком даного етапу проектування є ескіз валу крильчатки з розташуванням опор (рис. 6.175).

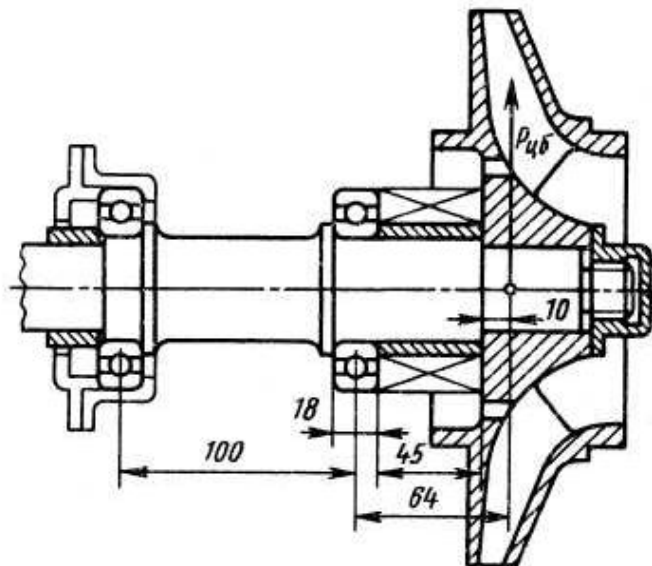


Рис. 6.175 – Розставлення опор валу

Вихідні равлики. Проектування равликів починаємо з вибору основної схеми розташування їх перетинів.

Перетини равликів можна розташувати так, щоб крайні внутрішні точки перетинів знаходилися на однаковій відстані від кола крильчатки. Центри перетинів розташовуються по спіралі, рівняння якої –

$\rho = 0,5D_k + m + 0,5d_0\sqrt{\frac{\varphi}{180^\circ}}$, а крайні зовнішні точки перетинів по спіралі –
 $\rho' = 0,5D_k + m + d_0\sqrt{\frac{\varphi}{180^\circ}}$, де D_k – діаметр крильчатки; m – відстань внутрішніх точок перетинів від кола крильчатки; d_0 – діаметр вихідного перетину равлика; ρ , ρ' і φ – поточні координати.

Конструкція такого спірального равлика з роз'ємом в площині симетрії перетинів (рис. 6.176, а) володіє хорошими гідравлічними якостями, забезпечує просте, безстержневе формування і зручну зачистку внутрішніх порожнин равликів.

Недоліки конструкції наступні:

- площа роз'єму перетинає вихідні патрубків равликів;
- на фланцях вихідних патрубків і у вузлах з'єднання з відповідними трубопроводами утворюється Т-подібний стик, який важко ущільнюється;
- половини равлика можна зафіксувати одну щодо іншої тільки контрольними штифтами; центрування циліндровими буртиками виключено;
- радіальні розміри равлика виходять великими (при $m=h=20$ мм максимальний розмір (без вихідних патрубків) дорівнює 470 мм).

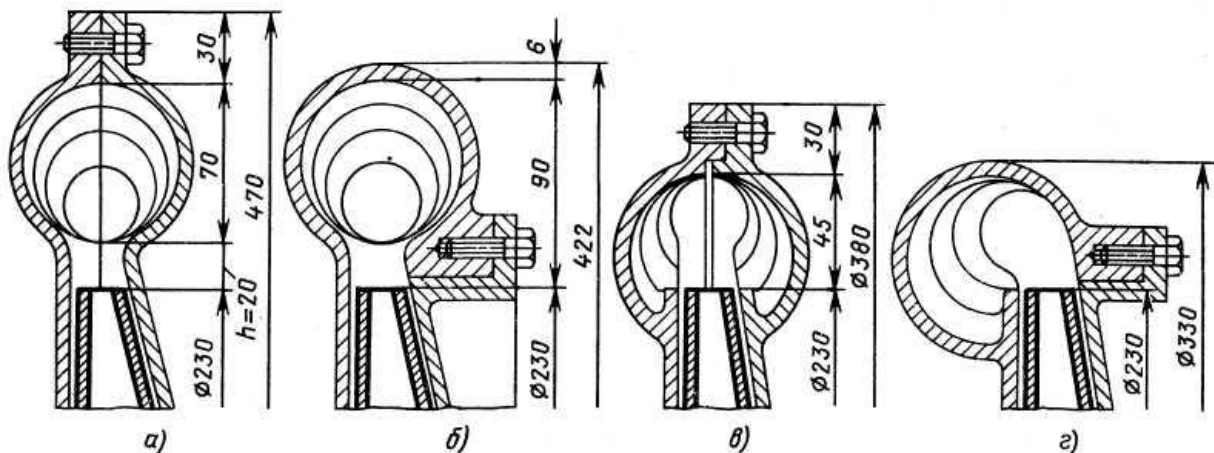


Рис. 6.176 – Варіанти вихідних равликів

У конструкції на рис. 6.176, б равлик виконаний у вигляді цілої відливки. Крильчатку вмонтовують через відокремлену кришку. Вихідні патрубків цільні. Кришку центрують щодо корпусу циліндровим буртиком. Розміри равлика декілька зменшуються завдяки усуненню периферійного фланця (максимальний розмір 422 мм). Гідравлічна порожнина крильчатки закрита і формується із застосуванням стрижнів. Зачистка стінок гідравлічної порожнини можлива тільки гідрополіруванням (струменем води зі суспензією абразиву).

У конструкції на рис. 6.176, в зовнішні точки перетинів розташовані по колу радіусу, рівного найменшому початковому радіусу равлика.

У напрямку до виходу центри перетинів поступово зміщуються до осі насоса, розташовуючись по спіралі: $\rho = 0,5 \left(D_0 - d_0 \sqrt{\frac{\varphi}{180^\circ}} \right)$, де D_0 – зовнішній діаметр равлика; d_0 – діаметр вихідного перетину равлика.

На останніх ділянках равлика крильчатка разом із стінками корпусу, що обмежують її, простягається до перетину равликів. Габаритний розмір равлика істотно зменшується (380 мм). Роз'єм здійснюється по площині симетрії перетинів равлика. Половини равлика центруються циліндричним буртиком (перерваним на ділянках розташування вихідних патрубків). Вихідні патрубки перетнуті площиною роз'єму.

Недолік конструкції: водяний потік після виходу з крильчатки роздвоюється, утворюючи на останніх ділянках равликів два спіральних вихри, що пов'язане зі збільшенням гідравлічних втрат.

Вихідні патрубки можна виконати цілими, якщо змістити перетин равликів з осі симетрії крильчатки (див. рис. 6.176, з). В цьому випадку крильчатку вмонтовують через кришку. Завдяки усуненню периферійного фланця розміри равлика зменшуються ще більше (максимальний розмір 330 мм). Зсув перетинів равлика викликає завихрення водяного потоку, але гідравлічні втрати тут менше, ніж в конструкції на рис. 6.176, в.

Гідравлічна порожнина. Компонувальне креслення гідравлічної порожнини (рис. 6.177) включає равлика, кришку, всмоктуючий патрубок з направляючим апаратом. Направляючий апарат виконаний у вигляді радіальних лопаток, підлитої до стінок патрубка і об'єднаних центральною бобишкою обтічної форми, що забезпечує плавний вхід водяного потоку на крильчатку. Стик приєднання кришки до равлика ущільнений гумовим шнуром m , розміщеним в кільцевій виточці центрального буртика. Для демонтажу кришки передбачено простий знімний пристрій у вигляді розташованих в корпусі (між бобишками кріпильних шпильок) вибірок n під розбірний інструмент.

Для роботи на забрудненій воді на вході в патрубок передбачаємо сітку q . Зливну пробку з конічним різьбленням розташовуємо внизу равлика в подовжній площині симетрії насоса.

Злив води можна автоматизувати, закривши випускний отвір підпружиненим клапаном. Клапан при пуску насоса закривається тиском води в равлику, а при зупинці відкривається силою пружини, з'єднуючи порожнину равлика із зливним трубопроводом. Накидаємо схему такого пристрою (рис. 6.178) для подальшого обговорення в процесі остаточного доопрацювання конструкції.

З'ясування решти елементів гідравлічної порожнини (конструкції вихідних патрубків, язиків, що відокремлюють вихідні патрубки від равликів, тощо), в розробці яких не передбачається ускладнень, переносимо на етап робочого проектування.

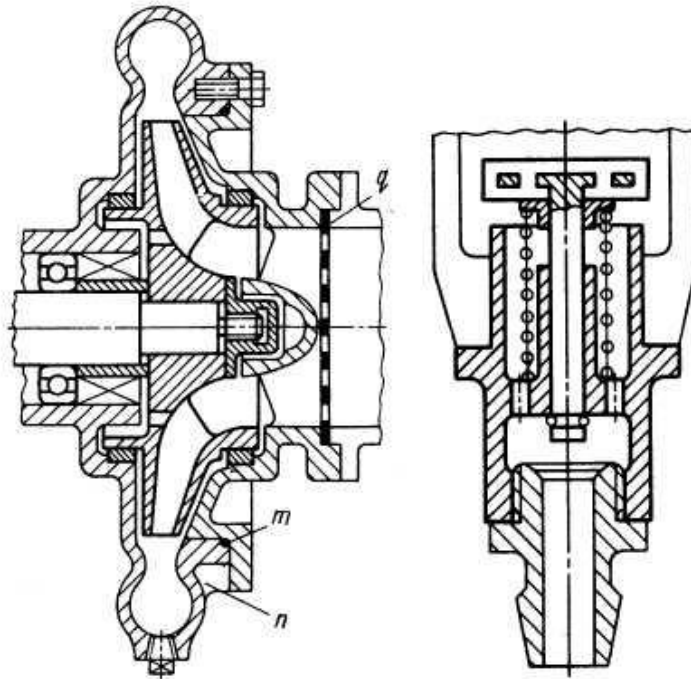


Рис. 6.177 – Гідравлічна порожнина

Рис. 6.178 – Схема автоматичного зливу води

Ущільнення гідравлічної порожнини. Ущільнення, яке відокремлює гідравлічну порожнину від порожнини підшипників, в значній мірі обумовлює експлуатаційну надійність насосу.

Для повного виключення можливості проникнення води з гідравлічної порожнини в масляне ущільнення доцільно виконати у вигляді двох ступенів, розташованих відповідно на «водяній» і «масляній» сторонах і розділених проміжною камерою, яка сполучена з атмосферою за допомогою дренажного отвору.

Для найбільш відповідального водяного ступеня вибираємо торцеве ущільнення, яке володіє властивістю самочинно припрацьовуватись і яке не має потреби, як звичайні сальники, в періодичній підтяжці. На масляній стороні встановлюємо севанитове ущільнення з еластомірною манжетою, яка охоплена браслетною пружиною (рис. 6.179).

У першому нарисі (рис. 6.180, *a*) торцевим ущільненням є диск 1, який несе севанитове ущільнення 2. Торець диска служить ущільнюючою поверхнею. Рухома частина ущільнення складається з шайби 3, яка приводиться в обертання зубчастим вінцем, нарізаним на внутрішній стороні кільця розвантажувального ущільнення крильчатки. Шайба постійно притиснута до нерухомого диска пружиною, яка спирається на торець крильчатки. Вторинним ущільненням, яке запобігає просочуванню води по розпірній втулці 4, є гумова манжета 5, яка щільно охоплює поверхню розпірної втулки. Комір манжети притиснутий до шайби 3 тією ж пружиною через сталеву гільзу 6. Просочування води крізь стик розпірної втулки і крильчатки попереджує ущільнююча кільцева прокладка 7, яка встановлена на стику.



Рис. 6.179 – Севанитове ущільнення валу з еластомірною манжетною

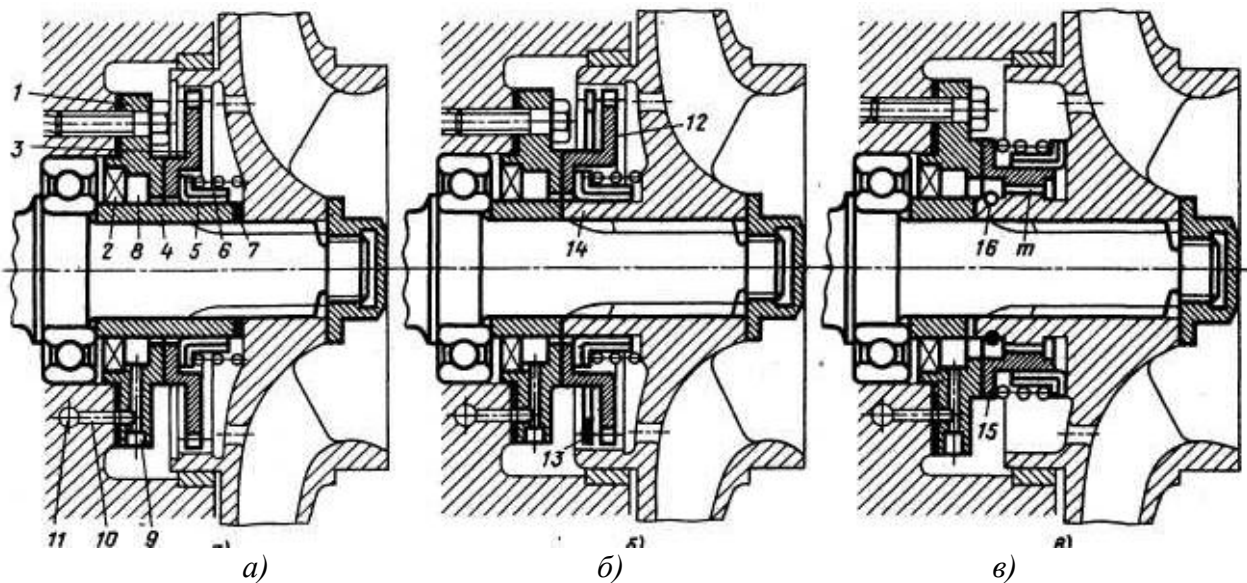


Рис. 6.180 – Схеми ущільнення валу

Проміжною камерою служить порожнина 8 між севанитовим ущільненням і стінкою диска 1, яка сполучена радіальним отвором 9 у фланці диска з подовжнім отвором 10 в корпусі, який сполучається через отвір 11 з атмосферою. Для зручності контролю за станом ущільнення (просочування води) отвір виведений убік за допомогою трубки, що завальцьована в стінці корпусу.

Недолік конструкції наступний: при демонтажі крильчатки пружина виводить ущільнюючу шайбу 3 із зачеплення з крильчаткою і виштовхує манжету 5, унаслідок чого ущільнення розпадається. Монтаж крильчатки і ущільнення складний по тих же причинах.

У конструкції на рис. 6.180, б ущільнююча шайба 12 зафіксована в осьовому напрямі в крильчатці кільцевим стопором 13, встановленим на зубчастому вінці крильчатки із зазором, який забезпечує осьове переміщення шайби у міру зношування ущільнюючих поверхонь. Манжета вторинного ущільнення встановлена на циліндричному подовженні 14 маточин крильчатки. При демонтажі весь вузол рухомого ущільнення,

зберігаючи цілісність, сходять разом з крильчаткою. Полегшено і монтаж, оскільки вузол рухомого ущільнення вільно надягається разом із крильчаткою на вал. Конструкція покращує центрування крильчатки на валу і робить зайвою установку прокладки ущільнювача між маточиною крильчатки і розпірною втулкою (прокладка 7 на рис. 6.180, *a*).

У найбільш доцільному варіанті на рис. 6.180, *b* шайба 15 рухомого ущільнення приводиться в обертання шліцами *m*, які нарізані на маточині крильчатки, що робить конструкцію в цілому компактнішою. Агрегатність надана установкою на ступиці кільцевого стопора 16. Можливість проникнення води на шліці кріплення крильчатки запобігається затягуванням крильчатки на валу ковпачковою гайкою і установкою ущільнювальної прокладки між гайкою і торцем маточини крильчатки.

При тиску на робочих поверхнях ущільнення порядку 20 МПа осьова сила, що розвивається пружиною, незначна; її можна ігнорувати при розрахунку осьового навантаження на фіксуючий підшипник.

Кріплення підшипників і крильчатки на валу. Конструктивна схема валу в зборі з підшипниками, крильчаткою і приводним фланцем показана на рис. 6.181. Головною умовою надійної установки підшипників на валу є затягування підшипників в осьовому напрямі. Приймаємо наступну систему кріплення підшипників на валу: передній (правий) підшипник затягуємо ковпачковою гайкою кріплення крильчатки на буртик валу через розпірну втулку; задній – гайкою кріплення приводного фланця через його ступицю.

Довжина ступиці приводного фланця має бути достатньою для розміщення зовнішнього ущільнення валу (з метою уніфікації встановлюємо тут таке ж манжетне ущільнення, як і у вузлі торцевого ущільнення) і, крім того, повинна забезпечити можливість закладу лапок знімача за фланець; приймаємо довжину ступиці 25 мм.

Крильчатку і приводний фланець встановлюємо на шліцах. В цілях уніфікації шліцьові з'єднання крильчатки і приводного фланця, а також нарізки під кріпильні гайки робимо однаковим. Центруємо шліцьове з'єднання по зовнішньому діаметру шліців з посадкою *H7/js6* по діаметру центрування. По бічних гранях шліців посадка *F8/js7*.

Передачу крутного моменту від валу електродвигуна до приводного фланця здійснюємо за допомогою вінця евольвентних шліців, нарізаних на периферії фланця. На приводному валу електродвигуна встановлюємо аналогічний фланець. Фланці сполучаємо шліцьовою втулкою 1, встановленою із зазором на шліцах обох фланців і зафіксованою в осьовому напрямі розрізним кільцем. Ця конструкція здатна передавати великий крутний момент при малих осьових розмірах і забезпечує компенсацію неспівісності установки електродвигуна і насоса. У ступиці крильчатки передбачаємо нарізку 4 під знімач. Між ступецею крильчатки і розпірною втулкою встановлюємо шайбу 2 для регулювання осьового положення крильчатки в корпусі.

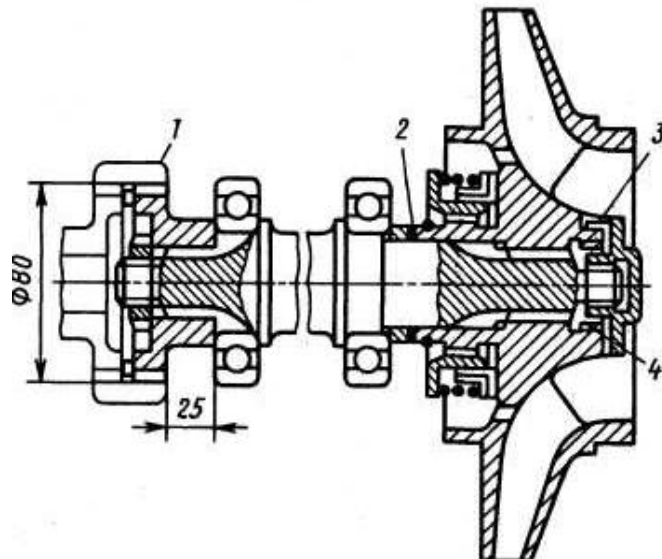


Рис. 6.181 – Схема валу в зборі з підшипниками, крильчаткою і приводним фланцем

Ковпачкову гайку кріплення стопоримо шайбою 3, пелюстки якої з одного боку відгинаються в пази на маточині крильчатки, з іншого – в пази на буртику ковпачкової шайби. Пелюсткову шайбу виконуємо зі сталі Х18Н9, яка підлягає відпалюванню, що дозволяє використовувати її як ущільнюючу прокладку для запобігання проникнення води в шліцьове з'єднання крильчатки, в нарізку гайки і нарізку під знімач.

Складання і розкладання. Порядок складання і розкладання тісно пов'язаний з системою установки підшипників на валу і в корпусі. Можливі дві основні схеми.

При першій схемі підшипники встановлюються в корпусі з натягом, а на валу – по посадці h або js . Порядок розкладання наступний. Спочатку з валу знімають приводний фланець, а потім рухом управо витягують вал з внутрішніх отворів підшипників разом з встановленою на ньому крильчаткою (рис. 6.182, а). Можливий і інший порядок: спочатку з валу знімають крильчатку і рухом вліво за приводний фланець витягують вал з підшипників (рис. 6.182, б). Описана схема унеможливує затягування підшипників на буртики валу і вимагає установки між підшипниками розпірної втулки 1. Крильчатка при цьому має бути зафіксована в осьовому напрямі на валу упором в сходинок 2 шліців. Обидва підшипники затягуються на торець крильчатки гайкою кріплення приводного фланця; сила затягування передається на передній (правий) підшипник через розпірну втулку.

Недоліки схеми наступні:

- після витягання валу розпірна втулка залишається в корпусі насоса;
- протягнути вал через цю втулку при подальшому складанні складно;
- посадочний пояс під один з підшипників при витяганні валу проходить крізь внутрішню обойму іншого підшипника, причому не виключено пошкодження поверхні поясу.

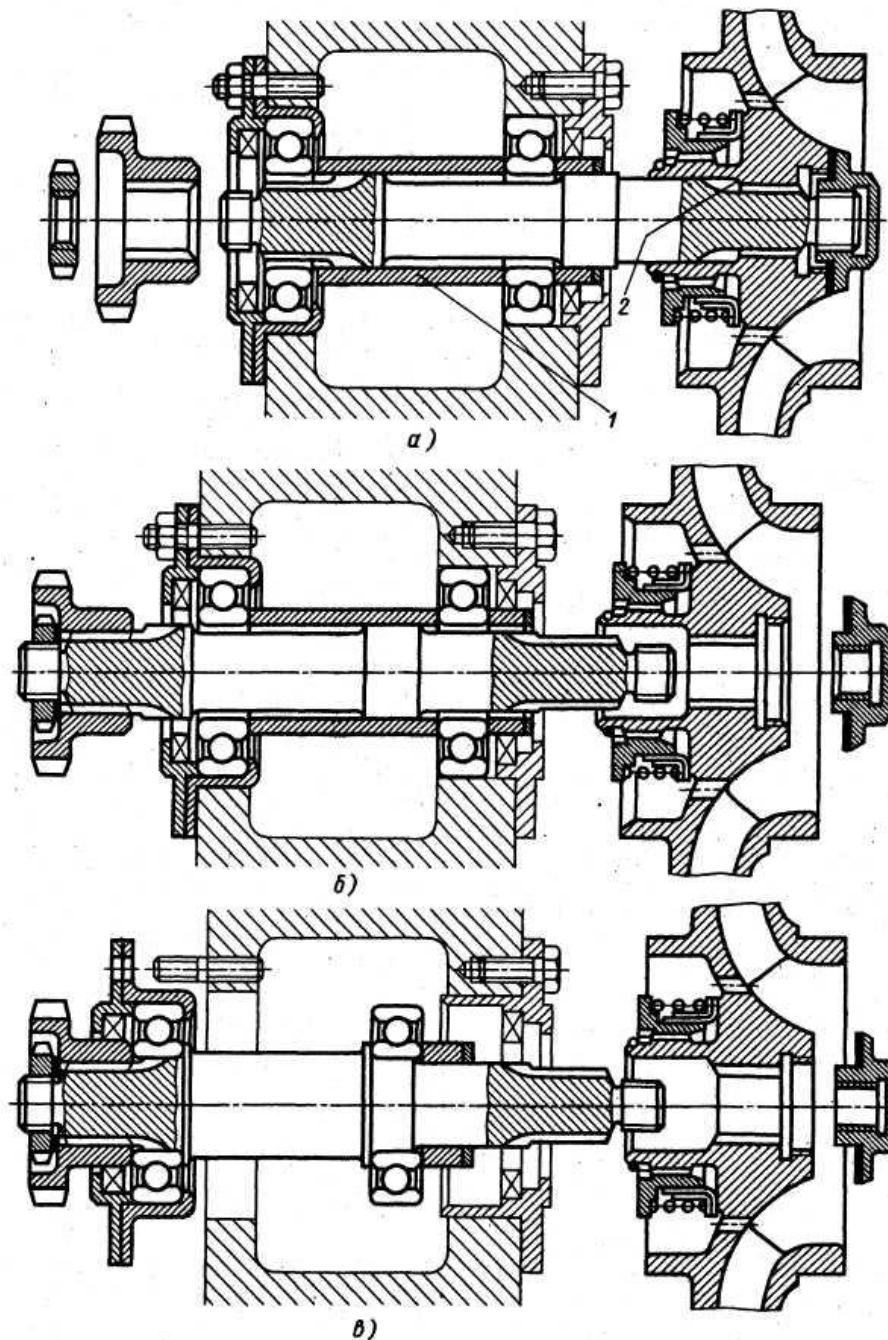


Рис. 6.182 – Схема складання і розкладання валу

Основним недоліком є відсутність посадочного натягу по внутрішніх отворах підшипників. При тривалій експлуатації можливе розбивання посадочних поясів під дією радіальних сил. Вигідно застосовувати посадку H по зовнішніх поверхнях підшипників, де тиск від радіальних навантажень в 2 рази менше.

По схемі (рис. 6.182, в) підшипники встановлюють на валу з натягом і при розкладанні витягують з корпусу разом із валом. Тут підшипники можна затягнути на буртики, виконані як одне ціле з валом. Підшипники кріплять кожен окремо: передній через втулку розпору затягують ковпачковою гайкою кріплення крильчатки задній – кріпильною гайкою приводного фланця.

Підшипники доцільно встановити в корпусі на перехідних гільзах: задній, фіксуючий, підшипник посадити в гільзі з натягом, гільзу в корпусі насосу – по посадці H/js . Передній підшипник доцільно вмонтовувати в перехідній гільзі по посадці H ; гільзу, виконану разом із корпусом переднього ущільнення, встановити в корпусі насоса по посадці H/js і притягувати до нього болтами.

Порядок розкладання наступний. З валу знімають крильчатку, відкручують болти кріплення корпусу заднього ущільнення і рухом вліво витягують вал разом з підшипниками. Задній підшипник виходить з корпусу разом з гільзою і корпусом севанитового ущільнення. Ущільнення переднього підшипника залишається в корпусі насоса. При витяганні валу передній підшипник вільно проходить через розширений посадочний отвір заднього підшипника. При повному демонтажі підшипники зпресовують з валу, що є легшою операцією, ніж випресовування підшипників з корпусу (як на рис. 6.182, *a*).

Із порівняння схем рис. 6.182, *a* і рис. 6.182, *b* очевидні переваги другої. Її і приймаємо за основу.

Мащення. Підшипники насосу працюють при невеликих навантаженнях і порівняно високій частоті обертання. Стінки корпусу масляної порожнини добре охолоджуються завдяки сусідству потоку води в гідравлічній частині. У цих умовах доцільна система мащення розбризкуванням із застосуванням рідкого мастила невеликої в'язкості і з пологою в'язкісно-температурною характеристикою. Вибираємо індустріальне мастило 12 з в'язкістю 12 сст при 50°C (по Енглєру $\text{VU}_{50}=2$).

При компонованні масляної системи необхідно вирішити наступні завдання:

- попередити барботаж і спінювання мастила, що викликають зайвий нагрів і які прискорюють теплове переродження мастила;
- забезпечити резерв мастила на тривалий термін роботи;
- забезпечити регулярну подачу мастила до підшипників в помірних кількостях;
- захистити підшипники від надлишкового мастила і попередити проникнення масляних бризок на кульки і сепаратори;
- забезпечити вентиляцію масляної порожнини щоб уникнути виникнення тиску в порожнині і викиду мастила крізь ущільнення в періоди нагріву (пуск) і утворення вакууму в періоди охолодження (зупинки);
- забезпечити зручний злив відпрацьованого мастила і заливку свіжого;
- забезпечити зручний контроль рівня мастила.

Перші два завдання в основному вирішуються збільшенням відношення об'єму масляної ванни до місткості масловідстійника в нижній частині корпусу (рис. 6.183). Місткість масловідстійника в осьових розмірах можна збільшити за рахунок його роздачі в сторони.

Підшипники захищаємо від надлишкового мастила за допомогою установки відбивних дисків 2 на обернених всередину масляної порожнини торцях підшипників. У даній конструкції регулярне підведення мастила до підшипників представляє деякі труднощі. Нерідко вживана система масляної ванни, яка заповнюється мастилом до рівня нижніх кульок, не вирішує задачу. З пониженням рівня мастила в результаті випаровування легких складових підшипники залишаються без мастила задовго до вичерпання всього резерву, що вимушує часто доливати мастило.

Застосувати звичайний прийом подачі мастила за допомогою кільця, яке вільно висить на валу, в даному випадку неможливо за монтажними умовами, оскільки кільце перешкоджає виїмці валу з корпусу. Введення хоч би простого приводного масляного насосу пов'язане з появою зайвих частин, що труться. Крім того, привід насоса заважатиме розкладанню валу. Доцільним варіантом є установка на валу відкидного підпружиненого розбризкувача 1 (рис. 6.183).

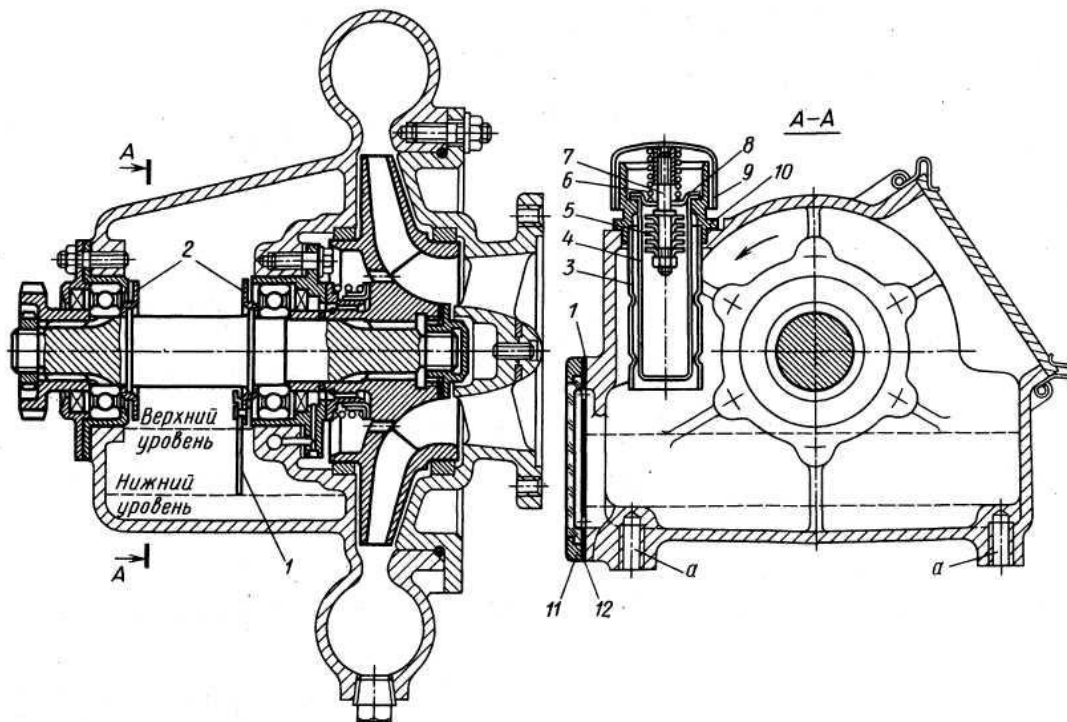


Рис. 6.183 – Насос із масляною порожниною (компонувальне креслення)

Розбризкувачем (рис. 6.184) є важіль, виготовлений з тонколистової сталі, і закріплений на відбивному диску переднього підшипника і притяганий пружиною 2 до упору 3. Під дією відцентрової сили важіль, долаючи натягнення пружини, висувається, занурюючись в масляний відстійник. При зупинці насоса пружина повертає важіль в початкове положення, що дозволяє безперешкодно витягувати вал з корпусу. Незначна невірноваженість, що виникає при висунутому розбризкувачі, усувається шляхом установки на відбивному диску невеликої противаги 4. Завдяки здатності розбризкувача самовстановлюватись кількість мастила, що подається ним, автоматично підтримується приблизно постійною, незалежно

від його рівня у відстійнику. Занурюючись в мастило, розбризкувач кожного разу відхиляється проти напрямку обертання, захоплюючи невелику порцію мастила, що попереджає зайвому барботажу.

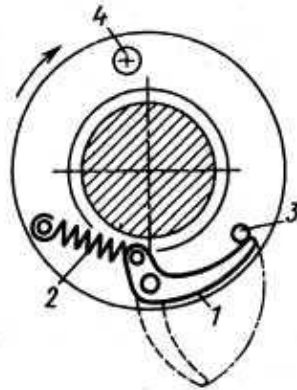


Рис. 6.184 – Висувний розбризкувач

Верхній рівень мастила у відстійнику розташовуємо по нижніх точках обойм шарикопідшипників. При вибраних розмірах відстійника загальний об'єм мастила, що заливається у відстійник, рівний $\sim 1,3$ л, а робочий корисно використовуваний об'єм, визначуваний глибиною занурення розбризкувача у відстійник в крайньому висунутому положенні ~ 1 л, що забезпечує тривалу роботу насоса без доливання свіжого мастила.

Для вентиляції масляної порожнини встановлюємо суфлер, який використовується також для заливки мастила. Доцільно розташувати суфлер поблизу заднього підшипника в площині А-А, в зоні, віддаленій від площини дії розбризкувача. У цій же зоні можна встановити мастиловказівник. Суфлер складається з корпусу 10 з подовжувальним кожухом 3, що захищає від масляних бризок. У корпусі встановлений довгий циліндричний сітчастий фільтр 4, що дозволяє заливати мастило крізь воронку великого розміру. Фільтр притиснутий до запличика корпусу шайбою 8, яка ковзає по стрижню 7, встановленому в ковпачку 9 суфлера, і навантаженою пружиною 6. Ковпачок закріплений в корпусі суфлера штиковим замком і зафіксований в замку тією ж пружиною 6.

На продовженні стрижня 7 встановлений пакет шайб 5, які запобігають викиду масляних бризок через суфлер. При знятті ковпачка цей пакет виходить з суфлера разом з ковпачком, звільняючи внутрішню порожнину суфлера для заливки. Шайба 8 при знятті ковпачка сідає на запличик стрижня. Мастиломірне скло 11 встановлюємо з боку суфлера, що дозволяє стежити за рівнем мастила при заливці. Безпосередньо за склом розташовуємо екран 12 з пластика білого кольору, який утворює вузьку порожнину, що сполучається з масляною порожниною насоса. Екран полегшує спостереження за рівнем мастила і оберігає мастиломірне скло від забризкування при заливці мастила, а також при роботі насоса.

Для огляду масляної порожнини на стороні, протилежній розташуванню суфлера, передбачаємо люк з легкозйомною кришкою.

Для кріплення насоса до рами вводимо чотири нарізні отвори, два з яких (рис. 6.183) розташовані в площині установки суфлера і два у вихідного равлика. Підсумком даного етапу проектування є компоувальне креслення загального виду насосу (рис. 6.185).

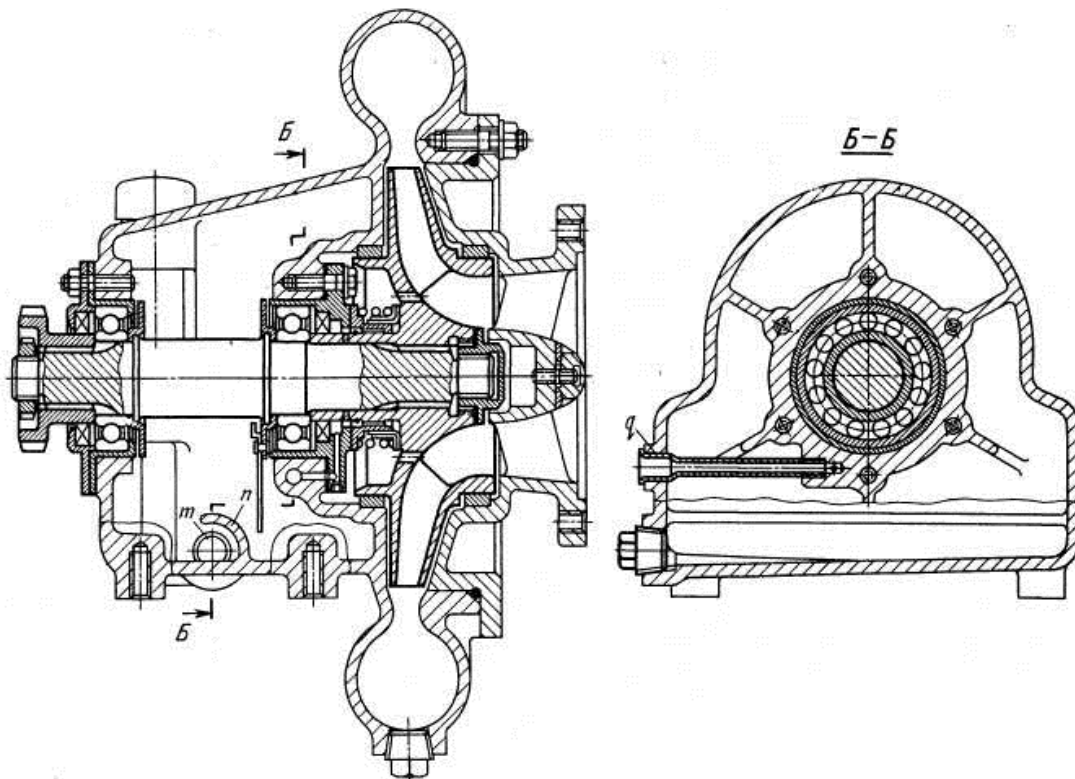


Рис. 6.185 – Насос (компоувальне креслення)

Отвір *m* для зливу мастила розташовуємо в похилому каналі масляної порожнини. Щоб уникнути підйому осаду відокремлюємо канал від площини дії розбризкувача козирком *n*. Зливну пробку встановлюємо з боку розташування суфлера і мастиломірною скла. На цю ж сторону виводимо дренажний отвір ущільнення. Дренаж здійснюється трубкою *q*, яка загвинчена у бобишку переднього підшипника. Протилежний кінець трубки розвальцьовано в стінці корпусу.

Варіант з равликом зменшеного розміру. Варіант насосу із зменшеними радіальними розмірами (по схемі рис. 6.176, *з*) показаний на рис. 6.186. Крильчатці надана конічна форма: равлик зміщений убік і наближений до корпусу насосу. Дренажний канал торцевого ущільнення виконаний з нахилом і зміщений убік для того, щоб обійти равлика.

Насос доцільно кріпити безпосередньо на корпусі приводного фланцевого електродвигуна перехідником 1. При такому кріпленні відпадає необхідність в рамі для установки насосу. Муфта приводу розташована в закритому з усіх боків корпусі перехідника; установка в цілому виграє в компактності і масі. Конструкція розрахована на випуск насосу в комплекті з фланцевим електродвигуном (мотор-насос).

Систему кріплення можна зробити універсальною, якщо разом з фланцем кріплення передбачити в нижній частці корпусу кріпильні отвори,

які дозволяють у разі потреби встановлювати насос на рамі. Передні кріпильні отвори в даній конструкції слід перенести на фланець корпусу насоса (площина a); задні залишити на колишньому місці.

Враховуючи позитивні сторони конструкції з равликками зменшеного розміру, приймаємо її як основний варіант. На обговорення представляємо також первинну розробку (див. рис. 6.186) і варіанти окремих вузлів насоса (наприклад, вузла автоматичного зливу води, рис. 6.178), доцільність введення яких конструктор не береться вирішити самостійно і які потребують експериментальної перевірки.

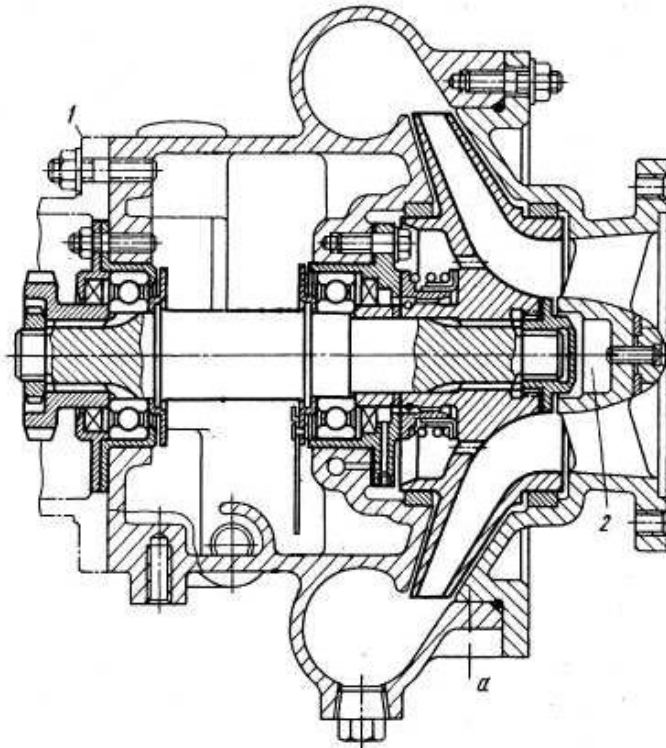


Рис. 6.186 – Насос з равликками зменшеного розміру (компонувальне креслення)

Надійність. На додаток до прийнятих заходів, що забезпечують довговічну роботу підшипників, вводимо загартування з нагрівом ТВЧ посадкових поясів валу під підшипники до твердості не нижче $HRC\ 50$ з подальшим зміцнювальним наоченням загартованими роликками. Вал виготовляється зі сталі 45.

Для збільшення терміну служби мастила і підшипників доцільно застосувати мастило із стабілізуючими присадками (комплексні присадки ЦИАТИМ-330, АЄНИП-8), що має бути обумовлене в технічних вимогах.

Довговічність насоса залежить головним чином від терміну служби ущільнення торця і корозійно-стійкості крильчатки, корпусу насоса і інших деталей, дотичних з водою. Довговічність ущільнення визначається матеріалом поверхонь тертя. Нерухомий корпус ущільнення виконуємо із сталі 40X13, піддаючи його азотуванню ($HV\ 700-800$). Рухомий диск ущільнення виготовляється з тієї ж сталі; його робочу поверхню покриваємо шаром металокерамічної (бронзо-графітної) композиції, просоченої силіконовим пластиком.

Для виготовлення крильчатки і корпусу насосу можна застосувати наступні матеріали:

- чавун СЧ 30 підвищеної міцності, $\sigma_{\delta} = 260 \div 300$ МПа, твердість *НВ* 180–250, густина 7,2 кг/дм³; його недоліком є крихкість (подовження $\delta < 0,3$ %) і невисока корозійна стійкість у воді;
- чавун ЖЧНДХ 15–7–2 (нирезист), $\sigma_{\delta} = 250$ МПа, твердість *НВ* 150–170, щільність 7,6 кг/дм³, матеріал вигідно відрізняється від сірого чавуну пластичністю ($\delta = 3 \div 4\%$); стійкість в прісній воді в 15–20 разів більше, ніж у сірого чавуну;
- силумін АЛ4 (8–10 % *Si*; 0,4% *Mn*; 0,25 % *Mg*; решта *Al*), міцність (у модифікованому стані) $\sigma_{\delta} = 180 \div 220$ МПа, твердість *НВ* 70–80, подовження $\delta = 2 \div 3$ %, щільність 2,65 кг/дм³; матеріал володіє хорошими ливарними властивостями; стійкість в прісній воді вища, ніж у сірого чавуну, хоча і поступається стійкості нирезиста.

Силумін вигідний малою густиною, що обумовлює при рівності розмірів перетинів істотне (майже в 3 рази) зниження напружень від дії відцентрових сил в порівнянні з попередніми матеріалами. Проте треба зважати на його знижену унаслідок малої твердості абразивну стійкість. Цей недолік особливо відчутний для крильчатки, яка піддається інтенсивній дії рухомого з великою швидкістю потоку води і яка переміщається з ще більшою швидкістю щодо шарів води в зазорах між стінками корпусу і дисками крильчатки.

Порівнявши переваги і недоліки перерахованих матеріалів, вирішуємо виконати корпус насоса з силуміну, крильчатку – з нирезисту. Підвищена вартість останнього цілком окупається збільшенням надійності насосу. При конструюванні корпусу, виконаного з силуміну, необхідно врахувати м'якість і пластичність цього матеріалу. Як кріпильні деталі необхідно застосовувати шпильки. Під гайки слід встановлювати підкладні шайби. Отвори під зливну пробку і болти кріплення насоса мають бути армовані сталевими футеровками. Враховуючи знижену жорсткість силуміну, стінки корпусу треба робити завтовшки > 8 мм і підсилювати внутрішніми ребрами.

Для додаткового захисту стінок водяної порожнини від корозії встановлюємо в маточині нерухомого апарату лопатки цинковий протектор 2 (рис. 6.186). Інші деталі, дотичні з водою, виконуємо з корозійностійких сталей: пружину ущільнення, кріпильні деталі, пробку зливу – з термообробленої сталі 40Х13; стопорні деталі – зі сталі Х18Н9.

Серед інших заходів збільшення надійності відзначаємо необхідність термообробки шліців валу, а також всіх кріпильних деталей. Шліцьовий вінець приводного фланця повинен мати твердість не нижче *HRC* 55, що можна досягти загартуванням шліців із нагрівом ТВЧ. Поверхні, по яких працюють манжети севанитових ущільнень, повинні мати твердість не нижче *HRC* 45 і шорсткість не більше *Ra* 0,032. Гайки внутрішніх кріпильних деталей слід зафіксувати (застопорити), наприклад, за допомогою відгибних шайб.

Робоче компонування. Після порівняльного аналізу і вибору остаточного варіанту складають робочу компоновку, яка служить початковим матеріалом для робочого проектування. На робочій компоновці (рис. 6.187) наносять основні розрахункові, приєднувальні і габаритні розміри, розміри посадочних і центруючих з'єднань, типи посадок і квалітети, серію підшипників. Указують максимальний і мінімальний рівень мастила в мастило-відстійнику. На полі креслення приводять основні характеристики агрегату (продуктивність, напір, частоту і напрям обертання, споживану потужність електродвигуна) і технічні вимоги (перевірка водяних порожнин насосу гідровипробуванням, випробування крильчатки на міцність під дією відцентрових сил та ін.). На підставі робочої компоновки проводять необхідні перевірочні розрахунки.

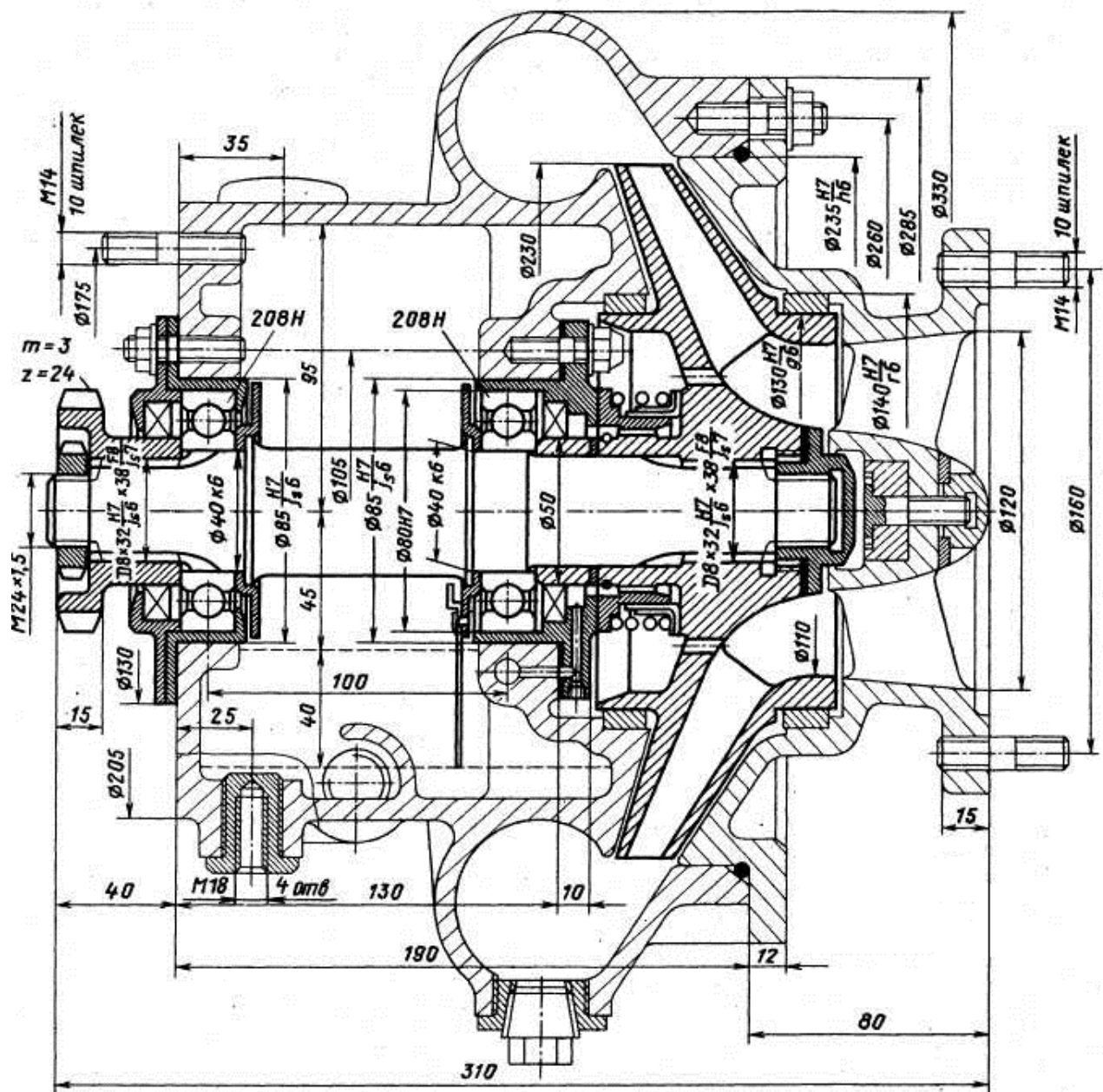


Рис. 6.187 – Робоча компоновка насосу

6.2.5 Забезпечення точності складання вузла

На стадії проектування важливе місце займає розмірний аналіз конструкції, за допомогою якого визначають методи досягнення точності складання складальних одиниць і загального складання виробу. Одночасно з цим вирішуються задачі визначення параметрів точності деталей: граничних відхилень розмірів, форми і взаємного розташування поверхонь [24].

Під точністю складання слід розуміти властивість процесу складання виробу забезпечувати відповідність значень параметрів виробу заданим в конструкторській документації. Це означає, що в результаті складання взаємні положення деталей і складальних одиниць у виробі повинні забезпечити взаємне положення або відносний рух виконавчих поверхонь машини в межах допусків, які встановлені технічними вимогами.

Призначення допусків на розміри деталі пов'язане з виникненням складних суперечностей. З одного боку, точність деталі, що призначається конструктором з вимог функціональної доцільності, а з іншого – досяжна точність, яка визначається технологом з урахуванням виробничих умов.

Якщо вимоги точності деталі не можуть бути виконані на даному виробництві, то методи повної і неповної взаємозамінності не застосовують. В такому разі в конструкцію вводять спеціальні деталі – компенсатори, які дозволяють розширити допуски на механічну обробку деталей виробу до прийнятних або економічно виправданих значень.

У зібраному виробі як самі деталі, так і їх розміри взаємопов'язані. Ці взаємні зв'язки називаються розмірними зв'язками. У технології машинобудування використовуються принципи забезпечення заданої точності початкової замикаючої ланки складального розмірного ланцюга, засновані на методах взаємозамінності і методах компенсації.

Такі методи досягнення необхідної точності замикаючої ланки, як метод групової взаємозамінності, методи регулювання, пригону і складання, з компенсуючими матеріалами припускають компенсацію похибок ланок розмірного ланцюга безпосередньо при складанні, тому їх відносять до методів технологічної компенсації.

Якщо одна з штатних деталей складальної одиниці допускає зміну (регулювання) її установчого або структурного розміру в процесі складання або в процесі експлуатації машини, то така деталь називається *конструкторським компенсатором*. Досягнення ж заданої точності початкового замикаючого розміру за допомогою такого компенсатора називається *конструкторською компенсацією*.

Вибір методів досягнення необхідної точності починається з вивчення конструкції і виявлення її виконавчих поверхонь. Потім визначаються склад складальних одиниць і деталей, їх зв'язок і взаємодія. Далі формулюються завдання, які необхідно вирішити в процесі досягнення необхідної точності машини або складальної одиниці. Кожне завдання стосується точності тільки одного з параметрів розмірного зв'язку, тому для його вирішення виділяється відповідний розмірний ланцюг.

В процесі рішення задачі необхідно: виявити початкову замикаючу ланку, яка відображає суть вирішуваного завдання (відстань і відносні повороти поверхонь, осей); виявити установчі ланки розмірного ланцюга (відстані, відносні повороти); виявити розмірний ланцюг. Слід йти від поверхонь деталей, створюючих початкову замикальну ланку, до основних баз деталей, які базують перші деталі. Окремими ланками враховуються неспівпадання основних і допоміжних баз тощо до допоміжних баз базуючої деталі складальної одиниці і утворення замкнутого контуру.

Виявлений початковий замикаючий розмір наносять на схематичне креслення виробів або складальної одиниці. На це ж креслення наносять установчі розміри, позначені тією ж буквою, що і початковий замикаючий розмір. Індексація порядковими номерами призначається у напрямі обходу замкнутого контуру розмірного ланцюга за годинниковою стрілкою, починаючи з початкового замикального.

Метою розрахунку складального розмірного ланцюга є: визначення номінального розміру і граничних відносних відхилень початкового замикаючого розміру по заданих розмірах і відхиленнях складових ланок; вибір методу досягнення точності початкової замикаючої ланки і відповідного методу розрахунку розмірного ланцюга.

По характеру впливу на початковий замикаючий розмір величини розмірів розмірного ланцюга, розрізняються на скалярні, векторні і такі, що відносяться до сполучень із зазором. У типових розмірних ланцюгах до *скалярних* відносяться величини лінійних розмірів (довжини втулок, ступиць, кілець, відстані між поверхнями і т. п.). До *векторних* відносяться величини радіального і осьового биття поверхонь, відхилень від співвісності зв'язаних поверхонь.

Необхідність враховувати величини розмірів, пов'язаних із зазорами в сполученнях, викликана тим, що вибірка зазорів в процесі складання або роботи виробу у результаті може приводити до втрати точності взаємного розташування деталей і, отже, якості виробу.

Установка двох складальних одиниць на загальній основі. Завдання забезпечення точності установки двох складальних одиниць на загальній плиті, рамі, фундаменті виникає при загальному складанні машин і механізмів і в харчовому машинобудуванні зустрічається достатньо часто.

Точність взаємного розташування цих кутів оцінюється відносним розташуванням валів, що сполучаються, яке, у свою чергу, визначається трьома параметрами: зміщенням, що допускається, в радіальному напрямі; допустимим кутом відносного повороту; допустимими зсувом в осьовому напрямі. Ці параметри є початковими розмірами відповідних розмірних ланцюгів і залежать від наявності і типу сполучної муфти.

Типовим прикладом установки двох вузлів на загальній плиті є установка електродвигуна (рис. 6.188) і редуктора на плиті. Очевидно, що радіальний і кутовий зсув валів довільно розташовані в просторі і є замикаючими розмірами складних просторових розмірних ланцюгів. Для зручності розгляду

вказані зсуви слід шляхом проектування привести до радіального і кутового зсувів у вертикальній і горизонтальній площині і тим самим від двох складних просторових ланцюгів перейти до чотирьох простіших лінійних.

Необхідна точність складання двох складальних одиниць на загальній плиті забезпечується геометричними характеристиками об'єкту складання, якими є початкові замикаючі розміри відповідних розмірних ланцюгів: A_1 – характеризує зсув осей валів у вертикальній площині; γ_1 – характеризує не-паралельність (точність кутового розташування) осей валів у вертикальній площині, B_1 і β_1 – відповідні характеристики в горизонтальній площині (рис. 6.188); A_2 – характеризує зсув валів в осьовому напрямі (рис. 6.189).

Таким чином, можна відзначити, що в загальному випадку відносно розташування двох вузлів, встановлених на загальній плиті, описується п'ятьма розмірними ланцюгами: A , γ , B , β , A . Виявлені початкові замикаючі розміри наносять на креслення і конструктивні схеми і далі виявляють і наносять складові розміри, як це описано вище, отримуючи тим самим розрахункові схеми розмірних ланцюгів.

На рис. 6.188 виявлений розмірний ланцюг A , який визначає точність розташування осей валів електродвигуна і редуктора у вертикальній площині: A_1 – початковий розмір, радіальне зміщення осей валів у вертикальній площині; A_2 і A_3 – відстані відповідно від осей валів електродвигуна і редуктора до опорних поверхонь (допоміжних баз базуючої деталі – плити); A_4 – компенсаторна прокладка; A_5 – розмір уступу плити.

Розмірний ланцюг γ визначає точність кутового розташування осей валів електродвигуна і редуктора у вертикальній площині; γ_1 – не-паралельність осей валів; $\gamma_2, \gamma_3, \gamma_4$ – відхилення від паралельності основних і допоміжних баз відповідних деталей об'єкту складання.

На рис. 6.188 показана схема розташування кріпильних отворів для установки електродвигуна і редуктора на плиті і отриманий розмірний ланцюг B : B_1 – початковий замикаючий розмір, допустиме радіальне зміщення осей валів в горизонтальній площині; B_2 і B_3 – відстані від осей валів до лінії розташування кріпильних отворів відповідно в лапах двигуна і корпусу редуктора; B_4 і B_5 – неспівпадання осей кріпильних отворів в електродвигуні і плиті; B_6 – відстань між лініями розташування кріпильних отворів в плиті для електродвигуна і редуктора.

Розмірний ланцюг β визначає точність кутового розташування осей валів в горизонтальній площині. У цьому ланцюзі: β_1 – початковий замикаючий розмір, перекис осей (непаралельність в горизонтальній площині); β_2 і β_3 – відхилення від паралельності осей валів і ліній розташування осей кріпильних отворів відповідно в лапах двигуна і корпусі редуктора; β_4 і β_5 – відхилення від паралельності ліній розташування кріпильних отворів в лапах електродвигуна і плиті і відповідно в корпусі редуктора і плиті; β_6 – відхилення від паралельності ліній розташування кріпильних отворів в плиті і в редукторі і електродвигуні.

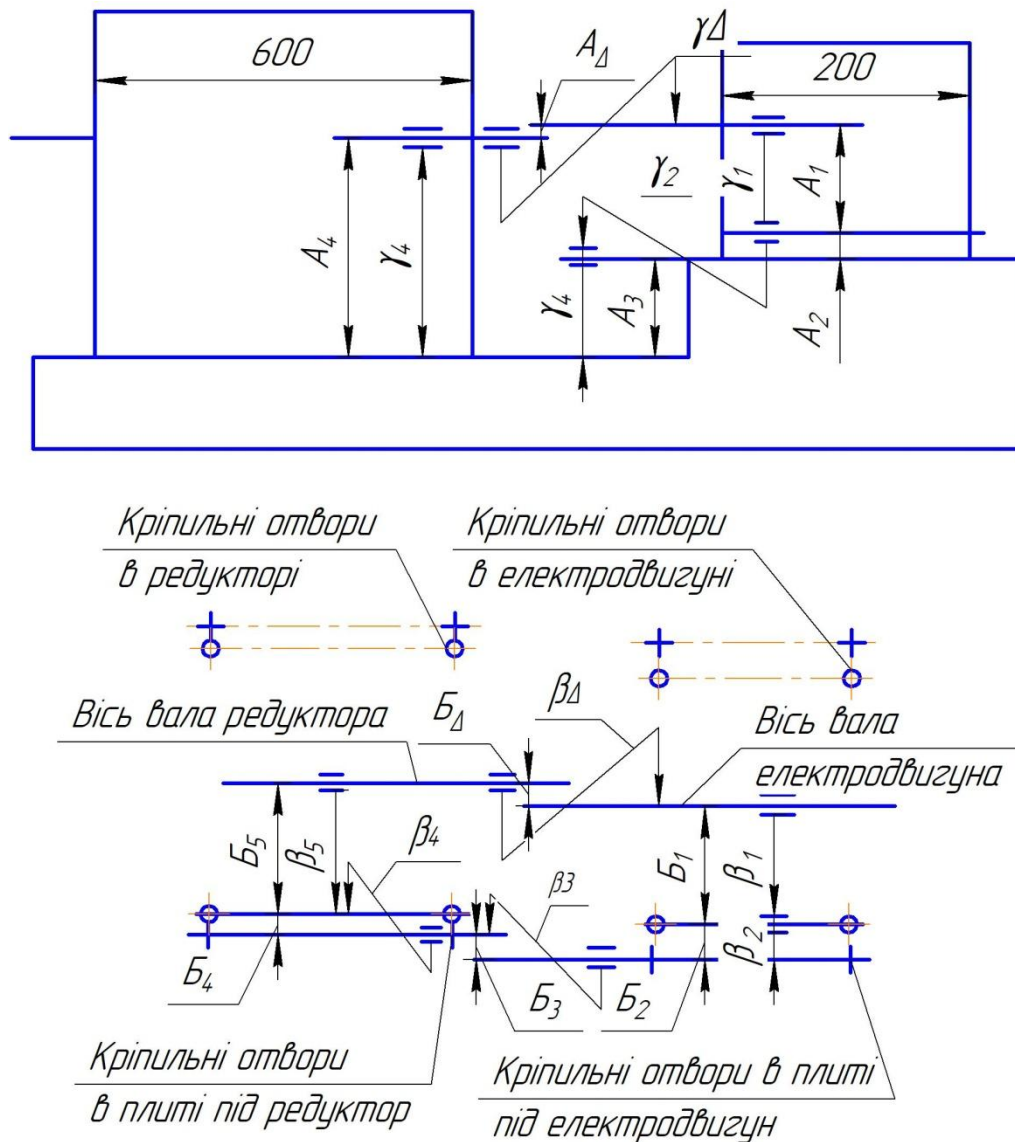


Рис. 6.188 – Приклад установки електродвигуна і редуктора на загальній плиті

Відносне осьове положення електродвигуна і редуктора (рис. 6.189) характеризується розмірним ланцюгом Δ : Δ_1 – початковий розмір, зазор між торцями напівмуфти; Δ_1 і Δ_7 – осьові розміри маточин напівмуфт; Δ_2 і Δ_6 – відстані від осей кріпильних отворів на лапах електродвигуна і корпусі редуктора до прилеглих торців відповідно валу електродвигуна і валу редуктора; Δ_3 і Δ_5 – неспівпадання осей кріпильних отворів відповідно в плиті і на лапах електродвигуна і в плиті і корпусі редуктора; Δ_4 – відстань між системами кріпильних отворів в плиті під електродвигун і редуктор.

На рис. 6.189 розмірний ланцюг K координує вхідний кінець вала і, отже, положення напівмуфти щодо осі кріпильного отвору редуктора: K_1 – початковий замикаючий розмір, відстань від осі кріпильного отвору до упорного торцю вхідного валу редуктора; всі складові розміри розмірного ланцюга K_1, \dots, K_5 – зрозумілі з рисунку. Слід зазначити, що початковий розмір K_1 є розміром Δ_6 в розмірному ланцюзі Δ , тобто $\Delta_6 = K_1$. Для електродвигуна розмір Δ_2 є аналогічно K_1 початковим замикальним для подібного розмірного ланцюга.

Відхилення від співісності валів у вертикальній площині формується похибками розмірів A_1 , A_3 , A_4 і відхиленнями від паралельності γ_1 , γ_3 , γ_4 ; граничні відхилення висоти осей обертання і відхилення від паралельності осі обертання щодо базової площини (в даному прикладі A_1 і A_4 , і γ_1 і γ_4) приймаються по рекомендаціям. Для зручності контролю непаралельність і перекіс осей валів γ_4 в технічних умовах на складання задають лінійним зсувом Δ_γ на довжині l (наприклад, при $\Delta_\gamma = 0,1$ мм і $l = 100$ мм пишуть $\gamma_4 = 0,1/100$ мм/мм).

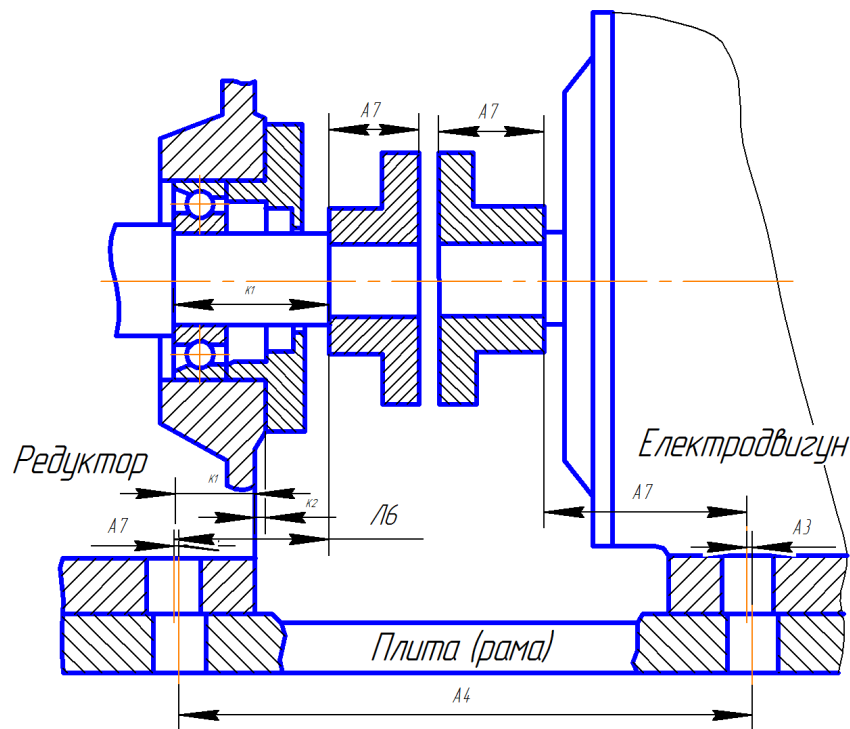


Рис. 6.189 – Розмірні ланцюги точності осевого положення вузлів

Співісність валів в горизонтальній площині забезпечують при складанні переміщенням і поворотом вузлів по базовій площині. Точність зміщення осей валів залежить від застосованих складальних пристосувань, точності контрольних засобів і кваліфікації складальників.

Радіальне зміщення у вертикальній площині отримують за допомогою компенсаторних підкладок A_2 під кожною лапою, які потім фрезерують або шліфують до необхідного розміру (метод пригону). Можлива установка під кожную лапу набору підкладок (метод регулювання), розміри і кількість яких отримують розрахунком (зазвичай 2...3 підкладок з ряду товщини: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8 мм). Застосування підкладки або набору підкладок однакової товщини відхилення від паралельності осей валів у вертикальній площині не компенсує. Тому під кожную лапу електродвигуна ставлять підкладки або набір підкладок різної товщини.

Сумарне осьове зміщення осей валів виходить підсумовуванням похибок осевих розмірів (рис. 6.189). При необхідності його зменшують вивірянням осевого положення вузлів шляхом переміщення їх на бічній площині.

На точність осевого положення вмонтовуваних вузлів безпосередньо впливає складовий розмір Δ_4 , який зв'язує на плиті (рамі) системи кріпильних отворів під електродвигун і під редуктор.

Складальні одиниці механізмів приводу машин.

Особливістю більшості технологічних машин і механізмів є наявність приводу, до складу якого входять різні передачі, що виконані або у вигляді окремих складальних одиниць (редуктори), або вбудовані в конструкцію машини.

Надійність роботи найчастіше використовуваних в харчовому машинобудуванні зубчастих і черв'ячних передач може бути досягнута тільки при суворому виконанні заданих вимог точності виготовлення деталей і складання. Через характерні особливості умов роботи конічних і черв'ячних зачеплень точність складання таких передач вимагає особливої уваги.

При проектуванні, виготовленні і складанні черв'ячних передач необхідно забезпечити точність збігу середньої площини зубчастого вінця черв'ячного колеса з віссю обертання черв'яка (рис. 6.190).

Осьове положення черв'ячного колеса визначається розмірним ланцюгом P : P_1 – початковий замикаючий розмір, неспівпадання середньої площини вінця черв'ячного колеса з віссю черв'яка; P_2 – відстань від осі отворів під опори валу черв'яка до базового торця корпусу; P_3 – ланка-компенсатор (набір прокладок); P_4 – розмір, що відноситься до кришки підшипника (ланцюговий розмір); P_5 – монтажна висота підшипника; P_6 – ланцюговий розмір на валу колеса, відстань між торцями буртика; P_7 – відстань між середньою площиною зубчастого вінця і базовим торцем маточини черв'ячного колеса.

При установці валів на підшипниках кочення потрібно забезпечити необхідний за умовами експлуатації радіальний зазор в підшипниках. Він при складанні виявляється як необхідний умовний осевий зазор між торцями кришки і зовнішнього кільця підшипника. Для стандартних радіально-упорних підшипників, наприклад, цей зазор приймають рівним осевій грі і призначають за довідковими даними.

Зазор між торцями кришки і зовнішнього кільця підшипника визначається розмірним ланцюгом. У розмірному ланцюзі H : H_1 – початковий замикаючий розмір, умовний зазор між торцями зовнішнього кільця підшипника і кришки; H_2, H_3 – ланцюговий розмір кришки підшипника, відстань між базовими торцями; H_4, H_5 – ланки-компенсатори (набір прокладок); H_6 – розмір між базовими торцями корпусу; H_7, H_8 – монтажна висота підшипника; H_9 – ланцюговий розмір колеса, відстань між базовими торцями буртика; H_{10} – довжина ступиці черв'ячного колеса; H_{11} – висота дистанційного кільця.

Як бачимо, на рис. 6.190 розмірних ланцюгів P та H мають загальні ланки, що беруть участь в двох розмірних ланцюгах, отже, вони є паралельно зв'язаними схемами розмірних ланцюгів.

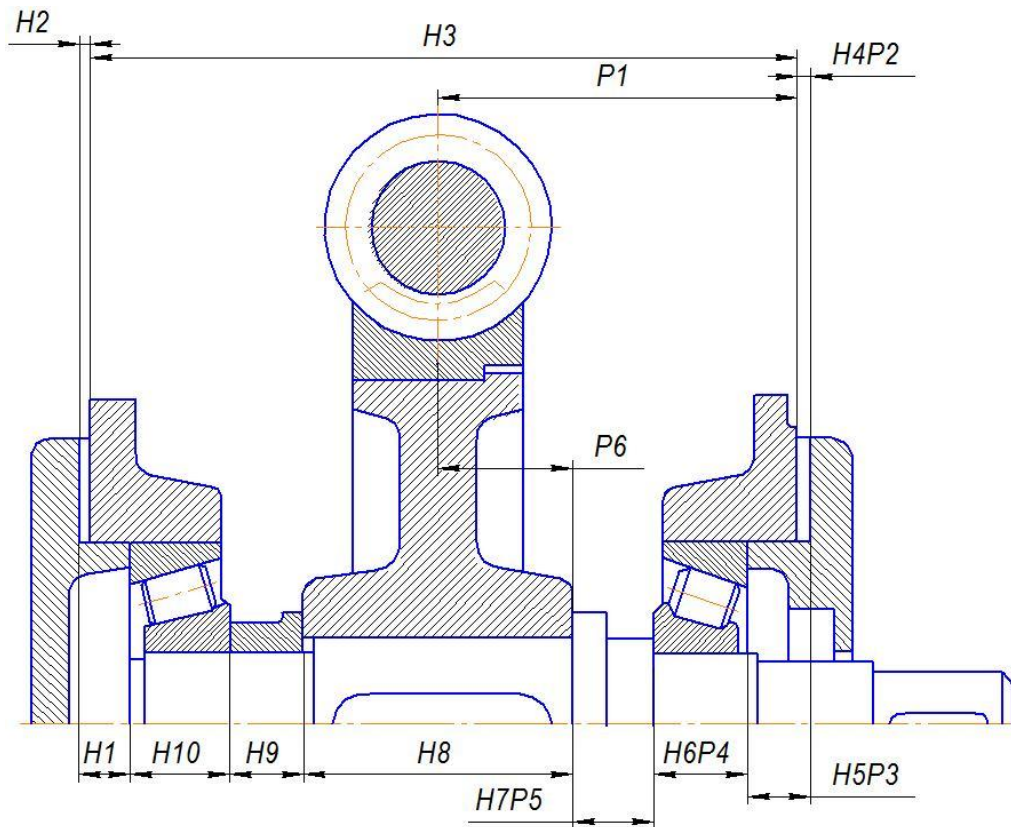


Рис. 6.190 – Розмірні ланцюги черв'ячної передачі

В іншому прикладі, функціональними показниками якості складання відцентрового насоса є подача і герметичність при заданій частоті обертання. Подача пов'язана з осьовими зазорами між елементами крильчатки і відповідними направляючими поверхнями корпусу насоса і корпусу підшипників (рис. 6.191).

Точність осьового зазору між лопатками крильчатки і корпусом підшипників визначається розмірним ланцюгом H , для якого: H_1 – початковий замикаючий розмір, осьовий розмір між конусною поверхнею корпусу підшипників і кромками лопатей крильчатки; H_1 – відстань від торця корпусу підшипників до конусної поверхні; H_2 – відстань між базовими торцями корпусу; H_3 – довжина дистанційної втулки; H_4 – ширина внутрішнього кільця підшипника; H_5 – товщина відбивача; H_6 – товщина стопорного кільця; H_7 – відстань від базового торця канавки до упорного торця на валу насоса; H_8 – відстань між упорним і зовнішнім торцем крильчатки; H_9 – осьовий розмір лопаті по зовнішній циліндровій поверхні крильчатки (висота лопаті).

Точність осьового (торцевий) зазору між крильчаткою і корпусом насоса визначається розмірним ланцюгом Π , для якого: Π_1 – початковий замикаючий розмір, осьовий (торцевий) зазор; Π_1 – висота лопаті, осьовий розмір по зовнішній циліндровій поверхні крильчатки; Π_2 – осьовий зазор між конусною поверхнею корпусу підшипників і кромками лопатей; Π_3 – розмір корпусу підшипників між базовим торцем і конічною поверхнею; Π_4 – товщина набору прокладок, розмір компенсатора; Π_5 – відстань між торцями корпусу насоса.

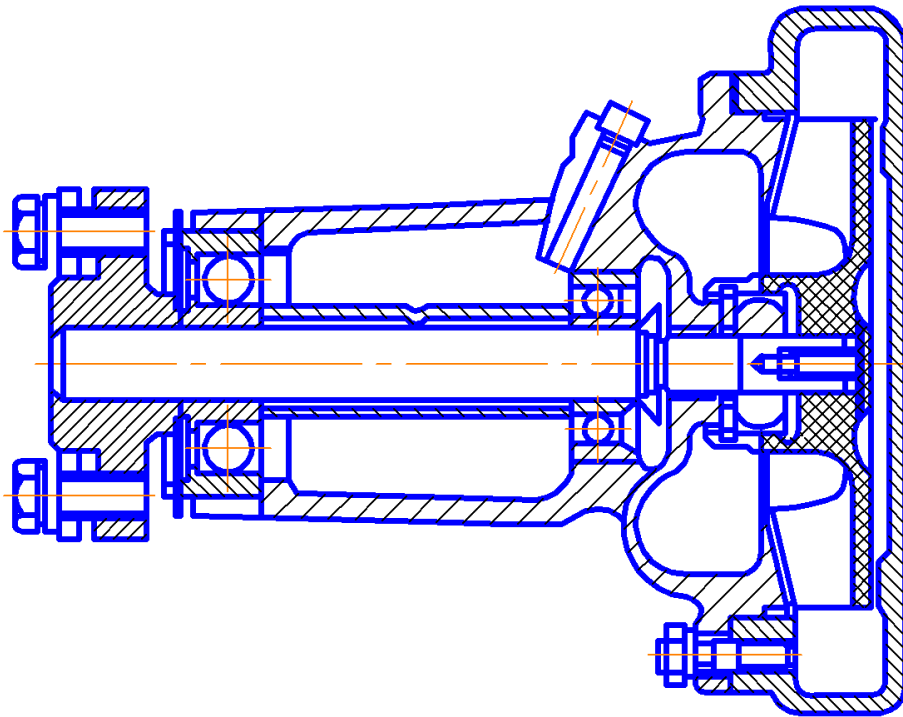


Рис. 6.191 – Розмірні ланцюги відцентрового насосу

Як бачимо, розмірні ланцюги H і Π мають загальні ланки, причому початковий замикаючий розмір H_1 є складовим (Π_2) розмірного ланцюга Π . У цій безпосередньо зв'язаній парі схем першим має бути розрахований розмірний ланцюг H .

При розрахунку розмірних ланцюгів розглядають дві задачі: пряму і зворотну.

Пряма задача зазвичай вирішується в процесі проектування, коли по заданих характеристиках початкового замикаючого розміру визначаються характеристики складових розмірів. Розрахунок розмірного ланцюга в цьому випадку практично зводиться до визначення номінальної величини і граничних відхилень складових розмірів по заданих номінальних величинах і граничним відхиленням замикаючого розміру.

Зворотна задача полягає у визначенні характеристик замикаючого розміру по відомих характеристиках складових розмірів. В цьому випадку розрахунок розмірного ланцюга зводиться до визначення номінальної величини і граничних відхилень замикаючого розміру по номінальних величинах і граничних відхиленнях складових розмірів. В процесі рішення зворотної задачі визначаються також величина і граничні відхилення одного з складових розмірів по відомих характеристиках решти складових і початкового замикаючого розмірів ланцюга. Така постановка завдання зазвичай має місце, коли точність складання виробу визначається розмірним ланцюгом з компенсатором.

Залежно від методу досягнення точності початкового замикаючого розміру, поставленого завдання, технологічних можливостей виготовлення і складання виробу і виробничих умов, розмірні ланцюги розраховуються наступними методами: на *максимум-мінімум* і *імовірнісним*. Перший з них

враховує тільки граничні відхилення ланок ланцюга, другий враховує явище розсіювання і вірогідність різних поєднань відхилень ланок.

У практиці машинобудування при проектуванні і виробництві машин прийнято, що при великій кількості складових ланок в розмірному ланцюзі (при $n-1 > 5$) необхідна точність початкового замикаючого розміру досягається по методу неповної взаємозамінності. При $n-1 < 5$ можливе досягнення точності методом повної взаємозамінності.

Більш докладно методика проведення розрахунків розмірних ланцюгів наведена у спеціальній літературі, наприклад у [16].

6.2.6 Призначення посадок рухомих і нерухомих з'єднань

Допуски, які відомо, обмежують відхилення розмірів, форми поверхонь і перетинів деталей. Їх встановлюють заздалегідь, виходячи з вимог взаємозамінності, умов подальшої обробки, складання, умов роботи деталі в механізмі тощо.

Посадки визначають з'єднання і необхідну характеристику з'єднання через допуски. Посадки призначають, виходячи з умов роботи сполучення деталей в механізмі. Єдина система допусків і посадок (ЄСДП) передбачає 40 рекомендованих посадок в системі отвору (11-ти з них треба віддавати перевагу) і 39 посадок в системі валу (з яких 6-ти віддається перевага).

Посадки із зазором. Ковзні посадки типу H/h – широко розповсюджені. Вони мають мінімальні зазори в з'єднанні (гарантований найменший зазор дорівнює нулю) і є самими щільними посадками з усіх вільних посадок. Посадки $H5/h4$ та $H6/h5$ (високої точності) застосовують для особливо точного центрування, наприклад, для з'єднання пінолі з корпусом задньої бабки токарного верстату.

Посадка $H7/h6$ застосовується при високих вимогах до центрування з'єднань, які часто розкладаються або регулюються, наприклад, змінні зубчасті колеса на валах, центрувальні корпуси під підшипники кочення, поршневі шток в напрямних втулках (рис. 6.192), кулачки на валах, фрези на оправках, фрикційні муфти тощо. Крім того, цю посадку застосовують для рухомих з'єднань з коротким робочим ходом (рис. 6.193) з метою підвищення точності напрямлення замість посадки $H7/g6$.

Для центруючих поверхонь при знижених вимогах до співвісності використовується посадка $H8/h7$, яка забезпечує легкість складання й регулювання вузла.

Посадки $H9/h8$ (рис. 6.194, а) та $H8/h9$ (рис. 6.194, б) широко застосовуються для нерухомого закріплення деталей при невеликих вимогах до точності механізмів, невеликих навантаженнях і необхідності забезпечення легкого складання (шків, муфти, зубчасті колеса та інші деталі, що з'єднуються з валом за допомогою шпонок, корпуси підшипників кочення, центрування фланцевих з'єднань і т. ін.); в рухомих з'єднаннях – повільних або нечастих обертальних та поступальних переміщеннях (поршні і поршневі золотники в циліндрах, з'єднувальні муфти, повзуни на шпонках

тощо). Посадки $H10/h9$, $H10/h10$, $H11/h11$, $H12/h12$ (зниженої точності) застосовують для неточних з'єднань, центрування фланців і кришок, з'єднання арматури для кришок сальників в корпусах, для зірочок на валах в ланцюгових передачах, для з'єднань під розклепування, паяння, зварювання; в рухомих з'єднаннях – для з'єднання роликів на валах, для посадки на великій довжині сполучення.

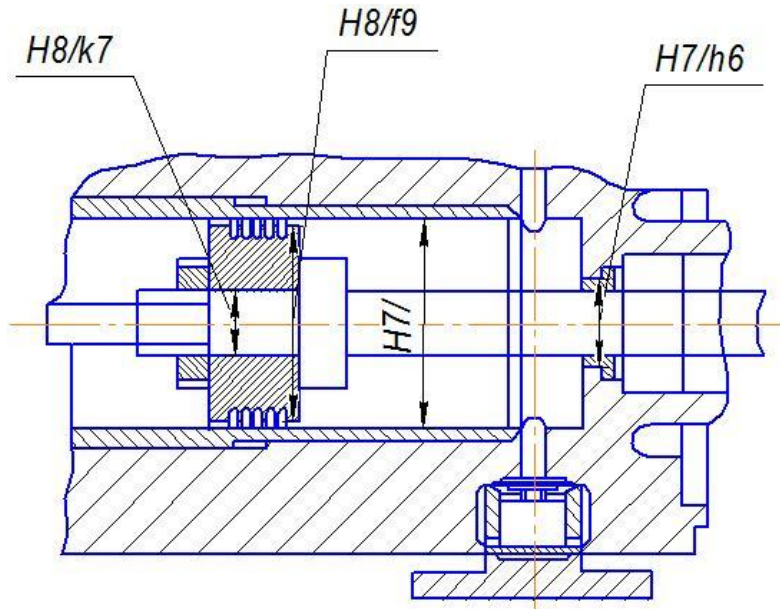


Рис. 6.192 – Посадки в циліндрі циркуляційного насосу високого тиску

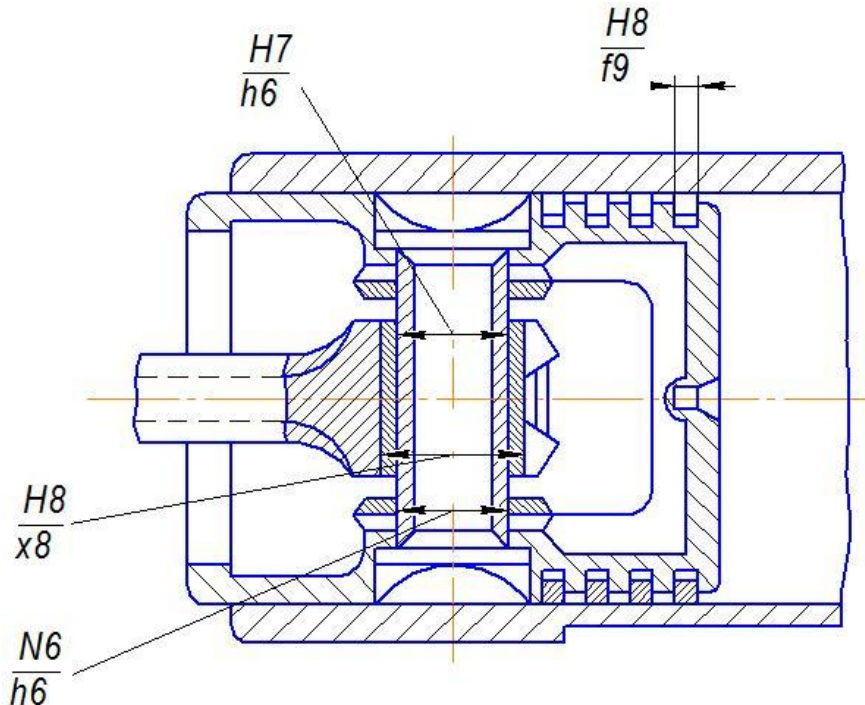


Рис. 6.193 – Посадки в головці шатуна

Вільні посадки $H5/g4$, $H6/g5$, $H6/g7$ забезпечують взаємне осьове переміщення сполучних деталей при збереженні високої точності центрування. Посадка $H6/g5$ обумовлює високу вартість її реалізації, тому у випадках, коли допускається зниження вимог по точності центрування

рухомих деталей, її замінюють посадкою $H7/g6$, яка технологічно порівняно легко виконується, застосовують її в рухомих з'єднаннях для забезпечення точного напрямлення чи при легких ходах, для центруючих з'єднань рухомих елементів в штампах, пересування шестерень на валах тощо.

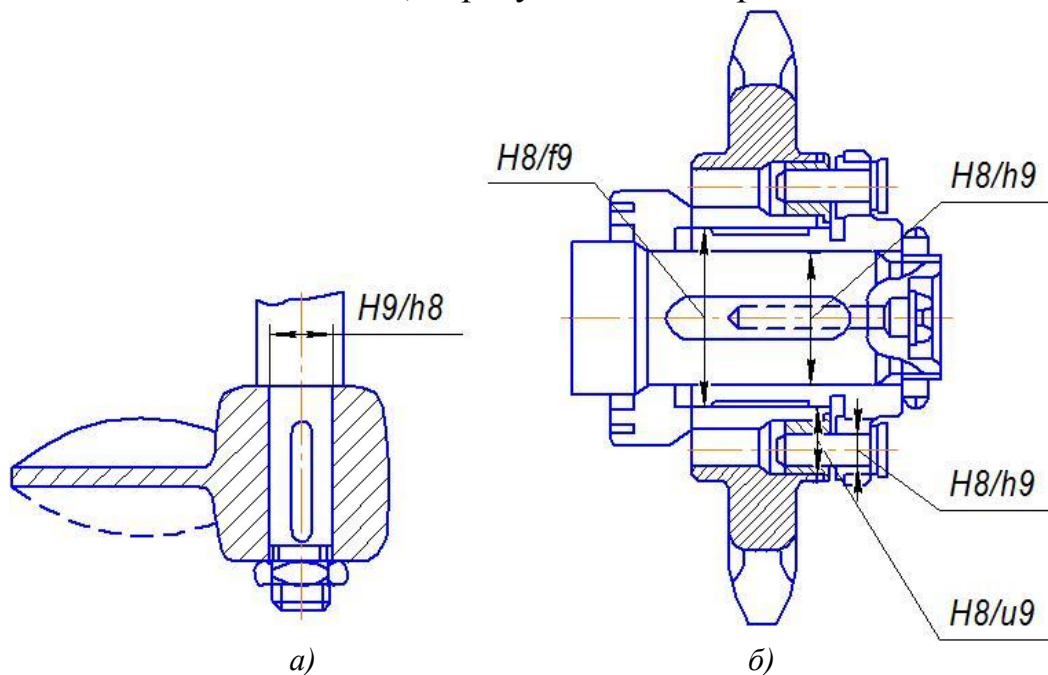


Рис. 6.194 – Посадки для нерухомо закріплюваних деталей:
а) лопаті мішалки на валу; б) у запобіжній муфті скребкового конвеєра

Посадки типу H/f є ходовими і гарантують зазор, достатній для руху (обертання) із середньою швидкістю. Посадка $H7/f7$ (рис. 6.195) призначена для рухомих з'єднань, коли необхідно забезпечити легкодоступну посадку високої якості, наприклад підшипники ковзання для всіх легких і середніх машин, підшипники зубчастих коліс та шківів, що вільно обертаються на осях. В рухомих з'єднаннях з підвищеною точністю центрування рекомендується використовувати посадку $H6/f6$. Якщо вимоги до точності центрування знижені, то застосовують посадки $H8/f7$, $H8/f8$, $H8/f9$ (див. рис. 6.192–6.194), $H9/f9$.

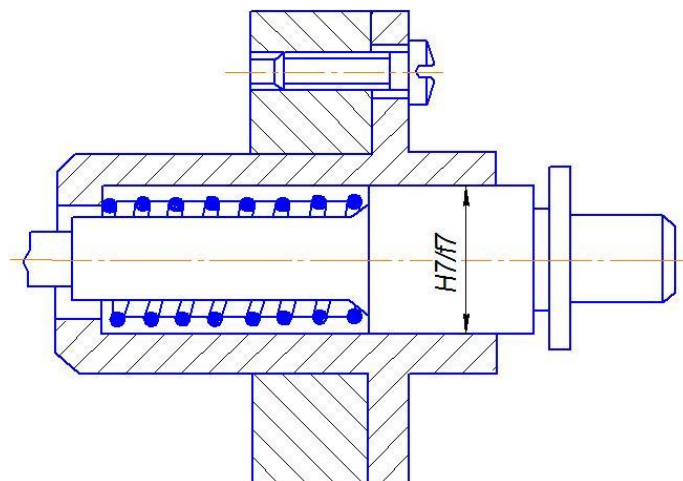


Рис. 6.195 – Посадка валика з вільним осьовим переміщенням

Посадки типу H/e – вільні, застосовується в 6, 7, 8, 9 квалітетах в залежності від режиму роботи, точності центрування, відносної трудомісткості обробки посадочних поверхонь валу і отвору. Найбільш поширена посадка $H8/e8$ (з тих, яким віддається перевага). Вона забезпечує легкокорухоме з'єднання, яке допускає радіальне переміщення без значних перепадів (в опорах, віддалених одна від одної). Застосовується в механізмах малої точності, наприклад, в підшипниках ковзання, що працюють в умовах рідинного чи напіврідинного режиму тертя чи осьових напрямних.

В підшипниках ковзання невідповідальних машин застосовуються посадки зниженої точності $H8/e9$, $H9/e8$, $H9/e9$.

Посадки типу H/d дають легко рухомі з'єднання загального застосування, які допускають радіальне переміщення і компенсують похибки складання чи температурні деформації. Точні посадки $H7/d8$, $H8/d8$ мають обмежене використання. Посадки $H8/d9$ і $H9/d9$ (з тих, яким віддається перевага) (рис. 6.196) використовують при встановленні приводних валів в підшипниках, для з'єднання холостих шківів з валами і т. ін. Посадки низької точності $H10/d10$, $H11/d11$ (рис. 6.197 і 6.198) застосовуються у випадках неточних рухомих з'єднань.

Посадки H/a , H/b , H/c характеризуються надто великим гарантованим зазором, застосовуються в основному у 11 і 12 квалітетах і використовуються для грубих з'єднань, які потребують вільного складання, для забезпечення відносного переміщення деталей в умовах забруднення, для компенсації похибок складання і температурних деформацій.

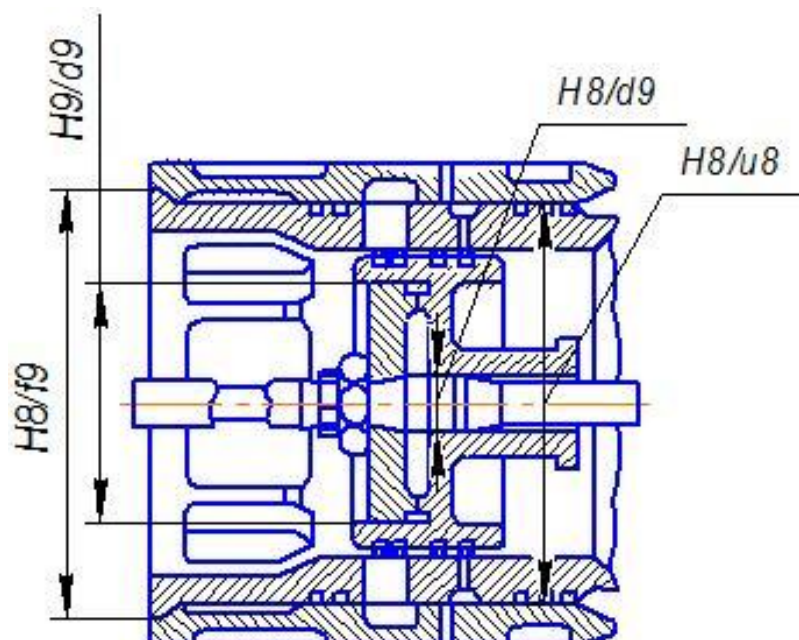


Рис. 6.196 – Посадки циліндричної гільзи з золотником

Посадки з натягом. Посадки з натягом застосовуються для створення нерухомих з'єднань без додаткових кріплень. Нерухомість з'єднань досягається за рахунок напружень, які виникають в матеріалі

сполучних деталей в наслідок деформації контактних поверхонь. Посадку вибирають з умови, що при найменшому натягу забезпечується міцність з'єднання і передача навантаження, а при найбільшому – міцність деталей.

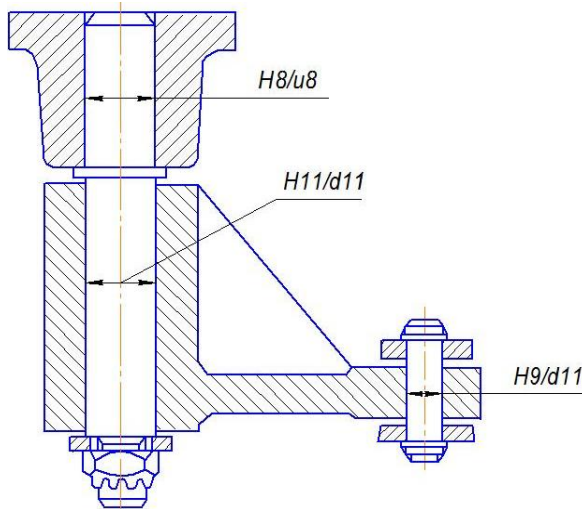


Рис. 6.197 – Посадки в поворотній осі

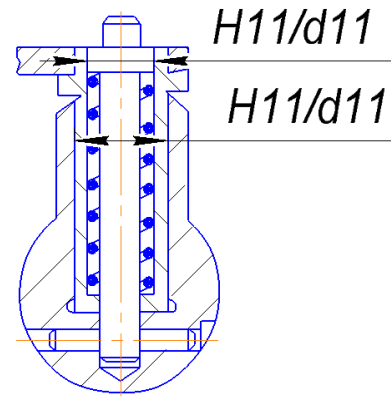


Рис. 6.198 – Посадки в рукоятці для стопоріння

Важкі і особливо важкі посадки, до яких відносяться H/u , H/x , H/z , характеризуються великим гарантованим натягом із значним його коливанням. Ці посадки призначенні для передачі великих зусиль і моментів при важких умовах роботи без додаткового кріплення, як правило, не розраховуються. Посадки $H7/u7$, $H8/u8$ застосовуються при значних навантаженнях, в тому числі знакозмінних, наприклад в установчих штифтах (рис. 6.199), циліндричній гільзі в корпусі золотника (рис. 6.196).

Посадки $H8/x8$ (рис. 6.193), $H8/z8$ характерні для деталей, запресування яких як правило, проводять з розігріванням отвору (охолодженням валу); застосовується в нероз'ємних з'єднаннях, що працюють з зазорами і вібрацією.

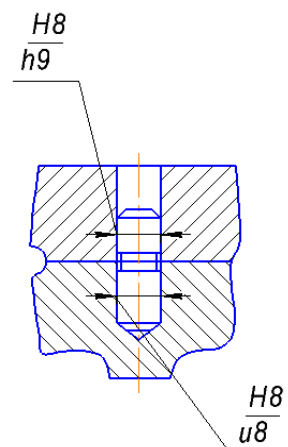


Рис. 6.199 – Посадки в елементі з'єднання деталей установчим штифтом

Середні посадки $H6/r5$, $H7/r6$ (останній надається перевага), $H6/s5$, $H7/s6$ (останній надається перевага), $H7/s7$, $H7/t6$ та аналогічні посадки в системі валу можуть передавати доволі значні зусилля без додаткового

кріплення, наприклад, для встановлення бронзових вінців черв'ячних коліс (рис. 6.200) для запресування втулок в шківів і зубчасті колеса.

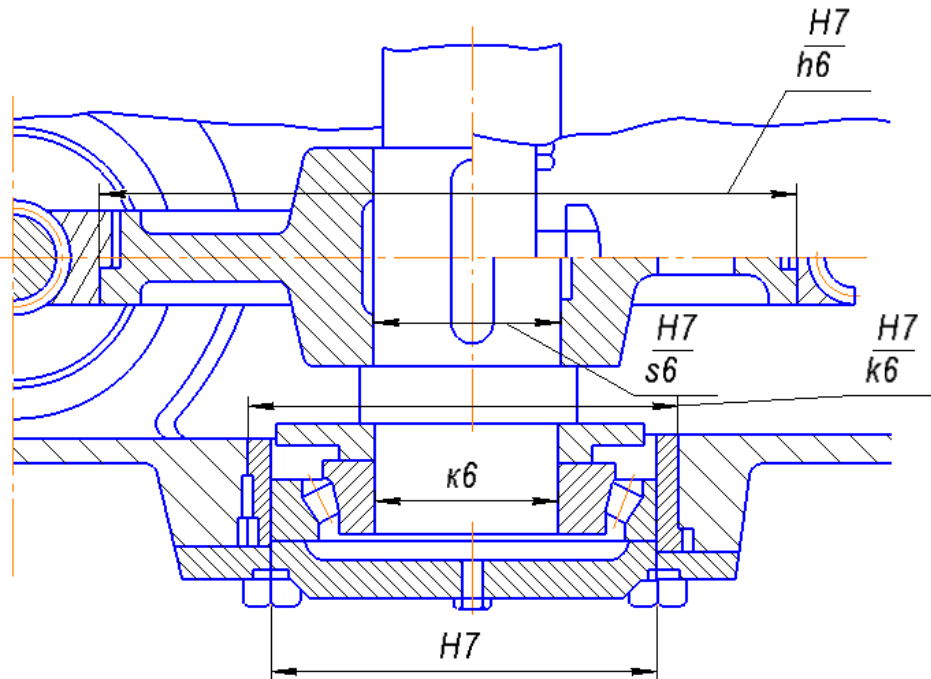


Рис. 6.200 – Посадки в черв'ячному колесі з вінцем і валом, закріпленім в радіально-упорному підшипнику

Легкі посадки типу $H7/p6$ (віддається перевага), $H6/p5$ (більш точна і застосовується рідко) забезпечують гарантований натяг і застосовуються для з'єднання тонкостінних деталей і передачі невеликих зусиль.

Перехідні посадки. Перехідні посадки призначені для нерухомих з'єднань деталей, які потребують легкого складання і розкладання при великій точності центрування.

Для передачі зусиль і моментів використовують кріпильні деталі (шпонки, штифти, натискні гвинти тощо). Посадки $H8/js7$, $H8/js6$ (віддається перевага), $H6/js5$, $H5/js4$ – щільні, застосовуються в легкороз'ємних нерухомих centruючих з'єднаннях, які піддаються частому розкладанню. Посадки $H6/js5$, $H5/js4$ важко досягти технологічно і застосовуються рідко.

Посадки типу H/k широко використовуються в нерухомих роз'ємних з'єднаннях для точного центрування з'єднуваних деталей. Складання цих посадок достатньо просте (за допомогою молотка), і з цієї причини вони застосовуються частіше інших перехідних посадок. Посадка $H7/k6$ (віддається перевага) використовується в з'єднаннях зубчастих коліс, зірок і шківів з валами. Посадки меншої точності $H8/k7$ (рис. 6.192) застосовуються при знижених вимогах до точності центрування. Посадки підвищеної точності $H5/k4$, $H6/k5$ мають обмежене застосування у відповідальних з'єднаннях чи високоточних приладах.

Посадки типу H/m забезпечують точне центрування з ексцентриситетом, який практично дорівнює нулю. Проте, це ускладнює складання і розкладання з'єднання у порівнянні з посадками H/k . Для передачі зусиль

потребують додаткового кріплення шпонковими, муфтами тощо. Посадки типу H/m застосовуються при посадці кулачків на валу, в з'єднанні тонкостінних втулок з валами.

Посадки $H6/n6$ (віддається перевага), $H8/n7$ є найбільш міцними з перехідних посадок, застосовуються для передачі зусиль середньої величини при спокійних умовах роботи без додаткового кріплення. Посадка $H6/n5$ є посадкою з натягом, відносні величини якої незначні. Нерухомість з'єднання забезпечується додатковим кріпленням.

Вибір посадок підшипникових вузлів залежить від виду тертя (кочення чи ковзання), умов монтажу та роботи підшипників. Для підшипників кочення посадка на вал виконується в системі отвору і отвір внутрішнього кільця підшипника є в цих посадках основним отвором. Посадки підшипників в корпусі виконують в системі валу, а основним валом в цих посадках є зовнішня поверхня зовнішнього кільця.

6.3 Проектування деталі

6.3.1 Послідовність проектування деталі

Конструктивні форми і розміри деталі визначаються функціональним призначенням деталі у складі вузла, умовами її роботи. Проектування деталі не може бути проведене без врахування конструкції вузла, до складу якого вона входить [23]. Наприклад, якщо розглядати в зборі вузол, який містить вал, то легко простежується, що розміри, форма і розташування поверхонь валу узгоджуються з вмонтованими на ньому деталями.

Основні розміри деталей визначаються конструктивними міркуваннями і підтверджуються потім розрахунком. Частина розмірів деталі є вже заданою до її проектування зі складального креслення вузла.

Рационально сконструйована деталь при виконанні своїх функцій повинна мати достатню міцність, жорсткість і довговічність, але без надлишкових запасів. Міцність та довговічність деталей істотним чином залежать від виду та марки матеріалу, термічної і зміцнювальної обробки, однак найбільш суттєвий вплив на міцність здійснює конструкція деталі. Конструктивне рішення деталі повинне відповідати вибраному способу отримання заготовки. При цьому, необхідні знання технології заготівельних цехів, вміння вибрати матеріал для виготовлення деталі, вміння оцінювати виробничі можливості і техніко-економічну доцільність вибраного способу отримання заготовки.

Розглянемо вибір способу отримання заготовки для наступної деталі – зубчастого колеса зі ступицею. З креслення (рис. 6.201, *a*) видно, що вся деталь може бути отримана з товстого листа після вирізання круглої заготовки газополуменевим різанням. Втрати металу будуть при цьому значними. Цей спосіб може бути прийнятним при одиничному виробництві. При серії ж в 20 шт. такий спосіб отримання заготовки стає вкрай не вигідним.

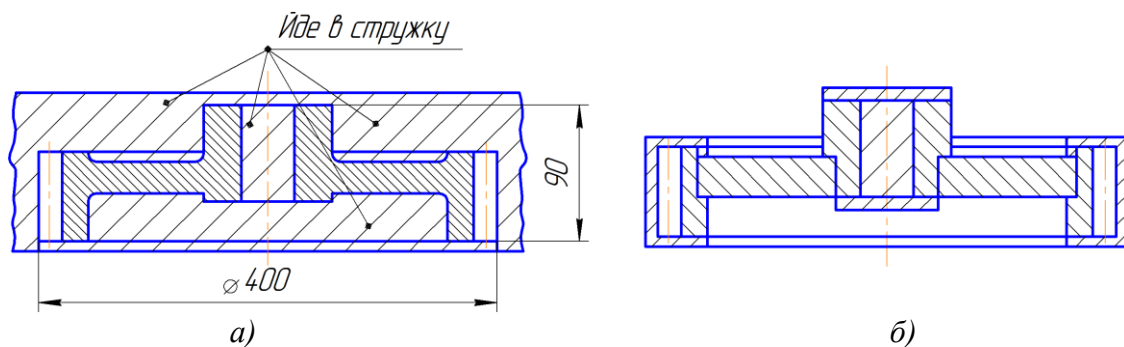


Рис. 6.201 – Різні види заготовок зубчастого колеса

Можна вибрати чавунне литво для отримання заготовки, але умови роботи зубців шестерні цього не допускають – конструктивні розміри і навантаження, що діють на деталь в машині, не дозволяють використовувати цей матеріал. Сталеве ж литво, може бути неможливе за умовами виробництва.

В такому разі конструктору доводиться погодитись на зварну деталь (рис. 6.201, б) і передбачити виготовлення зубчастого вінця з легованої заготовки, з прокату або кованою, а ступиці – з прокату, гарячим штампуванням або литвом з ковкого чавуну.

Вирішивши отримати заготовку зварюванням з різних матеріалів, можна створити деталь, яка відповідає всім вимогам, що пред'являються до неї. Однак, зварна або збірна деталь в деяких випадках може бути і дорожча та складніша за суцільну. Загалом, навіть при застосуванні дорогих, але мало-дефіцитних матеріалів, створення збірної деталі є доцільним тільки в тому випадку, якщо воно є економічно виправданим.

При розробці робочих креслень зварної деталі, залежно від вимог до точності витримки розмірів і можливого розташування оброблюваних поверхонь, конструктор вирішує, чи буде остаточна обробка того або іншого елемента проведена до зварювання або після нього.

Характер сполучення деталей, який визначається призначенням допусків або зазначенням посадок, має бути обґрунтованим конструктором виходячи з умов роботи деталей. Допуски і посадки на визначальні розміри зазвичай задаються при конструюванні вузла або при розробці загального вигляду. Проте ці параметри можуть бути уточнені і при деталюванні. На розміри без допусків характер сполучення визначається безпосередньо при деталюванні. Поєднання допусків для деталей вибирають з умови максимального забезпечення вимог, що визначаються роботою деталі.

При вказуванні розмірів деталі можна використовувати три способи: ланцюговий, координатний та комбінований. Ланцюговим методом простановки розмірів необхідно користуватись для того, щоб отримати точні розміри окремих ступенів при допустимих значних коливаннях від баз або компе-нсууючого розміру (рис. 6.202, а). Координатним методом необхідно користуватися в тому випадку, коли відлік задається від однієї або двох баз (рис. 6.202, б, в). При розробці креслень на деталі, в яких одні розміри мають бути витримані точніше, ніж інші, застосовують комбінований метод їх простановки (рис. 6.202, г, д). При цьому необхідно визначити конструкторські, технологічні і вимірювальні бази деталі і забезпечувати їх наявність.

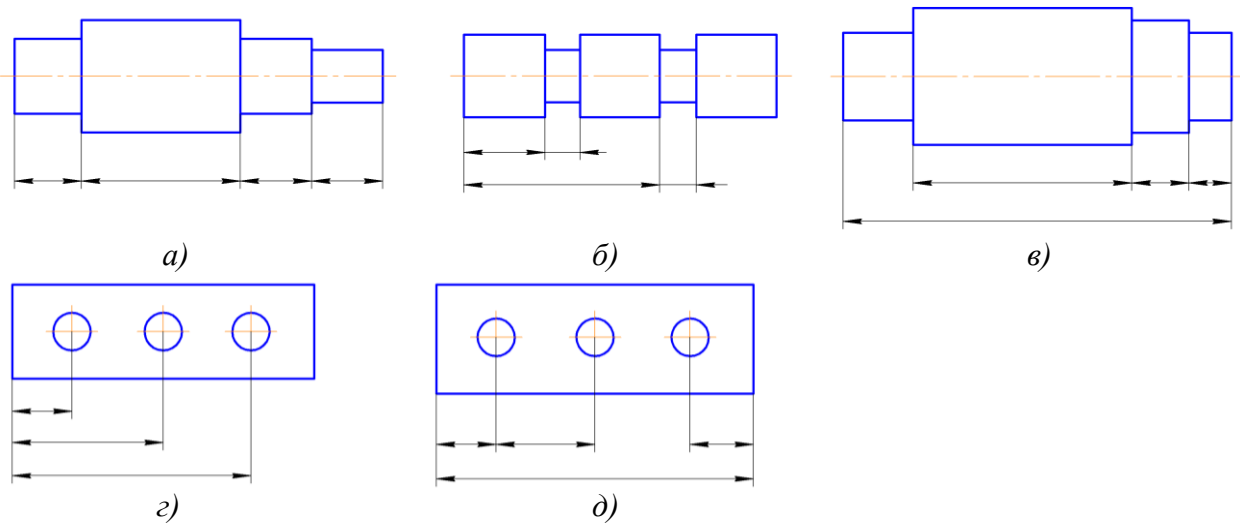


Рис. 6.202 – Види методів постановки розмірів

Для покращення властивостей матеріалу деталей і для забезпечення необхідності диференційованих експлуатаційних якостей вдаються до термічної, хіміко-термічної і зміцнювальної обробок. Призначений спосіб термічної обробки повинен відповідати хімічному складу матеріалу, його технологічним властивостям і розмірам деталі. При цьому повинні враховуватись можливості підприємства та розміри нормалізованих інструментів і технологічного оснащення.

Нижче в якості прикладу наведено (рис. 6.203) опис будови деталі „Вал”, яка входить до складу натяжної секції скребкового конвеєру (див. рис. 6.1, 6.99).

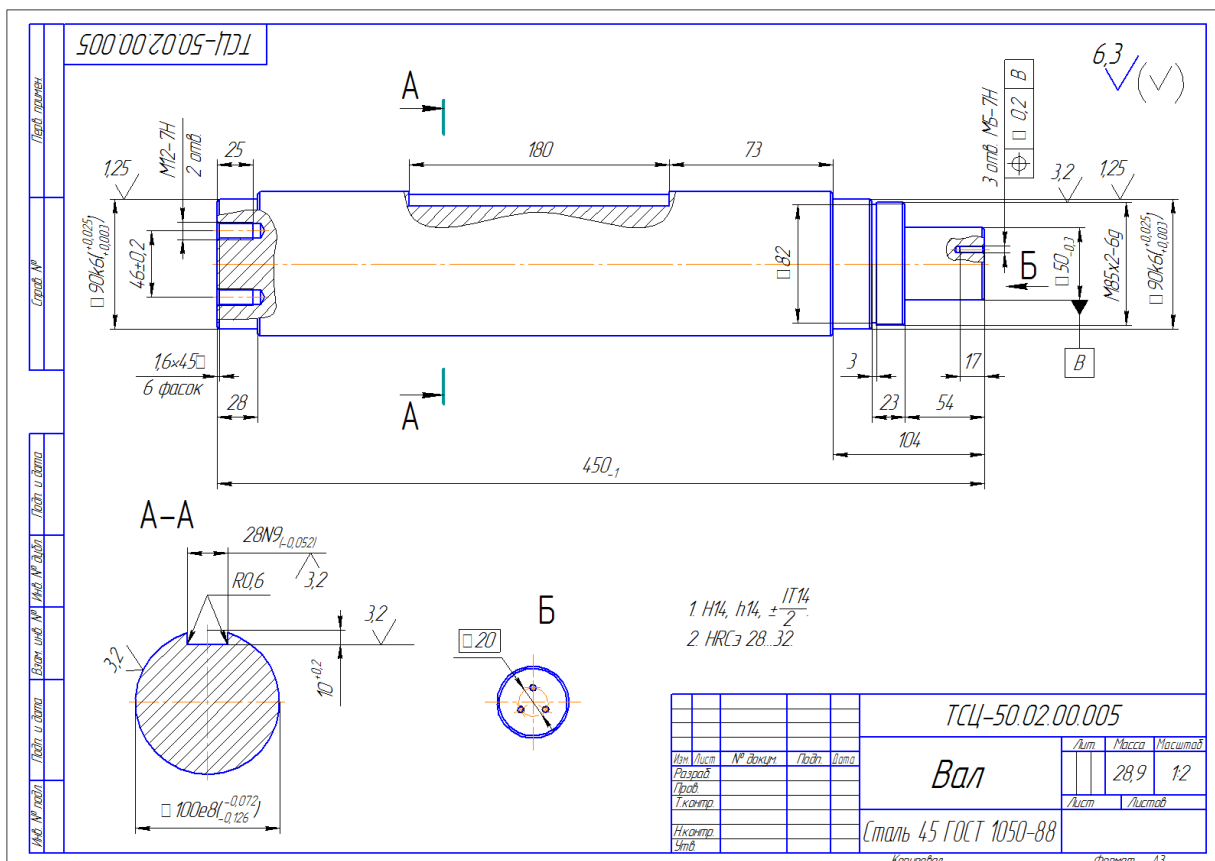


Рис. 6.203 – Вал натяжної секції скребкового конвеєру

Деталь „Вал” призначена для встановлення на ній веденої зірочки ланцюгового транспортера, створення можливості її обертання навколо горизонтальної вісі та надання їй відповідного однозначного положення у складі секції натяжної.

Зірочка встановлюється на циліндричну поверхню валу $\varnothing 100$ мм. Обертаний момент від зірочки до валу передається за допомогою шпонкового з'єднання, внаслідок чого на вказаній циліндричній поверхні виконується шпонковий паз шириною 28 мм і довжиною 180 мм. Вал встановлюється в підшипники кочення, для чого передбачено шипи (ступені) $\varnothing 90$ мм.

Для кріплення лівого підшипника в осьовому напрямку з лівого торцю передбачено 2 різьбові отвори М12. Задля фіксації правого підшипника в осьовому напрямку та регулюванню зазору в ньому передбачено ступень з нарізкою М85. Задля встановлення з правого торцю валу крильчатки передбачено ступень $\varnothing 50$ мм, з торцю якої виконано 3 отвори з нарізкою М5. На циліндричній поверхні виконано фаски задля зручного монтажу підшипників та ущільнень. Задля забезпечення виходу інструменту при нарізанні нарізки М85 передбачено канавку $\varnothing 82$ та шириною 3 мм. Найбільш точній обробці підлягають найбільш відповідальні поверхні. Ними є ступені для встановлення підшипників. Враховуючи, що при обертанні валу підшипник з натягом повинен сідати саме на вал, то для даної ступені вибрано поле допуску k і квалітет точності 6. Все це визначає необхідні граничні відхилення діаметру ступені задля правильного встановлення підшипника.

Іншою відповідальною поверхнею є циліндрична ділянка для встановлення зірочки. Зірочка повинна встановлюватись на вал вільно, а геометрична форма ділянки повинна бути достатньо правильною. Тому обрано поле допуску $e8$ (на перерізі А-А). Також на вал з натягом повинна бути встановлена шпонка, тому для неї обирається поле допуску $28N9$.

Всі інші поверхні оброблюються за 14 квалітетом точності, про що вказано в технічних вимогах. Для нарізок клас точності зазначено окремо: для отворів – $7H$, для ступені валу – $6g$.

Для обертання крильчатки без дисбалансу та для надійного її встановлення передбачено допуск неспіввісності кріпильних отворів відносно циліндричної поверхні (база В).

Поверхні даної деталі обробляються з різною шорсткістю. Ті поверхні, які сполучаються з іншими деталями мають меншу шорсткість, причому найбільш відповідальні володіють найменшою шорсткістю. Так, ступені під підшипники обробляються з шорсткістю 1,25 мкм, шпонковий паз, поверхня під зірочку та різеві поверхні – 6,3 мкм.

Задля забезпечення можливості складання вузла, а саме для встановлення шпонки та підшипників, передбачено вказування необхідних значень радіусів округлення в кутах.

При виборі матеріалу деталі необхідно керуватись наступними вимогами. Щонайперше необхідно враховувати умови, в яких деталь працює (чи наявний якийсь з цих факторів і наскільки він значний):

- механічне статичне навантаження (тиск);
 - ударне навантаження;
 - знакозмінне навантаження;
 - агресивне корозійне середовище;
 - теплове навантаження;
 - зношування внаслідок тертя;
- Додатковими факторами вибору матеріалу є:
- вартість матеріалу;
 - технологічність в механічній обробці (легкість обробки).

Даний вал підлягає дії помірних механічних навантажень, ударні і теплові навантаження відсутні, контакту з агресивним середовищем не відбувається, також відсутнє інтенсивне тертя інших тіл по валу. Тому в якості матеріалу обрано Сталь 45, яка володіє гарними параметрами міцності та витривалості при знакозмінних навантаженнях. В той же час забезпечується достатня міцність та зносостійкість посадкових місць під підшипники.

Вал термооброблюється до твердості 28–32 од. за шкалою Роквелла. Дана твердість може бути забезпечена шляхом нормалізації даної деталі (загартування з високим відпуском). Але якби дана модель працювала в більш важких умовах, то було б необхідно підвищувати її витривалість при знакозмінних навантаженнях. Цього можна досягти виконавши поверхневе зміцнення деталі (азотування, загартування ТВЧ). Ця ж сама обробка дозволяє підвищити зносостійкість посадкових місць під підшипники, а значить – довговічність валу.

Подібним чином може бути визначена конструкція будь-якої деталі із врахуванням особливостей її роботи у складі відповідного вузла.

6.3.2 Нанесення розмірів із урахуванням конструктивних і технологічних баз

Обов'язковість нанесення розмірів. Кількість розмірів, що наносяться на робочих кресленнях, має бути мінімальна, необхідна і достатня для повного визначення форми і величини предмету. За винятком особливих випадків, відсутність розміру на кресленні слід завжди розцінювати як недогляд конструктора і такі помилки підлягають усуненню [3]. До особливих випадків відносяться певні категорії розмірів, які на кресленнях не вказують.

Відсутність необхідного розміру є помилкою конструктора, яка викличе затримку у виробництві. Не менш значною помилкою конструктора є вказування на кресленні зайвого розміру. Зазначення одного і того ж

розміру на кресленні більш ніж один раз може привести до того, що при подальших змінах креслення через недогляд може бути змінений розмір (або граничні відхилення розміру) тільки в одному місці, а це створить небезпеку виготовлення деталі за неправильним розміром, що приведе до браку виробів.

З цієї причини неприпустимо не лише повторення розміру на іншому зображенні, але також і посилання на розміри в тексті на полі креслення. За необхідності таке посилання повинне робитись із зазначенням найменування елемента деталі або його буквеного позначення, нанесеного на зображенні (наприклад, *Овальність поверхні А не більше 0,1 мм*).

Якщо в деталях, що виготовляються з листового, катаного, каліброваного або інших різновидів сортового матеріалу, окремі поверхні не піддаються обробці, то відповідні розміри на зображенні деталі не просявляються, а вказуються тільки в графі запису матеріалу.

У цих випадках у розрахунках розмірних ланцюгів приймаються ті відхилення розмірів деталі, які відповідають відхиленням розмірів початкового матеріалу. В окремих випадках, коли з конструктивної точки зору особливо важливо витримати розміри у відповідних межах, ці розміри з граничними відхиленнями можуть бути задані на зображенні, проте ці відхилення повинні відповідати або бути більше встановлених відповідними стандартами на застосований сортовий матеріал.

Якщо в результаті вірогідного способу виготовлення деталі може змінитись початковий розмір матеріалу (наприклад, при осіданні головки заклепки може збільшитися діаметр її стрижня, а при витискуванні стаканчика може зменшитися його товщина), то відповідний розмір деталі має бути поставлений з тими граничними відхиленнями, які є конструктивно допустимими.

Як виняток, розмір сортового матеріалу може бути нанесений на кресленні також і в тих випадках, коли це необхідно для правильної орієнтації розташування профілю сортового матеріалу (рис. 6.204, а). Такий розмір, наведений для довідки, повинен мати безпосередньо біля розміру приписку (*Довід.*).

Повторення розміру в прихованому вигляді має місце за наявності на кресленні замкнутого ланцюжка розмірів, що є неприпустимим.

На рис. 6.204, б показаний приклад нанесення розмірів у вигляді замкнутого ланцюжка. На цій фігурі міг бути відсутнім один з трьох розмірів, наприклад розмір 60, і ясність креслення від цього не постраждала б, оскільки відстань між отворами вже визначилася розмірами 80 і 20 ($80-20=60$). У цих умовах нанесення розміру 60 веде до тих же наслідків, що і повторення якого-небудь розміру. Наприклад, при зміні одного з розмірів замкнутого ланцюжка обов'язково має бути змінений якій-небудь інший розмір цього ж ланцюжка, і якщо про це конструктор забуде, то можливий брак у виробництві.

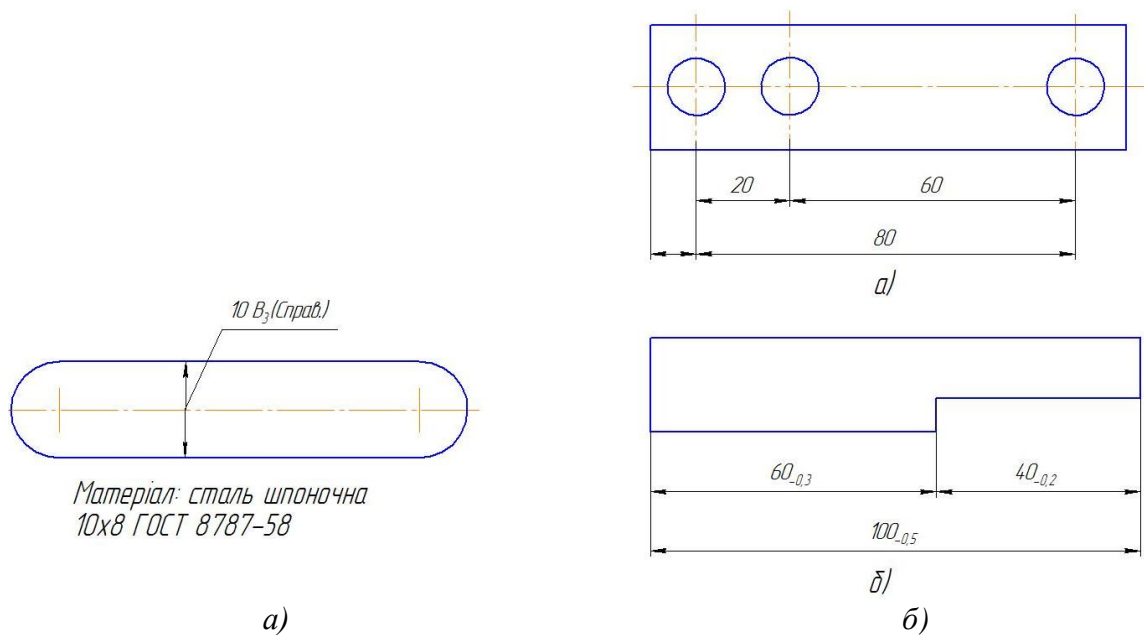


Рис. 6.204 – Види способів нанесення розмірів

Якщо ж взяти до уваги граничні відхилення, які мають бути вказані для розмірів, то в цьому випадку замкнутий ланцюжок розмірів сам по собі може виявитись причиною браку деталей. Як приклад, на рис. 6.204, б показана деталь, в якій ланцюжок складається з трьох розмірів: $60_{-0,3}$, $40_{-0,2}$ та $100_{-0,5}$. Конструктор міг припустити, що будуть виконані розміри 60 і 40 із заданою ним точністю і що в результаті цього буде забезпечений розмір $100_{-0,5}$. Проте робітник має повну підставу при виготовленні деталі спочатку витримати розмір $100_{-0,5}$ і після цього фрезерувати уступ за розміром $60_{-0,3}$. Очевидно, що розмір 40, який замикає ланцюжок, в цьому випадку може вийти з відхиленнями $^{+0,3}_{-0,5}$ замість очікуваного $_{-0,2}$ і деталь буде забракована.

Аналогічний результат вийде, якщо робітник витримуватиме розміри $100_{-0,5}$ та $40_{-0,2}$; третій, замикаючий розмір в цьому випадку вийде з відхиленнями $^{+0,3}_{-0,5}$ замість $_{-0,3}$. Грубою помилкою недосвідченого конструктора є припущення про те, що при фрезеруванні уступу робітник повинен так виконати цю роботу, щоб одночасно витримати розміри $60_{-0,3}$ та $40_{-0,2}$.

Зрозуміло, що радикальним усуненням причин браку деталей є видалення одного з трьох розмірів, якого саме – це повинен вирішити конструктор при виконанні креслення. До речі, вилучений розмір виходитиме з допусками, рівними сумі допусків розмірів, що знаходяться в ланцюжку, і тому важливо не лише те, щоб ланцюжок був розімкнений, але важливим є також і те, щоб кількість розмірів в ньому була якомога меншою.

Повторення розмірів деталі на складальному кресленні, як правило, є неприпустимим. Якщо є побоювання, що який-небудь розмір при складанні може бути порушений (наприклад, в результаті викривлення конструкції при зварюванні) і є необхідним контроль цього розміру після складання, то такий розмір може бути вказаний на складальному кресленні, але біля розміру має бути напис *Контрольний*.

На складальному кресленні допускається нанесення довідкових розмірів (без вказівки граничних відхилень), що не є необхідними для складання і контролю, якщо ці розміри є характеристикою виробу (величина ходу поршня, діаметр поршня і т. п.). Біля цих розмірів має бути напис *(Довід.)*.

Способи нанесення розмірів. При виконанні креслення деталі конструктор може різним чином нанести необхідний мінімум розмірів.

На рис. 6.205 показана деталь, розміри якої дані в трьох різних варіантах. У всіх випадках чотири розміри визначають лінійні параметри деталі в двох взаємно-перпендикулярних напрямках. Проте з погляду технологічності і взаємозамінності ці варіанти стосовно конкретних умов складання виробу можуть бути далеко не рівноцінними. Завдання конструктора полягає в тому, щоб при нанесенні розмірів зі всіх можливих варіантів вибрати оптимальний, тобто той, який дає необхідний результат при найменшій точності виготовлення деталі, а отже, і при найбільшій економічності її виготовлення.

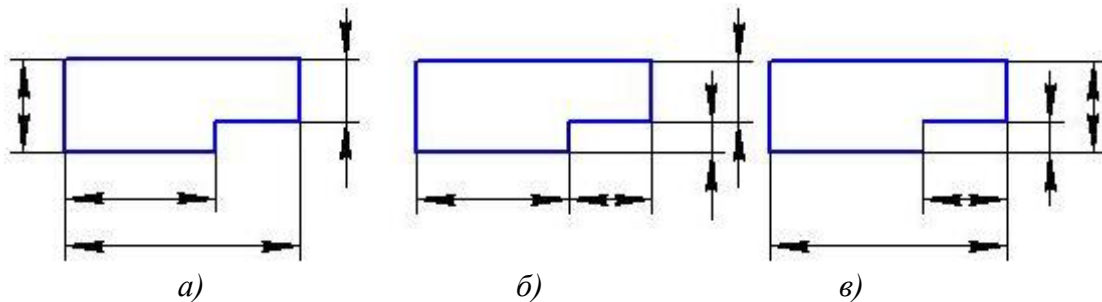


Рис. 6.205 – Види способів нанесення лінійних розмірів

Для досвідченого конструктора немає такого випадку, коли йому були б байдужі варіанти нанесення розмірів. Однак, для вибору якнайкращого варіанту нанесення розмірів, нажаль, не можна дати єдиного правила, застосовного в усіх випадках, оскільки навіть при однаковій формі деталей може виявитись доцільним різне нанесення розмірів залежно від функціонального призначення окремих їх елементів.

Конструктивні бази. Розміри, що впливають на взаємозамінність, як правило, вказуються від конструктивних баз – сукупності поверхонь, ліній або точок, що визначають положення деталі в зібраному виробі (зібраному вузлі).

Як відомо, вимога взаємозамінності може бути забезпечена обробкою деталей з меншою точністю у тому випадку, коли розмірний ланцюг містить меншу кількість розмірів. Ця кількість залежить не лише від кількості деталей, що несуть ці розміри, але також і від того, яким чином, від яких баз задані розміри деталей. Кращий результат буде отриманий у тому випадку, коли від кожної з деталей, що беруть участь в розмірному ланцюзі, до розмірного розрахунку увійде тільки один розмір. Це може бути забезпечено при нанесенні таких розмірів від конструктивних баз.

Для того, щоб зрозуміти суть і важливість цієї обставини, нижче розглянуто окремі приклади (рис. 6.206–6.209).

На рис. 6.206, *a* показана збірка осі 1 з приєднувальними деталями: роликом 2, важелем 3 і гайкою 4. З цього складального креслення виходить, що три розміри (L_1 , L_2 та L_3) по довжині осі є функціональними: розмір L_1 в сукупності з довжиною ролика визначає величину подовжного люфту l_1 ролика; розмір L_2 в сукупності з товщиною важеля визначає величину l_2 , необхідну для гарантії кріплення осі; розмір L_3 в сукупності з товщиною важеля і висотою гайки визначає величину l_3 – запас різьби. Виходячи з бажаних граничних значень величин l_1 , l_2 та l_3 , визначаються граничні відхилення розмірів L_1 , L_2 та L_3 , а також розмірів деталей, що сполучаються з віссю.

Припустимо, що в конкретному випадку прийняті розміри і їх граничні відхилення, які вказані на рис. 6.206, *б*. Тоді, розглядаючи відповідні розмірні ланцюги, знайдемо, що подовжній люфт ролика $l_1=0,3\div 0,5$; запас для кріплення $l_2=2,5\div 3,5$; запас різьби $l_3=3,5\div 4,7$ мм. На тому ж рис. 6.204 показано креслення осі з нанесенням розмірів в трьох варіантах: варіант *в* – розміри, що входять в розмірні ланцюги, які нанесені безпосередньо від конструктивної бази, це визначає положення осі; варіант *г* – всі розміри, окрім вільних, дані від однієї загальної бази *A*; варіант *д* – розміри дані (окрім розміру фаски) у вигляді ланцюжка.

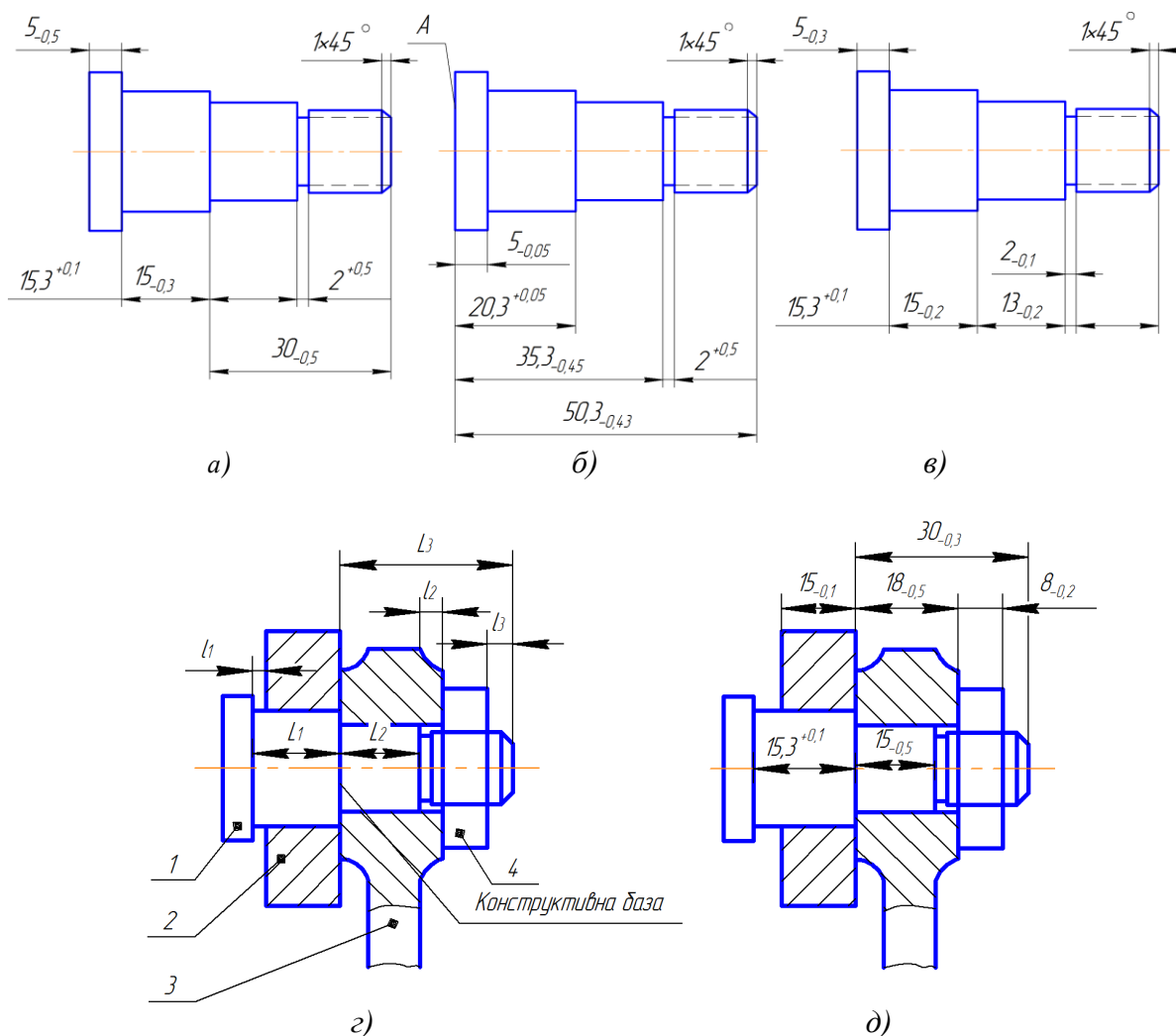


Рис. 6.206 – Нанесення розмірів з врахуванням умови взаємозамінності

У всіх трьох випадках вільні розміри (для фаски і виточки різьби) показані так, як це найзручніше для їх контролю. Всі варіанти є рівнозначними з погляду взаємозамінності, оскільки всі вони забезпечують при складанні однаковий результат (ті ж граничні значення l_1 , l_2 та l_3), але у варіантах *г* і *д* це досягається значно дорожчою ціною, оскільки є необхідним виконання розмірів осі з вищою точністю. Таким чином, найбільш технологічним є тільки варіант *в*.

На рис. 6.207 показано три варіанти збірки рукоятки корпусу. Для того, щоб в усіх варіантах забезпечити однаковий і невеликий по величині осьовий люфт рукоятки, необхідно розміри L_1 , L_2 та L_3 виконати з високою точністю, а решта розмірів в осьовому напрямі, як вільні, можуть бути виконані зі зниженою точністю. Відповідно до цього для кожного варіанту збірки показаний найбільш раціональний варіант нанесення розмірів.

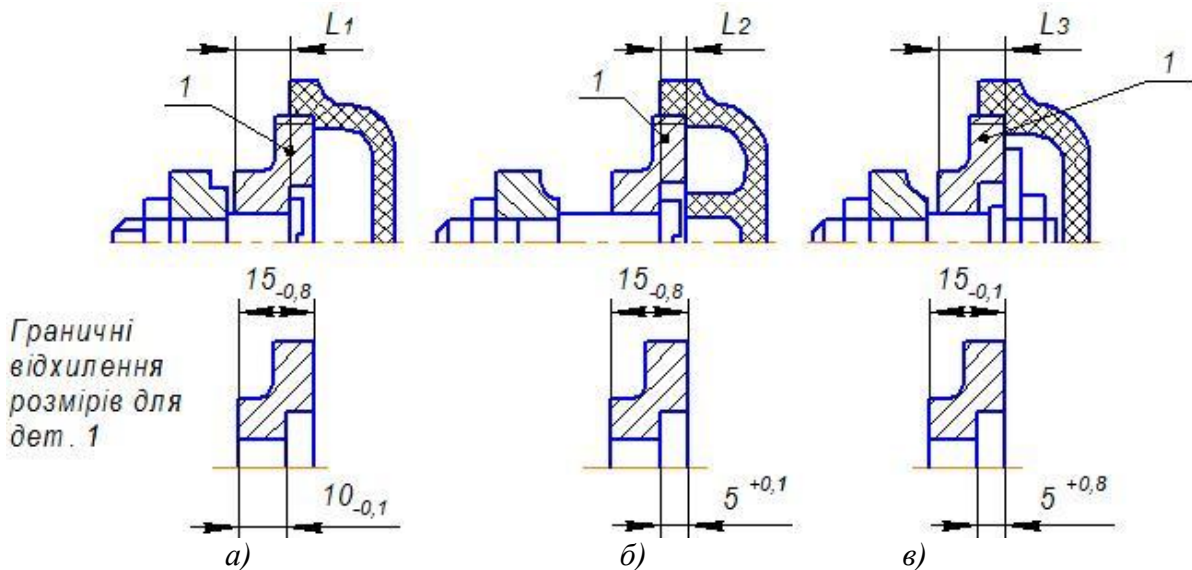


Рис. 6.207 – Варіанти складання рукоятки корпусу

На рис. 6.208, *а* показаний двоступеневий вал. Розмір $15C_3$ функціональний (має бути виконаний з високим ступенем точності), а розмір $40B_7$ вільний (може бути виконаний з низьким ступенем точності). Якщо як технологічна база буде прийнятий торець *А*, то все ж не слід від цього торця задавати розміри, оскільки це приведе до необхідності зменшення допусків (підвищення ступеня точності виконання обох розмірів приблизно до 1-го класу, як це показано на рис. 6.208, *б*).

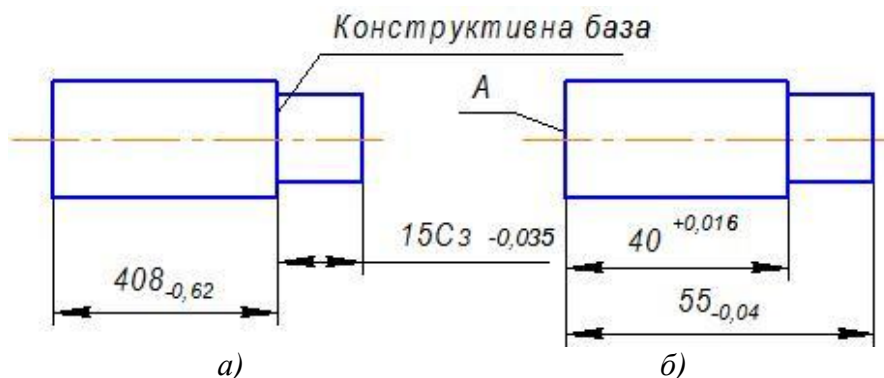


Рис. 6.208 – Нанесення розмірів валика

Деталь може мати кілька конструктивних баз, які мають бути безпосередньо зв'язані між собою розмірами. Кожен функціональний розмір має бути заданий від тієї конструктивної бази, з якою він зв'язаний у зібраному виробі (рис. 6.209, *а*).

На рис. 6.209, *б* показаний випадок, коли функціональний розмір $50^{+0,1}$ важко контролювати безпосередньо. Якщо з погляду технологічності буде визнано доцільним здійснювати контролювання цього розміру шляхом вимірювання розмірів $70^{+0,05}$ та $20_{-0,05}$ (рис. 6.209, *в*), то такі розміри, як технологічні, можуть бути передбачені в технологічній документації зі збереженням розмірів на кресленні, як показано на рис. 6.209, *б*. Проте, якщо безпосередній контроль функціонального розміру неможливий, то такий розмір на кресленні має бути замінений іншими розмірами.

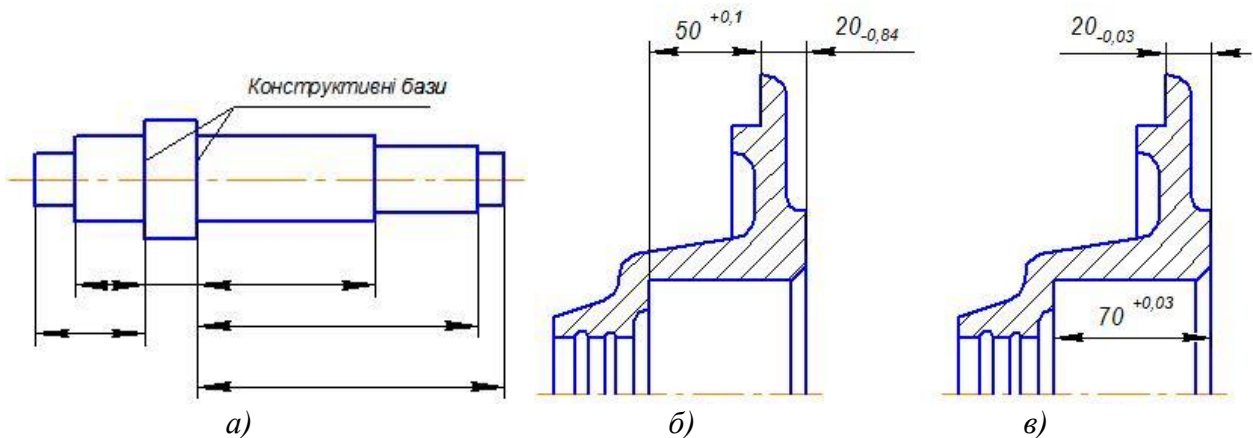


Рис. 6.209 – Приклади вказування розмірів у нестандартних випадках

З розглянутих прикладів можна зробити висновок про те, що всі розміри, окрім вільних, слід на кресленні вказувати, як правило, від конструктивних баз.

Технологічні бази. Вільні розміри доцільно наносити від технологічних баз – сукупності поверхонь, ліній і точок, по відношенню до яких орієнтуються оброблювані поверхні при виготовленні.

В цьому випадку обробка ведеться безпосередньо по розмірах, вказаних на кресленні. З цієї причини конструктор повинен знати, що служитиме технологічними базами для накресленої ним деталі. Крім того, щоб уникнути помилок в нанесенні розмірів, конструктор повинен уявляти найбільш раціональний технологічний процес і враховувати його при виборі розмірів, що підлягають вказуванню на кресленні. Так, наприклад, якщо деталь повинна свердлитись після фрезерування, то не слід розміри, що визначають поверхню, яка фрезерується, вказувати від отвору, якого ще не буде при фрезеруванні (рис. 6.210, *а*).

У таких випадках розміри мають бути нанесені по варіанту рис. 6.210, *б*. Варіант рис. 6.210, *а* є прийнятним тільки для деталей, у яких отвір і паз виготовляються одночасно (наприклад, при холодному штампу-

ванні), або в тих особливих випадках, коли технологічний процес передбачає свердління раніше фрезерування. Вказані обставини вимагають творчої співдружності конструктора з технологом не лише при розробці конструкції, але і при виконанні робочих креслень, і, зокрема, при нанесенні розмірів.

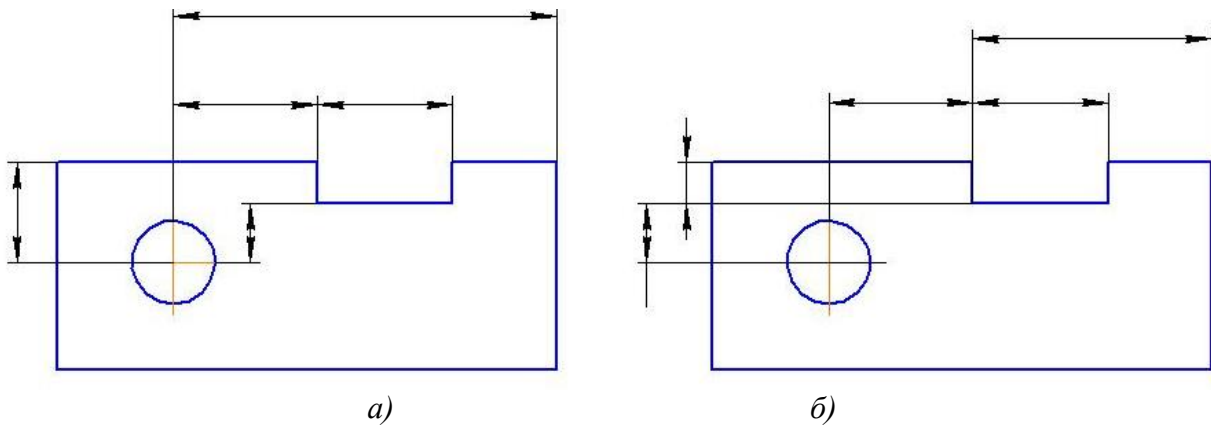


Рис. 6.210 – Приклади врахування технологічних баз

Зазвичай технолог прагне до того, щоб конструктивні бази були використані як технологічні, оскільки при цьому є можливість виготовляти деталь з найменшою точністю, безпосередньо по розмірах, вказаних на кресленні. При неможливості проводити обробку безпосередньо по розмірах, заданих від конструктивних баз, технолог може розробити технологічний процес з орієнтацією на іншу, технологічно вигідну базу. Але при цьому розміри, вказані на кресленні, замінюються технологічними розмірами, що задаються з такою точністю, яка забезпечує необхідну точність первинних розмірів. Відповідно до цього допуски на технологічні розміри будуть завжди менші, ніж допуск, заданий на кресленні, тобто потребуватиметься точніша обробка. Технологічні розміри на кресленнях не вказуються; вони вказуються в технологічній документації і можуть змінюватись технологом залежно від прийнятого ним технологічного процесу.

В обґрунтованих випадках допускається нанесення на кресленні функціональних розмірів не від конструктивних, а від технологічних баз. Сюди відносяться:

- випадки, коли можливий тільки один раціональний технологічний процес і при цьому контроль розміру при нанесенні його від конструктивної бази був би незручний або складний, а допуск на цей розмір настільки великий, що заміна цього розміру іншими, проставленими від технологічної бази, не викликає значних виробничих труднощів;
- випадки, коли в масовому і великосерійному виробництві вигідно піти на підвищення точності виконання окремих розмірів з тим, щоб забезпечити можливість обробки більшості поверхонь від загальної технологічної бази.

Показане на рис. 6.211 нанесення розмірів від двох конструктивних баз (A_1 – A_2 та B_1 – B_2) неминуче призведе до необхідності свердлити отвори в двох різних кондукторах: в одному – з фіксацією деталі по площині A_1 та A_2 і в іншому – по B_1 та B_2 .

З метою спрощення виробництва часто доцільно дві конструктивні бази замінити однією технологічною (остання може збігатися з однією з конструктивних баз). Інколи в деталях передбачаються і заздалегідь обробляються технологічні бази (отвори, майданчики тощо), нанесення розмірів від яких в умовах масового виробництва є цілком виправданим.

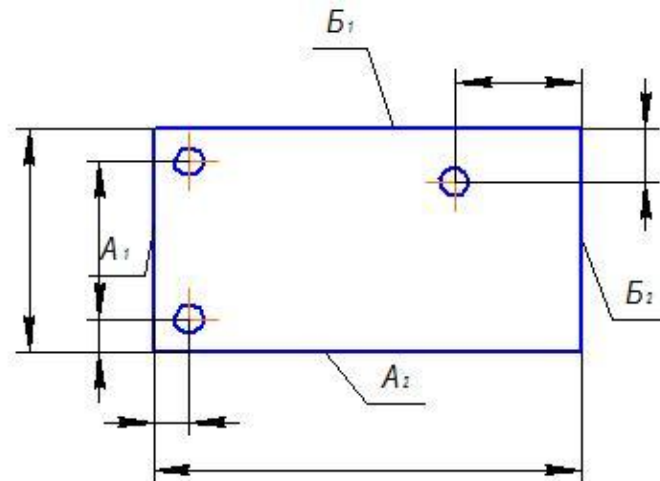


Рис. 6.211 – Негативний приклад вказування розмірів від двох конструктивних баз

Нанесення розмірів литих деталей. Якщо лита деталь не піддається обробці різанням, то її розміри наносяться по загальних правилах. Але якщо лита деталь має необроблені і оброблені поверхні, то на кресленні мають бути нанесені як би дві групи розмірів – одні розміри повинні визначати литу заготовку деталі (вилівок), а по інших розмірах повинна проводитись її обробка.

Розміри слід наносити так, щоб одна група розмірів зв'язувала між собою тільки необроблені, а друга – тільки оброблені поверхні. Як зв'язок між цими двома групами розмірів повинен служити розмір, нанесений між однією необробленою і однією обробленою поверхнями (розмір A на рис. 6.212), які, як правило, мають бути базовими.

Інакше кажучи, від конструктивної бази мають бути нанесені розміри тільки до оброблених поверхонь, а розміри, що визначають ливарну форму деталі, мають бути нанесені від іншої, необробленої поверхні – технологічної бази. Як технологічна база повинна вибиратись така поверхня, від якої при обробці контролюватиметься відстань до конструктивної бази.

Для розмірів внутрішніх необроблених поверхонь деталі може бути вибрана друга (допоміжна) технологічна база, положення якої має бути задане від першої (основної) технологічної бази. Окремі оброблені поверхні в обґрунтованих випадках можуть бути задані від необроблених поверхонь, якщо відповідний розмір є вільним (наприклад розмір B на рис. 6.212).

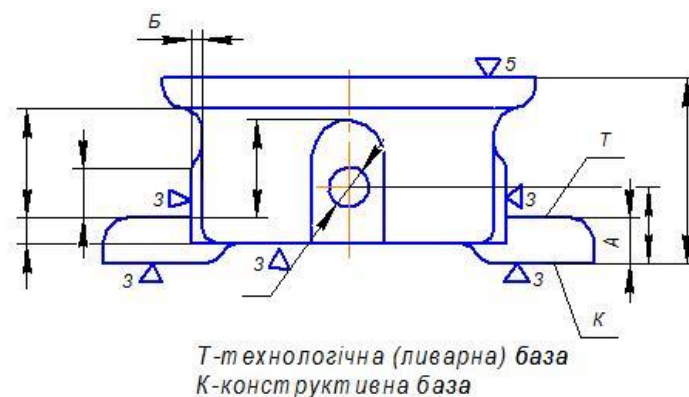


Рис. 6.212 – Приклад пов'язування розмірів оброблених і необроблених поверхонь

На рис. 6.213 показані різні приклади нанесення розмірів.

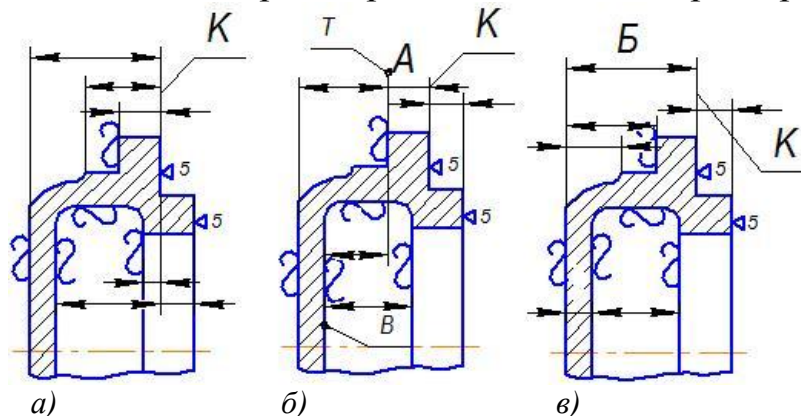


Рис. 6.213 – Приклади нанесення розмірів:

а) – неправильно; б, в) – правильно;

Т – технологічна ливарна база; К – конструктивна база; Д – допоміжна ливарна база

У прикладі, де не дотримані вказані вище правила, і всі розміри нанесені від обробленої базової поверхні (рис. 6.213, а), є два істотні недоліки:

а) розміри відливки не дані безпосередньо, вони визначаються тільки непрямим шляхом, оскільки задані від обробленої поверхні, якої не існує при прийманні відливок;

б) розташування обробленої базової поверхні задане п'ятьма розмірами і робітникам не буде ясно, на який розмір він повинен орієнтуватись при обробці деталі. Якщо виходити тільки з номінальних розмірів, то було б байдуже, який розмір контролюватиметься при обробці, але якщо врахувати, що дійсні розміри деталі матимуть різні відхилення від номінального значення, то буде ясно, що, витримавши один розмір із заданою точністю, не можна бути впевненим в тому, що решта чотирьох розмірів опиняться також в межах заданих граничних відхилень.

Правильне нанесення розмірів може мати декілька варіантів залежно від того, які елементи деталі входять в розмірні ланцюги, і який елемент деталі важливо витримати з більшою точністю (по варіанту рис. 6.213, б – товщина фланця А, по варіанту рис. 6.213, в – габаритний розмір В).

Якщо для литої або іншої подібної деталі (рис. 6.214, а) не можна допустити велику різницю в товщині стінок, одна сторона яких утворюється обробленою, а інша необробленою поверхнею, то в цьому випадку розмір

товщини стінки не наноситься, а замість нього на полі креслення указується гранично допустима різнотовщинність або різностінність (рис. 6.214, б).

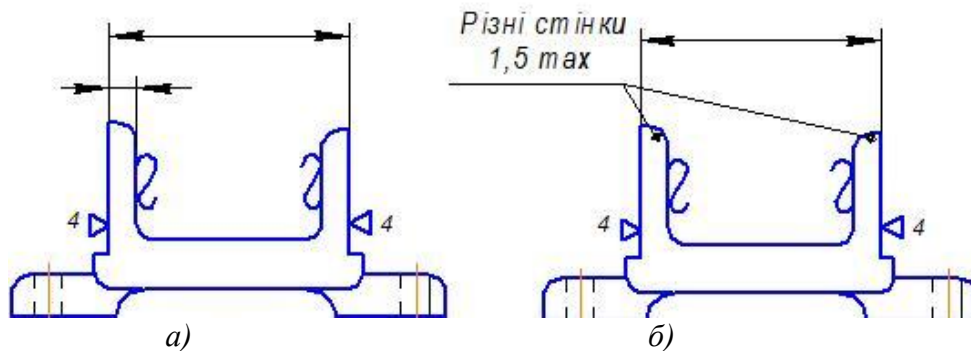


Рис. 6.214 – Приклади нанесення розмірів для литої деталі, для якої не можна допустити велику різницю в товщині стінок

Нанесення розмірів симетричних деталей. Можна чекати, що за відсутності особливих вказівок на кресленні похибки симетрії, як окремий випадок похибок розташування поверхонь, слід також вважати за допустимі в межах поля допуску відповідних розмірів. Якщо розміри деталі нанесені від площини симетрії (рис. 6.215, а), то таке тлумачення можливої похибки симетрії є природним наслідком контролю цих розмірів деталі (рис. 6.215, б заштриховані поля допусків і показаний контур деталі при граничному відхиленні від симетричності).

Проте нанесення розмірів від площини симетрії не можна вважати прийнятним в усіх випадках. Покажемо це на наступних прикладах:

1) якщо деталь, показана на рис. 6.215, а, не мала б отвору, то площина симетрії не може бути прийнята як база для нанесення, а отже, і для вимірювання розмірів, що характеризують контур деталі;

2) якщо деталь, показана на рис. 6.215, а, повинна виготовлятися зі смуги (стрічки), то при нанесенні розмірів від площини симетрії можливі ускладнення у виробництві, оскільки похибка симетрії, що допускається, при деяких обставинах перетвориться на нуль.

Насправді, припустимо, що смуга, яка поступила у виробництво, має граничну максимальну або мінімальну ширину. З розгляду рис. 6.215, б легко перекопатись в тому, що в таких випадках при будь-якому незначному зсуві отвору від площини симетрії розміри деталі не задовольнятимуть вимогам креслення. Аналогічне положення матиме місце і в тих випадках, коли отвір деталі не може служити базою при обробці контурних поверхонь (наприклад, коли отвір доцільно свердлити після обробки бічних поверхонь деталі).

У випадках, коли площина симетрії безпосередньо не може бути використана як база для обробки і вимірювання, то розміри симетричної деталі необхідно наносити як показано на рис. 6.215, в і г. При такому нанесенні розмірів необхідно на кресленні спеціально вказати граничне відхилення від симетричності, оскільки інакше при будь-якій похибці симетрії

деталь буде визнана придатною (в даному випадку, як виняток, допуски розмірів не обмежують граничних відхилень від розташування поверхонь).

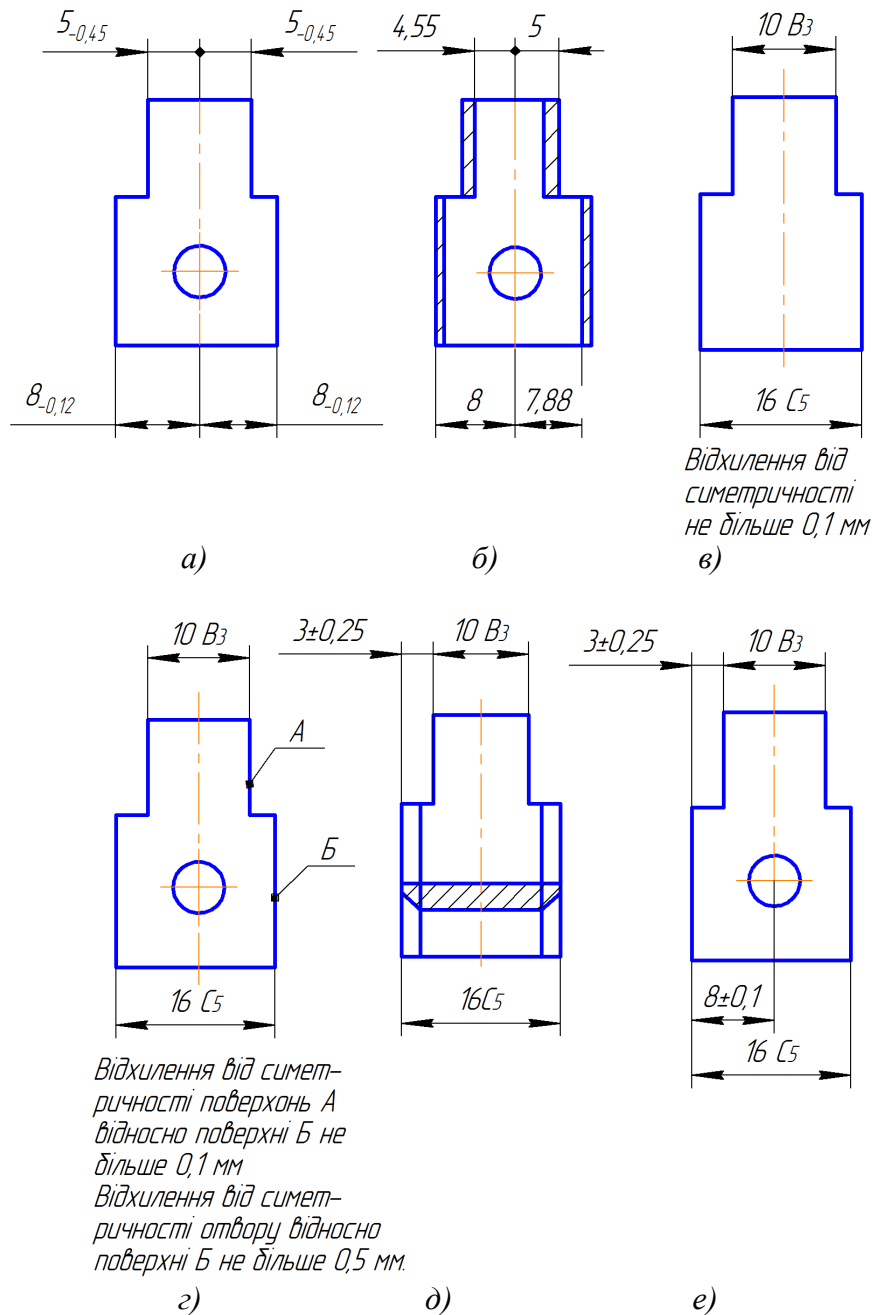


Рис. 6.215 – Приклади нанесення розмірів симетричних деталей

Можливі випадки, коли при значній величині допуску розміру ширини деталі вимоги до її симетричності можуть бути дуже високими. Буває і навпаки – при незначному допуску ширини деталі можна допустити значне відхилення від симетричності. Відповідні вимоги можуть бути відображені шляхом нанесення розмірів тільки за типом рис. 6.215, в і г.

Нанесення розмірів за типом рис. 6.215, в і г є прийнятним для всіх випадків, проте це приводить до необхідності, окрім контролю розмірів, спеціально контролювати і відхилення від симетричності. З метою спрощення виготовлення і контролю симетричних деталей інколи доцільно ро-

зміри нанести так само, як і для несиметричних деталей (рис. 6.215, д). Для деталей, у яких зворотна сторона відрізняється від лицьової (у нашому прикладі на лицьовій стороні деталі є фаски), можливість такого нанесення розмірів не вимагає особливих пояснень.

Слід тільки мати на увазі, що можливі відхилення глибини правого уступу будуть більше граничних відхилень глибини лівого уступу. У нашому прикладі розмір правого уступу:

$$x = 16C_5(-0,24) - 3(\pm 0,25) - 10B_9(-0,9) = 3_{-0,49}^{+1,15}.$$

Проте, якщо деталь не має лицьової сторони (рис. 6.215, е), то після перевертання деталі іншою стороною правий уступ виявляється розташованим з лівого боку і відхилення розміру глибини цього уступу, а також відхилення відстані від лівого краю до отвору можуть опинитись більше граничних відхилень, вказаних на кресленні. Таким чином, правильно виконана деталь може формально не задовольняти вимогам креслення, якщо при контролі така деталь буде повернена іншою стороною. Це приводить до необхідності контролювати розміри таких деталей двічі – з однієї та іншої сторони.

Через вказану обставину нанесення розмірів згідно рис. 6.215, в застосовується в окремих випадках, головним чином на кресленнях деталей, подібних показаним на рис. 6.216, а. Але якщо для таких деталей необхідно обмежити похибки симетрії меншої величини, чим це може вийти при вибраних розмірах, то необхідно або зменшити допуски розмірів, або нанести розміри по типу рис. 6.216, б.

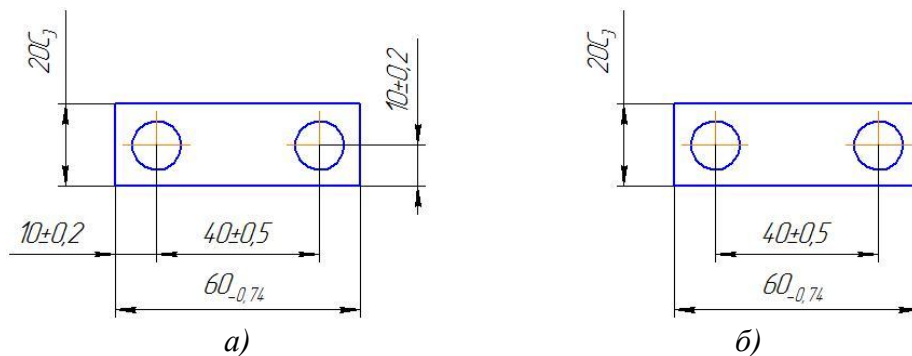


Рис. 6.216 – Приклади нанесення розмірів симетричних деталей

Розрахунок розмірних ланцюгів. Він проводиться в міру необхідності. Розрахунок зводиться до визначення можливих граничних значень зазорів, перекриттів і інших розмірних характеристик виробу при найбільш несприятливому поєднанні заздалегідь вибраних граничних відхилень розмірів. Якщо в розмірний ланцюг входить багато розмірів, то можливий розрахунок з урахуванням теорії вірогідності виходячи з деякого відсотка ризику.

Якщо результати розрахунку не відповідають конструктивним вимогам, то проводиться зсув або зміна полів допусків розмірів, що входять в розмірний ланцюг.

Якщо при цьому необхідна точність виготовлення виявляється дуже високою і неприйнятною для виробництва, то допуски розширюються і вводиться угруповання (селекція), підбір, підгонка або інший подібний технологічний прийом для складання виробу. Інколи доводиться вводити в конструкцію вузла компенсатор похибок. Якщо результати розрахунку перевершили очікування, то допуски розмірів, що входять в розмірні ланцюги, збільшують.

В процесі розрахунку уточнюються конструкція і вибір базових поверхонь. У всіх випадках слід прагнути до такого конструктивного рішення, при якому кількість деталей, що входять в розмірний ланцюг, була б мінімальною. Розміри, бажано, мають бути нанесені так, щоб в розмірний ланцюг входив від кожної з цих деталей, по можливості, тільки один розмір. Це дає можливість понизити необхідну точність виготовлення деталей.

При проведенні розрахунку необхідно звернути увагу на правильність складання ескізу, правильність складання схеми розмірного ланцюга і врахування всіх чинників, що практично впливають на результати розрахунку (при необхідності повинні враховуватись температурні подовження та ін.).

Ескіз частини конструкції, що розраховується, може бути копією з складального креслення з максимально можливими спрощеннями і видаленням деталей і елементів, що не впливають на результати розрахунку. Ескіз повинен давати чітке уявлення про характер сполучення деталей, для чого окремі дрібні елементи деталей і зазори можуть бути змальовані збільшеними (не у масштабі).

Шуканий розмір і його граничні відхилення визначаються як алгебраїчна сума доданків, записаних у відповідних графах таблиці. Якщо номінал шуканого розміру вийде зі знаком мінус, то це означає, що замість передбачуваного зазору в з'єднанні матиме місце натяг (перекриття) і навпаки.

Слід не забувати того, що розрахунки розмірних ланцюгів підлягають змінам у всіх випадках, коли в робочі креслення виробу вносяться зміни розмірів, що входять в розрахунок.

Вимога точності розташування будь-якої поверхні може бути задана на кресленні у вигляді граничних відхилень координуючого розміру або у вигляді граничного зсуву від номінального розташування. Вибір варіанту вказування гранично допустимих похибок розташування поверхонь деталі істотно залежить від конструктивних особливостей вузла, для якого призначена деталь. Це можна показати на прикладах деталей з отворами.

На кресленні пластини, призначеної для складання вузла рис. 6.217, б може бути прийнятий будь-який варіант нанесення розмірів, що визначають розташування отворів.

Найпростішим є варіант рис. 6.217, а, при якому:

а) можливе накопичення похибок в розмірному ланцюзі (у нашому прикладі відстань між крайніми отворами може мати відхилення ± 3 мм);

б) можливий зсув отворів від номінальної загальної центральної лінії в межах поля допуску розміру від краю пластини до цієї лінії (у нашому прикладі відстань від краю до центральної лінії одного отвору може бути більше номіналу на 1 мм, а до центральної лінії іншого отвору – менше номіналу на 1 мм).

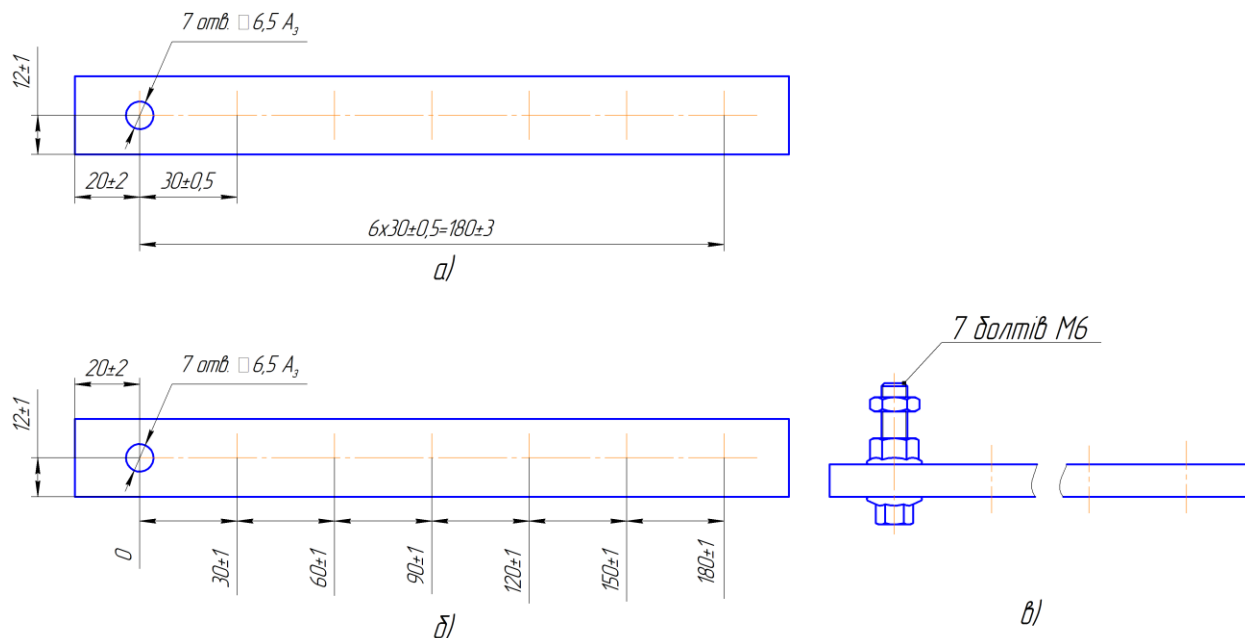


Рис. 6.217 – Приклади нанесення розмірів пластини

У прикладі, показаному на рис. 6.217, можливість складання вузла не залежить від похибки розташування отворів. Граничні відхилення розмірів, що визначають розташування отворів, вибираються з конструктивних міркувань (наприклад, з міркувань товарного виду продукції, доступу до гайок для можливості їх відкручування і т. п.).

Якщо по конструктивних міркуваннях для крайнього правого отвору не можна допустити такого великого зсуву від номінального розташування (у нашому прикладі 3 мм), то можна нанести розміри від загальної бази по варіанту рис. 6.217, б).

На рис. 6.218, б показано вузол, в якому дві деталі повинні сполучатись між собою по двох елементах (по двох отворах). Вільне складання такого вузла можна легко забезпечити вказуванням граничних відхилень відстані між отворами (рис. 6.218, а).

На рис. 6.218, в показана деталь, положення чотирьох отворів якої задане також за допомогою граничних відхилень координуючих розмірів. Вимоги такого креслення до точності розташування отворів повинні розглядатись окремо до кожної пари отворів (АВ, ВВ і ВГ), відстані між якими повинні знаходитись в заданих межах. Такий випадок практично можливий, якщо дана деталь повинна збиратись з кількома деталями (пластинами), які мають по два отвори (рис. 6.218, г). Тут, отже, має місце сполучення кожної пари деталей також по двох елементах.

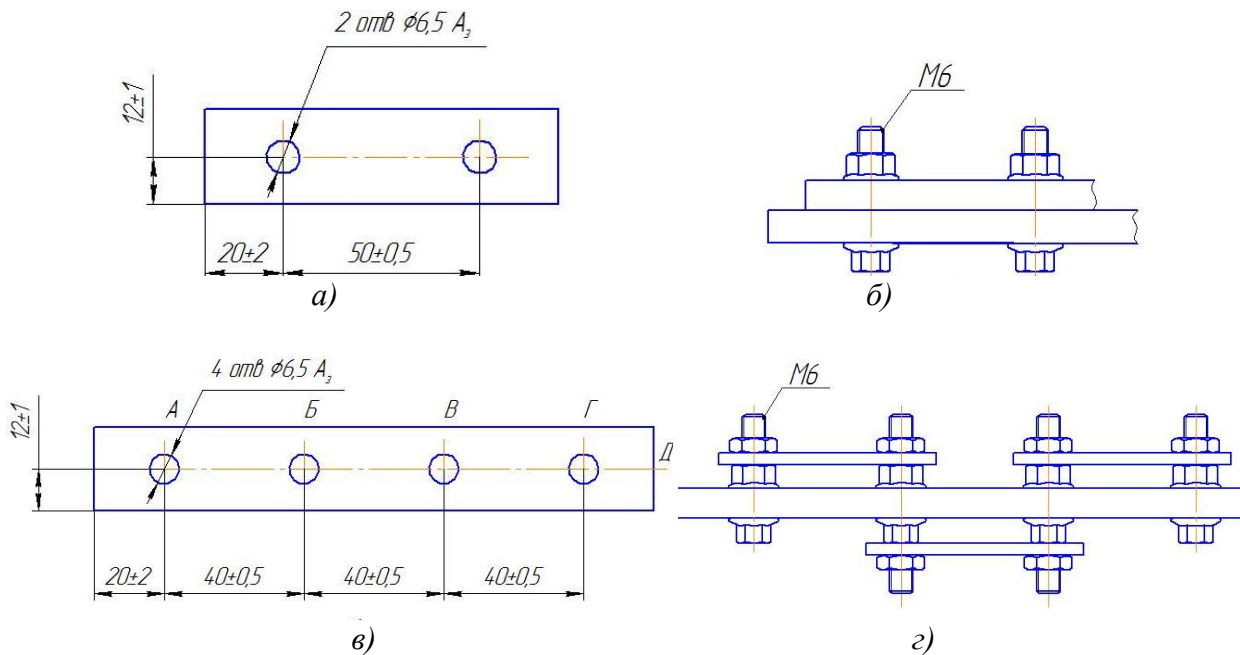


Рис. 6.218 – Приклади нанесення розмірів деталей, які спрягаються по двом отворам

У прикладах, показаних на рис. 6.218, складальність вузла може виявитися неможливою, якщо похибка відстані між вісями двох сусідніх отворів перевищить допустиму. Граничні відхилення цієї відстані залежать від величини зазору, з яким болт входить в отвір. Похибка ж розташування отворів щодо краю деталі не впливає на складальність, тому граничні відхилення відповідного розміру (12 ± 1) вибираються конструктивно.

Приклади, приведені на рис. 6.217 і 6.218, показують, що в подібних випадках похибка розташування отворів з успіхом, без жодного збитку для виробництва, може бути регламентована граничними відхиленнями відповідних розмірів.

Нижче розглядаються приклади, в яких складальність вузла, що має сполучення деталей більш ніж по двох елементах, може виявитися неможливою, якщо зсув від номінального розташування будь-якого отвору в будь-якому радіальному напрямі перевищить допустимий. Граничний зсув від номінального розташування отвору залежить від величини зазору, з яким болт входить в отвір. Величина граничного зсуву визначає радіус циліндричної зони допуску, в якій повинна розташовуватись вісь отвору.

На рис. 6.219, д показаний вузол, для вільного складання якого необхідно забезпечити сполучення двох планок по чотирьох елементах (отворах). В такому разі нанесення розмірів з граничними відхиленнями у вигляді розмірного ланцюжка (рис. 6.219, а) було б помилковим, оскільки при цьому довелося б істотно зменшити допуски через можливість накопичення помилок. Тому на рис. 6.219, б показано більш краще нанесення розмірів від загальної бази. Однак показані на рис. 6.219, а і б граничні відхилення все ж не забезпечують можливості складання, оскільки тут не враховані можливі зсуви вісей отворів в поперечному напрямі в межах поля допуску розміру 12.

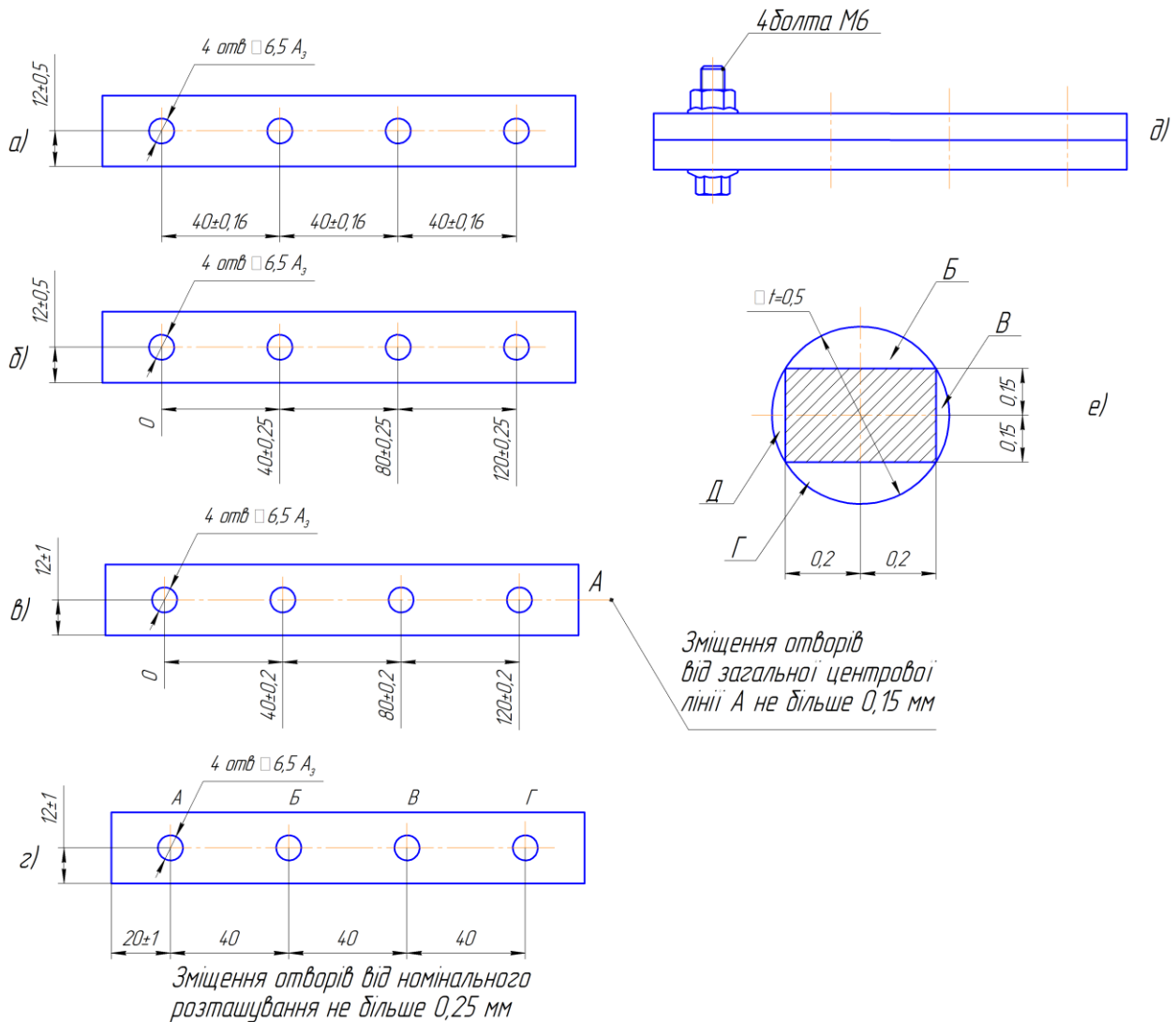


Рис. 6.219 – Приклади нанесення розмірів деталей, які спрягаються по чотирьом елементам

Оскільки тут чотири отвори є однією загальною групою, то для забезпечення можливості складання необхідно вказати граничний зсув отворів від загальної центральної лінії (рис. 6.219, в), розташування якої від краю пластини може бути задане розміром з будь-яким допуском (замість вказування граничного зсуву отворів від загальної центральної лінії можливе зменшення допуску розміру, що визначає розташування цієї лінії від краю пластини).

Величини граничних відхилень мають бути розраховані виходячи з того, щоб при одночасній похибці розташування отвору в подовжньому і поперечному напрямках його вісь знаходилась в зоні допуску. У даному прикладі вісь кожного отвору повинна знаходитись в межах прямокутника (рис. 6.219, е), вписаного в зону допуску $\varnothing t=0,5$. Це звуження допуску приведе до того, що деталь буде формально забракована у випадках, коли вісь отвору опиниться в зоні Б, В, Г або Д, хоча при цьому деталь буде придатна для вільного складання. У прикладі, що розглянутий, зона допу-

ску може бути використана повністю тільки при вказуванні граничного зсуву отворів (рис. 6.219, з).

Якщо розташування кожного елемента задане від двох баз (рис. 6.220, а), то точність їх розташування залежатиме не лише від точності координуючих розмірів, але і від точності взаємного розташування самих баз. При такому нанесенні розмірів ми, по суті, задаємо не одну групу зв'язаних один з одним отворів, а ряд груп, кожна з яких складається з двох базових площин і одного отвору. Креслення вимагає тільки те, щоб в кожній такій групі вісь отвору знаходилась в зоні, обкресленій квадратиком (рис. 6.220, б).

Якщо отвори повинні скласти одну загальну групу і якщо при цьому допустити, що базові поверхні розташовані точно під прямим кутом (90°), то квадратики повинні вписуватись в зону допуску σ_t , що і визначає граничні відхилення координуючих розмірів. Однак, оскільки ніколи не можна гарантувати абсолютно точного взаємного положення базових поверхонь, то не можна гарантувати і вільне складання деталей з такими граничними відхиленнями. Для гарантії можливості складання необхідно вказати на кресленні граничне відхилення від взаємної перпендикулярності базових поверхонь і з урахуванням цього відхилення зменшити граничні відхилення координуючих розмірів. Це необхідне для того, щоб за будь-яких обставин осі отворів знаходились в зоні допуску σ_t .

На рис. 6.220, в показано типовий випадок розташування чотирьох отворів, призначених для кріплення деталі. Тут конструктор мав намір показати, що чотири отвори є однією групою, в якій взаємне положення отворів визначається умовами складальності, а сама група щодо країв деталі може мати значні зсуви. Помилково було б вважати, що при вказаному методі нанесення розмірів зони допусків розташування отворів будуть квадратами, показаними на рис. 6.220, з, і виходячи з цього визначати найбільший зсув вісей отворів при аналізі можливості складання вузла. У даному прикладі вісі отворів можуть розташуватись як показано хрестиками, оскільки при цьому відстані вісей від базових поверхонь знаходяться в межах полів допусків, вказаних на кресленні. Таким чином, на точність взаємного положення отворів впливають також і граничні відхилення розмірів розташування отворів від базових поверхонь. Це повинно враховуватись конструктором. Неперпендикулярність взаємного розташування базових поверхонь і в цьому випадку внесе додаткову похибку розташування отворів.

На рис. 6.220, д показано випадок, коли на взаємне положення отворів не впливає похибка контуру деталі. Тут базою є отвір B і центрова лінія B (остання може бути непаралельна контуру деталі в межах поля допуску розміру G). При розрахунках граничних відхилень в таких випадках повинно бути взято до уваги відхилення від перпендикулярності центрових ліній до базової лінії B . Якщо не задане граничне відхилення від перпендикулярності, то слід вважати можливою таку похибку в межах поля допуску розміру між осями отворів.

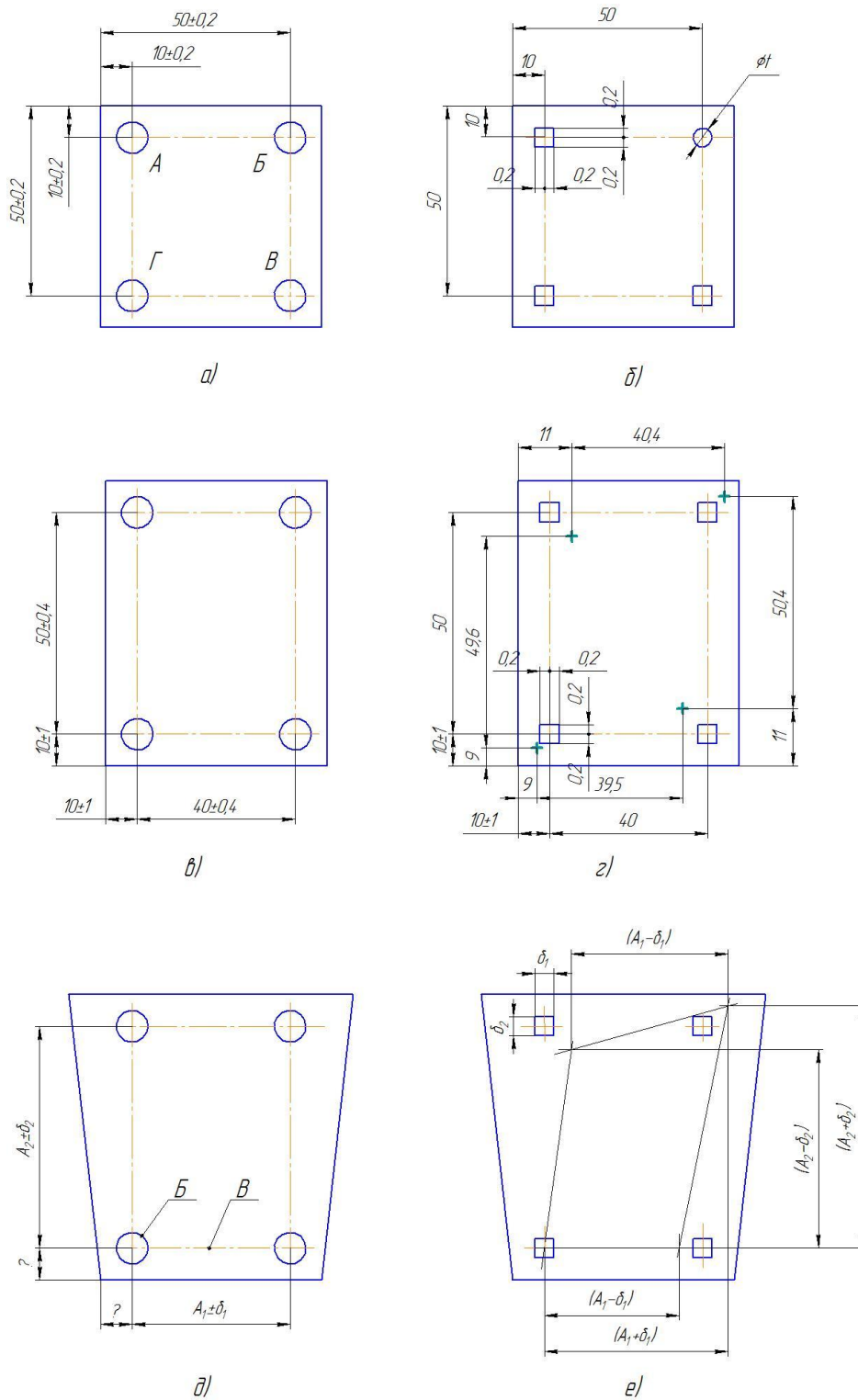


Рис. 6.220 – Приклади нанесення розмірів деталей

З урахуванням цього на рис. 6.220, е хрестиками показано можливе положення осей отворів, при якому відхилення лінійних розмірів, а також неперпендикулярність і непаралельність центрових ліній знаходяться в межах полів допусків, обмежених граничними відхиленнями розмірів $A1$ і $A2$. Легко переконатись в тому, що і в цьому випадку відхилення отворів від номінальних положень значно виходять за межі симетричних розташованих зон допуску, показаних квадратами.

Якщо зони, змальовані квадратами, є граничними за умовами можливості складання, то у випадках, показаних на рис. 6.220, *г* і *е*, необхідно або зменшити допуски розмірів, які впливають на розташування отворів, або збільшити зазор між отвором і болтом. Це необхідно для того, щоб у всіх випадках центри отворів залишалися в межах зони допуску їх розташування.

Приклади, приведені на рис. 6.219 і рис. 6.220, дозволяють зробити висновок про те, що метод обмеження похибки розташування поверхонь за допомогою вказування граничних відхилень координуючих розмірів принципово можливий і в цих випадках, проте тут цей метод приводить до значних збитків у виробництві.

В розглянутих випадках і подібних до них, на розташування елементів впливають похибки багатьох розмірів. Врахування цих похибок неминуче приводить до зменшення допусків координуючих розмірів. Це підвищує вимоги до точності виготовлення і приводить до формального бракування деталей у випадках, коли дійсний розмір виходить за межі його поля допуску, хоча осі отворів при цьому можуть знаходитись в зоні допуску σ_t .

Ці приклади показують, що в подібних випадках, як правило, допустиму похибку розташування отворів доцільно регламентувати шляхом вказування граничного зсуву від номінального розташування, завдяки чому використовується повна зона допуску σ_t . Проте у випадках, коли виготовлення калібрів для контролю розташування отворів або практично неможливо або економічно недоцільне (наприклад, при невеликій кількості виробів, що виготовляються), можна забезпечити можливість складання вузла нанесенням граничних відхилень координуючих розмірів, при необхідності розширивши їх допуски шляхом збільшення діаметру отворів під болти.

Метод вказування граничних зсувів від номінального розташування може бути застосований для будь-якої кількості отворів. При цьому мається на увазі, що зони допуску обкреслюються концентрично осям отворів, розташування яких задане номінальними розмірами, а вся група отворів може бути зміщена щодо баз в межах допустимих відхилень відповідних розмірів. У таких випадках використовується повна зона допуску розташування, а коливання відстані між осями будь-якої пари отворів, у тому числі і в діагональному напрямі, зберігаються однаковими. Це істотно спрощує розмірні розрахунки і оформлення креслення, а також знижує вартість виробів завдяки використанню повної зони допуску.

На рис. 6.221, *а* показана деталь, яка має декілька концентричних поверхонь. Вісі цих поверхонь номінально збігаються, але реально можуть бути зміщені одна відносно іншої. Тому при вказуванні вимог до точності розташування отворів, окрім граничних відхилень розмірів необхідно вказати базову поверхню і допустимий ексцентриситет кола центрів отворів щодо базової поверхні. Це має бути врахованим при розрахунку величин граничних відхилень. Креслення тієї ж самої деталі, але з вказуванням

граничного зсуву, показане на рис. 6.221, б.

Метод нанесення граничних зсувів від номінального розташування є переважним і у випадках, показаних на рис. 6.222, хоча тут передбачено тільки два або навіть один отвір. Випадок, показаний на рис. 6.222, а, не потребує пояснень, оскільки він подібний до випадку, що був раніше розглянутий (рис. 6.222, а). Випадок на рис. 6.222, б передбачає складання двох таких деталей з умовою збігу їх базових поверхонь. Тут має місце група, що складається з трьох зв'язаних елементів – двох базових поверхонь і одного отвору. Метод вказування граничних відхилень розмірів в цьому випадку також звужує зону допуску розташування до прямокутника, вписаного в круг, радіус якого відповідає граничному зсуву від номінального розташування.

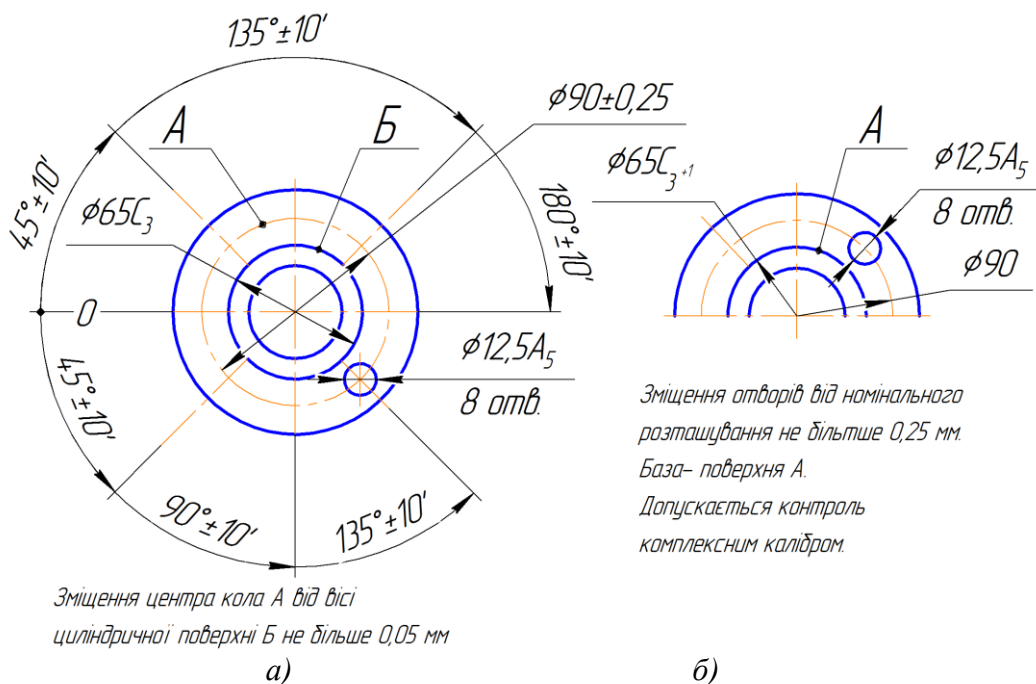


Рис. 6.221 – Приклади нанесення розмірів деталей, які мають концентричні поверхні

Контроль точності розташування отворів, особливо в умовах масового виробництва, може бути вирішений значно простіше при вказуванні граничних зсувів від номінального розташування. Наприклад, для контролю розташування отворів деталі (рис. 6.223) досить виготовити жорсткий комплексний калібр – пластину з штирями, радіус яких менше мінімального радіусу відповідних отворів на величину граничного зсуву від номінального розташування. Такий калібр не входить в отвори, якщо їх зсуви від номінального розташування перевищать допустимі значення.

Якщо граничний зсув від номінального розташування заданий відносно якої-небудь бази (рис. 6.221, б), то і комплексний калібр повинен базуватись на цю базу. Якщо деталь має декілька груп отворів, кожна з яких задана від своєї бази, то для контролю кожної групи отворів повинен застосовуватись окремий комплексний калібр.

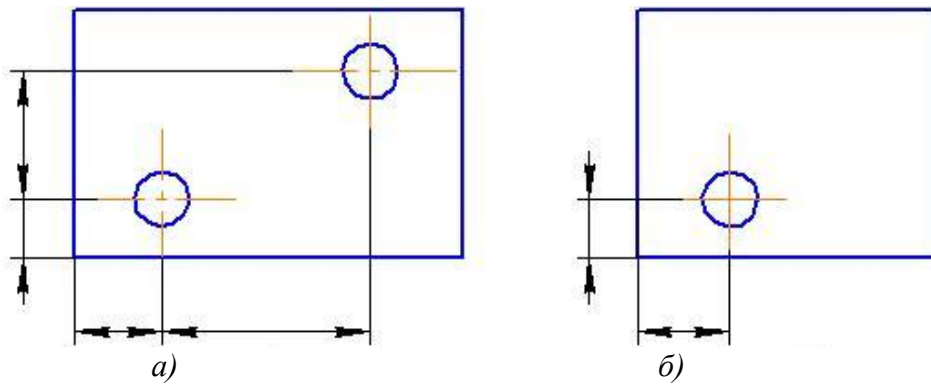


Рис. 6.222 – Приклади нанесення розмірів деталей

Немає необхідності доводити, що контроль деталей комплексним калібром є найбільш продуктивним в порівнянні з роздільним контролем декількох координуючих розмірів.

На закінчення слід зазначити, що розглянуті принципи вибору переважного методу вказування розташування і контролю отворів можуть бути застосовані і відносно інших елементів деталі (виступів, пазів і т. п.), коли виникає необхідність обмежити похибку розташування поверхонь цих елементів.

Застосування методу вказування на кресленні граничних зсувів отворів від номінального розташування істотно спрощує розмірні розрахунки.

Нижче, як приклад, показано типовий розрахунок величин граничних зсувів від номінального розташування отворів в деталях, що сполучаються будь-якою кількістю болтів. На рис. 6.223, б показана одна пара отворів, що сполучаються, і розміри, які входять в розрахунок. На рис. 6.223, в показано гранично допустиме відносне положення отворів, при якому можливе вільне складання.

Для цього випадку справедлива рівність:

$$C + \frac{D_1}{2} + \frac{D_2}{2} = d + 2Z_1 + 2Z_2$$

Враховуючи, що $C = \Delta_1 + \Delta_2$, після перетворень отримаємо:

$$\Delta_1 + \Delta_2 = Z_1 + Z_2.$$

Це показує, що:

а) для кожної пари отворів, що сполучаються, сума граничних зсувів від номінального розташування ($\Delta_1 + \Delta_2$) може бути різною, оскільки вона залежить від величини складальних зазорів в цих отворах, через що для різних отворів однієї і тієї ж деталі можуть бути різні граничні зсуви від номінального розташування;

б) для пари отворів, що сполучаються, граничні зсуви від номінального розташування для різних деталей (Δ_1 і Δ_2) можуть бути різними, якщо це виправдано технологічними міркуваннями, але їх сума не повинна перевищувати певної величини, залежної від складальних зазорів.

Розміри, відповідні максимуму матеріалу, і граничні зсуви від номінального розташування мають бути такими, щоб забезпечувалось вільне складання у найгіршому випадку. На рис. 6.224, *a* як приклад дано дві деталі, вільне складання яких може здійснюватись навіть в найнесприятливішому поєднанні розмірів і розташування отворів і стрижнів.

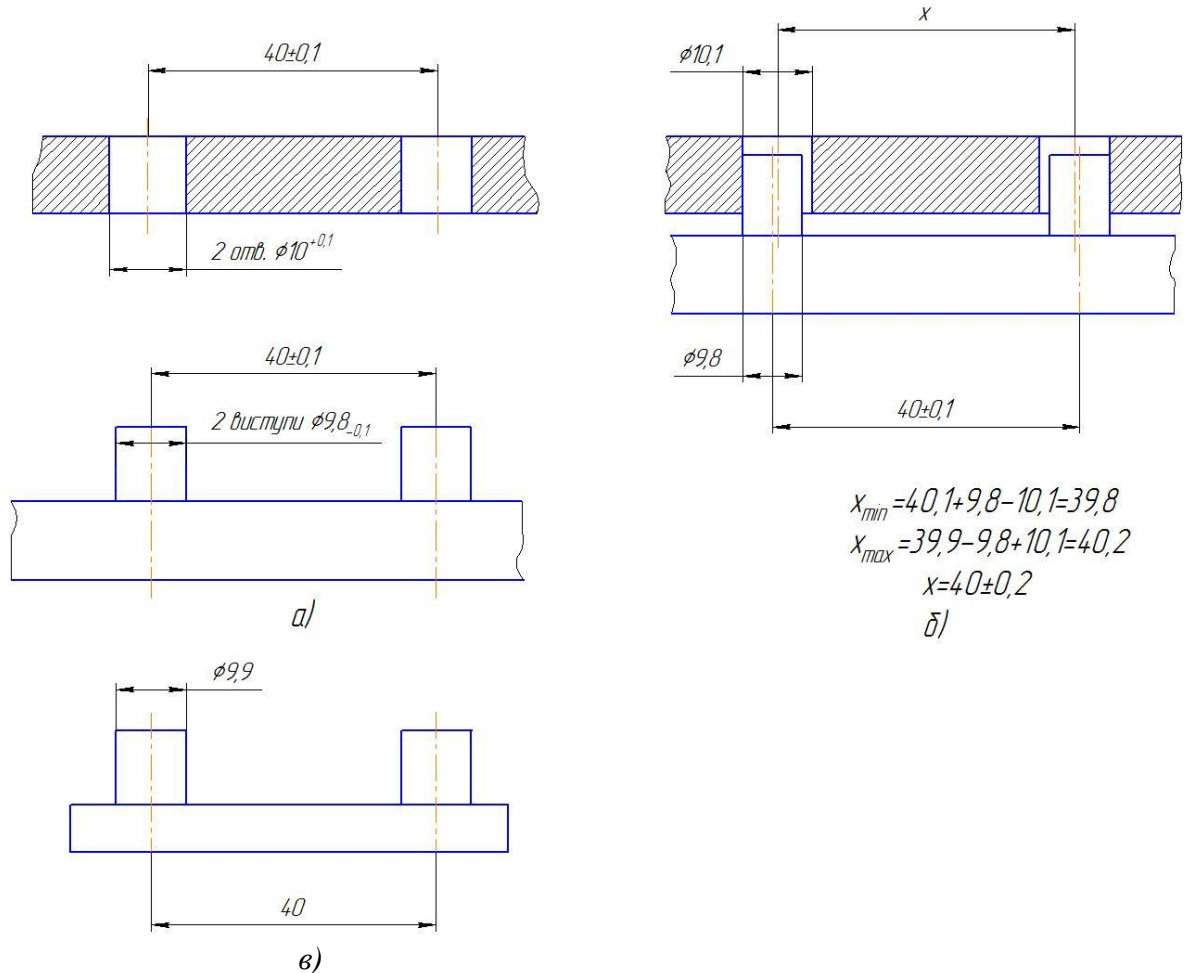


Рис. 6.224 – Приклади нанесення розмірів деталей

Принцип «максимуму матеріалу» полягає в тому, що якщо дійсні розміри елементів відхиляються від граничних величин, відповідних максимуму матеріалу, у напрямі мінімуму матеріалу, то з'являються збільшені зазори, які дають можливість без ризику порушення складальності визнати придатними деталі, які мають фактичну похибку розташування поверхонь, яка дещо перевищує встановлений граничний зсув від номінального розташування.

Нижче, при розгляді окремих прикладів, буде показано, що принцип «максимуму матеріалу» може бути застосовний не в усіх випадках. Інколи вказані на кресленні граничні зсуви від номінального розташування поверхонь мають бути витримані незалежно від умови «максимуму матеріалу».

На рис. 6.224, *б* показане складання розглянутих вище деталей у випадку, коли отвори виконані за максимальним розміром. Як показують результати розмірного розрахунку, похибка відстані між осями отворів може

перевищити встановлені граничні відхилення, досягнувши величини $\pm 0,2$ мм (замість $\pm 0,1$ мм), що компенсується збільшенням фактичного діаметру отворів (10,1 замість 10). Слід зазначити, що таке збільшення граничних відхилень може бути допущене незалежно від фактичної похибки деталі, що сполучається, оскільки приведений розрахунок виходить з гіршого випадку, коли стрижні матимуть максимальні розміри (9,8), а відстань між ними буде найменшою (39,9) або найбільшою (40,1).

Якщо фактичні розміри діаметру отвору матимуть проміжне значення між мінімумом і максимумом (між 10 і 10,1), то і граничні відхилення відстані між осями повинні мати відповідне значення $\pm 0,1$ і $\pm 0,2$ мм.

Така можливість збільшення похибки наявна незалежно від того, чи вказана вимога до точності розташування у вигляді граничних відхилень координуючого розміру або у вигляді граничних зсувів від номінального розташування.

Диференційований контроль розмірів таких деталей приведе до їх необґрунтованого бракування за формальною ознакою невідповідності фактичного розміру між вісями отворів вимогам креслення, хоча такі деталі придатні для складання. Контроль відстаней між осями з урахуванням допустимого збільшення похибки на величину, компенсовану відхиленнями розмірів самих отворів, легко здійснюється комплексним калібром.

Такий калібр для контролю розглянутої нами деталі з двома отворами показаний на рис. 6.224, в. Розміри калібру вибрані таким чином, що при максимумі матеріалу деталі і номінальному розташуванні отворів величина радіального зазору між деталлю і калібром відповідає допустимому зсуву отвору деталі від номінального положення (у нашому прикладі $A=0,05$ мм). При максимумі матеріалу деталі і зсувах вісей отворів в протилежні сторони на величину, що перевищує цей номінальний зазор, калібр не входить у деталь, і остання має бути забракована. Проте, якщо дійсний діаметр отворів або одного з отворів буде збільшений (в межах поля допуску на цей діаметр), то калібр входить у деталь, і остання має бути визнана придатною, якщо зсуви отворів не перевищують величини дійсного радіального зазору між деталлю і калібром.

Такий метод контролю як би автоматично враховує можливість збільшення похибки дійсного розташування поверхонь понад встановлений граничний зсув за рахунок зміни дійсних розмірів цих поверхонь, що дає можливість не бракувати деталі, придатні для складання.

Незалежні допуски повинні задаватись також в деталях кінематичних з'єднань, для міжосьових відстаней зубчастих зачеплень тощо. Тільки конструктор може вирішити питання про те, чи є зазначені ним на кресленні граничні похибки розташування незалежними або вони відносяться до умови «максимуму матеріалу».

Слід вважати, що якщо на кресленні немає особливих вказівок, то граничні похибки розташування елементів (наприклад, граничні відхилення

відстані між осями двох отворів) є незалежними – вони є граничними незалежно від фактичних відхилень розмірів самих елементів. Принцип «максимуму матеріалу» застосовний при вказуванні будь-яких граничних відхилень розташування поверхонь.

На рис. 6.225, а показаний приклад використання принципу «максимуму матеріалу» стосовно умови перпендикулярності. Вісь стрижня може мати відхилення від перпендикулярності до базової площини *A* не більше 0,02 мм при максимальному діаметрі стрижня 16 мм, але із зменшенням цього діаметру може бути допущено більше відхилення від перпендикулярності. При мінімумі матеріалу, коли стрижень матиме $\varnothing 15,98$ мм, відхилення від перпендикулярності може бути збільшене на 0,01 мм, тобто до 0,03 мм.

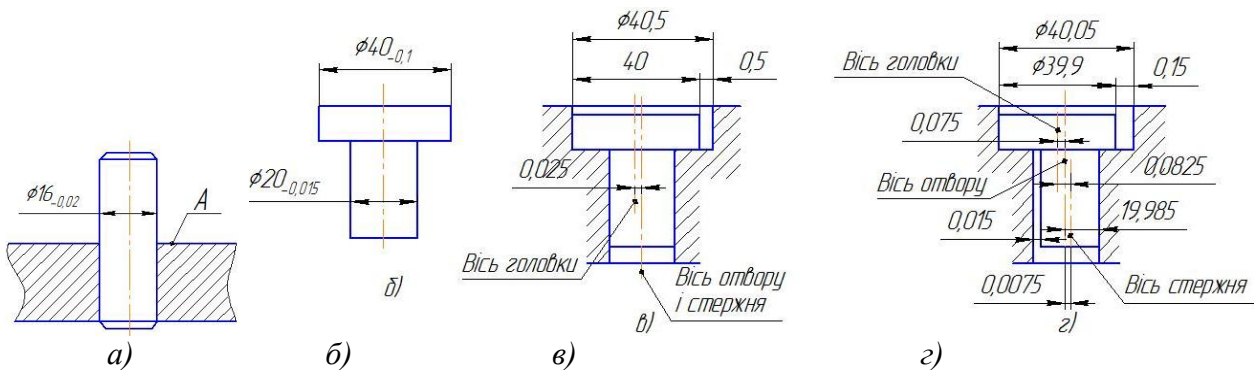


Рис. 6.225 – Приклади нанесення розмірів деталей

На рис. 6.225 б–г показаний приклад використання принципу «максимуму матеріалу» стосовно умові концентричності. В цьому випадку відхилення від співвісності (ексцентрицитет) головки відносно стрижня може збільшуватись від 0,025 до 0,0825 мм зі зміною фактичних розмірів головки і стрижня деталі від максимуму матеріалу (рис. 6.225, в) до мінімуму (рис. 6.225, г).

6.3.3 Вибір розмірів деталі та їх граничних відхилень

Якщо раціонально обрати розміри і граничні відхилення, то можна зменшити трудомісткість виготовлення деталі на 15–20 %, не змінюючи її конструкції [3].

Вибір розмірів. Розміри, які наносяться на креслення, повинні вибиратись з рядів нормальних лінійних розмірів. Дотримання цих вимог особливо важливо для розмірів, які можуть контролюватись нормальними граничними калібрами, оскільки цим обмежується до мінімуму кількість вимірювального інструменту. При розробці серії виробів параметри і числові характеристики (числа обертів, потужності, швидкості і т. д.), що не є лінійними розмірами, повинні утворити ряд, відповідний ряду переважних чисел.

Вибір граничних відхилень розмірів. При розробці креслень виробу конструктор зобов'язаний враховувати вимоги до взаємозамінності як виробу в цілому, так і його складових частин.

Під повною взаємозамінністю виробу та його складових частин розуміється можливість заміни їх іншим виробом і іншими частинами,

виготовленими по тим же кресленням. Повна взаємозамінність є комплексним поняттям, що включає розмірну і функціональну взаємозамінність.

Зокрема розмірна взаємозамінність характеризується можливістю заміни виробу або його частини за допомогою розбирання і складання, не удаючись до якої-небудь обробки, підбору або підгонки частин виробу, а також удаючись до заміни інших частин, зв'язаних із замінюваною. При цьому в зібраному виробі мають бути забезпечені необхідні зазори і натяг в деталях, що сполучаються, а також правильні кінематичні зв'язки окремих частин.

Зношені (або пошкоджені) в експлуатації частини виробу замінюються запасними. Запасні частини мають бути повністю взаємозамінними з відповідними частинами виробу. Взаємозамінність дає можливість організувати виробництво з використанням принципів розподілу праці, спеціалізації підприємств і широкої кооперації.

Здавалося б, що взаємозамінність виробів і їх частин повинна вийти сама собою, оскільки потрібні кількості однойменних частин виготовляються за одними і тими самими кресленнями. Проте забезпечити таку взаємозамінність далеко не просто, оскільки при виготовленні деталей їх не можна отримати абсолютно точними. Тому конструктор повинен вказувати на кресленні величини допустимих похибок, при яких забезпечується взаємозамінність складових частин виробу і його якісна робота.

На підставі цих вказівок у виробництві здійснюється вибір необхідного устаткування і режиму роботи, а також відбракування непридатних для складання деталей.

При призначенні допустимих похибок конструктор, виходячи з вимог взаємозамінності, зобов'язаний виконувати наступні дві умови:

- 1) на кресленні вказувати найбільші допустимі похибки незалежно від можливостей виробництва виконати дану деталь з вищою точністю;
- 2) вимоги точності виготовлення не повинні перевищувати можливостей виробництва.

На рис. 6.226 показаний характер зміни відносної величини вартості обробки валу залежно від необхідної точності виготовлення. З підвищенням необхідної точності вартість обробки може збільшитись у декілька разів. Конструктор зобов'язаний прагнути до того, щоб задана ним точність виготовлення для більшості деталей не перевищувала економічної точності передбачуваного способу виробництва, тобто точності, що отримується в нормальних умовах роботи при стандартній якості інструменту і невисокій кваліфікації робітника.

Хоча можливості збільшення допустимих похибок обмежені умовами взаємозамінності і вимогами якості виробів, у ряді випадків конструктор все ж може шляхом вибору більш вдалого конструктивного рішення або тільки шляхом зміни нанесення розмірів на кресленні істотно збільшити допустимі похибки і зменшити, тим самим, вартість виробу без зниження

його якості і без втрати взаємозамінності. Правильно вибраними гранично допустимими похибками слід вважати найбільші похибки, при яких забезпечується взаємозамінність і необхідна якість.

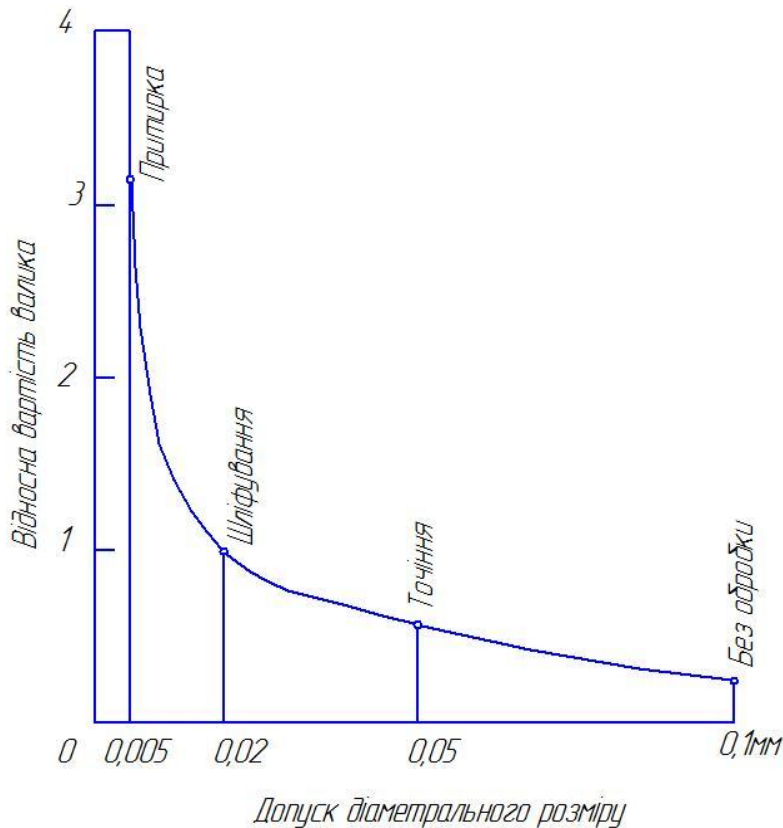


Рис. 6.226 – Залежність відносної вартості вала від точності виготовлення

При визначенні допустимих величин похибок розмірів останні залежно від вимог взаємозамінності ділять на дві категорії: розміри функціональні і розміри вільні.

Гранично допустимі похибки функціональних розмірів розраховуються виходячи з умов складальності або отримання гарантованих зазорів і натягу, а також умов виконання деталями їх основних функцій (сюди відносяться граничні відхилення довжини болта, міжосьової відстані зубчатої передачі та ін.).

В деяких випадках цей розрахунок може зводитись до елементарно простих арифметичних дій. У інших, складніших, випадках розрахунок пов'язаний з аналізом наслідків всіляких поєднань різних граничних відхилень ряду розмірів, які створюють загальний розмірний ланцюг. Такий аналіз при необхідності фіксується в особливому документі, що називається розрахунком розмірних ланцюгів.

Вільними називаються розміри, які не входять в розмірні ланцюги і які не впливають безпосередньо на характер з'єднання деталей. Гранично допустимі похибки таких розмірів задаються виходячи з мінімальної економічної точності з урахуванням забезпечення необхідної міцності, товарного вигляду та інших заданих характеристик деталі.

Гранично допустимі похибки форми і розташування поверхонь в більшості випадків визначаються також умовами взаємозамінності.

Стандартна система допусків і посадок передбачає певне розташування поля допуску залежно від виду посадки (із зазором, з натягом або проміжна посадка).

Система отвору характеризується тим, що при заданому класі точності і заданому номінальному розмірі граничні відхилення отвору залишаються незмінними, а різні посадки виходять за рахунок зміни граничних відхилень валу.

Система валу характеризується тим, що при заданому класі точності і заданому номінальному розмірі незмінними залишаються граничні відхилення валу, а різні посадки виходять за рахунок зміни граничних відхилень отвору.

Найбільш широке розповсюдження має система отвору. Система валу застосовується тільки в тих випадках, коли в порівнянні з системою отвору вона має переваги. Зокрема, система валу застосовується при виборі граничних відхилень отвору в корпусі деталі під підшипник кочення, де за рахунок вибору різних граничних відхилень отвору при незмінному зовнішньому діаметрі підшипника конструктор має можливість змінювати посадку залежно від умов роботи підшипникового вузла.

Посадка підшипника на вал здійснюється за системою отвору, оскільки зміна характеру посадки може змінюватися за рахунок зміни валу, при незмінних розмірах внутрішнього діаметру підшипника. При цьому ефективно вирішується питання уніфікації підшипників, розміри яких не залежать від застосування різних посадок. В деяких випадках доцільно застосувати замість ступінчастого гладкий вал, а різні посадки цього валу у втулках отримувати за рахунок різних граничних відхилень втулок, – тут також має сенс застосування стандартних допусків і посадок за системою валу.

Слід зазначити наступну дуже важливу обставину: як при системі отвору, так і при системі валу, для рухомих посадок стандартні граничні відхилення отвору задаються зі знаком плюс, а валу – зі знаком мінус. Це відповідає загальному принципу вибору напряму поля допуску «в тіло» деталі. Дотримання такого принципу в усіх випадках (у тому числі і при призначенні спеціальних граничних відхилень) дає гарантію складальності виробу при однакових номінальних розмірах деталей, оскільки величина похибки розміру може впливати тільки на збільшення зазору між поверхнями, що сполучаються. Ця обставина істотно спрощує розмірні розрахунки.

Вибір граничних відхилень для розмірів радіусів повинен проводитись виходячи із загальних принципів напряму поля допуску «в тіло» деталі (на рис. 6.227 номінальний контур показаний суцільними основними лініями, а контур, що відповідає граничним розмірам радіусів, – суцільними тонкими). Із зіставлення рис. 6.227, *a* і *в* видно, що залежно від того, які поверхні деталей сполучаються при складанні і як нанесені розміри на кресленні, знак граничного відхилення радіусу може бути різним.

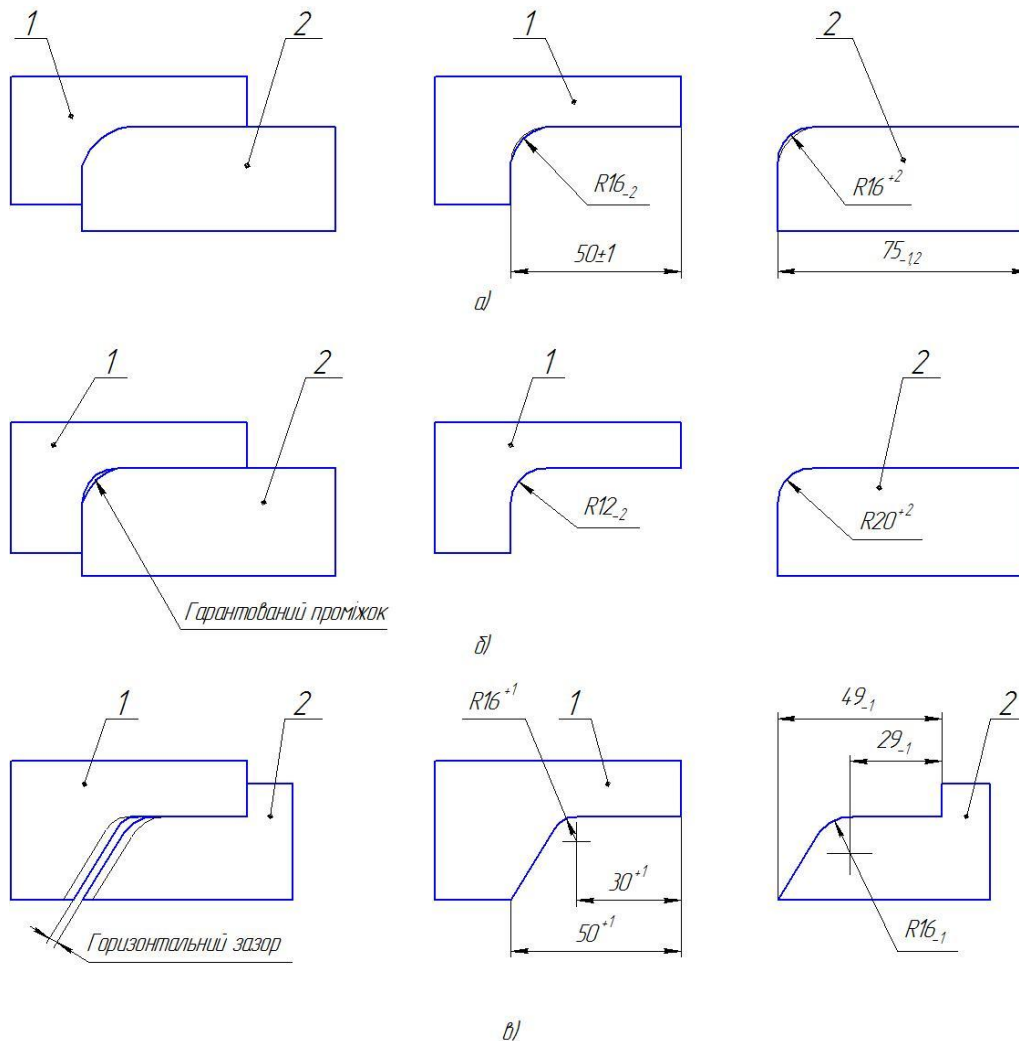


Рис. 6.227 – Вибір граничних відхилень для розмірів радіусу

Для сполучення за типом рис. 6.227, а радіус охоплюючої поверхні має бути завжди менше радіусу охоплюваної, що в більшості випадків забезпечується не лише за рахунок правильного вибору розташування полів допусків, але і за рахунок вибору різних номінальних розмірів радіусів (рис. 6.227, б).

Принцип напряму поля допуску «в тіло» застосовується також для розміру уступу і розміру, що координує положення центру кривизни, якщо вибір знаку граничного відхилення (+ або –) визначається виходячи з умов складальності (див. розміри 50^{+1} , 49_{-1} , 30^{+1} та 29_{-1} на рис. 6.227, в). Для вільних розмірів уступів можна рекомендувати симетричне розташування поля допуску (див. розмір 50 ± 1 на рис. 6.227, а).

Для відстаней між всіями (отворів, виступів і інших подібних елементів), між площиною і віссю (отвору, виступу або іншого подібного елементу), а також для кутових розмірів стандартна система допусків і їх умовних позначень, так само, як і загальний принцип напряму поля допуску в тіло деталі, непридатні. Для таких розмірів, як правило, є допустимим симетричне розташування поля допуску (наприклад $50 \pm 0,2$), обумовлене умовами складальності.

Двосторонні несиметричні граничні відхилення (наприклад, $50^{+0,1}_{-0,8}$) пропоставляються для розмірів деталей, допуски на яких регламентовані особливими стандартами (відливки, фарфорові деталі та ін.), а також у випадках, коли це виправдано технологічними особливостями (врахування зношування інструменту, усадки матеріалу тощо).

Якість конструкції, її технологічність і вартість визначаються не лише конструктивними формами і розмірами, але значною мірою і правильно вибраними граничними відхиленнями розмірів.

У ряді випадків конструкція, гарна по своїх експлуатаційних характеристиках, може виявитися абсолютно неприйнятною для виробництва через неправильно призначені граничні відхилення.

Граничні відхилення розмірів охоплюваних і охоплюючих поверхонь, як правило, повинні вибиратись з таблиць відповідних стандартів.

Для з'єднань з натягом або незначним зазором вибираються однакові номінальні розміри для валу і отвору, а необхідний натяг або зазор забезпечується граничними відхиленнями, що відповідають вибраній посадці (пресовій, ковзаючій, ходовій тощо). Для подібних посадок найбільше розповсюдження мають 2–5 класів точності (у виняткових випадках – 1-й клас точності).

Для з'єднань з великим зазором (наприклад, для звичайних болтових або заклепувальних з'єднань) номінальний діаметр отвору вибирається більше номінального діаметру валу, болту, заклепки, чим забезпечується вільне складання при достатньо низькій економічно доцільній точності виготовлення деталей. Для таких збірок отвори зазвичай виконуються по 5-у, а інколи і по 7-у класу точності.

Граничні відхилення розмірів, що визначають розташування отворів, встановлюються розрахунковим шляхом виходячи з умов вільного складання. Допуски розмірів неохоплюючих поверхонь (уступи, глибини і т. п.), задаються з урахуванням значних ускладнень у виробництві, викликаних складністю перевірки таких розмірів. Бажано допуски таких розмірів задавати відносно ширшими. Правильність вибору граничних відхилень таких розмірів перевіряється розрахунком розмірних ланцюгів.

У деяких випадках допуски вільних розмірів можуть визначатись технологічними вимогами, пов'язаними із закріпленням деталі в пристосуванні і т. п.

Спеціальні допуски (нестандартні) можуть бути допущені тільки у випадках, які обґрунтовані відповідними розрахунками або технічною і економічною доцільністю. Спеціальні допуски доцільно застосовувати, наприклад, для деталей, точність виготовлення яких може бути нижче за найнижчий стандартний клас точності.

Стандартні граничні відхилення можуть бути вибрані за системою отвору або за системою валу, кожна з яких передбачає певні граничні відхилення, диференційовані залежно від класу точності, номінального розміру і необхідної посадки (певної величини зазору або натягу) деталей, що сполучаються.

У стандартних системах допусків виходять із сполучення отвору і валу, проте в поняття отвору вкладається будь-який охоплюючий елемент деталі (отвір, ширина паза і т. п.), а в поняття валу – будь-який охоплюваний елемент (вал, ширина виступу і т. п.).

За відсутності особливої обмовки мається на увазі, що розміри деталей повинні знаходитись в межах заданих відхилень при температурі деталей $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Цю обставину необхідно враховувати при контролі деталей і не проводити вимірювання розмірів високої точності при великій різниці температур деталі і вимірювального інструменту (наприклад, при температурі валу $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ і температурі калібру $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ результат виміру $\text{Ø}180$ дає похибку, що в 2 рази перевищує допуск другого класу точності).

Іноколи буває необхідним деякі розміри деталей, що виготовляються з гуми і інших подібних матеріалів, виконувати з високою точністю (наприклад, внутрішній діаметр повстяного кільця для ущільнення валу має бути виконаний достатньо точно, з тим щоб кільце щільно прилягало до поверхні валу). Проте навіть легка деформація цих деталей унеможливорює безпосередній контроль розмірів з такою точністю. У таких випадках розмір деталі може бути перевірений побічно шляхом контролю точності інструменту, призначеного для виготовлення цієї деталі, відповідно до чого біля відповідних розмірів можна рекомендувати робити приписку «*інстр.*» (наприклад $\text{Ø}50^{+0,11}$ *інстр.*), а на полі креслення дати вказівку «*Розміри з припискою інстр. дані для інструменту*».

Для деталі складної форми, що легко деформується, замість граничних відхилень її розмірів допускається на полі креслення давати вказівку про точність виконання інструменту (пресформи і т. п.), призначеного для виготовлення цієї деталі.

Для складного профілю деталі, що не деформується, обробка і приймання якої проводиться за допомогою контурних шаблонів (наприклад, складний контур фіксуючої зубчатки, конусна поверхня та ін.), допускається розміри проставляти також без граничних відхилень, а на полі креслення указувати точність виконання шаблону і метод контролю (без помітного просвіту; з просвітом, що не перевищує певної величини; без хитавиці і т. п.).

Щодо граничних відхилень, які можуть бути проконтрольовані тільки в процесі обробки деталі, до зняття її з верстата, на полі креслення має бути відповідна обмовка на зразок «*Розмір А контролюється тільки при обробці*».

6.3.4 Призначення допусків форми та розташування поверхонь деталі

Правильне вказування допусків форми і розташування поверхонь відповідальної деталі дозволяє забезпечити належну її працездатність і довговічність вузла нарівні з раціональним вибором марки матеріалу, призначенням граничних відхилень розмірів, а також зміцнюючої обробки [3].

Виділяють наступні види допусків форми і розташування поверхонь: прямолінійності; площинності; круглості; циліндричності; профілю подовжнього перетину; паралельності; перпендикулярності; нахилу; співвісності; симетричності; позиційний допуск; перетину осей; биття; повного биття; форми заданого профілю; форми заданої поверхні; сумарний допуск.

Відхилення від прямолінійності (непрямолінійність) – це найбільша відстань від точок реального профілю до прилеглої прямої. Для деталей, виготовлених з тонкого листового матеріалу, на кресленні при необхідності достатнього вказати максимально допустиму угнутість, опуклість або непрямолінійність контурних поверхонь без вказівки напрямку, в якому похибка поверхні повинна контролюватись, оскільки і без того ясно, що контроль повинен здійснюватись тільки уздовж контурної поверхні. Так само поступають у всіх інших випадках, коли поверхня має відносно невелику ширину. Для широких поверхонь і у всіх тих випадках, коли напрям вимірювання непрямолінійності не є очевидним, конструктор, окрім вказування допустимої непрямолінійності, повинен додатково вказати напрям, в якому повинні проводитись контрольні виміри.

В деяких випадках може виникнути необхідність контролю відхилення від прямолінійності ребра деталі, поперечний перетин якої подібний до показаного на рис. 6.228. За відсутності особливих обмовок такий контроль здійснюється в площині, що проходить через бісектрису кута між гранями. Слід зауважити, що і в цьому випадку непрямолінійність ребра є наслідком похибки форми поверхонь (граней).

Приклади елементів деталей, у яких доцільно проводити перевірку непрямолінійності: робоча поверхня лекальних лінійок напрямних у станинах металорізальних верстатів, довгі деталі з прутка (шпильки, шпонки і т. п.).

В більшості випадків для характеристики допустимого відхилення форми плоскої поверхні досить вказати допустиму непрямолінійність в одному або в двох напрямках. Проте слід мати на увазі, що вказівка про допустиму непрямолінійність характеризує поверхню тільки частково. Для характеристики відхилення форми плоскої поверхні в цілому існує поняття відхилення від площинності.

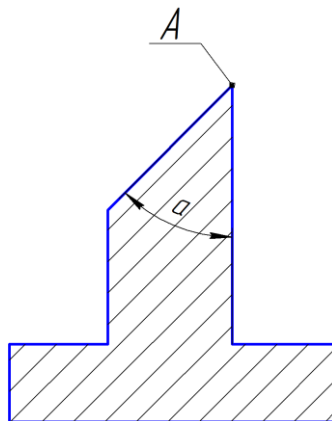


Рис. 6.228 – Приклад зазначення відхилення від прямолінійності ребра деталі

У загальному випадку відхилення від площинної може вимірюватись безпосередньо після додавання до вимірюваної поверхні еталону геометричної площинності (перевірочної плити). При цьому також розрізняють угнутість і опуклість як елементарні види неплщинності.

Інколи для працездатності виробу важливе максимальне прилягання реальної поверхні до геометричної площини і не така важлива величина зазору в тих місцях, де прилягання відсутнє. Відповідні вказівки на кресленні записуються у вигляді вимоги про мінімальну величину поверхні прилягання або у вигляді допущення максимальної величини неприлягання до площинності у відсотках від величини поверхні. В цьому випадку має бути вказаний метод контролю прилягання поверхонь (у машинобудівній практиці найбільш поширеним є метод контролю «на фарбу» або по відтисненню копіювального паперу).

Приклади елементів деталей, у яких доцільно проводити перевірку неплщинності: робочі поверхні площинно-паралельних кінцевих мір довжини (плиток), робочі поверхні перевірочних плит, робочі поверхні столів верстатів, опорні поверхні машин, зовнішні поверхні шаф, кузовів і інших великогабаритних виробів (для забезпечення їх товарного вигляду).

До елементарних видів відхилень форми циліндричної поверхні в поперечному перетині відносяться овальність і ограновування.

До елементарних видів відхилень форми циліндричної поверхні в подовжньому перетині площини, що проходить через вісь, відносяться конусність, бочкоподібність, сідлоподібність та вигнутість. Окрім цих елементарних видів відхилень форми, можливе поєднання декількох відхилень, а в деяких випадках твірна циліндричної поверхні може бути невизначеною хвилястою лінією і при цьому різною для різних подовжніх перетинів.

Інколи досить перевірити величину непрямої твірної подібно до того, як проводиться перевірка непрямої поверхні в певному напрямі. Непрямої твірної включає бочкоподібність, сідлоподібність, вигнутість і будь-яке довільне викривлення твірної.

В деяких випадках необхідно дати загальну характеристику допустимого відхилення форми циліндричної поверхні в подовжньому перетині. У таких випадках указується відхилення форми подовжнього перетину – найбільша відстань від точок реального профілю до прилеглого. Прилеглий профіль утворюється двома паралельними прямими, розташованими поза матеріалом деталі так, щоб відстань від найбільш видаленої крапки реального профілю до прилеглого була найменшою. Відхилення форми подовжнього перетину характеризує сукупність всіх елементарних відхилень форми подовжнього перетину.

Загальним поняттям, яке характеризує будь-які відхилення форми циліндричної поверхні, є відхилення від циліндричності, що включає всі види відхилень циліндричної форми як в поперечному, так і в подовжньому перетинах.

Розглядаючи конусність, бочкоподібність і сідлоподібність як елементарні види нециліндричності, слід мати на увазі, що величини цих відхилень дорівнюють подвоєній величині нециліндричності.

Приклади елементів деталей, у яких доцільно проводити перевірку нециліндричності або її елементарних видів: поверхні валів і отворів корпусів в місцях посадки підшипників кочення (зазвичай обмежується сумарна величина овальності і конусності); робочі поверхні шийок валів і підшипників ковзання; некруглість (зазвичай овальність) валів, виготовлених з тягнутого прутка.

При необхідності обмежити відхилення конічної форми, подібне до бочкоподібності, можна вказати допустиме відхилення опуклості для твірних. При необхідності обмежити відхилення конічної форми, наприклад сідлоподібності, можна вказати допустиме відхилення угнутості для твірних.

Якщо необхідно обговорити загальне відхилення форми конічної поверхні, то це може бути зроблене у вигляді запису, що містить суть вимог, які пред'являються, і методи контролю. Для більшості випадків, що зустрічаються в практиці, контроль форми конічної поверхні поєднується з контролем її розмірів (кута при вершині). Це здійснюється перевіркою щільності прилягання контрольного конусного кільця (для валу) або контрольної конусної пробки (для отвору) до конічної поверхні контрольованого виробу. Щільність прилягання визначається візуально, по відбитку на забарвленій або покритій крейдою поверхні. Мінімальне прилягання поверхні («пляма контакту»), виражене у відсотках або кількістю плям на одиницю поверхні, а також вимоги до точності виготовлення контрольного кільця або пробки, вказуються на кресленні.

Правильність форми конічної поверхні перевіряється на валах двигунів і механізмів, що підлягають сполученню зі сполучними муфтами або шестернями (отвори муфт і шестерень піддаються такій же перевірці).

При необхідності обмежити відхилення форми сферичної поверхні в менших межах, чим поле допуску радіусу сфери, на кресленні можуть бути вказані овальність або некруглість сфери.

Відхилення форми і розташування поверхні можуть бути при необхідності обмежені або граничними (допустимими) відхиленнями, або допусками форми і розташування, які подібно полю допуску розміру визначають зону, в межах якої повинна знаходитись дійсна поверхня при спотвореннях її форми і розташування. У ряді випадків форма і розташування поверхні можуть визначатись формою лінії і розташуванням лінії або навіть точки (наприклад, розташування циліндричної або конічної поверхні отвору визначається розташуванням його вісі, розташування сферичної поверхні може визначатись розташуванням її центру). В зв'язку з цим доречно говорити також і про допуски форми лінії, а також про допуски розташування лінії та точки, хоча в більшості випадків під цим мається на увазі допуск форми і розташування відповідних поверхонь. В деяких випадках граничні

відхилення форми і граничні відхилення розташування поверхні чисельно дорівнюють допуску форми (або, відповідно, допуску розташування).

Проте у ряді випадків граничне відхилення форми або розташування не дорівнює відповідному допуску. Наприклад, граничне відхилення розташування вісі отвору, рівне 0,1 мм, є граничною величиною радіального зсуву вісі від її номінального положення в будь-якому напрямі.

Якщо ж допустимі похибки виразити допуском розташування, то такий допуск буде рівний 0,2 мм. Цю обставину слід враховувати, наприклад, при вказуванні допустимої похибки розташування лінії і площини, а також вимог до концентричності, співвісності і симетричності.

Граничні відхилення форми і розташування поверхонь повинні встановлюватись за наявності достатніх підстав, що виходять з умов роботи, виготовлення і вимірювання деталі.

При вказуванні граничних відхилень форми і розташування конструктор повинен враховувати як вірогідність появи тих або інших похибок, так і можливість їх вимірювання. З метою спрощення методів контролю замість комплексної допустимої похибки може бути вказаний один або декілька елементарних видів допустимих відхилень, які є вирішальними для правильної роботи виробу. Так практичне здійснення вимірювання відхилення від круглості пов'язане зі значними ускладненнями, оскільки кривизна прилеглого кола повинна змінюватись зі зміною дійсного розміру діаметру. Для більшості деталей контроль комплексного відхилення від круглості замінюється контролем елементарних видів відхилень форми, до яких відноситься овальність і ограновування.

Проте конструктор повинен враховувати, що можливий вид відхилення форми або розташування поверхні залежить від технологічних прийомів обробки, виду та стану устаткування, а також інших причин, які він інколи не в змозі заздалегідь передбачати. Тому, наприклад, вказування гранично допустимої овальності валу втрачає свій сенс, якщо цей вал може бути підданий безцентровому шліфуванню, де, вірогідніше всього, матиме місце ограновування. Контроль такого валу по величині овальності може дати прекрасний результат, хоча поверхня валу буде далека від правильної циліндричної форми.

Тільки у тих випадках, коли за умовами роботи важливо, щоб певні види відхилень форми (наприклад, конусність) не перевищували заданої межі, можна вказати допустимі величини відповідних елементарних відхилень форми поверхні. В усякому разі, граничні значення для елементарних видів відхилень доцільно обумовлювати лише в обґрунтованих випадках.

Якщо на кресленні вказано граничне відхилення тільки для одного або декількох елементарних видів похибок форми, то передбачається, що всі інші похибки форми знаходяться в межах поля допуску відповідного розміру (діаметр, відстань між площиною і т. п.).

В окремих випадках може бути вказане «однобічне» граничне відхилення форми або розташування, наприклад: гранична увігнутість поверхні

може бути вказана з обмовкою, що опуклість цієї поверхні не допускається; граничне відхилення від перпендикулярності поверхонь може бути вказане з обмовкою про те, що допускається тільки зменшення прямого кута, і тому подібне.

Технологові надається свобода вибору технологічного процесу, і тому можливий різновид похибки форми і розташування поверхонь заздалегідь не можна передбачити. Конструктор же, в більшості випадків, зацікавлений в комплексному обмеженні похибок форми і розташування поверхонь. Тому доцільно на кресленнях вказувати загальні граничні відхилення форми і розташування поверхонь, не обумовлюючи який-небудь певний елементарний вид похибки. Такі граничні відхилення характеризують загальну величину відхилення форми або розташування без визначення певного методу контролю.

Для поверхонь обертання, твірні яких непрямолінійні або непаралельні базовій осі (наприклад, конічних), позначається биття в напрямі, перпендикулярному до даної поверхні.

Якщо для елемента вказується граничний зсув від номінального розташування, то розміри, які визначають номінальне положення, не повинні мати граничних відхилень.

В більшості випадків допустимі похибки форми і розташування поверхонь знаходяться в межах полів допусків розмірів (наприклад, непаралельність площині в межах поля допуску розміру, що визначає відстань між цією площиною). У таких випадках немає необхідності на кресленні окремо вказувати граничні відхилення форми і розташування. Необхідність вказування граничного відхилення форми і розташування поверхні виникає в тих випадках, коли доцільно обмежити відповідну похибку величиною, меншою чим після допуску розміру.

Для деталі, показаної на рис. 6.229, *a*, виходячи з умов її роботи, може виявитись, що розмір 20 може бути виконаний з відносно великими відхиленнями від номінального розміру (-2 мм), проте непаралельність поверхонь *A* і *B* може бути допущена не більше 0,1 мм.

Таким чином, вказування на кресленні граничних відхилень розташування поверхонь, також як і граничних відхилень форми поверхонь, є доцільним в таких випадках, коли похибки форми і розташування поверхонь мають бути менші або можуть перевищувати поле допуску відповідних розмірів.

Якщо граничне відхилення розміру 20 зменшити до 0,1 мм (змінити 20–0,2 на 20–0,1), то необхідність вказування граничного відхилення від паралельності поверхонь *A* і *B* відпаде, оскільки в цьому випадку непаралельність не може перевищити величини 0,1 мм. Проте таке зменшення граничного відхилення розміру означає підвищення точності виготовлення деталі, а це неминуче приведе до збільшення її вартості. Отже, при виконанні робочого креслення конструктор не повинен спрощувати запис на кресленні за рахунок підвищення необхідної точності виготовлення,

і якщо допуск розміру може бути більше, ніж граничне відхилення розташування поверхні, то відповідні вказівки мають бути дані на кресленні роздільно, подібно до рис. 6.229, а.

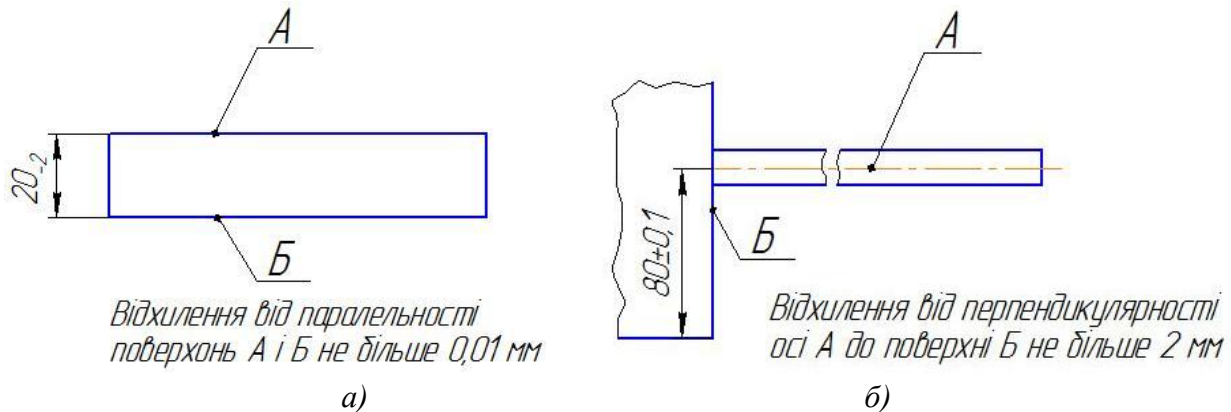


Рис. 6.229 – Приклад зазначення відхилень розташування поверхонь

Доцільність роздільного зазначення граничних відхилень розмірів і розташування може мати місце і в тих випадках, коли за умовами роботи деталі відхилення розташування поверхні може бути більше, ніж допуск розміру. На рис. 6.229, б показаний такий приклад, коли при достатньо малій величині граничних відхилень розміру ($80 \pm 0,1$) граничне відхилення від перпендикулярності може значно перевищувати поле допуску цього розміру. Відсутність у такому разі граничного відхилення від перпендикулярності означала б його не виправдане звуження, оскільки зона допуску перпендикулярності повинна була б укладатись в полі допуску розміру. Це також привело б до необхідності виготовлення деталі з вищою точністю, а отже, і до підвищення її вартості.

Якщо для циліндричного валу допускається вигнутість осі, що виводить його за межі поля допуску діаметру, то граничне відхилення форми валу доцільно вказати на кресленні.

Уміле використання можливості вказування на кресленні граничних відхилень форми і розташування дозволяє конструктору сформулювати мінімальні вимоги до точності виготовлення предмету.

Нижче, на прикладі рис. 6.230, показано, як слід розуміти вимогу конструктора залежно від того, які граничні відхилення вказані на кресленні. Якщо на кресленні не вказані граничні відхилення форми поверхні А, то реальна поверхня може мати будь-яку форму і будь-яке розташування (наприклад, непаралельність) в межах поля допуску розміру 30 (рис. 6.230, а).

Якщо на кресленні вказано граничне елементарне відхилення форми поверхні А, то відповідна похибка форми реальної поверхні не повинна перевищувати вказане граничне відхилення, але в той же час ця поверхня може мати будь-яку іншу форму (наприклад, опуклість) і будь-яке розташування в межах поля допуску розміру 30 (рис. 6.230, б).

Якщо на кресленні вказано граничне комплексне відхилення форми поверхні А, тобто будь-які різновиди відхилення форми (наприклад,

увігнутість, опуклість і ін.) реальної поверхні не повинні перевищувати вказане граничне відхилення, але сама поверхня може займати будь-яке похиле положення в межах поля допуску розміру 30 (рис. 6.230, в).

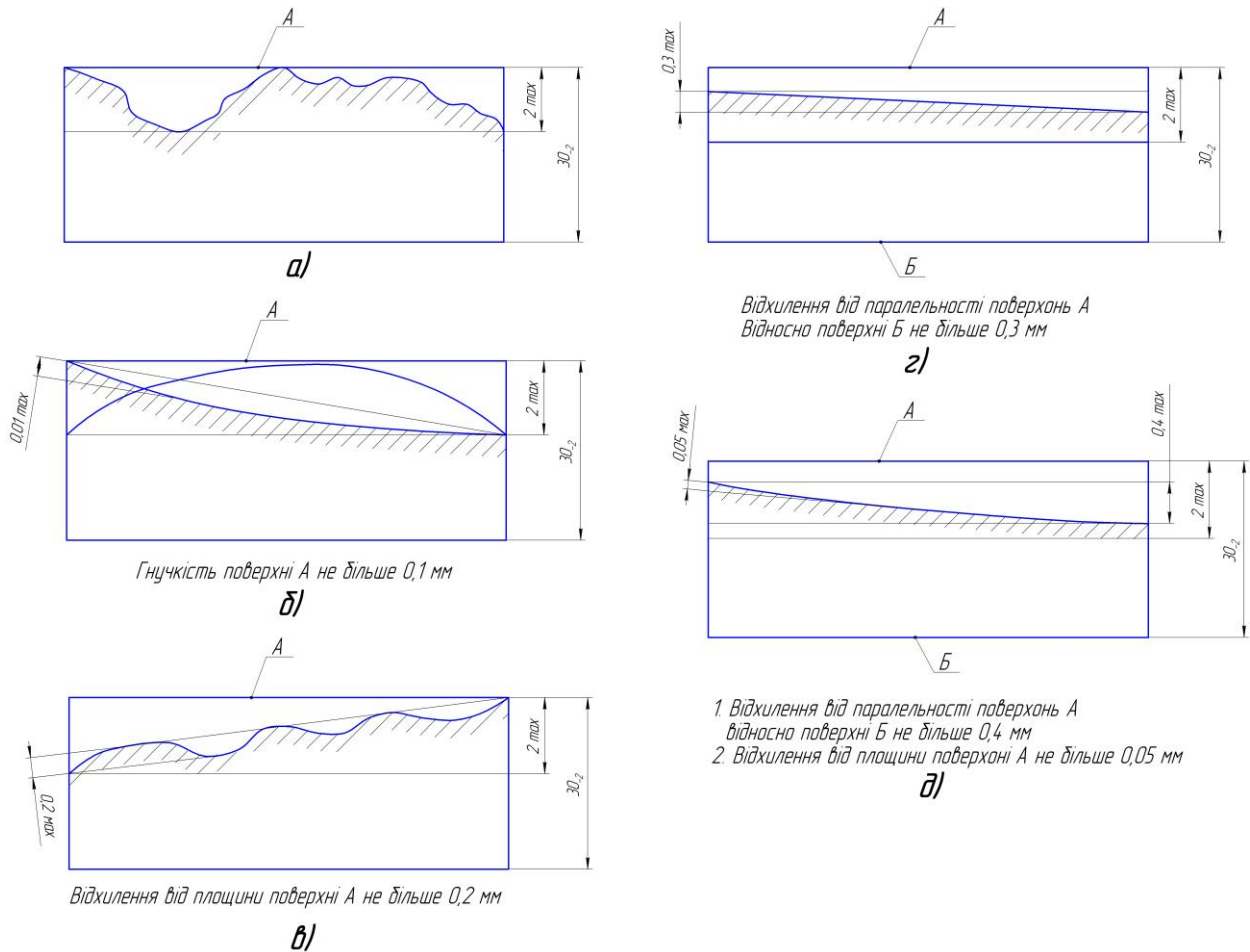


Рис. 6.230 – Приклад зазначення відхилень форми та розташування поверхонь

Якщо на кресленні вказано граничне відхилення від розташування поверхні А, тобто прилегла поверхня може мати будь-який нахил в межах допустимого відхилення від розташування, а реальна поверхня має бути в межах поля допуску розміру 30 (рис. 6.230, г).

Якщо на кресленні вказані різні граничні відхилення форми і має в своєму розпорядженні поверхні Л, то похибки форми реальної поверхні не повинні перевищувати граничне відхилення форми, прилегла поверхня може мати будь-який нахил в межах відхилення розташування, що допускається, а реальна, поверхня має бути в межах поля допуску розміру 30 (рис. 6.230, д).

6.3.5 Призначення параметрів шорсткості поверхонь деталі

Вимоги до шорсткості поверхні визначаються умовами роботи даної поверхні в машині. У загальному випадку, чим вище вимоги до точності поверхні, тим вище вимоги і до її шорсткості. Для грубих класів точності з розширеним полем допусків клас шорсткості можна знижувати, що зменшує вартість виготовлення. Мінімальний клас шорсткості

поверхні обробки, необхідний для отримання різних класів точності, можна вибрати у відповідних довідниках.

Як показали численні дослідження, шорсткість поверхні здійснює значний вплив на такі експлуатаційні властивості деталей, як втомна міцність, зносостійкість рухомих сполучень, корозійна стійкість, тепло- і електропровідність [21, 85].

Зі збільшенням шорсткості поверхні втомна міцність деталі при циклічних і знакозмінних навантаженнях знижується внаслідок того, що западини мікропрофілю поверхні служать концентраторами напружень і сприяють утворенню втомних тріщин. Особливо шкідливим є утворення рисок від ріжучого інструменту в місцях концентрації напружень.

У оброблених різанням деталей з високоміцних легованих сталей втомна міцність знижується на 40...50 % порівняно з тими ж деталями, але додатково обробленими поліруванням (див п. 7.5). У деталей з вуглецевих сталей зниження втомної міцності менше, деталей з кольорових сплавів ще менше, а у деталей з сірого чавуну вплив шорсткості практично не помітний.

Шорсткість поверхні значно впливає на точність рухомого сполучення, що визначається величиною зазору. Під час припрацювання висота нерівностей може зменшитись на значну величину (близько 65...75 %), що порушить необхідну точність і посадку сполучення. Тому в точних сполученнях необхідно обов'язково пов'язувати точність і шорсткість обробленої поверхні.

Міцність пресових з'єднань зі збільшенням шорсткості з'єднуваних поверхонь знижується через змінання виступів при запресовуванні. І в цьому випадку шорсткість також слід регламентувати.

В даний час відомо, що корозійна стійкість металевих деталей значною мірою залежить від шорсткості поверхні. В заглибленнях шорсткої поверхні концентруються поверхнево-активні речовини (компоненти харчової сировини, продуктів переробки, гідро- і транспортуючого середовища, мийно-дезінфікуючих розчинів), що сприяють корозійному руйнуванню поверхневого шару. Корозія поширюється в напрямку основи виступів, внаслідок чого вони під дією сили тертя можуть руйнуватись, утворюючи нові виступи і западини, що призводить до появи нових вогнищ корозії і руйнування.

Корозійна стійкість значно підвищується зі зменшенням шорсткості поверхні. Це дуже важливо для багатьох деталей обладнання харчової промисловості, що контактують з корозійно-активними технологічними, миючими та іншими середовищами (див п. 7.3).

Шорсткість поверхні значно впливає на теплопровідність контактуючих деталей. Теплопровідність контактуючих поверхонь з більшою шорсткістю значно менше теплопровідності контакту гладких поверхонь, так як в першому випадку утворюється повітряний прошарок. Ця обставина важлива для тих видів обладнання харчової промисловості, які працюють при підвищених температурах. Аналогічним чином шорсткість поверхонь впливає і на їх електропровідність.

В сучасних умовах важливим чинником є санітарно-гігієнічні вимоги до конструкції обладнання. Вони вимагають використання якомога меншої шорсткості поверхонь, які підлягають санітарно-гігієнічній обробці.

Шорсткість поверхні впливає також на умови мащення, герметичність стиків, опір протіканню рідин і газів у трубопроводах, опір кавітаційно-ерозійному руйнуванню в гідравлічних машинах.

В обладнанні харчової промисловості широко використовуються різні різальні пристрої, ножі яких ріжуть не лише перероблюваний продукт, але і допоміжні матеріали, наприклад, папір. Для забезпечення надійності та якості роботи ці ножі повинні володіти високою зносостійкістю, що досягається правильним вибором матеріалу та термічної обробки, а також ретельною механічною обробкою, що забезпечує оптимальну шорсткість поверхонь леза. Дослідженнями, проведеними на заводі «Києвпродмаш», показано, що застосування заточування паперорізальних ножів автоматів для загортання ірису кругами з ельбору на відміну від заточування колами з електрокорунду різко покращує їх якість. Поліпшується прямолінійність леза, шорсткість знаходиться в межах $R_a=0,63\dots0,08$ мкм, не утворюються подряпини і прижоги вздовж різальної кромки. Завдяки цьому відпадає необхідність в ручному доведенні лез, яке виконувалась після заточування ножів абразивними кругами. Врешті підвищується якість роботи лез і їх довговічність.

На автоматах для загортання ірису використовується велика кількість шарнірів, точність роботи яких значною мірою визначає якість роботи автомата. Проведеними дослідженнями показано, що при обробці пальців і втулок шарнірів автоматів, які довго працюють при обмеженому мащенні або без нього, найбільш доцільна висота нерівностей $R_a=0,32\dots0,16$ мкм. Саме така шорсткість встановлюється на поверхнях цих деталей після закінчення припрацювання.

В апаратах бурякоцукрової та інших галузей харчової промисловості широко використовуються вальцьові сполучення, які повинні володіти високою міцністю і щільністю. Досліджено міцність вальцювальних з'єднань, для яких отвори під труби оброблялись свердлінням, розточуванням, а також розгортанням. Висота нерівностей знаходилась в межах $R_z=4\dots128$ мкм. Було встановлено, що в межах досліджених значень шорсткості отворів міцність вальцювальних з'єднань зростає зі збільшенням шорсткості. Для отримання досить міцного і щільного вальцювального з'єднання шорсткість поверхонь отворів повинна знаходитись в межах $R_z=80\dots40$ мкм, що забезпечується свердлінням по кондуктору. Отже, зенкерування або розгортання отворів, застосовані деякими підприємствами, в даному випадку зайві.

В якості прикладів можна також вказати, що для шийок валів під підшипники кочення шорсткість призначають $R_a=0,63$ мкм, а для отворів в корпусних деталях під зовнішні кільця підшипників – $R_a=2,5$ мкм.

Шорсткість поверхонь прецизійних пар насосів для харчових продуктів і розпилювальних форсунок сушильних установок вибирають в межах $R_a=0,08\dots0,04$ мкм.

При контакті поверхонь деталей з в'язкими харчовими продуктами (тісто, шоколадна маса та ін.) виникає адгезія (прилипання) цих продуктів до поверхні деталей. Для зменшення адгезії слід зменшувати шорсткість поверхонь деталей за допомогою їх ретельної обробки шліфуванням або поліруванням, або використанням спеціальних антиадгезійних покриттів.

Таблиця 6.3

Шорсткість поверхонь деяких деталей харчового обладнання

Деталь	Поверхня	R_a , мкм	Деталь	Поверхня	R_a , мкм
Корпус шестеренного насоса для молока	Внутрішня порожнина	1,6	Матриця для макаронів	Отвір в плиті	0,8
Шнек фаршмішалки	Спіраль	1,25	Пневоциліндр преса для сирів	Внутрішня порожнина	0,63
Чаша кутера	Внутрішня порожнина	0,8	Вертикальний вал сепаратора	Посадочні поверхні під підшипники	0,63
Кулачок фасувального автомату	Робочий профіль канавки	1,25	Циліндр гідравлічного підйомника	Внутрішня порожнина	0,32

При виборі класу шорсткості мають бути враховані властивості матеріалу і твердість поверхні деталі [3]. Високі показники для сталей можна отримати при твердості не нижче HRC 30–35. Сталеві вироби, що підлягають чистовій обробці, мають бути піддані щонайменше поліпшенню або нормалізації. Сирі низьковуглецеві сталі тонкій обробці піддаються погано.

Виходячи з умов обробки, отримати чисту обробку і точні розміри в отворах важче, ніж на валах. Тому, як правило, вимоги до шорсткості поверхні в отворах призначають на 1–2 класи нижче, ніж на валах.

На користь зменшення вартості виготовлення рекомендується застосовувати менш високі вимоги до шорсткості, сумісні з умовою надійної роботи деталей. В деяких випадках (пресові з'єднання, підшипники ковзання) існують оптимальні вимоги до поверхні, відхилення від яких в ту або іншу сторону знижують працездатність з'єднань.

Вільні поверхні (що не входять в з'єднання або розташовані із зазором по відношенню до найближчих поверхонь) слід обробляти по низьким класам шорсткості на користь економічності. Виняток становлять напружені циклічно навантажені деталі. Для підвищення втомної міцності такі деталі обробляють навкруги. Для забезпечення високого класу шорсткості поверхні, полірують і додатково поверхнево зміцнюють.

Нижче приведені орієнтовні значення класів шорсткості поверхонь для типових машинобудівних деталей, з урахуванням досвіду загального машинобудування (рис. 6.231).

При виборі матеріалу для деталі необхідно враховувати його властивості, умови роботи деталі, вартість і доступність матеріалу, вигляд і характер напружень, теплоємність, теплопровідність, жаростійкість, антикорозійну стійкість, лінійне розширення, електропровідність, магнітну проникність, прозорість і т. д.

Оптимальним був би такий матеріал, який відповідає всім вимогам, що висувуються умовами роботи деталі в машині (міцність, жорсткість, витривалість, зносостійкість, корозійна стійкість), але часто доводиться зупинятись на комплексі вимог до механічних і технологічних властивостей матеріалу з урахуванням його вартості і здатності відповідати тільки основним вимогам.

Правильно вибраний матеріал не повинен невиправдано ускладнювати процес виготовлення деталі і її сумарну вартість. Тобто вартість деталі має бути мінімальною при якнайкращому задоволенні вимог, що пред'являються роботою механізму. Наприклад, зварний кронштейн середніх розмірів можна виготовити як з листів сталі Ст3, так і зі сталі 45, яка володіє кращими механічними властивостями, але через те, що вона дорожча і отримання якісної зварної деталі з неї складніше (вища концентрація напружень, гірша зварюваність), перевагу потрібно віддати сталі Ст3.

Як характеристика матеріалів в більшості випадків приймається межа міцності при розтягуванні σ_b . Допустиме напруження для крихких матеріалів призначають виходячи саме з межі міцності. Для пластичних же матеріалів σ_b дає тільки загальну характеристику. Визначальними для них є критерії оцінки по межі текучості σ_m . Відносне подовження δ і відносне звуження ψ також служать параметрами пластичності. Межа витривалості є основною динамічною характеристикою металу і служить критерієм міцності при динамічних знакозмінних навантаженнях. Твердість матеріалу характеризує його здатність чинити опір контактним навантаженням, що діють нормально до поверхні деталі.

При виборі матеріалу, при різних вимогах до різних поверхонь однієї деталі, необхідно враховувати весь комплекс відомих шляхів дії на конкретну поверхню, з тим щоб при гіршому матеріалі отримати добрий результат. Питання про вибір матеріалу повинне вирішуватися спільно з рішенням питання про призначення механічного зміцнення, хімічної або термічної обробки. Наприклад, для зубчастих тихохідних передач застосування легованих сталей недоцільне і перевагу слід віддати конструкційній сталі з поверхневою хіміко-термічною обробкою зубців.

Матеріал слід вибирати з номенклатури марок матеріалів, вживаних на підприємстві, навіть йдучи інколи на деяке незначне дорожчання, ускладнення технологічного процесу.

Специфічні умови харчових виробництв (підвищена вологість, висока або низька, до -270 °С, температура, її великі перепади, безпосередній контакт з харчовими продуктами і агресивними середовищами, абразивний

вплив деяких продуктів) пред'являють особливі вимоги до вибору матеріалів для харчового обладнання.

Матеріали, застосовувані в харчовому машинобудуванні, повинні відповідати загальним вимогам, що пред'являються до матеріалів, що знаходяться в контакті з харчовими продуктами. Матеріали не повинні містити шкідливих для здоров'я людини елементів або вступати в реакції хімічної взаємодії з продуктами, руйнуватись під дією харчових середовищ, миючих та дезінфікуючих засобів і мастильних матеріалів.

Однією з основних вимог до матеріалів, застосованих в харчовому машинобудуванні, є їх висока корозійна стійкість. Продукти корозії, змішуючись з харчовими продуктами, знижують якість останніх і нерідко роблять їх абсолютно непридатними для харчування. Тому метали і сплави для виготовлення харчових машин і апаратів не повинні піддаватись корозії при контакті з харчовими продуктами. При наявності корозії швидкість її повинна бути мінімальною. Продукти корозії не повинні бути токсичними і не повинні впливати на органолептичні властивості харчових продуктів (смак, запах, колір тощо).

Корозійна стійкість залежить від ряду чинників. Метали і сплави, стійкі в одних середовищах, можуть бути абсолютно нестійкими в інших (див. п. 7.3). В одних і тих же корозійних умовах (середовище, концентрація, температура) швидкість корозії може бути різною в залежності, наприклад, від стану поверхні металу. У ряді випадків у зв'язку зі складністю одночасного виконання перерахованих вимог на деталі наносять захисні покриття. Перебування деталей в корозійно-активному харчовому середовищі при дії змінних напружень веде до появи корозійно-втомних руйнувань.

Деталі деяких машин і апаратів, де проводиться теплова обробка харчових продуктів, працюють в умовах підвищених температур. Ці умови викликають зміну механічних властивостей матеріалу. У легированих і вуглецевих сталей зі зростанням температури спостерігається різке падіння межі витривалості при температурах близько 400° С. У жароміцних сталей спад межі витривалості починається при температурі 600–700° С. Нагрів деталей супроводжується зміною межі міцності і межі текучості. У деталей, виготовлених зі сталей і чавунів, що працюють при статичних навантаженнях і температурі більше 300° С, виникає явище повзучості. У деяких металів (алюміній, дюралюміній) і полімерних матеріалів це спостерігається навіть при температурі 20° С.

Для виготовлення технологічного обладнання, а також тари для зберігання і перевезення харчових продуктів застосовуються сталь, чавун, алюміній і його сплави, мідь і її сплави, неіржавіючі та кислотостійкі сталі.

Слід приділяти особливу увагу проблемам заміни сталей з високим вмістом нікелю сталями з пониженим вмістом нікелю або безнікелевими. На нестійкі, але дешеві матеріали наносять захисні покриття (олово, емаль). Деякі деталі можна виготовляти з пластмас.

Сталь і чавун володіють значною механічною стійкістю, великою теплопровідністю, малою теплоємністю, дешеві, доступні.

Вуглецеві сталі широко використовують в харчовому машинобудуванні. Відкриті апарати, що працюють при атмосферному тиску, виготовляють зі сталі Ст0. Апарати, що підлягають різким коливанням температури, а також деталі, що піддаються дії топкових газів – зі сталі Ст2. Апарати, що працюють під тиском вище атмосферного – зі сталі Ст3. Вали мішалок, барабани центрифуг – зі сталі Ст4. Пропелерні мішалки (литі) – зі сталі 20Л і т.п.

При виготовленні апаратів харчових виробництв дуже поширені процеси зварювання і пластичної деформації. Тому у харчовому апаратобудуванні застосовують переважно сталі з вмістом вуглецю до 0,3 %, оскільки при більш високому вмісті вуглецю знижується їх пластичність і погіршується зварюваність. При замовленні листової сталі на поставку для зварних конструкцій необхідно обов'язково вказувати максимальний вміст кремнію і марганцю, оскільки ці компоненти знижують пластичність.

Для виготовлення колінчастих валів компресорів, центрифуг і інших деталей, що працюють в середовищах малої хімічної активності, застосовують якісну вуглецеву сталь, яка володіє підвищеною міцністю. Робочі органи вовчків, кутерів, подрібнювачів, ножі шпигорізок, кондитерського та іншого обладнання виготовляють з вуглецевих або легованих інструментальних сталей: 65Г, У7А-У10А, ШХ15, 40Х13 тощо.

Чавун в порівнянні зі сталлю володіє більшою хімічною стійкістю і високими ливарними якостями. З чавуну виконують фасонні деталі машин і апаратів (нагнітальні диски насосів, шнеки, рами фільтр-пресів, труби і їх з'єднання). Для виготовлення станин і корпусних деталей харчових машин використовують сірий чавун марок СЧ 15 і СЧ 18; відповідальні і високонавантажені деталі складної конфігурації (циліндри, головки матриць макаронних пресів і т. д.) виготовляють із сірого чавуну марок СЧ 20 і СЧ 30. В окремих випадках застосовують зносостійкий легований чавун типу ИЧХ (шнеки та гільзи зернових екструдерів, деталі насосів та іншого обладнання цукрового виробництва), вибілений чавун (борошномельні валки та ін). Ці марки чавунів містять 3,5–3,8 % С і велику кількість легуючих елементів, що надає їм високу твердість (65–75 за Шором) і зносостійкість, але і водночас низьку оброблюваність різанням.

Недоліками чавуну є крихкість і мала в порівнянні зі сталлю міцність. Чавун слабо протистоїть дії високих температур. Його не можна застосовувати для виготовлення апаратури, що працює під тиском більше 0,6 МПа, а також для виготовлення автоклавів, що обігріваються топковими газами. Для виготовлення топков, частин барабанних сушарок і інших деталей, що працюють при високих температурах, використовують хромові чавуни.

Вуглецева сталь і чавун через низьку корозійну стійкість не застосовуються без захисного покриття для виготовлення деталей і вузлів машин,

дотичних з агресивними харчовими речовинами. Як захисне покриття найбільше поширення набули олово (лудіння) і емаль (емалювання). Зокрема, луджена листовая сталь (біла жерсть) виготовляється шляхом двостороннього покриття листової сталі шаром олова вищого ґатунку – так званого харчового олова марки 0–1. Біла жерсть застосовується головним чином для виготовлення консервної тари під молочні продукти.

Сталі, що володіють стійкістю проти атмосферної корозії, називаються **корозійностійкими**, а сталі, що володіють високою опірністю корозії в умовах дії різних агресивних харчових продуктів, – **кислотостійкими**. Всі вони, в основному, є сплавами систем залізо-хром, залізо-хром-нікель і сплавами цих же систем, додатково легованими іншими елементами, що вводяться для підвищення корозійної стійкості і поліпшення технологічних, механічних і фізичних властивостей. Такими елементами можуть бути титан, ніобій, молібден, вольфрам, мідь та ін. Наприклад, сталь 1X18H9T містить від 0,1% вуглецю, 18% хрому, 0% нікелю, титан; сталь X18H12M3T містить 18% хрому, 12% нікелю, 3% молібдену і титан.

Сплави заліза з хромом є основою всіх неіржавіючих і кислотостійких сталей. Ці сталі володіють високою міцністю і поєднанні з в'язкістю, добре обробляються різанням і тиском. Здатність до зварювання сталей із змістом вуглецю до 0,2% задовільна. Проте при ударах по зварному з'єднанню в ньому можуть утворюватись тріщини і надриви – дефекти, які неможливо виправити.

Деталі харчового обладнання, що працюють в корозійно-активних середовищах, необхідно виготовляти з високолегованих, корозійностійких і жароміцних сталей і сплавів 12X18H10T, 40X13, 12X17, 20X13H4Г9 та інших сталей. По можливості, для економії нікелю сталей, доцільно застосовувати нержавіючі сталі безнікелеві (08X18ФТ1, 10X14АГ15, 12X13Г18Д) та з пониженим вмістом нікелю (наприклад, 04X25H5M2), а також пластмаси.

Сплави заліза з хромом і нікелем володіють високими пластичними властивостями в холодному і гарячому стані, гарною здатністю до зварювання всіма видами зварювання і високими механічними властивостями. Завдяки введенню нікелю розширяється область застосування цієї сталі як кислотостійкої, оскільки нікель сприяє утворенню однофазної аустенітної структури. Обладнання зі сталі X18H10T застосовують у виробництві крохмалю, харчових кислот, харчового пектину та ін.

Вельми перспективним в агресивних харчових середовищах є використання **титану** і його сплавів BT1-0, BT5-1, OT4 та ін. Вони володіють комплексом важливих механічних і фізико-хімічних властивостей. Густина титанових сплавів дорівнює приблизно 4500 кг/м^3 , модуль нормальної пружності $12 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, межа міцності 1050 МПа . Антикорозійна стійкість титана у ряді харчових середовищ в декілька сот разів вище, ніж стійкість таких високолегованих сталей, як X18H10T і X21H5T (див. п. 7.3).

З титану і його сплавів виготовляють насоси, запірну арматуру, трубопроводи, ротори центрифуг і сепараторів, збірники і чани у виробництві патоки, глюкози, кукурудзяного і картопляного крохмалю. Для захисту металевих і залізобетонних поверхонь від дії агресивних харчових речовин може бути використано антикорозійне захисне покриття на основі титанових порошків.

Фільтр-елементи з титанового порошку можуть бути використані для фільтрації різних агресивних рідких продуктів. Переваги титанової металокераміки в даному випадку полягають в її високій корозійній стійкості, міцності, нешкідливості, легкості, регульованій пористості (до 2–3 мкм) і регенеруємості простою протитечею.

Алюміній відрізняється малою питомою масою, високою теплопровідністю, гарною оброблюваністю тиском у холодному і гарячому станах, але порівняно низькими механічними і ливарними властивостями. При мінімальній вмісті домішок в його складі і при гладкій полірованій поверхні корозійна стійкість алюмінію висока. Відпалений алюміній менше піддається корозії, ніж прокатаний.

Продукти корозії алюмінію нетоксичні. З нього виготовляють ємкості, варильні казани, фляги, інвентар, фольгу і навіть консервні банки.

Алюмінієві сплави діляться на дві основні групи: сплави, оброблювані тиском, і ливарні сплави для фасонних відливок. Найбільше поширення в промисловості для обробки тиском набув **дюралюміній** (сплав алюмінію з міддю, магнієм і марганцем) завдяки малій питомій масі і високим механічним і технологічним властивостям. Проте корозійна стійкість дюралюмінію низька. В харчовому машинобудуванні дюралюміній знаходить обмежене застосування через вміст в ньому міді.

Для виготовлення деталей молокообробних машин (апаратів) дозволяється застосовувати дюралюміній марок Д-1 і Д-1Т. Для тарілок сепараторів дозволяється застосовувати листи з дюралюмінію Д-16А.

Гарними властивостями володіють алюмінієво-марганцевий сплав АМц і алюмінієво-магнієві сплави АМг і АМг-3. Вони мають гарну пластичність, середню міцність, добре зварюються і головне (на відміну від дюралюмінію) володіють високою корозійною стійкістю і не вимагають для зміцнення термічної обробки.

Застосовуються наступні марки: алюміній А7, А5, А10 (для виготовлення ємностей, трубопроводів, посуду) та сплави на його основі – деформовані АДО, АД1, АМц, Д1, Д16 і ін. (поплавки молочних сепараторів, стакани центрифуг, деталі розсівів, тістомісильних діжей тощо), ливарні АЛ2, АЛ4, АЛ9 і ін. (корпуси насосів і редукторів, арматура, кронштейни, мішалки тощо). Харчове олово 01, 02 і цинк ЦЗ використовують у якості захисних покриттів варильних котлів, арматури молокопроводів та інших деталей, дотичних з харчовими середовищами.

В харчовому машинобудуванні для виготовлення литих деталей застосовують **силумін** – сплав алюмінію з кремнієм. Силумін володіє

малою питомою масою, гарними ливарними властивостями і гарною корозійною стійкістю.

Мідь має високу теплопровідність, добре обробляється тиском в гарячому і холодному стані і володіє високою корозійною стійкістю при контакті з рядом харчових продуктів. Проте вона абсолютно непридатна при виготовленні устаткування для зберігання молока і молочних продуктів. Мідь негативно впливає на вітамін С, який швидко самоокислюється навіть при незначній кількості міді.

Завдяки високій корозійній стійкості при контакті з багатьма харчовими продуктами, гарним технологічним властивостям і високій теплопровідності мідь і луджена мідь у вигляді листів, труб і стрічок знайшла широке застосування в харчовому машинобудуванні для виготовлення варильних казанів, випарників, перегінних кубів, змішувачів і т.п.

Застосовуються також і сплави міді з оловом (олов'яна бронза), з алюмінієм (алюмінієва бронза), з кремнієм (крем'яниста бронза). Вони є найпоширенішими сплавами для виготовлення литих деталей харчових машин: мідь МЗ (мастилопроводи, випарники, перегінні труби тощо); мідні сплави (латунь Л63, ЛК80-3Л, бронзи олов'яні ливарні Бр05Ц5С5, Бр03Ц7С5Н1, бронзи безолов'яні БрА-ЭЖ3Л, Бр10Ж4Н4Л, БрА9Мц2Л для теплообмінної апаратури, арматури, шестерень і деталей насосів, зварних котлів і резервуарів та ін).

Пластмаси застосовуються як конструкційні матеріали для виготовлення різних деталей і вузлів устаткування харчових виробництв, а також у вигляді антикорозійних і антифрикційних покриттів, плівок, пакувальної тари тощо.

Особливо ефективним є застосування пластмас в машинах і апаратах, які працюють з хімічно агресивними продуктами і речовинами. Їх висока хімічна стійкість забезпечує надійність і довговічність роботи технологічного обладнання. Проте необхідно, щоб пластмаси не містили шкідливих для здоров'я людини домішок, що змінюють смак або запах харчових продуктів, не розчинялись в продуктах і не вступали з ними в реакцію. Застосування пластмас можливе тільки з дозволу органів Державного санітарного нагляду.

У харчовому машинобудуванні знайшли застосування різні полімери і пластмаси на їх основі: поліетилен низької щільності (як футерувальний матеріал для трубопроводів, шестерень і т. п.), поліпропілен, лістирол, пінопласт (як теплоізоляційний матеріал), вініпласт (труби, стрижні, бункера, арматура тощо), фторопласт-4 (матриці до тістообробних і макаронних пресів, облицювання валів для розкочування тіста і формування цукерок), фенопласт, текстоліт і склотекстоліт (шестерні, втулки, підшипники тощо), харчова гума та ін.

В розділі 7, а також в таблицях 1 і 2 додатків наведено розширені рекомендації [50] щодо застосування видів та марок матеріалів в харчовому машинобудуванні.

6.3.7 Вибір методу та режимів термічної обробки деталі

Термічна обробка дозволяє покращувати структуру матеріалу і змінювати механічні властивості окремих її частин. Вимоги до властивостей окремих частин деталі, що пред'являються умовами її роботи у виробі, вимагають різної термообробки сталей і чавунів. Використовують відпалювання, нормалізацію, поліпшення, загартування з відповідним відпуском, хіміко-термічну обробку, зміцнення.

Об'ємне загартування слід застосовувати для сталей, які містять не менше 0,3% вуглецю. Воно особливо ефективне для якісних сталей.

Щоб уникнути отримання нерівномірної твердості у зв'язку з обмеженою прогартовуваністю, а також із-за небезпеки значних деформацій, крупні, тонкі деталі і деталі зі значною нерівномірністю мас не слід піддавати об'ємному загартуванню. Для них рекомендується нормалізація або поліпшення з подальшим місцевим загартуванням працюючих частин.

При об'ємному або поверхневому зміцненні методом загартування або хіміко-термічної обробки в деталях виникають внутрішні напруження. Характер і величина напружень залежать від виду термічної обробки, обраної марки сталі та ряду конструктивних особливостей. При неправильному поєднанні цих трьох факторів термічна і подальша механічна обробка деталей не можлива. В окремих випадках виходить брак або деталі надходять в експлуатацію в напруженому стані.

Загальні конструктивні вимоги до деталей. Форма деталі повинна передбачати усунення можливості виникнення концентрації напружень і надмірних деформацій. При термічній обробці концентрація напружень з'являється в місцях різких змін форми деталі (шпонкові пази, вирізи, подрізи, канавки, грубо оброблені поверхні і зварні шви).

Деталі не повинні мати гострих кутів, тонких кінців і виступів. Стінки порожнистих деталей повинні бути однакової товщини. Перетин деталі повинен бути по можливості симетричним. Велика асиметрія може призвести до значної деформації і навіть до руйнування деталі.

Внутрішні кути і різкі переходи деталей повинні бути закруглені, щоб уникнути утворення гартівних тріщин. У деталей, які загартовуються у воді, радіуси заокруглень повинні бути не менше 0,5 мм, а у деталей, які загартовуються у мастилi, – не менше 0,25 мм. При менших радіусах заокруглень необхідні спеціальні заходи для захисту деталей в кутах і в місцях різких переходів від утворення тріщин, що ускладнює і здорожчує термообробку.

У деталей, які загартовуються з внутрішньої сторони поверхні, необхідно забезпечити можливість видалення пари, яка утворюється при загартуванні. В іншому випадку не можна гарантувати отримання необхідної твердості, також не виключені викривлення і тріщини.

Якщо загартування поверхні отвору не обов'язкове, то його захищають від охолодження пробкою з вогнетривкої маси. Для цього на кресленні деталі роблять вказівку або відповідний запис поміщають в технічних вимогах.

Не рекомендується призначати високу твердість на внутрішніх поверхнях, в глухих отворах, виїмках деталей, які підлягають цементації. Різка різниця в розмірах окремих перетинів деталі (різниця в їх масі) викликає при загартуванні великі напруження, які призводять до викривлення деталей і до утворення тріщин.

Викривлення деталі можна зменшити посиленням тонкої сторони профілю і ослабленням масивної. При зміні перерізів в деталі слід уникати різких переходів від тонких перерізів до товстих. Якщо немає можливості застосування плавних переходів від тонких перерізів до товстих, слід застосовувати конструкцію, яка складається кількох частин.

Отвори в тонких виступах і стінках з перемінним перетином не допускаються, так як це призводить до утворення тріщин. Якщо по конструктивним міркуванням не можна збільшити товщину стінок до товщини основного перерізу, то деталь слід піддавати місцевому або поверхневому загартуванню, залишаючи стінку незагартованою. При неможливості одержання необхідної твердості або міцності на заданих товщинах деталі в окремих випадках необхідно робити додаткові отвори, зменшуючи масу. Це збільшить прогартуваність і забезпечить необхідну міцність деталі.

При загартуванні гострі кути, канавки, надрізи є місцями концентрації напружень. Створювані напруження можуть утворити тріщини. Вплив цих чинників тим сильніше, чим вище необхідна твердість. В місцях різких переходів повинні бути галтелі. Скруглення особливо важливі для внутрішніх кутів деталі, які є концентраторами великих напружень. Величина радіусів бажана не менше 2 мм.

Вплив концентраторів напружень може бути знижений за рахунок вибору марки сталі, виду хіміко-термічної обробки, зниження твердості. При поверхневому зміцненні (цементації, азотуванні, загартуванні ТВЧ) гострі кути або недостатні заокруглення крайових поверхонь призводять до деформування зміцненого шару.

При різкому охолодженні ненадійних переходів перетинів деталі застосовують різні покриття (азбестом, глиною, дротом тощо). Для деталей з прокату або поковок необхідно враховувати розташування волокон у заготовці. При розташуванні цементованого шару перпендикулярно до напрямку волокон відбувається його сколювання. Для пружин, що підлягають термічній обробці, слід передбачати матеріал без глибоких рисок, що утворюють тріщини, тобто застосовувати дріт підвищеної твердості.

Конструктивні фактори, які порушують симетрію внутрішніх напружень при термічній обробці, наступні:

- несиметрично розташовані отвори в одній з площин деталі;
- отвори різних розмірів і форми, що створюють різну масу метала;
- несиметрично розташовані зміцнені поверхні.

Порушення симетрії внутрішніх напружень призводить до короблення деталей, а в окремих випадках і до тріщин.

Розміщувати отвори в загартованих деталях потрібно так, щоб відстані між центрами найближчих отворів або від центру до краю деталі були не менше двох діаметрів отворів.

Для врівноваження напружень слід прагнути до створення симетрії конструкції, що забезпечує рівномірність розташування мас металу по контуру деталі. Це досягається додатковими отворами, виїмками, вікнами і т. п., складанням деталей з окремих частин, симетричним розташуванням зміцнених поверхонь, допускаючи іноді зміцнення неробочих поверхонь.

На рис. 6.232, а, б представлені ескізи деталей, об'ємне загартування яких не допускається [23]. Велика нерівномірність розподілу мас може привести до тріщин в зонах переходу, особливо при загартуванні у воді. Загартування в мастилі таких деталей небажане з огляду на маси, а через наявність різьбового хвостовика і різьби малого діаметру об'ємне загартування стає неприпустимим (різьбу буде зіпсовано при нагріві і загартуванні).

Конструктор, призначаючи об'ємне загартування, повинен пам'ятати, що загартування у воді приводить до великих деформацій, при ній частіше виникають тріщини, чим при загартуванні в мастилі. Для зменшення місцевого гартівного напруження слід завжди уникати збігу меж зон загартування ТВЧ з геометричними концентраторами на деталях.

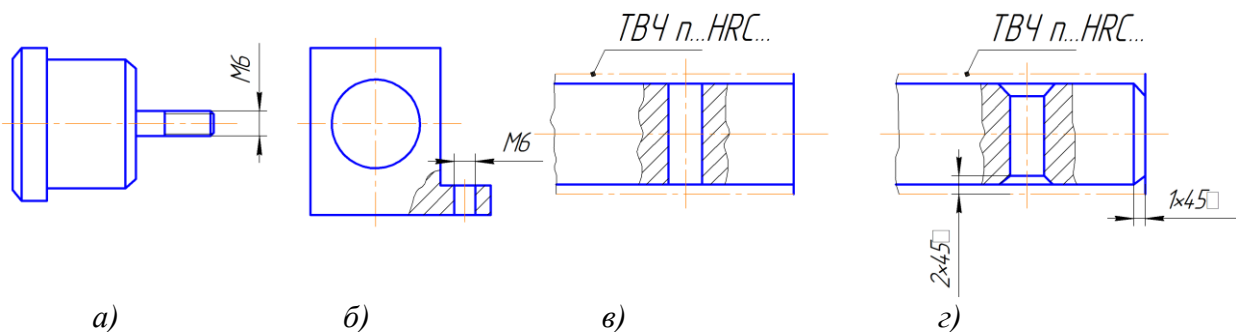


Рис. 6.232 – Обмеження щодо призначення загартування деталей

Для поверхонь, що працюють на стирання, рекомендується застосувати місцеве загартування ТВЧ або загартування після цементації, що дозволяє нарізати нарізку і після загартування.

Конструювання деталей з місцевим загартуванням. При складній конфігурації деталі слід призначати, по можливості, тільки місцеві високі твердості. Межею зони загартування вважається місце, обумовлене на кресленні.

Відхилення розміру загартованої зони залежить від методу нагріву під загартування, а також від товщини деталі і орієнтовно може бути прийнято рівним 1–2,5 товщини деталі. Довжина перехідної зони залежить від технології нагріву і може становити 1,5–2 товщини деталі.

Якщо місцеве загартування застосовують для запобігання поломки деталей при клепці або затягуванні болтів, то відстань від центру отвору, крізь яке проходить заклепка або болт, до найближчої межі зони загартування повинна бути не менше півтора діаметрів отвору.

При твердості загартованої зони менше *HRC 45* небезпека поломки при клепці невелика, якщо термічна обробка проведена правильно. В такому випадку вводити місцеве загартування не слід.

Деталь повинна мати дві зони: 1) загартовану і відпущену до заданої твердості; 2) незагартовану. Наявність декількох загартованих зон з регламентованими різними значеннями твердості вкрай небажана. Тому рекомендується такі деталі піддавати загартуванню і відпусканню для отримання твердості, середньої із вказаних значень, а ті частини, де потрібна підвищена твердість, додатково піддавати поверхневому загартуванню.

При місцевому об'ємному загартуванні зона загартування повинна прилягати до краю деталі. Якщо цього зробити не можна, слід передбачити можливість поверхневого загартування середини при нагріванні ТВЧ або, в крайньому випадку, заміни цілісної деталі збіркою.

При місцевій цементації можливе різне співвідношення і розташування цементованої і нецементованої зон. Однак введення додаткової операції (захисту окремих місць від цементації) здорожчує виробництво. Тому бажано, де це допустимо, виконувати цементацію всієї деталі, піддаючи її потім місцевому загартуванню.

При зміцненні хіміко-термічною обробкою поверхонь великої довжини виникає деформація деталі. В окремих випадках слід призначити місцеве загартування, що зменшує викривлення. Наявність м'якої ділянки дозволяє здійснювати редагування деталі.

Загартування поверхонь (рис. 6.232, *в*) з отворами без фасок не допускається із-за небезпеки оплавлення кромки в отворі і погіршення якості деталей. Для цих отворів рекомендуються фаски розміром $2 \times 45^\circ$ (рис. 6.232, *г*). По тих же причинах не допускається загартування поверхонь без фасок на торці (див. рис. 6.232, *в*). На торцях деталей рекомендується передбачити фаски розміром не менше $1 \times 45^\circ$ (див. рис. 6.232, *г*).

Товщина стінок деталей з отворами, що піддаються загартуванню ТВЧ, має бути не менше 10 мм для сталі і 15 мм для чавуну. Різниця у товщині при гранично допустимих розмірах стінок не повинна перевищувати 2 мм (рис. 6.233).

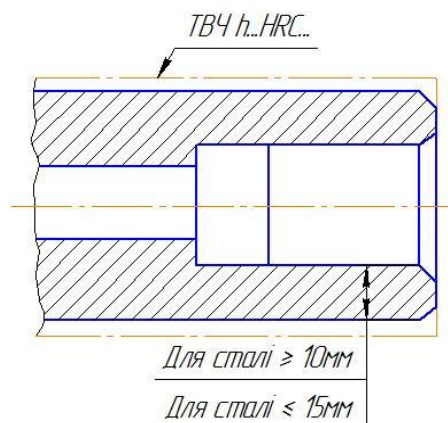


Рис. 6.233 – Обмеження щодо призначення загартування деталей

При загартуванні ТВЧ поверхонь ступінчастих валиків (рис. 6.234, а) в зоні переходу із ступеня на ступінь на відстані 1,5–5 мм при перепаді діаметрів до 20 мм зазвичай виходить зона з негарантованою твердістю, що потрібно мати на увазі при проектуванні. При загартуванні ТВЧ поверхонь з кутами на деталі необхідно передбачати зону без гарантії твердості на відстані 5–8 мм від кута (рис. 6.234, б).

При загартуванні ТВЧ валиків зі шпонковими пазами (рис. 6.234, в), не слід задавати гарантовану твердість в зоні, що відступає на 6–8 мм від кінця паза. При загартуванні ТВЧ шліцьових валиків в кільцях індуктору на шліцах в поперечному перетині отримується різна твердість. Найбільша твердість отримується на зовнішній поверхні, на 1–2 одиниць менше на гранях шліців і на 3–4 одиниці менше на поверхні внутрішнього діаметру (рис. 6.234, з). При загартуванні ТВЧ зубців зубчастих коліс з модулем 2–6 мм твердість убуває у напрямку до ніжки зуба при нагріві в кільцевому індукторі (рис. 6.234, д). Зубці коліс з модулем, більшим 6 мм, гартують по всій робочій поверхні зуба через можливість нагріву і загартування кожного зуба в спеціальному індукторі (рис. 6.234, е).

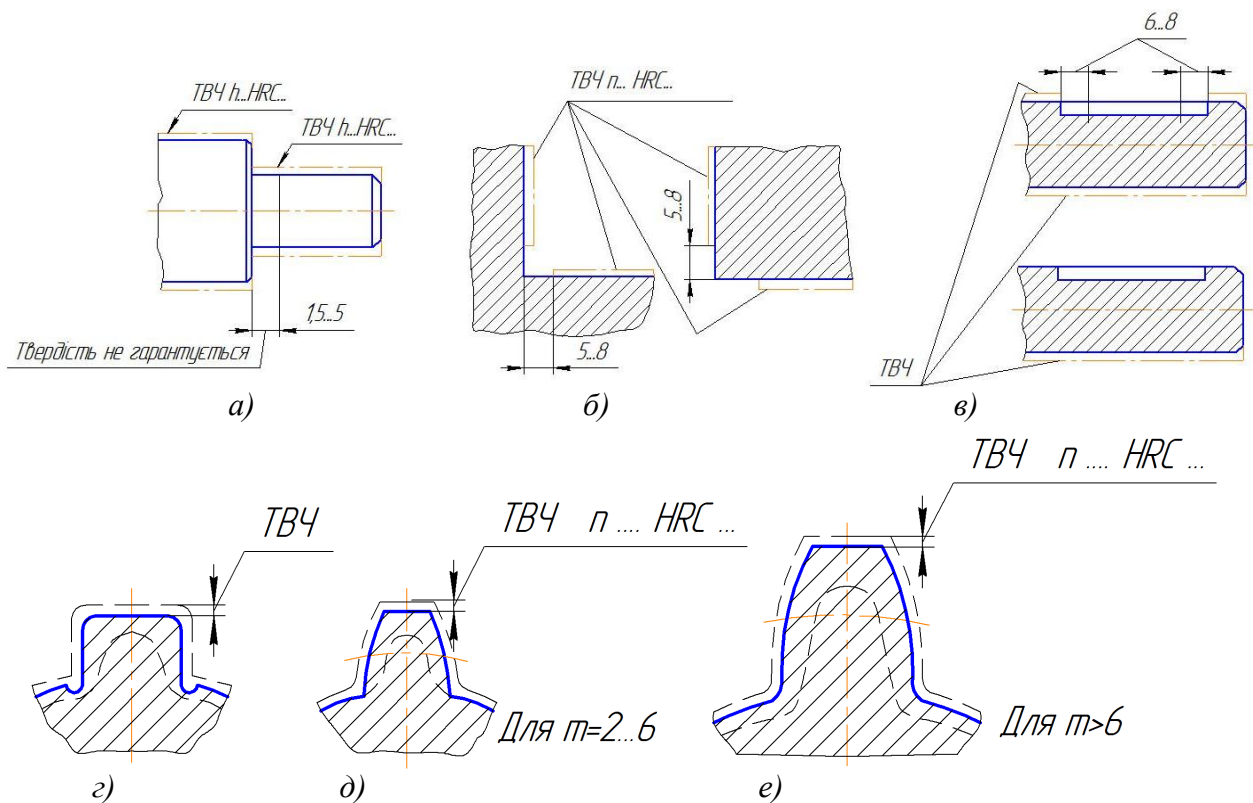


Рис. 6.234 – Обмеження щодо призначення загартування деталей

ТВЧ не загартовують деталі з отворами діаметром до 30 мм, цей спосіб обробки рекомендується тільки тоді, якщо діаметр отвору перевищує 50 мм (рис. 6.235, а). Загартування деталей з отворами, особливо з глухими, є складним процесом, і краще його уникати, використовуючи інші способи термічної обробки. При загартуванні ТВЧ деталі з отвором, поперечним отвором (рис. 6.235, б), що перетинається, слід передбачити виточку глибиною 3–4 мм і шириною більше діаметру отвору на 12–16 мм.

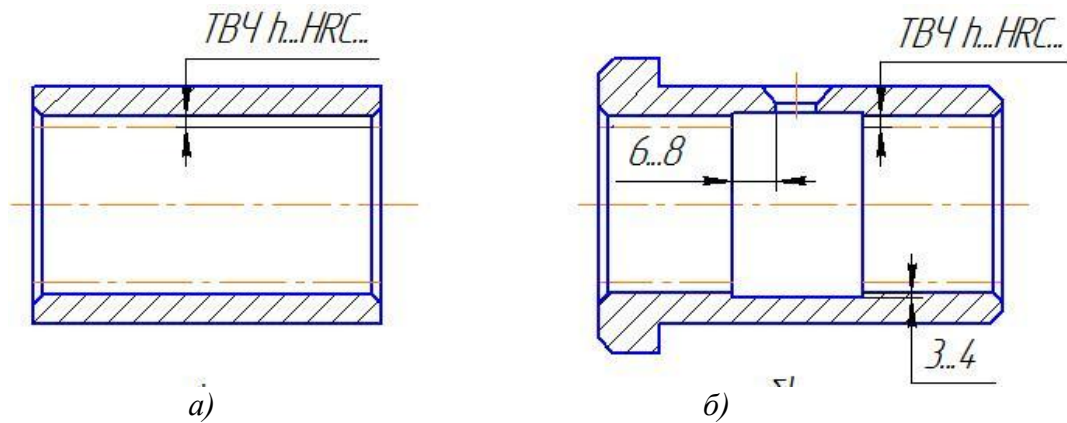


Рис. 6.235 – Обмеження щодо призначення загартування деталей

Конструювання зварних деталей, що піддаються загартуванню.

Не рекомендується призначати високу твердість у місцях зварювання. На кресленнях або в технічних вимогах на зварні деталі з термічною обробкою всього об'єму або на поверхні (включаючи місця зварювання) слід передбачати контроль зварних швів на відсутність дефектів: тріщин, раковин і шлакових включень. Дія концентратора напружень підсилюється, якщо в області шва робляться канавки або отвори.

Місця зварювання необхідно віддаляти від місць різких переходів по перерізу деталі на відстань не менше 10 мм, в іншому випадку сумарні напруження (зварювальні та термічні) призводять до утворення тріщин.

Особливості призначення хіміко-термічної обробки. При призначенні способу хіміко-термічної обробки необхідно враховувати небезпеку суцільного вуглецювання виступаючих частин і кромek. Допущення суцільного вуглецювання зазвичай призводить до браку при загартуванні. Після рідинної цементації, ціанування або азотування поверхні деталей залишаються чистими, без окалин і не вимагають подальшої обробки, та і обробка таких деталей ускладнена із-за тонкого шару, в який проникають азот або інші речовини.

Слід пам'ятати, що вартість цементації, ціанування і загартування ТВЧ зростає зі збільшенням глибини підданого обробці шару матеріалу, тому не слід її завищувати. Не допускається без крайньої необхідності урізноманітнювати вибрану і застосовану градацію глибини шару матеріалу, що піддається обробці на одній деталі.

Указуючи твердість, слід враховувати допустимість контролю твердості конкретної деталі при заданому способі обробки. Наприклад, після ціанування не допускається контроль твердості по Роквеллу на звичайних приладах.

У розділі 7 більш докладно наведено вплив технологічних методів зміцнення на довговічність деталей обладнання харчових виробництв, а в табл. 2 Додатків – приклади застосування термообробки щодо деталей різного призначення.

6.4 Типові помилки при проектуванні

Як сказано вище, креслення є носієм інформації про виріб, його конструкцію, розміри, матеріали, спеціальну обробку і, побічно, про технологію виготовлення. Креслення забезпечує конкретне і однозначне виконання деталі, оскільки інформація, закладена в кресленнях, є обов'язковою для виконавця. Тільки безпомилкове виконання креслення забезпечує виготовлення придатної деталі.

За даними статистичного аналізу поломок машин, 60–90 % цих неполадок пов'язані з помилками розробки і виготовлення. Велика частка помилок виявляється в процесі виготовлення і першого випробування виробів. Частка помилок виявляється тільки в процесі експлуатації через тривалий час, скорочуючи міжремонтний період виробу або ресурс його роботи в цілому [101].

Причини виникнення помилок закладені в суті процесу конструювання. Творчий процес конструювання є ідеальним процесом в уяві конструктора. На підставі даних технічного завдання, проведених досліджень, інформаційних матеріалів і практичного досвіду конструктор створює уявний образ виробу, який знаходить своє віддзеркалення в кресленнях. Але між задумом конструктора і реальним його втіленням стоїть помилка навіть при найтоншому проникненні в проблему. В процесі конструювання конструктору доводиться зважати на цілий ряд вимог і обмежень. Ці чинники часто суперечливі і не дозволяють створити той зразок, до якого прагнув конструктор. Будь-яку конструкцію можна розглядати як недосконалу, що відстає від уявної ідеальної конструкції – еталону. Еталон утілює все те краще, що дають науково-технічні досягнення. Віддалення реальної якості виробу від еталону служить критерієм досконалості конструкції. Якщо віддалення більше, ніж середній інженерно-технічний рівень даного часу, то конструкцію можна вважати за помилкову.

Помилкою є відхилення результату проектування від прийнятих норм, заздалегідь закладених в технічних умовах і обмеженнях, відхилення від еталону або об'єктивного закону, що існує в природі. Розрізняються явні (очевидні) і приховані помилки [101].

Явні (очевидні) помилки легко виявляються при порівнянні конструкції з еталоном або при перевірці її по об'єктивним законам математики, фізики, механіки і іншим законам, які відомі рядовому інженерові. До явних помилок відносяться помилки розмірних ланцюгів, міцності, відхилення параметрів (сили, швидкості, тиск і ін.). Явні помилки виявляються при контролі технічної документації аналітичними або графічними методами, які відомими рядовому інженерові.

Приховані помилки не виявляються перевіркою і з'являються, як правило, в нових розробках, де застосовується не перевірений практикою робочий принцип або немає достатньої кількості інформації для

впровадження вже відомого принципу. У таких конструкціях звичайні методи контролю і аналізу не дають відповіді або дають неправильну, спотворену відповідь на питання працездатності і придатності конструкції.

Неявні помилки можуть позначатись на роботі протягом всього часу випуску машини і тому є більш небезпечними. Приховані помилки при функціонуванні виробу можуть погіршувати експлуатаційні показники (точність, вібростійкість та ін.).

Приховані помилки виявляються після виконання спеціальних розрахунків або вироблення експертних висновків досвідчених фахівців. У таких випадках вигідно побудувати експериментальну модель, при випробуванні якої виявиться більшість прихованих помилок.

Причини виникнення помилок в технічній документації можуть бути найрізноманітнішими: незнання, помилкова думка, нездатність охопити всі питання проблеми, халатність, байдужість і ін.

Помилки в конструкторській документації класифікують по наступних групах: I група – конструкційні помилки; II – помилки в розрахунках; III – помилки в розмірах.

До групи I відносяться наступні помилки:

1. Помилки, викликані невірним напрямом розробки. Ці помилки закладені вже в технічному завданні на розробку і виникають через невірне розуміння тієї роботи, яку виріб повинен виконувати, або процесів, для яких він створюється. Такі помилки повинні розкриватись вже в початкових стадіях розробки: у технічній пропозиції, ескізного проекту. Розробникові дається право на критичний аналіз технічного завдання і виявлення всіх неточностей і похибок в ньому. Значну роль в цьому процесі грають начальники груп, бюро, головні інженери проектів, які відповідають за правильність напряму конструкторських розробок. Помилки невірного напряму розробок відносяться до прихованих помилок і не завжди виявляються при контролі конструкторської документації і перевірці її відповідності вимогам технічного завдання.

2. Помилки у функції застосування проектного виробу. Нові вироби повинні відповідати своїм функціям, бути ефективними і надійними.

3. Помилки у відповідності проектного виробу фізіологічним вимогам обслуговуючого персоналу. Форма і розміри пристроїв управління повинні забезпечити зручне і надійне управління.

4. Помилки у виборі матеріалу, коли властивості матеріалу і його технологічна обробка не забезпечують нормальну і надійну роботу всіх вузлів і механізмів.

5. Помилки у виборі форми деталей. Форма деталей сприяє їх виготовленню з матеріалу, що вказаний на кресленні, найбільш ефективними технологічними методами.

6. Помилки використання матеріалу. Матеріал може бути використаний нераціонально: із зайвою товщиною стінок, ребер тощо.

7. Помилки в оцінці психологічних і соціальних сторін нового виробу. Конструкція повинна відповідати новим вимогам експлуатації, враховувати бажання людини, вимоги моди, відповідності навколишньому середовищу та ін.

8. Помилки естетичного характеру і невідповідності виробу вимогам техніки безпеки. Зовнішній вигляд виробу має бути приємним і відповідати його функціональному застосуванню. Температура, шум, вібрації виробу мають бути в межах норми.

До групи II відносяться наступні помилки.

1. Помилки в розрахунках міцності. В результаті цих помилок розміри небезпечних перетинів можуть виходити невиправдано малими або великими. При заниженому розмірі небезпечного перетину відбувається передчасний вихід виробу з ладу або його поломка. Якщо небезпечний перетин збільшений, невиправдано росте маса виробу і витрата матеріалу. Ці помилки ґрунтуються на недостатній або помилковій оцінці сил, що реально діють, у виробі, ухваленні невірної розрахункової схеми, методики розрахунків або допущенні помилок в розрахунках.

2. Помилки в розрахунках на жорсткість. Ці помилки приводять до вібрацій, які перевищують допустимі норми. В результаті вібрацій виріб не може виконувати свої функції.

3. Помилки в кінематичних розрахунках. В результаті виріб не відповідатиме параметрам, на які він розрахований.

До групи III відноситься найбільша частка помилок.

1. Помилки в розрахунку розмірних ланцюгів. Вони виникають при невірному розрахунку розмірів і допустимих відхилень, зокрема при невірному визначенні ходу механізму (рис. 6.236) [6].

2. Помилки у визначенні розміру вузького місця механізму. В результаті цього виникає випадок, коли виріб неможливо зібрати. Причина помилки: неточний розрахунок або розрахунок, при якому не було враховано місце для складальних робіт.

3. Помилки через халатність розробника. Помилки можуть бути допущені при розрахунку розміру або при записі правильно розрахованого розміру і допустимого відхилення до нього.

Помилки даної групи виявляються при перевірці креслень і виявляються як невідповідність вказаного розміру фактичному значенню елемента конструкції у вказаному масштабі.

Правильна простановка розмірів і допустимих відхилень в кресленнях є важливим процесом, що свідчить про якість технічної документації. Розміри і допустимі відхилення в кресленнях визначають: точність складального процесу, взаємозамінність вузлів і виробів, застосування раціональних технологічних процесів при виготовленні деталей.

Гарні знання розробником технології виготовлення і збірки (базування, установки, затиску, інструменту, операцій, переходів) дозволяють правильно і безпомилково проставити розміри в кресленнях.

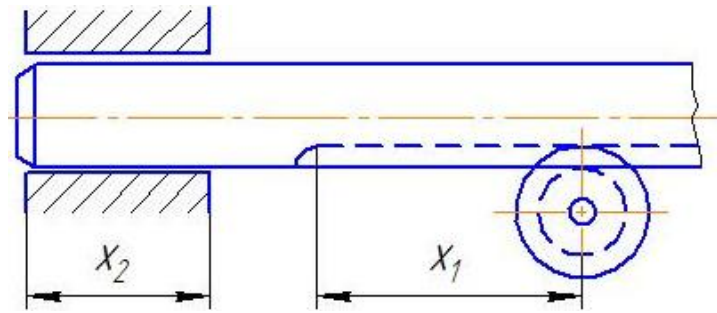


Рис. 6.236 – Помилки конструкції: довжина зубчастої рейки недостатня, оскільки переміщення рейки x_1 більше довжини опори x_2

Помилки, що допускаються розробником в конструкторській документації, залежать від спрямованості його уваги і психічного стану на період розробки. Вони часто пов'язані з поспіхом і недбалістю. Всі допущені помилки мають бути своєчасно виявлені і виправлені до здачі конструкторської документації у виробництво. Надійна система виявлення помилок створює сприятливі умови для того, щоб не допустити помилок взагалі.

Поява помилок в конструкторській документації обумовлена, як правило, певними мотивами. По ознаках виникнення помилки можуть бути мотивовані або невмотивовані.

Мотивовані помилки мають певну базу виникнення. Вони як би мають логічне обґрунтування для їх виникнення, пов'язане з незнанням або неухважністю розробника. Мотивовані помилки можуть бути пов'язані також з масштабом креслення. Найчастіше розміри проставляються по натуральній величині креслення, хоча зображення виконане в збільшеному або зменшеному масштабі. Інколи розміри і допустимі відхилення отворів встановлюються на валах, а розміри і допустимі відхилення валів – на отворах. Отвори і вал можуть мати різні номінальні розміри і т. п. Інколи проставляються невірні розміри через помилково виконане зображення, розрізу або перетину. Неухважність розробника може привести до простановки розміру на іншій розмірній лінії, що зрозуміло приведе до помилки. Інколи не враховується довжина ходу механізму, місце для збірки і тому подібне.

Невмотивованими помилками називають випадкові помилки, як ніяк не можна пояснити.

При оцінці впливу помилок необхідно розглянути конструкцію в нерозривному зв'язку її з цільовим призначенням і застосуванням. Тут значення мають такі чинники, як серійність випуску виробу, відповідальність конструкції та ін. Аналіз помилок показує, що помилки мають відносний характер, залежний не лише від об'єктивних чинників, але і від досвіду і кваліфікації експерта, який визначає помилку. Вироби, розроблені для виготовлення в одиничному виробництві, будуть помилковими для серійного випуску і навпаки. Помилки, що зустрічаються в конструкторській документації, класифікуються таким чином (табл. 6.4).

Знання розробником причин виникнення помилок, основних видів конструкторських помилок дозволяє цілеспрямовано їх уникати. Конструк-

тор в своїх розробках повинен відпрацювати певний стиль і порядок роботи, щоб максимально не допустити виникнення помилок. При цьому аналіз технічних рішень і перевірка їх графічних виконань є невід'ємною часткою розробки. Існує два методи перевірки креслень: аналітичний і графічний.

Аналітичний метод перевірки конструкторської документації є загальноприйнятим і найбільш поширеним методом. Він зводиться до перевірки конструктивного рішення і перерахунку розмірних ланцюгів з урахуванням допустимих відхилень.

Графічний метод перевірки креслень передбачає повторне викреслювання креслення деталі, складальної одиниці або виробу в цілому в строго певному, витриманому масштабі по закінчених, перевірених робочих кресленнях деталей. В цілях кращого виявлення помилок бажано застосувати масштаб збільшення. Цей метод є трудомістким і застосовується в тих випадках, коли використання аналітичного методу ускладнене.

Таблиця 6.4

Класифікація помилок, що виявляються в кресленнях

Клас	Характеристика класу	Помилки
I	Помилки, що не впливають на якість і працездатність виробу	Порушення правил креслення ЕСКД, правил розставляння розмірів, позначень і так далі, а також правил стандартизації і нормалізації. Некономічний вибір точності обробки. Помилки в розрахунках (розрахунок маси, розрахунок технічних параметрів і ін.), в остаточному розмірі що складається з декількох розрахунків деталей; у формі виробу (бажану форму неможливо отримати економічним способом), юридичного характеру, внаслідок чого створюється не патентоспроможний виріб; економічного характеру.
II	Помилки, погіршують працездатність і управління виробом	У виборі матеріалу, термообробки його, стійкості, міцності. Відсутність або недостатня наявність технічних вимог, що пред'являються до точності виготовлення і складання. Помилки у виборі допустимих відхилень розмірів сполучень поверхонь; у виборі шорсткості поверхонь сполучень; ергономічного характеру: органи управління не пристосовані до фізіологічних і антропометричних даних оператора; естетичного характеру: непривабливий зовнішній вигляд, форма не відповідає функціональному призначенню.
III	Помилки, що викликають поправний * брак деталей, складальних одиниць або виробів	У розмірних ланцюгах або в окремих розмірах; у виборі допустимих відхилень розмірів або сполучень поверхонь; у орієнтації окремих геометричних і конструктивних елементів деталі; у виборі комплектуючих виробів або виробів загального призначення; у технологічності деталей.
IV	Помилки, що викликають остаточний брак виробів	Невідповідність виробу призначенню і вимогам технічного завдання. Помилки у виборі певного механізму, його принципу роботи або фізичного процесу, який лежить в основі роботи. Помилка, що є причиною невиконання намічених функцій окремими механізмами або всім виробом; у дотриманні умов складання (виріб не складається); у розмірах і в розмірних ланцюгах; у розрахунках; у виборі матеріалу, термообробки і т.п.
* Поправним називається брак, усунення якого економічно доцільно без виготовлення нових деталей або складальних одиниць.		

Потужним інструментом поліпшення якості проектування і усунення всілякого роду помилок є застосування сучасних САПР, у тому числі і для тривимірного моделювання всього виробу. Це дозволяє «скласти» виріб (3D-модель виробу) ще на стадії проектування, без виготовлення дослідного зразка. Цим самим значно здешевшується та пришвидшується запуск у виробництво нового виробу. Такі переваги є дуже значними в сучасних умовах розвиненої конкурентної боротьби виробників.

Окремо слід вказати на здатність сучасних САПР (CAE-систем або CAE-інтегрованих модулів) моделювати численні фізичні процеси роботи виробу (гідро-, газодинаміка, кінематика, динаміка, теплопровідність тощо). Завдяки цьому в складних випадках можна достатньо вірно спрогнозувати робочі зусилля, швидкості, тиски та інші параметри роботи проєктованого обладнання. Це, в свою чергу, дає можливість вірно обрати параметри конструкції, забезпечити належну її міцність, жорсткість, загальну ефективність та довговічність.

Таким чином, САПР дозволяють уникнути більшої частини помилок при проектуванні виробу. Серед таких систем можна назвати, наприклад, наступні: SolidWorks, Компас-3D, T-Flex, Autodesk Inventor, ANSYS, AB-AQUS, NX Nastran, FlowVision та інші.

7 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ НАДІЙНОСТІ ТА ДОВГОВІЧНОСТІ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

7.1 Теоретичні засади забезпечення високої довговічності обладнання

У сучасній промисловості проблема підвищення надійності й довговічності обладнання є особливо актуальною. Витрати на підтримку працездатності різноманітних технічних систем постійно збільшуються. Аналіз даних щодо ремонту обладнання у харчовій і переробній промисловості показує, що на ліквідацію наслідків його корозії потрібно близько 80 % усіх витрат на ремонт, а витрати, пов'язані з корозією, становлять близько 2 % вартості основних виробничих фондів [100]. Так, наприклад, річні втрати матеріалів від корозії лише на виноробних підприємствах у світі досягають 15 млн т.

Втрати працездатності виробів унаслідок відмов призводять до простоїв, значних витрат на ремонт і запасні частини. Наприклад, за 10 років на ремонт обладнання харчових підприємств країни витрачено кошти, порівнянні з вартістю основних виробничих фондів.

Трудомісткість ремонтних робіт значно перевищує трудомісткість виготовлення нових машин, оскільки ремонт обладнання за рівнем оснащення значно відстає від основного виробництва. До 70 % ремонтних робіт виконується вручну, а деталі, які виготовлені в ремонтних цехах замість спрацьованих, в 5–10 разів дорожчі за деталі, виготовлені на заводах, що серійно випускають технологічне обладнання.

Наприклад, середня трудомісткість виготовлення металорізального верстата 1К62 становить 216 нормо-годин, а його капітального ремонту – 700. Ресурс роботи більшості тракторів та їхніх двигунів – 3000...5000 годин, а після капітального ремонту не перевищує 1500 годин [100].

Підраховано, що запобігання позаплановим простоям цукрових заводів, наприклад у країнах СНД, є рівноцінним введенню в експлуатацію 14 середніх за потужністю заводів, а 60 % часу їх простоїв зумовлені недостатньою надійністю і довговічністю обладнання [100].

Значним чинником ресурсопоглинання є зношування і корозія робочих органів машин і обладнання. Робочі вузли машин і апаратів, перероблювані речовини й технологічні рідини утворюють складні динамічні системи, в яких закономірності тертя, корозії та інтенсивність спрацювання залежать від багатьох чинників (умов переробки сировини, хімічних і реологічних характеристик робочих середовищ, застосованих конструкційних матеріалів і захисних покриттів, геометрії робочих органів тощо). При цьому робочі органи технологічного обладнання харчової промисловості повинні мати особливо високу зносостійкість, оскільки продукти спрацювання можуть потрапити у харчові продукти і зробити їх непридатними для вживання. Тому підвищення зносостійкості вузлів тертя машин і захист від корозії елементів конструкції апаратів є головними напрямками підвищення надійності та довговічності устаткування галузі.

Основні причини відмов обладнання (спрацювання, втомне руйнування, корозія та ін.) потрібно ретельно вивчити і по можливості усунути.

Шляхи забезпечення надійності і довговічності обладнання.

Кожен технічний виріб харчових виробництв, як вид продукції практичного використання, має такі періоди існування: проектування, виробництво і експлуатацію. Проблеми надійності технічних виробів у кожному з названих періодів мають свої особливості й розв'язуються по-різному [100]. В період проектування рівень надійності виробів закладається, при виробництві – забезпечується, а при експлуатації – підтримується. Заходи, що визначають надійність виробів у кожному з періодів існування, поділяють на загальні (стратегічні) і часткові (тактичні).

Період проектування. У періоді проектування майбутня надійність технічних виробів залежить, насамперед, від загального рівня розвитку галузі, в якій проектуються вироби, від ефективного застосування в ній загальних організаційно-технічних заходів з підвищення надійності, від ефективності прямих і зворотних зв'язків з машинобудівниками і експлуатаційниками.

Основою для прогнозування надійності виробів у цей період є розрахунки, порівняння з відомими аналогами, іноді експертна оцінка. Потрібний рівень надійності вибирають уже на першій стадії розроблення технічного завдання (ТЗ), виходячи з вимог до виробу в експлуатації і технічних можливостей виробника виробів. На стадії розроблення ТЗ орієнтуються на показники надійності відомих аналогів, віддаючи перевагу найбільш вдалим.

На стадії створення ескізного проекту проводять перші інженерні розрахунки, у тому числі динамічні та на міцність. Це дає змогу обґрунтувати вибір надійних комплектуючих елементів, перевірених вузлів і конструкцій, які запозичуються з інших виробів. Від якості цих розрахунків значною мірою залежить надійність виробів.

За ескізним проектом виготовляють експериментальні зразки виробів для випробувань або пробної експлуатації, де навантаження та інші експлуатаційні чинники, що впливають на надійність, можна перевірити. На цій основі коригують розрахунки і вдосконалюють конструкцію виробу на стадії розроблення технічного проекту.

За результатами випробувань дослідних зразків і установчої серії виробів розробляють систему технічного обслуговування і ремонту для підтримання надійності в процесі експлуатації. Таким чином створюють робочий проект виробу і передають його на виробництво. Удосконалювати проект можна і під час серійного виробництва об'єкту.

Окрім розрахунків на міцність, стійкість і спрацювання, при проектуванні виробів обґрунтовується вибір різних виконавчих систем, раціонально підбираються матеріали деталей з урахуванням умов їхньої роботи (агресивності, складу і температури середовища, динамічних навантажень, наявності збудників вібрацій тощо).

Використовують також конструктивний захист деталей від середовищ. Для зниження навантаженості деталей і вузлів удаються до розподілення навантажень. Наприклад, використовують пристрої, що забезпечують рівномірність подавання сировини чи продукції на технологічні лінії, поділ вантажопотоку на кілька ліній тощо.

До конструктивних заходів щодо забезпечення надійності виробів належить також спрощення конструкції для забезпечення легкого зняття та монтажу вузлів при виявленні елементів, що відмовили, і під час виконання ремонтних операцій. Перспективними вважають конструкції у вигляді агрегатів, які у разі відмови повністю можна було б замінити новими або відремонтованими. Агрегати ж, що відмовили, можуть ремонтуватись автономно і не обмежувати використання технічних об'єктів.

Період виробництва. У сфері виробництва виробів виокремлюють стратегічні й тактичні засоби забезпечення їх надійності. До стратегічних належать такі самі засоби, як і при проектуванні: підтримка належного науково-технічного рівня виробництва, у тому числі оснащення, підготовка й підвищення кваліфікації інженерно-технічних і виробничих кадрів, велике значення мають організація і культура виробництва та рівень технологічної дисципліни.

Щоб забезпечити надійність своєї продукції, на машинобудівних підприємствах здійснюють вхідний контроль комплектуючих на їх відповідність технічним вимогам. Для цього також призначена система контролю власного виробництва і випробування готових виробів.

До тактичних засобів підвищення надійності належать зміцнення і поліпшення матеріалу деталей методами термічної, хіміко-термічної, термодифузійної та інших видів обробки; зняття внутрішньої напруженості кованих, литих, термооброблених деталей за рахунок відпалювання, старіння або відпускання; якісне виконання фінішних операцій (шліфування, хонінгування, полірування, вигладжування); заміна різання пластичною деформацією при формуванні деталей тощо.

Період експлуатації. Методи експлуатації машин та апаратів харчових і переробних виробництв істотно впливають на їхні показники надійності й довговічності. Умови і режими експлуатації визначають спектр негативних чинників, які впливають на об'єкт (середні навантаження, швидкості, температури, агресивні середовища тощо), та інтенсивність руйнування його елементів.

Щоб створити сприятливі умови для роботи машин і обладнання, потрібно регулярно змащувати рухомі з'єднання, захищати їхні деталі від потрапляння агресивних речовин і забруднення. Особливо важливо ізолювати поверхні технічних об'єктів, якщо навколишнє середовище насичене абразивними частинками. У сучасних складних технічних системах передбачені спеціальні датчики й системи контролю, які дають змогу контролювати працездатність окремих елементів і механізмів. Така постійна технічна

діагностика необхідна для забезпечення раціональних умов експлуатації і підвищення надійності виробів.

Працездатність технічних об'єктів у разі відмови їхніх елементів і зниження характеристик відновлюють у період ремонтів. Добре зарекомендувала себе система планово-попереджувальних ремонтів (ППР), яка мала дев'ять періодів зі структурою ремонтного циклу I–I–II–I–I–II–I–III (або П–П–С–П–П–С–П–П–К), де I(П) – поточний ремонт, П(С) – середній, III(К) – капітальний.

Вплив підвищення довговічності обладнання на величину його корисної віддачі. Заходи підвищення довговічності здорожують конструкцію оскільки є необхідним застосування якісних матеріалів, введення нових технологічних процесів та навіть іноді організацію нових ділянок цехів, що вимагає додаткових капіталовкладень. Це дорожчання нерідко відлякує керівників машинобудівних підприємств, які розглядають питання про вартість машини спрощено. Проте ці витрати цілком виправдані. Вартість виготовлення деталей, що визначають довговічність машини, незначна в порівнянні з вартістю виготовлення машини, а остання, як правило, невелика в порівнянні із загальною сумою експлуатаційних витрат [46].

Мізерні в загальному балансі додаткові витрати на підвищення довговічності дають врешті величезний вигравш в результаті збільшення сумарної корисної віддачі машини, зменшення простоїв і вартості ремонтів.

Звідси витікає важливий практичний висновок для конструкторів: прагнучи, як загальне правило, до здешевлення машини, не треба шкодувати витрат на виготовлення деталей, які визначають довговічність і надійність машин.

У багатьох керівництвах по машинобудуванню рекомендують застосовувати найбільш дешеві матеріали і прості способи виготовлення, що допускаються по функціональному призначенню деталі. Ці рекомендації не можна прийняти без обмовок. Питання про вибір матеріалів і методів виготовлення слід вирішувати тільки на підставі зіставлення відносної ролі додаткових виробничих витрат в загальній сумі витрат за період експлуатації машин.

Для виготовлення деталей, що визначають довговічність і надійність машин, необхідно застосовувати найбільш якісні матеріали і найдосконаліші способи обробки.

Як приклад можна навести поршневі кільця двигунів внутрішнього згорання. Їх якість значною мірою зумовлює міжремонтні терміни двигунів. Зношування кілець знижує віддачу двигуна, збільшує витрату палива і мастила. Їх термін служби нерідко складає лише 500–1000 годин. Використовуючи новітні досягнення в області підвищення зносостійкості пари кільце-циліндр (пористе хромування кілець, азотування дзеркала циліндрів, створення мастило-утримувального мікрорельєфу), можна підвищити термін служби кілець до 5–10 тис. годин. Пов'язане з цим дорожчання кілець дуже незначно збільшує вартість двигуна, а підвищення їх зносостійкості

дає великий економічний ефект.

Інший приклад – підшипники кочення. Зазвичай рекомендують застосування найменш точних підшипників, посиляючись на збільшення їх вартості із збільшенням ступеня точності. Якщо прийняти вартість виготовлення підшипників нормальної точності за 1, то вартість підшипників виражається наступними цифрами: при точності підвищеній – 1,3; високій – 2; прецизійній – 4.

Цифри, на перший погляд, досить переконливо говорять на користь застосування підшипників малої точності, проте такий висновок нерідко є технічно короткозорим. Якщо врахувати, що зношування і пошкодження підшипників кочення є однією з найбільш частих причин виходу машин з ладу, що значною мірою зумовлює міжремонтні терміни, то слід визнати розумнішим і економічно вигідним застосування у відповідальних вузлах підшипників підвищеної точності, не дивлячись на їх високу вартість. Зрозуміло, це не означає, що у всіх випадках слід застосовувати прецизійні підшипники, і це не звільняє конструктора від необхідності забезпечити високу довговічність підшипників правильною їх установкою і мащенням.

Проте існують межі підвищення довговічності. Технічно досяжна довговічність значною мірою залежить від ступеня напруженості машин. У транспортних машин довговічність складає 10–20 тис. год. і термін служби 5–8 років, у стаціонарних, наприклад машин-знарядь, 50–100 тис. год., що при двозмінній роботі відповідає терміну служби 15–25 років, при тризмінній роботі – 10–20 років. При таких термінах служби стає актуальною проблема технічного застарівання.

Довговічність машини можна штучно продовжити відновними ремонтами. Проте цей шлях економічно недоцільний, оскільки інколи витрати на відновні ремонти у багато разів перевищують первинну вартість машини.

У початковий період експлуатації ремонтні витрати невеликі. Потім вони стрибкоподібно зростають у міру поточних і середніх ремонтів і, нарешті, досягають значної величини, сумірної з вартістю машини, коли машина піддається капітальному ремонту.

Перед здачею в капітальний ремонт має бути вирішене питання про доцільність подальшої експлуатації машини. Якщо залишити поки осторонь питання технічного застарівання, то за економічно доцільну межу експлуатації слід вважати момент, коли майбутні витрати на капітальний ремонт наближаються до вартості нової машини. Вигідніше придбати нову машину, чим реставрувати стару, тим паче, що нові машини завжди перевершують відновлені за своєю якістю а також показники нових машин в результаті безперервного технічного прогресу завжди вищі за показники старих машин. При вирішенні питання про припинення експлуатації, крім того, має бути врахована сумарна вартість всіх проведених раніше ремонтів.

Підвищення довговічності тісно пов'язане з проблемою технічного застарівання машин. Застарівання настає, коли машина, зберігаючи фізичну

працездатність, за своїми показниками перестає задовольняти промисловість через підвищення вимог або через появу більш досконаліх машин.

Ознаками застарівання є знижені, в порівнянні з середнім рівнем, показники надійності, якості продукції, точності операції, продуктивності, витрат енергії, вартості праці, обслуговування та ремонтів і у результаті – знижена рентабельність машини.

Безумовне застарівання настає в двох випадках:

- при переході на нову продукцію (повна зміна технологічного процесу);
- при впровадженні нових способів обробки сировини або появи принципово нових конструктивних схем, що дозволяють створити машини, які перевершують за показниками старі зразки.

Проте корінні і швидкоплинні зміни відбуваються не часто. Існують ефективні способи попередження застарівання машин. Головним з цих способів є конструювання машин з урахуванням динаміки розвитку галузі. У конструкцію початкової моделі повинні бути закладені резерви продуктивності, потужності, корисної віддачі, діапазону виконуваних операцій. Це дозволяє послідовно модернізувати машину і підтримувати її показники на рівні зростаючих технічних вимог без зміни основної моделі.

Такий підхід дозволить уникнути ламання виробництва, неминучого при переході на випуск нової моделі, а у машин, що знаходяться в експлуатації, наявність таких резервів забезпечує можливість їх форсування у міру зростання потреб виробництва.

Найбільш дієвий засіб попередження застарівання – це підвищення ступеня використання машин в експлуатації [46]. Чим в коротший термін машина відпрацьовує закладений в неї ресурс довговічності, тобто чим ближче період служби до довговічності, тим вірніше вона застрахована від застарівання. Скорочення періоду служби до 3–4 років практично гарантує машини від застарівання.

Завдання зниження періоду служби при незмінній довговічності зводиться до всемірної інтенсифікації використання машин. Для технологічних машин, що працюють по календарному режиму, найбільше значення має збільшення кількості робочих змін і підвищення ступеня завантаження.

Основні конструктивні передумови інтенсифікації:

- універсалізація, тобто розширення діапазону виконуваних машиною операцій, що забезпечує стійке завантаження машини;
- підвищення надійності машин, що призводить до скорочення аварійних і ремонтних простоїв.

Дієвим методом є забезпечення рівної (або ж кратної) довговічності деталей і вузлів. Забезпечити тривалий термін служби деталей – це ще не повністю виконане завдання. Навіть якщо все деталі служать довго, але неоднаково довго, все одно великі простої і низька надійність машини.

Найбільшою надійністю і ефективністю відрізняються ті машини, у яких всі використовувані вузли і деталі мають однакові терміни служби, тобто вони рівнодовговічні.

Припустимо, конструктор спроектував нову машину, що складається зі ста окремих вузлів і деталей. Проектуючи деталі він прагнув, щоб термін служби кожної з них був не нижче 1000 годин. Конструктору це вдалося – всі вибрані ним деталі мали термін служби від 1000 до 2000 годин. Але вийшло так, що у вказаних межах всі деталі мали різні терміни служби: одна 1000 годин, друга – 1010, третя 1020 годин і так далі.

До чого це приведе при експлуатації? Перші 1000 годин машина пропрацює безвідмовно. Потім через кожних 10 годин вона зупиниться із-за виходу з ладу чергової деталі. І середній час справної безвідмовної роботи від одного ремонту до іншого виявиться рівним всього 10 годинам, хоча, кожна з деталей сама по собі гарна і пропрацювала не менше 1000 годин. Така машина велику частку часу знаходитиметься в ремонті, а витрати на її ремонт в порівняно короткий термін перевищать її вартість.

Інша машина також складається зі ста окремих вузлів і деталей. Термін служби використовуваних в ній деталей дорівнює терміну служби гіршої деталі першого зразка і складає всього 1000 годин. Але всі деталі мають однаковий термін служби – 1000 годин.

Очевидно, як і перша, ця машина пропрацює справно і безвідмовно на протязі 1000 годин, не вимагаючи ремонту і яких-небудь витрат на нього. Після закінчення цього терміну потрібно, оскільки такий ремонт і подальша експлуатація машини стають недоцільними, слід замінити машину на нову. Вигоди тут очевидні.

Однак на практиці добитись повної однакової довговічності всіх застосованих в машині агрегатів, вузлів і деталей неможливо. У багатьох машинах різниця термінів служби деталей буває дуже великою. Наприклад, в м'ясорізальних вовчках рама працює без зміни приблизно 30 років, а ножі або решітки – всього 2 місяці. Тому одним із важливих завдань проектування є визначення оптимальних термінів служби вузлів і деталей і розбиття їх на групи з близькими або кратними термінам служби.

Слід на основі вивчення фізичного і морального зношування аналогічних машин і умов експлуатації визначити загальний оптимальний термін служби машини (наприклад, 60 тисяч годин). Потім необхідно ретельно оцінити умови роботи кожного вузла і деталі. На основі такого аналізу далі встановлюють технологічно досяжний найменший термін служби деталей, які працюють в найбільш важких умовах (наприклад, 10 тисяч годин). Потім, виходячи з цих даних, всі використовувані вузли і деталі групують по термінах, кратних найменшому (кількість різних термінів не більше 5–6). У нашому випадку кратними термінами можуть бути 10, 20, 30, 40, 50 і 60 тисяч годин.

Далі на протязі перших 10 тисяч годин машина пропрацює справно і безвідмовно. Потім вийдуть з ладу і потребуватимуть заміни найбільш слабкі деталі – першої групи. Після їх зміни машина знову пропрацює безвідмовно до 20 тисяч годин. Тоді треба буде замінити деталі другої групи і удруге – деталі першої групи. Так через кожних 10 тисяч годин буде відбувається чергова заміна. Середній термін справної, безвідмовної роботи машин між двома сусідніми ремонтами складе 10 тисяч годин.

В сучасних умовах більш дієвим шляхом зменшення витрат на ремонт є перехід на безремонтну експлуатацію. При цьому конструкція обладнання виконується максимально модульною і при виникненні значної поломки замінюється увесь модуль (наприклад, мотор-редуктор). Цим досягається якнайшвидше введення обладнання знову в експлуатацію. Що в умовах харчового виробництва є вкрай важливим. Зависока, як на перший погляд, ціна такого п вирішення проблеми аварійного останову має своє логічне пояснення – якщо в мотор-редукторі за певний час його роботи вийшло з ладу одне із зубчастих коліс, то його ремонт врешті мало що дасть, оскільки і інші зубчасті колеса, а також вали, підшипники та ін. напрацювали на відмову або в певній мірі зносились. І ремонт або заміна однієї деталі є можливою, але незабаром потребуватиметься ремонт і інших деталей, через що (див. вище) простоювання обладнання буде дуже значним. Врешті, замінити одразу весь модуль, який вичерпав значну частку свого ресурсу – є економічно виправданим.

7.2 Підвищення довговічності обладнання конструкторським шляхом

Значного підвищення довговічності обладнання можна досягти найбільш ефективним та раціональним шляхом – відповідним їх конструктивним виконанням.

Конструктивне виконання деталей і вузлів слід проводити з урахуванням таких чинників[100]:

- раціональної схеми роботи вузлів, їх конфігурації і розмірів;
- доцільного розрахунку та вибору кінематичних і силових параметрів навантаження елементів контактної взаємодії;
- раціонального вибору матеріалів для виготовлення деталей, які взаємодіють з технологічними середовищами;
- вибору ефективних видів мастил і систем змащування вузлів;
- захисту вузлів від потрапляння технологічних середовищ і абразивних частинок;
- забезпечення ефективної системи відведення теплоти від поверхонь тертя;
- забезпечення технологічності та ремонтпридатності вузлів.

Нижче наведено приклади підвищення довговічності вузлів обладнання харчових виробництв конструкторським шляхом [100].

У високопродуктивних загортальних пакувальних автоматах застосовують паперорізальні вузли. Вони мають недостатню надійність і довговічність унаслідок низької зносостійкості ножів. Це є однією з основних причин частих зупинок загортальних автоматів, зниження їх продуктивності та збільшення випуску бракованої продукції.

Дослідження [9, 10] показали, що головним недоліком паперорізальних вузлів є використання циліндрично-гіперболічної схеми різання (рис. 7.1), яка є нераціональною. За цією схемою лезо рухомого ножа при обертанні у просторі описує циліндричну поверхню, оскільки кут нахилу леза до горизонтальної площини $X_1=0$, а лезо нерухомого ножа описує поверхню гіперболоїда обертання ($X_2=0$). Ці дві поверхні не можна сумістити, а паперорізальний вузол – налагодити для роботи без обламування лез.

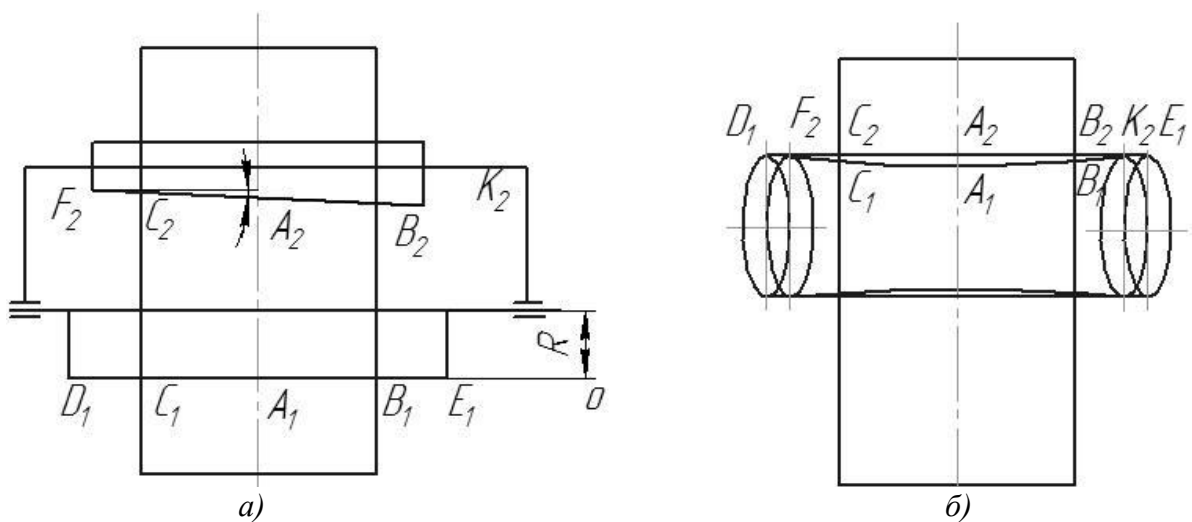


Рис. 7.1 – Схема розташування лез ножів паперорізального вузла у статичному (а) і динамічному (б) станах

Більш раціональною є гіперболічна симетрична схема різання. Загальний вигляд вдосконаленого паперорізального вузла з гіперболічною симетричною схемою різання наведено на рис. 7.2, а його конструкцію і схему різання – на рис. 7.3. У прямокутні пази (рис. 7.2) корпусу 7 встановлено планку 6, до якої гвинтами 16 прикріплено дволезовий нерухомий ніж 15. Його різальне лезо нахилене до горизонтальної площини під кутом X_2 за рахунок виготовлення похилої площини на планці. З одного боку на планку діють регульовальні гвинти 8, а з другого – пружини 11, які розміщені в кришках 17, які прикріплені до корпусу гвинтами 12. Сумарне зусилля пружин становить 150...200 Н, що захищає ножі від перевантаження. Гвинти 13 не дають планці зміщуватись убік. Поворотний ніж 14, закріплений на валу 5 гвинтами 1, нахилений під кутом X_1 до вісі вала. Кути нахилу різальних лез до горизонтальної площини $X_1=X_2$. У налагодженому вузлі різальні леза обертового і нерухомого ножів (при інверсії обертання) описують поверхні гіперболоїдів обертання, які зливаються. Розміщення

вала без нахилу у вертикальній площині, де встановлено лезо нерухомого ножа, поліпшує роботу зчеплення шестерень 2 і 10. Розроблена конструкція при кутах $X_1=X_2=25...35^\circ$ забезпечила збільшення стійкості ножів зі сталі ХВГ у 2 рази.

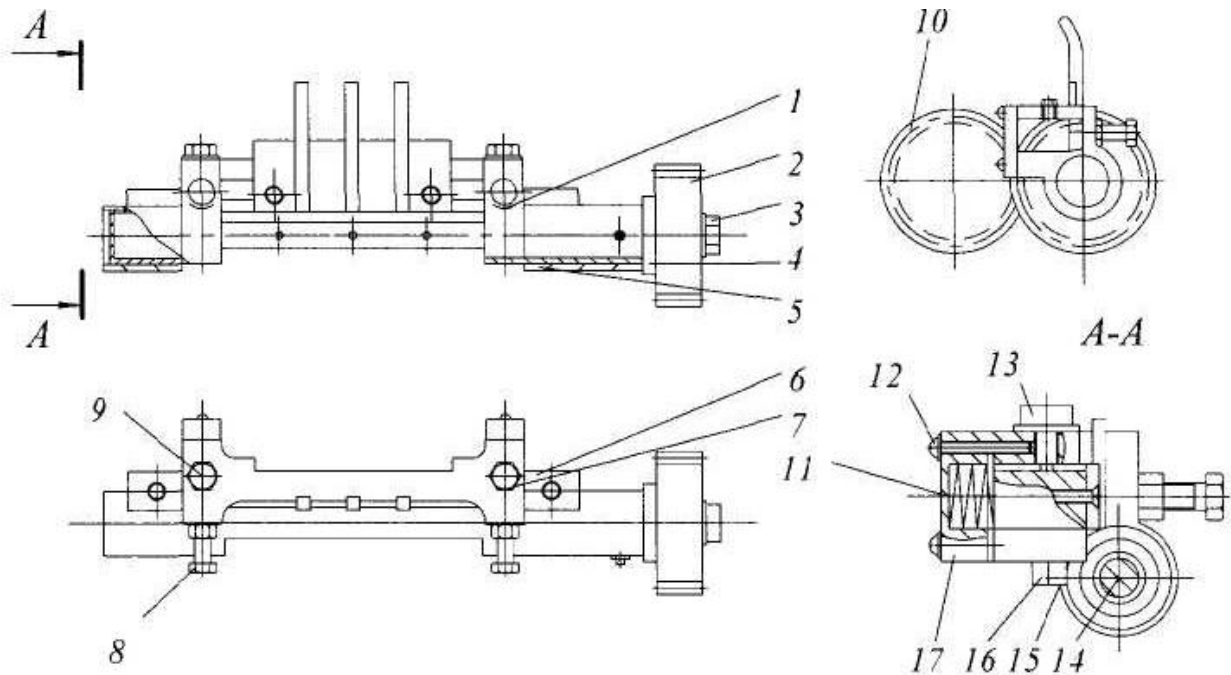


Рис. 7.2 – Паперорізальний вузол з гіперболічною симетричною схемою різання:

1, 3, 8, 9, 12, 13, 16 – гвинти; 2, 10 – шестерні; 4 – втулка; 5 – вал; 6 – планка;
7 – корпус; 11 – пружина; 14 – поворотний ніж; 15 – нерухомий ніж; 17 – кришка

Дослідження роботи модернізованого вузла показали, що у міру спрацювання ножів їх наближають один до одного за рахунок переміщення планки з нерухомим ножем у горизонтальній площині, що супроводжується спотворенням геометрії гіперболічної симетричної схеми різання і зміною місця контакту різальних лез. Це зумовлює їх повторне припрацювання, стрибкоподібне зростання фаски спрацювання і радіуса округлення леза ножів та їх швидкий вихід з ладу.

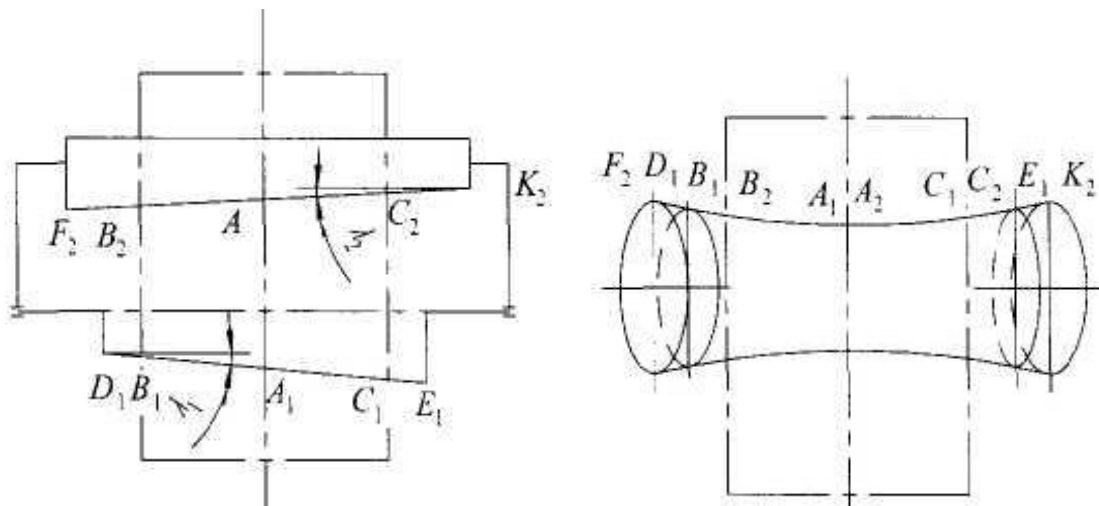


Рис. 7.3 – Схема розташування різальних лез

Цю проблему розв'язано за рахунок зміни конструкції паперорізального вузла. Корпус 1 має прямокутні отвори (рис. 7.4, *а*), в яких розміщено клиноподібну планку 6 з нерухомим ножем 2, вал 5 з рухомим ножем 3 і фіксатори 4. Планку з нерухомим ножем установлено в корпусі похило вздовж лінії *ab* (рис. 7.4, *б*), яка перпендикулярна до дотичної. Планка має отвори, в які установлено спіральні пружини 8. На ній розміщено напрямну гребінку 7, по якій ковзає обгортальний папір. Таке розміщення планки з нерухомим ножем максимально зменшує спрацювання ножів, оскільки місце припрацювання при регулюванні розташування лез ножів залишається незмінним. Завдяки використанню нової схеми різання і раціональної конструкції ножів, довговічність паперорізальних ножів зросла близько 5 разів.

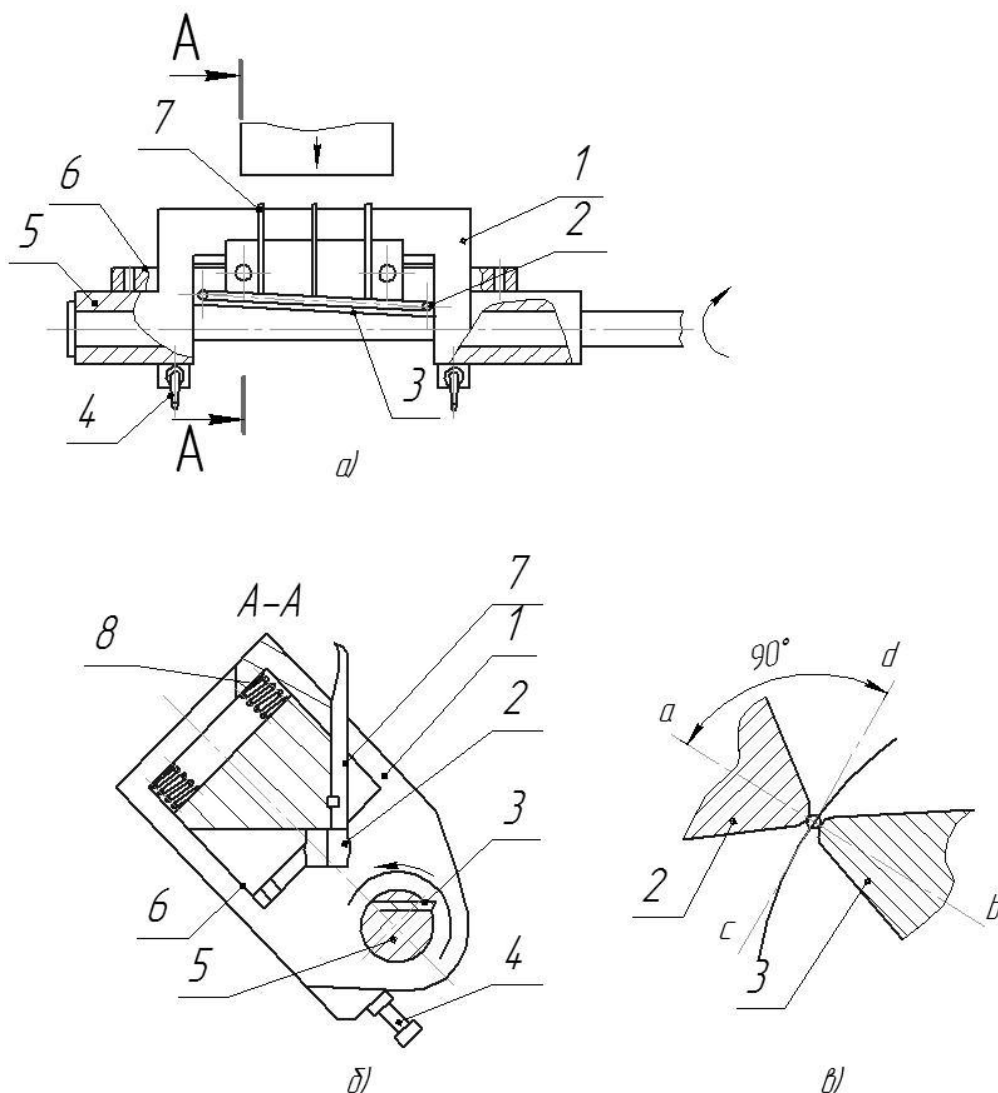


Рис. 7.4 – Раціональна конструкція паперорізального вузла:

а, б) загальний вигляд; *в*) схема контактування ножів;

1 – корпус; 2 – нерухомий ніж; 3 – рухомий ніж; 4 – фіксатор; 5 – вал;
6 – планка; 7 – напрямна гребінка; 8 – пружина

При виготовленні паперорізальних ножів важливо забезпечити правильне загострення лез, що є основною умовою їх довговічності. Для ви-

значення впливу геометричних параметрів ножів на їх стійкість було випробувано ножі з різних сталей (нерухомі з передніми кутами 0° , 10° , 20° , 30° , 40° , а рухомі з аналогічними кутами, рис. 7.5). Випробування розроблених паперорізальних вузлів і ножів довели, що їх довговічність можна збільшити до 10 разів завдяки використанню раціональних конструкцій вузлів і ножів, а також за умови дотримання технології їх виготовлення та правил експлуатації (рис. 7.6).

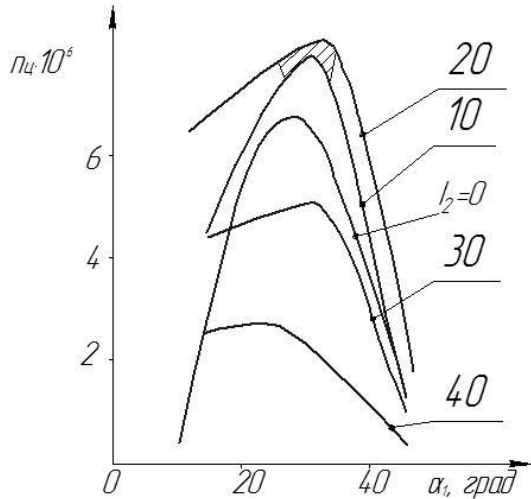


Рис. 7.5 – Залежність зносостійкості рухомих ножів зі сталі 9ХС від заднього кута α_1 при різних значеннях переднього кута загострення нерухомого ножа γ

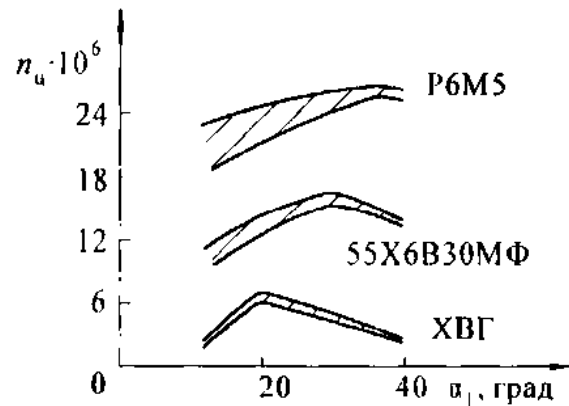


Рис. 7.6 – Результати випробувань стійкості рухомих ножів з інструментальних сталей різних марок за зміни заднього кута лека

Одним із головних показників ножів м'ясорізальних вовчків (рис. 7.7), що визначають їх працездатність, є радіус ρ закруглення лека. У НУХТі розроблено конструкцію ножа вовчка зі зміщеним різальним лезом (рис. 7.7, б). При розміщенні лека вздовж дотичної до центральної втулки з'являється поздовжня (відносно лека ножа) складова зусилля різання, що забезпечує поступове розрізування сировини і поліпшує якість продукту. Запропоновані конструкції ножів з передніми кутами $\gamma > 0^\circ$ забезпечують значне (на 50...100%) підвищення довговічності.

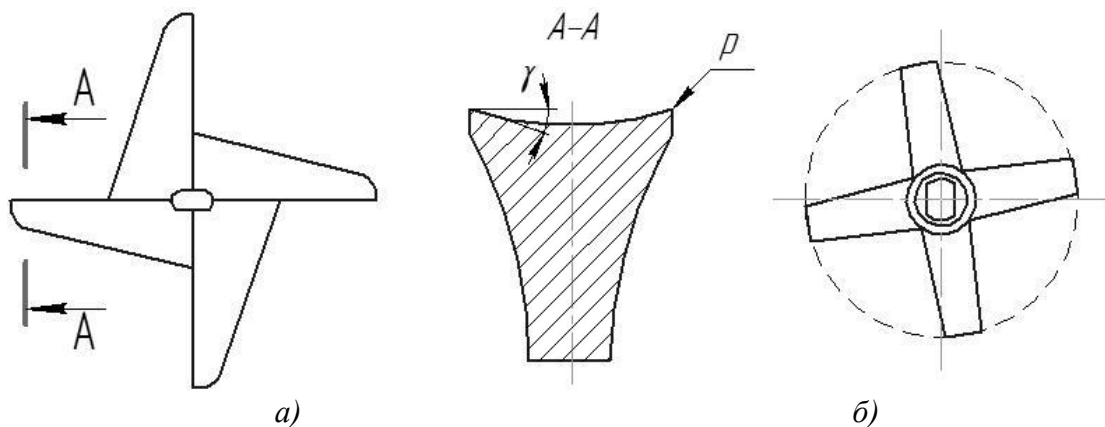


Рис. 7.7 – Ніж м'ясорізального вовчка: а) серійний; б) зі зміщеним лезом

Надійність і довговічність м'ясорізальних вовчків залежать переважно від зносостійкості деталей різального комплексу (ножів і решіток). Проблему підвищення їх зносостійкості можна розв'язати за умови використання нових конструктивних рішень і технологій. Зокрема, ефективним може бути використання ефекту вибіркового перенесення. За наявності в зоні тертя міді на поверхні сталевих деталей утворюються збагачені міддю шари, які під дією зсувних напружень деформуються без зміцнення і розвитку втомлювальних тріщин. Як показали проведені дослідження, спрацювання рухомого зразка і коефіцієнт тертя залежать від співвідношення товщин сталеві і бронзові пластин (табл. 7.1). Застосування бронзових пластин забезпечує підвищення довговічності ножів більш як удвічі.

Таблиця 7.1

Залежність спрацювання зразків зі сталі 65Г (H) і коефіцієнта тертя (f) від співвідношення товщин бронзові і сталеві пластин (b)

b	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
H , мкм	18	13	8	6	10	15	25	28	30
f	0,09	0,07	0,06	0,05	0,04	0,06	0,08	0,09	0,10

На підприємствах харчової промисловості широко застосовуються відцентрові насоси для перекачування технологічних продуктів, гарячої і холодної води, мийних розчинів тощо. Аналіз роботи цих насосів показав, що через кілька місяців роботи доводиться замінювати або ремонтувати робочі колеса через виникнення тріщин на диску колеса та лопатях (рис. 7.8). Утворення тріщин спричинене інтенсивною кавітаційною дією рідини, а також явищами втоми внаслідок вібрації колеса і високим рівнем внутрішніх напружень на його периферії після штампування.

Матеріал периферійних ділянок колеса за лопатями перебуває в складному напруженому стані. Під дією відцентрових сил виникають напруження розтягу (понад 2 МПа). Робочі колеса серійних насосів виготовляють листовим штампуванням, використовуючи для утворення лопатей операцію надрізування. Напруження, що виникають у місцях надрізування, досягають 20...40 % границі міцності матеріалу. В умовах дії розтягувальних напружень і кавітації в корозійних технологічних рідинах інтенсивність кавітаційного спрацювання зростає на 60...70 %.

Аналіз геометричних параметрів робочого колеса дав змогу знайти способи підвищення ефективності роботи насоса і його довговічності завдяки вдосконаленню конструкції. У серійному робочому колесі є три радіальні лопаті. Водночас відомо, що насоси із загнутими назад лопатями забезпечують більший коефіцієнт корисної дії. Автором запропоновано нову конструкцію робочого колеса, яка дає можливість зменшити витрати дефіцитної високолегованої сталі, підвищити довговічність і ефективність роботи насосів.

Робоче колесо серійного насоса складається з переднього диска 1 (рис. 7.8), основного диска 2 з лопатями 3 і заднього диска 4. У запропоно-

ваній конструкції відпадає потреба у використанні заднього диска, основний диск суцільний, а до нього точковим зварюванням приварено лопаті з кутом на виході 30° . Зміна геометричних параметрів, кількості лопатей і конструкції колеса забезпечила поліпшення його характеристик (рис. 7.9) і унеможливила тріщини та кавітаційне руйнування.

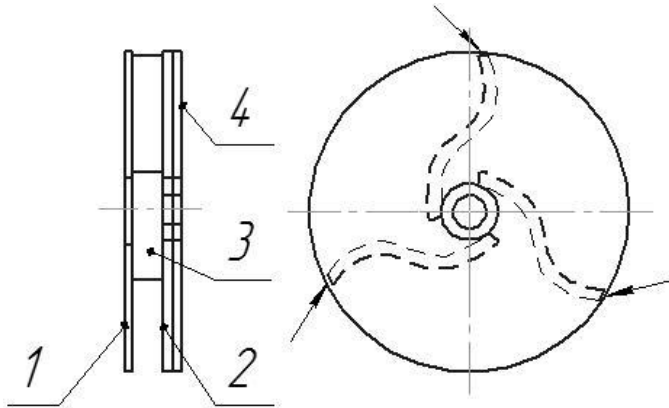


Рис. 7.8 – Серійне робоче колесо насоса 36-1Ц 2,8-20: 1 – передній диск; 2 – основний диск; 3 – лопаті; 4 – задній диск із вказаними м'яцями розташування тріщин на основному диску

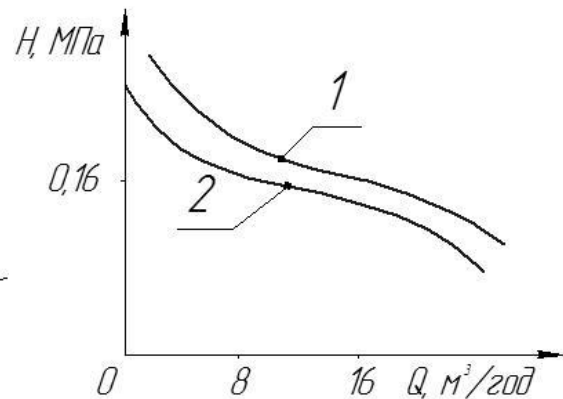


Рис. 7.9 – Залежність напору H від подачі Q насоса з новим (1) і серійним (2) робочими колесами

Типовий розвантажувальний пристрій солодосушарки ЛСХА-10, який виготовлений у вигляді шлюзового затвору, створює великі ускладнення під час експлуатації. Ущільнення з прогумованого паса швидко спрацьовуються, розриваються та потребують заміни. Кутники кріплення пасів, які розташовані по периметру розвантажувального пристрою, внаслідок значних навантажень та тертя солоду руйнуються і механізм розвантаження заклинюється.

Було впроваджено більш раціональну конструкцію розвантажувального пристрою (рис. 7.10). Із труб виготовлено барабан із заглушеними торцями, до якого приварені піввісі. На поверхню барабана з діаметрально протилежних сторін приварено половинки, які створюють своєрідні «гаманці» 2. Барабан встановлено зі зміщенням на 100 мм відносно вісі шахти у напрямку розвантаження. У верхній частині, над барабаном, змонтовано ущільнювальні затвори 1 з прогумованого паса. Зі сторони, протилежної навантаженню, розташовано поворотний фартух 3 з металу, який прилягає до барабана. Нахилиючи фартух, можна регулювати швидкість вивантаження солоду. Його також можна використовувати для термінового розвантаження солоду з шахти солодосушарки.

У солодовому цеху пивобезалкогольного комбінату для зменшення кількості відмов у солодопророщувальних ящиках алюмінієві сита з продовгуватими отворами було замінено на щілиноподібні сита з іржостійкої сталі. Такі сита самоочищуються, мають великий вільний переріз для проходження кондиціонованого повітря, не деформуються від механічних навантажень, мають достатню корозійну стійкість і довговічність.

Пластинчасті ланцюги пляшкових конвеєрів мають значну площу контакту рухомих і нерухомих поверхонь, між якими виникає тертя, внаслідок чого каркас конвеєра та пластини ланцюгів інтенсивно спрацьовуються. Спрацьовані частини каркаса замінюють повністю або наварюють на них металеві планки. В результаті цього знижується продуктивність ліній розливу, збільшуються простой обладнання та непродуктивні втрати продуктів за рахунок інтенсивного розбивання пляшок. Крім цього, спрацьовуються та розтягуються самі ланцюги, що спричинює часті перебої в роботі розливно-закупорювальних блоків, погіршення якості напоїв. На багатьох заводах пляшкові конвеєри модернізують, замінюючи пластинчасті ланцюги на безпластинчасті втулкові (рис. 7.11). Несівною поверхнею ланцюга є сталевий квадрат 1, змонтований уздовж усієї довжини конвеєра. З квадратом контактують тільки ролики 2 ланцюга 3, що значно зменшує площу взаємодії поверхонь тертя. Пляшки контактують днищами тільки з поверхнею втулково-роликового ланцюга і вільно переміщуються по конвеєру.

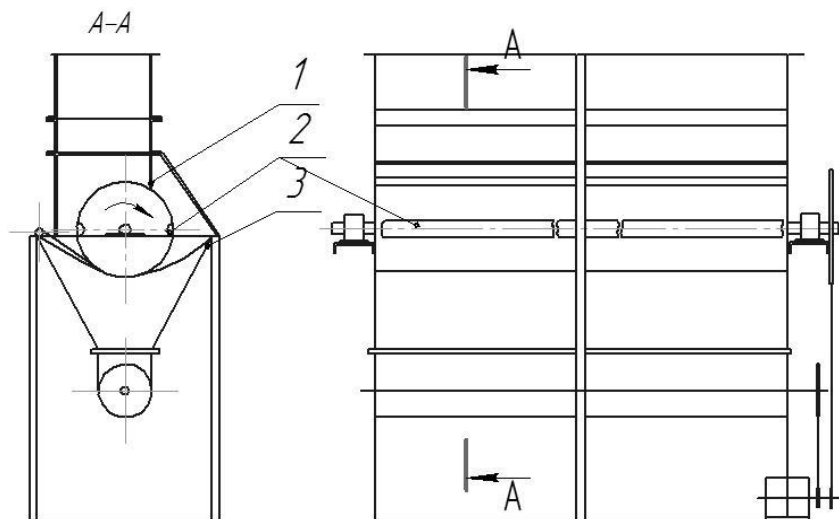


Рис. 7.10 – Модернізований розвантажувальний пристрій солодосушки ЛСХА-10

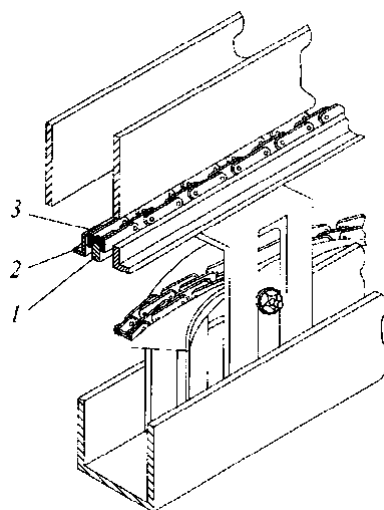


Рис. 7.11 – Модернізований ланцюговий пляшкобийний контейнер

Під час експлуатації пляшкокомийних машин унаслідок різниці сил тертя приводних ланцюгів уздовж напрямних та нерівномірного спрацювання зірочок часто відхиляється несівна планка стола завантаження. На робочому місці оператора було встановлено штурвал, який з'єднано з ведучим валом через конічну передачу, що дає змогу усувати перекося планки завантаження без зупинення пляшкокомийної машини.

При модернізації циліндро-конічних танків (ЦКТ) у виробництві хлібного квасу замість циркуляційної мішалки встановлено спеціальний суперкавітаційний низьконапірний осьовий насос. Перевагою суперкавітації є те, що колапс каверн відбувається в потоці рідини на деякій відстані від робочих коліс насосів, що захищає їх від кавітаційних руйнувань. На режимах суперкавітації немає ерозії крильчаток. Кавітаційне оброблення квасного суслу знизило час зброджування на 1,5...2,0 год (на 15...20 %), що збільшило продуктивність ЦКТ.

На олійножировому комбінаті запропоновано змінити конструкцію ущільнювальних кілець сепараторів (рис. 7.12). Замість раніше використовуваних графітових кілець запропоновано конструкцію комбінованого кільця з корозійностійкої сталі та графітової вставки. Впровадження такої конструкції істотно підвищило надійність ущільнювальних кілець.

На багатьох цукрових заводах країни з'єднувальні муфти між електродвигунами та приводами обладнання замінили еластичними конструкціями (рис. 7.13), які складаються з пластини 40×120 мм з прогумованого паса завтовшки 8...10 мм. Таке з'єднання не потребує точного центрування і знімає пікові навантаження при запусках та зупинках обладнання.

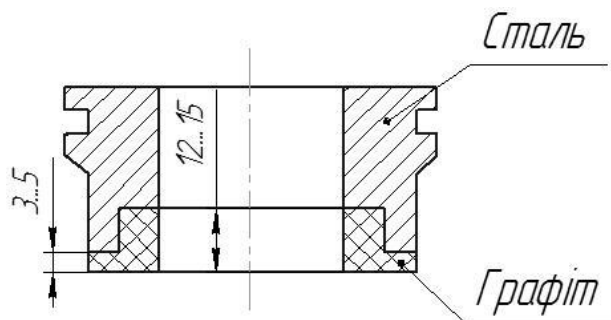


Рис. 7.12 – Комбіноване ущільнювальне кільце сепаратора

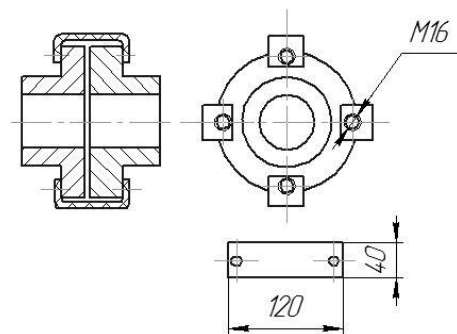


Рис. 7.13 – Еластична з'єднувальна муфта

На деяких цукрових заводах (з метою підвищення зносостійкості) робочі колеса відцентрових насосів для перекачування кислих середовищ цукробурякового виробництва виготовляють з алюмінієвих сплавів. Застосовують також полегшені зварні та пластикові робочі колеса (рис. 7.14).

Конструкція роликів пневматичних підіймачів блоків розливу пивобезалкогольної продукції Т1-ВДР-2 та Т1-ВРЦ-12 (рис. 7.15, а) має певні недоліки: роликотідишники 9 руйнуються через 6 місяців експлуатації; розбиваються місця для посадки підшипників у роликах; високотверда поверхня ролика 1 інтенсифікує спрацювання копіра блока, його реставрація

якого досить трудомістка; змащування підшипників 9 через маслянки 4, які закріплені в кришках 3, ущільнених прокладками 2 і болтами 7, що розташовані у важкодоступному місці, потребує великих витрат часу; часта заміна дефіцитних роликотпідшипників 9 у великій кількості (120 штук у кожному блоці) робить експлуатацію блоків незручною і дорогою.

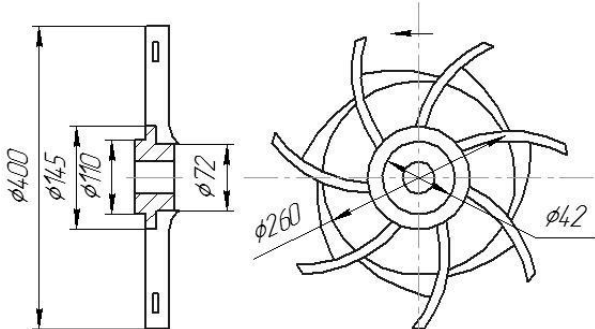


Рис. 7.14 – Зварне робоче колесо насоса COT-100

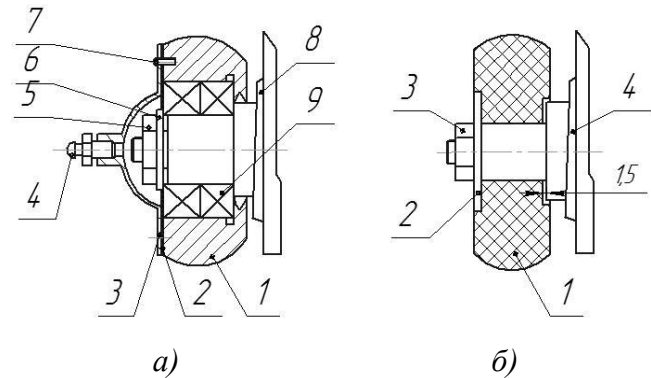


Рис. 7.15 – Серійна (а) і змінена (б) конструкції пневмопідіймачів блоків розливу безалкогольної продукції

Металеві ролики було замінено на капронові (рис. 7.15, б). У такий спосіб спрощено конструкцію кріплення ролика 1 до кронштейна 4 за допомогою шайби 2 та гайки 3. З'явилась можливість швидкої заміни ролика 1, виключене змащування вузла і підвищена довговічність копіра.

Істотне зниження корозійних руйнувань харчового обладнання часто забезпечується системами вентиляції, які раціонально сконструйовані та ефективно працюють. Такі системи не дають можливості парам технологічних і допоміжних середовищ поширюватись за межі простору ведення виробничих процесів. Наприклад, забезпечення витяжною вентиляцією камер підв'ялення солодосушарок ЛСХА-10 істотно знижує корозійні руйнування розташованого в них обладнання.

При контакті з технологічними рідинами, які містять значну кількість твердих домішок (транспортно-мийні води, вапняне молоко в цукровому виробництві), може виявитись абразивне спрацювання з високою інтенсивністю. При цьому ефективним може бути метод підвищення довговічності вузлів тертя завдяки примусовій подачі чистої води в зону тертя. За даними професора М. А. Сологуба, таким методом вдалося на 75 % зменшити спрацювання валів і підшипників бурякомийних агрегатів.

Трапляються такі характерні конструктивні недоліки, які зменшують довговічність і спричиняють підвищене кородування металів: наявність в обладнанні важкодоступних щілин і зазорів, які заповнюються залишками агресивних середовищ; застійних зон в апаратах, упорних ділянок продуктопроводів, які не мають ухилів для зливання надлишків продукту; грубе оброблення металевих поверхонь, яке створює умови для накопичення забруднень, пилу, осадів; застосування профільних форм спряження поверхонь замість округлих; виготовлення прямокутних і пірамідальних місткостей замість циліндрично-конічних; використання поєднань різнорідних ме-

талів, які розташовані далеко один від одного в електрохімічному ряду напружень; нерівномірний розподіл температурних навантажень, який зумовлює значне місцеве перегрівання окремих частин апаратів. Таке конструювання часто призводить до передчасного виходу з ладу обладнання і комунікацій, порушення ходу технологічних процесів і санітарних вимог.

Найпростішим конструктивним способом забезпечення розрахункового терміну служби обладнання, яке контактує з агресивними середовищами, є визначення припуску на корозію за товщиною стінок його деталей. Цей метод використовують заводи-виробники обладнання, збільшуючи металомісткість конструкцій. Так, у вітчизняних теплообмінниках і комунікаціях використовують труби завеликої товщини, що не зумовлено ні міцністю, ні корозійними вимогами.

Відомо, що висока корозійна стійкість нержавіючих сталей зумовлена наявністю самовідновлюваної оксидної плівки завтовшки близько 10^{-3} мкм. Цей пасивний шар може пошкоджуватись за недбалого зберігання, транспортування, неправильного проведення санітарного оброблення обладнання. При цьому захисний ефект може не тільки знизитись, а й зовсім зникнути. При неправильній термообробці корозійностійкої сталі на межі поділу зерен металу виділяються карбіди хрому і вона може руйнуватись внаслідок міжкристалітної корозії.

Для теплообмінників трубні решітки невеликих діаметрів, фітинги, фланці доцільно виготовляти штампуванням з наступним відпалюванням (для усунення деформацій), а інші елементи – прокатуванням. Відпалюванням зварних швів, хімічним або електролітичним травленням знімають напруження та видаляють тонкі напружені прошарки після механічного оброблення, запобігаючи корозійному розтріскуванню металевих поверхонь.

Раціональний вибір технологічних процесів зварювання, відливання, оброблення металів тиском, механічного оброблення поверхонь деталей також істотно підвищує стійкість обладнання до дії руйнівних чинників.

7.3 Покращення корозійної стійкості обладнання

Харчові середовища значно інтенсифікують корозійні процеси, через що при конструюванні обладнання слід обов'язково враховувати їх специфічний вплив на елементи конструкції. На теперішній час науково обґрунтовано низку шляхів підвищення корозійної стійкості обладнання харчових виробництв. Нижче наведено стислий опис даних шляхів [100].

В хлібопекарній промисловості напівфабрикати (рідкі дріжджі і затори для їхнього приготування, заквашені молочно-кислими бактеріями, житні закваски, житнє тісто, опара і тісто з пшеничного борошна) є середовищами, в яких накопичуються продукти зброджування. Це етиловий спирт, вуглекислий газ, молочна, пропіонова, бурштинова, яблучна, винна, лимонна, мурашина, щавлева, оцтова та інші органічні кислоти, деякі альдегіди і складні жири. Основну роль відіграють молочна й оцтова кислоти,

на яких припадає 90 % кислотності цих напівфабрикатів, значення якої коливається від рН 6,0 до рН 4,2. Тому такі середовища є агресивними.

Досліджено корозійну стійкість деяких матеріалів у заквасці для житнього тіста за температури 22 °С та в борошняному кислому пшеничному заторі за температури 54 °С, рН 3,5 (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Корозійна стійкість матеріалів у заквасці для житнього тіста

Матеріал	Втрати, г/(м ² ·год)	Матеріал	Втрати, г/(м ² ·год)
Сталь вуглецева Ст3 і Ст0	0,2630	Алюміній А-00	0
Чавун сірий	0,2266	Алюміній А-1	0
Сталь ХІ7	0	Чавун з 17% Сг	0
Сталь 12Х18Н9Т	0	Фторопласт	0
Сталь 2Х18Н9Т+2%Мо	0	Лак ХС76	0

Результати випробувань матеріалів у кислому пшеничному заторі за температури 54 °С, рН 3,5 наведено в табл. 7.3. Видно, що вуглецеві сталі, сірий чавун, мідь і алюміній у кислому заторі нестійкі. Сталь Ст3 і сірий чавун забруднюють напівфабрикати продуктами корозії, тому в апаратурі хлібопекарського виробництва без захисних покриттів їх застосовувати не можна.

Таблиця 7.3

Корозійна стійкість матеріалів у кислому пшеничному заторі

Матеріал	Втрати маси, г/(м ² ·год)	Матеріал	Втрати маси, г/(м ² ·год)
Сталь вуглецева Ст3, Ст0	0,8524	Алюміній	0,1177
Чавун сірий	0,8344	Чавун із 17 % Сг	0
Мідь	0,0558	Фторопласт	0
Сталь 12Х18Н9Т	0	Лак ХС76	0
Сталь ХІ7Т	0		

Етиловий спирт і його напівфабрикати є корозійно-активними середовищами відносно чорних металів. Основним устаткуванням спиртового виробництва є брагоперегінні та ректифікаційні колони, які часто виготовляються із сірого чавуну. Такі апарати внаслідок корозії вже через 2 роки виходять із ладу, а продукти корозії значно погіршують якість спирту. Корозії зазнає також обладнання інших відділень спиртзаводів.

Досліджено стійкість деяких матеріалів у середовищах спиртового виробництва з рН 4,2...5,5, які перебували у рідкій і газоподібній фазах за температури 80...100 °С. Випробовували луджену мідь, сталь Ст3, корозійностійкі сталі (10Х13, 10Х17 і 12Х18Н9Т), алюміній А-00. Кращою виявилась сталь 12Х18Н9Т, яка не піддається міжкристалітній корозії, пластична, добре зварюється і утворює корозійностійкий зварний шов. У сталей 10Х13 і 10Х17 спостерігалась слабо виражена точкова корозія і, хоча вони дешевші, застосування їх обмежене через додаткові витрати на зварювання.

Алюміній і мідь менш стійкі, на них спостерігається рівномірна корозія. Алюміній і його сплави можна застосовувати тільки для допоміжного обладнання, а для виготовлення ректифікаційних і брагоперегінних колон вони непридатні. Мідь є дефіцитною і, крім того, у брагоперегінних апаратах іони міді діють токсично на дріжджі, надають розчинам спирту неприємного смаку і змінюють їхні властивості. Чорні метали нестійкі й нерентабельні для виготовлення основного устаткування. Їх можна застосовувати тільки з використанням емалевих та інших захисних покриттів.

Сталь Ст3 виявилась занадто малостійкою. Навіть плакування її корозійностійкою сталлю завтовшки 127...140 мкм не дало позитивних результатів, оскільки даний шар був пористим і корозійне середовище проникло до основи, внаслідок чого вона інтенсивно руйнувалась. Сталь 12X18H9T виявилась найстійкішою. Деяко меншу стійкість мала сталь 10X17T. Гарні результати в усіх середовищах показали емалеві покриття.

Хімічний склад пива може коливатись залежно від його сорту і вихідної сировини. З практики відомо, що пиво і сусло – це агресивні середовища, в яких чорні метали зазнають корозії, продукти якої знижують якість пива, спричинюють його помутніння і погіршують смак. Основними апаратами, що піддаються корозії, є замочувальні чани, заторні котли, сушловарильні котли, фільтраційні чани, теплообмінники, насоси, бродильні чани і танки, лагерні танки.

Для апаратів, у яких зберігається сусло і пиво, сірий чавун і сталі Ст3 і Ст0 непридатні, оскільки, руйнуючись, вони утворюють каламуть і осад, що надають пиву неприємного смаку. Інші випробувані метали – алюміній А-1, мідь, сталі 10X17T і 12X18H9T, хромистий чавун (17 % Cr) і покриття, захищені лаком ХС76, – більш стійкі й не впливають на якість пива. Алюміній був більш стійким у пиві, ніж у суслі.

При виготовленні замочувальних чанів для виробництва солоду найстійкішими виявились сталі 12X18H9T і 10X17T. У разі виготовлення їх із м'якої вуглецевої сталі або залізобетону внутрішню поверхню потрібно покривати епоксидними смолами.

Апаратуру для отримання пивного сусла рекомендується виготовляти з корозійностійкої сталі, міді, фосфористої бронзи і деяких інших матеріалів, корозійностійких у пивному суслі. Широко застосовують залізобетонні, сталеві емальовані або захищені покриттями танки, а також танки з корозійностійкої сталі. Сталеві або залізобетонні танки всередині покривають пивною смолкою або спеціальними лаками. Смолкою покривають і пивні бочки. Найпоширенішими у пивоварінні є алюмінієві танки.

Про агресивні властивості середовищ пивоварного виробництва можна зробити такі загальні висновки:

- у середовищах пивоварного виробництва сталь Ст3 зазнає нерівномірного корозійного руйнування, а сірий чавун – структурно-вибіркової корозії;
- чорні метали в суслі нестійкі й погіршують якість пива;

- алюміній А-1 абсолютно стійкий в умовах зброджування суслу і застосовується в лагерних танках і танках для транспортування пива;
- у цих умовах корозійностійкими є мідь, латунь, фосфориста бронза, олово, корозійностійкі сталі 10Х17Т і 12Х18Н9Т та хромистий чавун (17 % Cr);
- від значної кількості кольорових металів потрібно, по можливості, відмовлятися через їх дефіцитність і велику вартість;
- емалеві покриття добре захищають сталі від корозії;
- для захисту сталевих і залізобетонних місткостей крім пивного каменю, пивної смолки, бітуму можна рекомендувати лак ХС76 та епоксидні смоли.

Досліджено деякі економно-леговані сталі марок 08Х22Н6Т, 08Х18Г8Н2Т та безнікелеву сталь 10Х13Г18Д (ДИ-61), щоб замінити ними високолеговану сталь 12Х18Н10Т. Завдяки високій корозійній стійкості сталі ДИ-61 у спиртових розчинах різних концентрацій її можна рекомендувати для виготовлення деталей відповідних апаратів. Через зміну якості дистильованої води (колір) після контакту зі сталлю ДИ-61 не рекомендується використовувати обладнання для експлуатації у водних середовищах, особливо за підвищених температур.

Встановлено, що вуглецеві (сталь 10 і 20) та економно-леговані сталі (12ХНФА, 30ХГСА) піддаються у розчинах хлориду натрію інтенсивній корозії точково-виразкового характеру, починаючи з концентрації хлориду натрію 0,001 %, і непридатні для виготовлення фармацевтичного і мікробіологічного обладнання.

У 3 %-му, 20 %-му і насиченому розчинах NaCl температур кипіння і при 20 °С сталі 08Х13, 12Х13, Ст3, 15ХСНД2Н17, 14Х17Н2 є нестійкими і зазнають інтенсивної точкової корозії. У 3 %-му і 20 %-му розчинах NaCl за температури 20°С добре протидіють корозії сталі 08Х22Н6Т, 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т, а у насиченому розчині NaCl ці матеріали інтенсивно кородують. Корозійна стійкість металів залежить від концентрації хлориду натрію і температури розчину. Сталь 12Х18Н10Т виявилась більш стійкою до пітингоутворення порівняно зі сталлю 08Х22Н6Т у 0,9 %-му і 10 %-му розчинах хлориду натрію, а у 2 %-му розчині спостерігався протилежний результат. Отже, для виготовлення фармацевтичного і мікробіологічного обладнання, що працює у контакті з розчинами хлориду натрію, можна використовувати сталі 12Х18Н10Т, 08Х22Н6Т і 08Х21Н6М2Т при веденні технологічних процесів за кімнатної температури і концентрації хлориду натрію до 10 %.

Титан і його сплави є одним із найбільш корозієстійких матеріалів в атмосферних умовах, у воді, лугах, розчинах багатьох солей, у більшості органічних і неорганічних кислот. Їх висока корозійна стійкість пояснюється утворенням на поверхні захисних оксидних пасивувальних плівок, які досить міцні й самовідновлюються при порушенні їхньої цілісності.

Проведені останнім часом дослідження показали можливість і доцільність застосування титану в харчовій промисловості. У США з титану виготовляють котли для ропи, томатних продуктів, соусів, які не руйнуються в цих середовищах. Виготовляються також титанові холодильники, які дали можливість зменшити витрати холодоагентів і збільшити їх робочий тиск. У Японії з титанових сплавів виготовляють автоклави та інше обладнання для виробництва глютамінової кислоти. Листову сталь, плаковану титаном, використовують для виготовлення колон реакторів, теплообмінників, резервуарів тощо.

Застосування титанових сплавів марок АТ (АТ3 і АТ8) у виноробному, консервному і чайному виробництвах виявило їхню достатню стійкість (табл. 7.4). Високу корозійну стійкість і бактерицидність показали титанові сплави марок АТ у молоці та молочних продуктах, які після контактування з титановими сплавами зберігали свою якість набагато довше, ніж у тарі зі скла або з корозійностійкої сталі. Всі ці дослідження стосуються сплавів марок АТ, хоча вітчизняна промисловість найбільше освоїла виробництво сплаву ВТ1-0.

Таблиця 7.4

Корозійна стійкість металевих сплавів у винокам'яній кислоті

Сплав	Швидкість корозії, г/(м ² ·год)	Бал корозійної стійкості
Титановий сплав ВТ-0	0,0003	1
Титановий сплав ВТ-5	0,0076	3
Титановий сплав 4200	0,0026	2
Титановий сплав 4201	0,0088	3
Сталь Х18Н10Т	3,405	8

Дослідження титанових сплавів ВТ1-0, ОТ4, ВТ5-1 у виноробних і дезінфікуючих середовищах підтвердили їхню виняткову корозійну стійкість. Дослідження В. К. Супрунчука показали, що в дифузійному соку корозії сплаву ВТ1-0 не виявляється, тоді як для сталі Ст3 вона становить 0,91 мм/рік, а для сталі 12Х18Н9Т – 0,031 мм/рік.

Титанові сплави мають високу стійкість у середовищах виннокам'яної кислоти. Корозійностійка сталь тут малостійка (виразкова корозія), тому її не можна рекомендувати для виготовлення обладнання для виробництва виннокам'яної кислоти. У середовищах виробництва лимонної кислоти титанові сплави показали задовільну стійкість, а корозійностійка сталь 12Х18Н10Т – низьку стійкість з проявленням виразкової корозії.

У різних середовищах виробництва крохмало-продуктів швидкість корозії титанових сплавів становила 2...4 бали, а сталі 12Х18Н10Т – 4...8 балів. У середовищах виробництва бурякового харчового пектину стійкість матеріалів наступна: титанові сплави – 2 бали; сталь 12Х18Н10Т – 2...8 балів; сталь 10Х21Н5Т – 3...10 балів; сталь Ст3 – від 2 балів до повного розчинення. Як і титанові сплави, сталь 12Х18Н10Т показала досить

високу стійкість, проте внаслідок розвитку точкової корозії в зоні зварних швів доцільність її використання в зварних конструкціях є сумнівною.

Титанове устаткування може бути перспективним у виробництвах харчових кислот (розщеплювачі, випарні апарати, запірні і трубопровідна арматура, мийні пристрої), бурякового пектину (ректифікаційні колони, місткості для гідролізу, фільтри, вентилятори, насоси, запірні і трубопровідна арматура, мийні апарати), лікєро-горілчаних виробів (вугільні колонки) та при виготовленні інших машин і апаратів харчових виробництв. На застосування титану в контактi з харчовими продуктами і середовищами є дозвіл Міністерства охорони здоров'я України.

Для захисту обладнання від корозії застосовують такі найпоширеніші методи гальванічного і хімічного захисту обладнання: хромування захисне і захисно-декоративне; нікелювання захисне і захисно-декоративне; цинкування; кадмування; оксидування; фосфатування. Гальванічні покриття наносять на поверхні деталей осадженням металів із водних розчинів їхніх солей під дією електричного струму. Хімічні покриття одержують за рахунок взаємодії поверхневих шарів металів і сплавів з хімічними реагентами без застосування електричного струму.

Хромування забезпечує високу корозійну стійкість і широко використовується для захисту харчового обладнання від корозії. Товщина захисного хромового покриття досягає кількох десятків мікрометрів. Відомі хромові покриття завтовшки 1 мм. Хромові покриття стійкі до дії сірководню, багатьох кислот і лугів, вологої атмосфери, тривалий час зберігають свій колір і блиск. Маючи вищий, ніж залізо, нормальний потенціал (-0,55 В), хром не забезпечує електрохімічного захисту чорних металів. Тому за наявності пористого шару хрому на деталях вони все ж піддаються корозії. Істотною вадою звичайних хромових покриттів є наявність у нанесеному шарі залишкових розтягувальних напружень, які значно знижують втомну міцність сталевих деталей (з вуглецевих сталей на 25...40 %).

Нікелювання. Гальванічно-осаджений нікель добре протистоїть корозії в розчинах солей, лугів і органічних кислот. Мікротвердість нікелевого шару порівняно невелика і становить близько 0,3 МПа. В атмосферних умовах за відсутності пор нікель добре захищає залізо від корозії, оскільки стосовно нього є катодом. Останнім часом для захисту від корозії дедалі ширше застосовують хімічне нікелювання, якому можуть піддаватися майже всі метали, пластмаси, кераміка та скло. Технологія хімічного нікелювання значно простіша, ніж гальванічного. Отримані покриття містять 3...10 % фосфору, а тому їх називають нікель-фосфорними. Для них характерні більш високі антикорозійні властивості.

Цинкування гальванічне застосовують для захисту деталей із сталей і чавунів від атмосферної корозії. У парі „залізо-цинк” анодним покриттям є цинк, який захищає деталі від електролітичного розчинення. У сухій атмосфері цинкові покриття мають високу корозійну стійкість. У воді за температури 65...75 °С їхні захисні властивості різко знижуються,

а на холоді вони стають крихкими. Цинк досить активний і легко реагує з неорганічними і органічними кислотами, лугами, сірчаними з'єднаннями і вологим вуглекислим газом.

Кадмування. Кадмій має більшу хімічну стійкість, ніж цинк. Він не розчиняється в лугах і повільніше реагує з кислотами. Значення нормальних потенціалів заліза і кадмію близькі, тому характер захисту кадмієвого покриття залежно від умов його експлуатації може бути електрохімічним, подібно до Zn, або механічним, аналогічно Ni. У морській воді та в умовах тропічного клімату кадмієве покриття забезпечує кращий корозійний захист, ніж цинкове. Електролітичний шар кадмію пластичний, тому його застосовують для захисту відповідальних різьбових і спряжених деталей. Проте солі кадмію отруйні й потребують обережності при нанесенні гальванічних покриттів.

Оксидування. При взаємодії з атмосферою поверхня металевих деталей покривається тонкою плівкою оксидів, які не забезпечують належного захисту від корозії. Отримані штучним способом оксидні плівки більшої товщини і щільності застосовують для захисту деталей, які працюють у полегшених корозійних умовах. Ефективність застосування оксидування зростає при подальшому насиченні оксидованих поверхонь масильними і лакофарбовими матеріалами.

Фосфатування – процес одержання на поверхні деталі плівки, що складається з нерозчинних солей фосфатної кислоти. Його застосовують для захисту від корозії деталей з чорних металів, алюмінію, магнію, цинку та ін. Фосфатні плівки більш корозійностійкі, ніж оксидні, отримані хімічним оксидуванням у лужних розчинах. Недоліком фосфатування є те, що після нього метали і сплави наводнюються і підвищується крихкість деталей, а сама плівка також крихка і нестійка до стирання. Фосфатні покриття застосовують для захисту від атмосферної корозії деталей, які не потребують декоративного оздоблення. У поєднанні з лакофарбовими матеріалами такі покриття забезпечують високу стійкість у морській воді та можуть експлуатуватись у тропічному кліматі.

Лакофарбові покриття. Для надійного захисту металів і сплавів від дії повітря та агресивних середовищ лакофарбові покриття повинні утворювати на поверхнях деталей суцільні плівки і мати з ними добре зчеплення, характеризуватись механічною міцністю, стійкістю до температурних змін та змін сонячної радіації. За умовами експлуатації лакофарбові покриття поділяють на атмосферостійкі, стійкі в приміщенні, до впливу кислот, лугів, агресивних парів і газів, води, оливи і бензину, температури та термоізоляційні. Для захисту деталей від впливу агресивних середовищ застосовують хімічно стійкі покриття. До них належать лаки ХСЛ-3; ХС-76; КФ-252; ХСЛ-76; емалі ЕП255; ПХВ та ін. Їх наносять у кілька шарів. Для захисту поверхонь деталей, які працюють за підвищених температур, використовують термостійкі емалі ПФ-28, ГФ-820, ВЛ-725, К-2 та ін.

Полімери. Пластмасами можна захищати різні матеріали: чорні й кольорові метали, бетон, кераміку, деревину та ін. Покриття наносять напилюванням (газополуменевим, вихровим, вібровихровим, струминним, в електростатичному полі), шлакуванням та намазуванням.

Емалювання. Емальовані деталі мають високу корозійну стійкість у кислих і лужних розчинах, за високих температур та її коливань. Звичайні побутові емалі захищають метал від корозії до температури 500 °С, а жаростійкі – до 900...1000 °С. Емалюється переважно вуглецева сталь з вмістом вуглецю до 0,12 % або сірий чавун.

Інгібітори корозії. В арсеналі методів боротьби з корозійним руйнуванням основного і допоміжного обладнання харчових підприємств головне місце належить інгібіторам – протикорозійним добавкам до середовищ і захисних покриттів. Вони ефективні, універсальні й економічні. Створено інгібітори для кислих, лужних і нейтральних середовищ.

У харчовій та переробній промисловості поширені замкнені системи циркуляції ропи, які охолоджують і нагрівають технологічні рідини, системи кондиціювання повітря, теплотехнічні системи, нагрівальні й упарювальні пристрої, збірники мийних і дезінфікуючих розчинів, технологічні апарати, які в процесі експлуатації зазнають інтенсивної корозії.

Для захисту обладнання і комунікацій застосовують інгібітори та інгібіторні системи. Інгібітори та інгібовані матеріали доцільно застосовувати для запобігання корозії:

- теплообмінного та іншого технологічного обладнання при його очищенні кислотними розчинами від різноманітних відкладень;
- холодильно-компресорного обладнання;
- металевих конструкцій цехів харчових і переробних підприємств, зовнішніх поверхонь трубопроводів, резервуарів, що експлуатуються в умовах підвищеної вологості;
- апаратів для переробки окремих технологічних середовищ; у технологічних процесах підготовки поверхонь апаратів, місткостей, цистерн під гумування, емалювання і фарбування.

Під механізмом дії інгібіторів розуміють сукупність процесів адсорбції інгібіторів і наступного впливу адсорбованої речовини на проходження електрохімічних реакцій.

Основою більшості технологічних рідин, які застосовують у харчових і переробних галузях АПК, є вода. Можливості інгібування питної води жорстко обмежені санітарними нормами. Питну воду дозволено обробляти лише мікродозами силікату або гексаметафосфату натрію. У системах промислового водопостачання є можливості для ширшого застосування найрізноманітніших інгібіторів: фосфатів, вольфраматів, ванадатів, молібдатів, нітритів, бензоатів, боридів, органічних сполук. Гексаметафосфат натрію здатний запобігати заростанню труб карбонатом кальцію. Агресивні властивості води можна значно знизити за допомогою силікату натрію, молібденатів, вольфраматів, амінів, нітритів натрію, біхромату калію.

Як інгібітор кислотної корозії використовують мелясу. Ступінь захисту сталі понад 60 % у хлориді натрію забезпечують часник, морква, картопля, а у кислих середовищах – часник, чорний перець, соєві боби. Корозію алюмінію в розчині хлоридної кислоти гальмує чорний перець. Досліджено властивості нетоксичних інгібуючих відходів перероблення чорноморської водорості *Phillo-phora nervosa*, отримані при виробництві желеподібних продуктів і при корозії вуглецевих сталей у розчинах сульфатної та нітратної кислот, водопровідній і морській воді. Створено інгібітори корозії металів на основі воску цукрового очерету і його фракцій, які ефективні при захисті сталі Ст3 і латуні у водних середовищах. Перспективними є нетоксичні інгібітори на основі натрієвих солей винної і глюконової кислот. У Великобританії для антикорозійного оброблення металів і сплавів запропоновано використовувати аскорбінову кислоту (вітамін С).

Ефективність захисної дії інгібіторів істотно залежить від природи металу чи сплаву, особливостей його електронної будови. Захисний ефект залежить також від складу і виду інгібітора, гідродинамічних умов інгібування середовищ, фізико-хімічних властивостей компонентів інгібіторної суміші й характеру взаємодії цих компонентів – синергізму (посилення) або антагонізму (зниження) захисних властивостей.

Інгібітори корозії, які застосовують для зниження агресивності технологічних середовищ, мають відповідати таким вимогам: зберігати ефективність за зміни умов проведення технологічних процесів, бути легкорозчинними, не впливати негативно на органолептичні, хімічні та фізичні властивості продукції; не утворювати відкладень на стінках апаратів; діяти тривалий час; мати стійкість до окиснення і відновлення, стабільність в усьому діапазоні робочих температур і тисків; знижувати швидкість загальної корозії і швидкість локальних корозійних руйнувань (наприклад, пітингу); не зумовлювати і не підтримувати емульгацію води; не містити токсичних компонентів; не стимулювати розвиток мікроорганізмів.

7.4 Підвищення зносостійкості обладнання шляхом раціонального вибору матеріалу деталей

Характер взаємодії харчових середовищ з металами суттєвим чином залежить як від властивостей самого середовища, так і від хімічного складу конструкційного матеріалу [84].

Так, наприклад, дослідження, проведене М. М. Хрущевим і М. А. Бабічевим, показало надзвичайно великий вплив складу рідкого середовища на процес і інтенсивність зношування металів. В процесі дослідження було встановлено, що:

- величини зношування сталі 35 у водопровідній, річковій і дистильованій водах відносяться як 1:1,2:34,2, тобто інтенсивність зношування у дистильованій воді, за інших рівних умов, виявилась в 34 рази більша, ніж у водопровідній;

- річкова і водопровідна води при зберіганні змінюють свої властивості, що значно впливає на інтенсивність зношування. Так, в річковій воді, яка зберігалася 240 год, зношування сталі 35 збільшилось у 18,5 рази в порівнянні зі зношуванням тієї ж сталі в свіжій річковій воді. Дистильована вода по своїх властивостях стабільна;
- інтенсивність зношування різних сталей в одній і тій же воді неоднакова. Наприклад, зношування неіржавіючої сталі 12X18H9 в свіжій водопровідній воді майже в 5 разів більше, ніж сталі 35, а у дистильованій воді – в 46 разів менше.

Відповідно до широко відомого ефекту Ребіндера під дією дотичного і нормального навантажень адсорбційні шари поверхнево-активних речовин (ПАР), до яких і відносяться харчові середовища, створюють «розклинюючу» дію. Вони відштовхують одну від одної металеві поверхні, а потрапляючи на ділянки з поверхневими дефектами, сприяють відділенню (диспергуванню) поверхневих шарів металу.

Загалом, виділяють такі види зношування матеріалів [84]:

- **Механічне** – спрацювання внаслідок механічних впливів;
- **Корозійно-механічне** – спрацювання в результаті механічного впливу, що супроводжується хімічною або електричною взаємодією матеріалу з середовищем;
- **Абразивно-механічне** – спрацювання матеріалу в результаті переважно різальної дії на матеріал твердих частинок, що перебувають у вільному чи закріпленому стані;
- **Ерозійно-механічне** – спрацювання внаслідок дії потоку рідини або газу;
- **Гідроабразивне** (газоабразивне) – абразивне спрацювання внаслідок дії твердих частинок, завислих у рідині (газі), які переміщуються відносно спрацьованого тіла;
- **Втомлювальне** – механічне спрацювання в результаті руйнування від втоми при циклічному деформуванні мікрооб'ємів матеріалу поверхневого шару, яке може відбуватись як при терті кочення, так і при терті ковзання;
- **Кавітаційно-гідроерозійне** спрацювання при переміщенні твердого тіла відносно рідини, при якому бульбашки газу, розчиненого в ній, захоплюються поблизу поверхні, внаслідок чого створюється місцеве підвищення тиску і температури;
- **Спрацювання при заїданні** – відбувається внаслідок схоплювання, глибинного виривання матеріалу, перенесення його з однієї поверхні тертя на іншу і дії утворених нерівностей на сполучену поверхню;
- **Окисне** – корозійно-механічне спрацювання, за якого основний вплив на його перебіг й інтенсивність забезпечує хімічна реакція матеріалу з киснем або навколишнім середовищем;
- **Спрацювання при фретингу** – механічне спрацювання сполучених тіл при малих коливальних відносних переміщеннях;

- **Спрацювання при фретинг-корозії** – корозійно-механічне спрацювання сполучених тіл при малих коливальних відносних переміщеннях;
- **Електроерозійне** – ерозійне спрацювання поверхні внаслідок дії на неї розрядів при проходженні електричного струму.

Харчові середовища як поверхнево-активні речовини. Склад середовищ харчових виробництв надзвичайно різноманітний. Їх умовно можна поділити на мінеральні та органічні (або речовини, які їх містять) [84, 100]. До першої групи належать водні розчини мінеральних кислот, іони металів, водні середовища, які містять різні абразивні домішки. Другу групу складають дуже численні й різноманітні вуглецевмісні сполуки рослинного і тваринного походження. Крім того, виробництво харчових продуктів пов'язане з гідравлічним транспортуванням і миттям сировини, процесами гідролізу, екстрагування, фільтрації тощо. Для здійснення гідролізу, екстрагування, фільтрації використовують велику кількість допоміжних речовин: мінеральні кислоти (HCl , H_2SO_4 , H_2SO_3), луги, хлориди, водні розчини аміаку, спирту.

Із технологічних середовищ харчових виробництв найбільш різноманітними за складом і властивостями є технологічні середовища цукрового виробництва – цукропереробного, сокоочищувального і продуктового.

Середовища цукропереробного відділення цукрового виробництва є нейтральними чи слабокислими (рН 6...7), а їх робоча температура становить близько 15...45 °С. До них належить ставкова або річкова, барометрична, транспортерно-мийна вода. Вона містить різну кількість сухих речовин у твердому і солей у розчиненому стані. До середовищ цього відділення відносять також дифузійний сік, що є 15 %-м водним розчином цукру і нецукрів. Дифузійний сік містить майже всі нецукри, що є в буряку в нерозчиненому стані, а також ті, які переходять у розчин у процесі дифузії. До нецукрів дифузійного соку належить багато азотистих і безазотистих сполук, у тому числі ПАР, наприклад, пектин. Температура оброблення дифузійного соку становить 40...45 °С, рН 6,0...6,5.

Середовища сокоочищувального відділення за своїм складом більш різноманітні, мають підвищену лужність (рН 8...14), їхня температура досягає 65...95 °С. Усі вони, за винятком вапняного молока і фільтр-пресового бруду, містять 15... 17 % цукрози і велику кількість нецукрів. Вапняне молоко, дефекований і сатурований соки у різних кількостях містять тверду фазу (зважені частинки гідроксиду кальцію, оксиду силіцію, алюмінію тощо), яка має різні абразивні властивості. Дефекований сік містить також значну кількість нецукрів, що концентруються в осаді.

Середовища продуктового відділення є слаболужними (рН 8...9), містять велику кількість розчиненого цукру (25...65 %), їх температура становить 40...85 °С. Умовно їх можна поділити на дві групи: 1 – утфелі й афінаційна маса, що містять до 40...70 % цукру в кристалах; 2 – патоки, що містять 50...60 % розчиненої цукрози і до 30 % нецукрів.

Наявність середовищ зі складним комплексом розчинних і нерозчинних сухих речовин зумовлює розвиток в обладнанні цукробурякового виробництва електрохімічних корозійних процесів, явища адсорбційного пластифікування контактних поверхонь тертя, а отже, сприяє інтенсивному спрацюванню. Ці середовища значно впливають на корозійне, ерозійне і гідроабразивне спрацювання поверхонь робочих вузлів.

В устаткуванні підприємств харчової промисловості деталі робочих органів часто спрацьовуються внаслідок контакту не з іншими деталями, а з продуктами переробки, причому інтенсивність спрацювання в деяких випадках дуже велика.

Відомо, що в соняшнику міститься 24...30 % жиру, причому в насінні його 23,5...30,8 %, а в ядрах – 38,8...52,2 %. За своєю хімічною будовою жири є поєднанням складних ефірів (гліцеридів), триатомних спиртів, гліцерину і високо-молекулярних ефірних кислот. Найпоширенішими жирними кислотами, які входять до складу рослинних жирів, є стеаринова, пальметинова, олеїнова, ліолева. Загалом у оліях нараховується до 40 видів різних жирних кислот. При цьому їх вміст у соняшниковій олії досягає, % до загального вмісту: ліолевої – 62, олеїнової – 40, пальметинової – 6,4, стеаринової – 4,6. Такі ефективні ПАР зумовлюють адсорбувальний вплив і беруть безпосередню участь у спрацюванні.

Також із практики відомо, що значного спрацювання зазнають деталі робочих органів обладнання м'ясокомбінатів (машини для різання, подрібнення, розмелювання, перемішування сировини і продукції). У деяких випадках деталі цих пристроїв безпосередньо не контактують між собою, а контактують лише з продуктами, які переробляються. Очевидно, що при цьому на інтенсивність спрацювання істотно впливає середовище.

Найважливішою складовою м'ясних продуктів, які перебувають у контакті з робочими органами м'ясопереробних машин, є досить складна за хімічною будовою м'язова тканина. До її складу входять білки, різні екстрактивні й мінеральні речовини, вуглеводні, вітаміни, ферменти. Основними в ній є білки і ліпіди. Так, на білки припадає близько 80 % сухого залишку м'язової тканини. Ліпіди – жироподібні сполуки, які у великій кількості містять жирні кислоти, в тому числі певну кількість вільних жирних кислот. Найбільшу частину з них становлять: олеїнова (35...45 %), пальметинова (24...29 %), стеаринова (11...23 %), ліолева (1... 10 %). Значна кількість цих жирних кислот входять і до складу жирової тканини. Із часом у м'язовій тканині утворюється також молочна кислота, водневий показник рН м'яса знижується і досягає 5,6...5,4 після 2...3 діб зберігання.

Отже, технологічні середовища на м'ясопереробних підприємствах є агресивними і містять значну кількість поверхнево-активних кислот, частина з яких перебуває у вільному стані. Тваринні жири містять до 50 % амінової і до 30 % стеаринової кислот, а також ліцетинову, пальметинову і ліолеву кислоти. Таким чином, при переробленні тваринних жирів деталі робочих органів обладнання перебувають під дією ПАР. При переробленні

м'язів та інших органів вплив цих речовин також істотний. Так, м'язи різних тварин містять 0,8...2,0 % жиру, печінка – 1,5...5,0 % жиру.

За складом і властивостями середовища молокопереробних підприємств дуже різноманітні. Умовно їх можна поділити на органічні та неорганічні. До першої групи належить більшість органічних кислот (щавлева, оцтова, молочна, лимонна тощо) і органічні сполуки, характерні лише для молочних продуктів. Друга група складається з мінеральних речовин, що містять солі неорганічних і органічних кислот. До складу молочних продуктів входять також мікроелементи і мікроорганізми.

За призначенням у технологічному процесі галузі робочі середовища можна поділити на три класи:

- молоко і молочні продукти (пастеризоване і стерилізоване молоко, вершки, масло, сметана, кисломолочні продукти, сири, молочний цукор, казеїн, альбумін тощо);
- технологічні водні розчини (ропи, холодна і гаряча вода, пара);
- неорганічні та органічні мийні та очищувальні засоби для санітарної обробки обладнання, до яких належать їдкі луги, кальцинована сода, фосфати, силікати, неорганічні кислоти (азотна, сульфатна, хлоридна, фосфатна) тощо.

Встановлено, що з підвищенням температури агресивність більшості середовищ істотно змінюється. Сукупний вплив складу агресивного середовища, температури і механічного чинника (переміщення середовища) не може не впливати на процес спрацювання. Це потрібно враховувати при вивченні й підборі матеріалів для деталей, що працюють у контакті з нагрітими рідкими корозійно-активними середовищами галузі.

Дослідження понад двохсот спрацьованих деталей молочного обладнання показало, що основним видом спрацювання є корозійно-механічне, але в багатьох випадках його супроводжує окисне, втомне, гідроабразивне. Найінтенсивнішого спрацювання зазнають деталі, що контактують із рідкими технологічними середовищами промисловості.

Аналіз спрацьованих деталей робочих органів обладнання підтвердив, що деталі можуть спрацьовуватися внаслідок спільної корозійної і механічної дії середовища за відсутності контакту з іншою деталлю, тобто в системі «метал-середовище». До таких деталей належать деталі різальних органів подрібнювачів сиру і сирної маси, деталі мішалок, сопла мийних пристроїв та інші деталі технологічного і допоміжного обладнання.

Інтенсивність спрацювання деталей технологічного обладнання залежить від умов експлуатації і робочих середовищ. При цьому переважає здебільшого корозійний чинник. Поверхні тертя, які контактують із технологічними середовищами, найчастіше зазнають корозійно-механічного спрацювання. Встановлено, що воно виникає не тільки при терті двох металевих деталей, у зону контакту яких проникає агресивне рідке середовище, що інтенсифікує процес механічного спрацювання, а й при механічній і корозійній дії середовища за відсутності контакту з іншою деталлю.

У хлібопекарському виробництві як напівпродукт використовують рідкі дріжджі і затори для їхнього приготування, що заквашені термофільними молочнокислими бактеріями, житні закваски, житне тісто, опару і тісто з пшеничного борошна, добавки тощо. При життєдіяльності дріжджів і деяких бактерій утворюються і накопичуються в значних кількостях продукти бродіння: етиловий спирт і складні ефіри, а також органічні кислоти – молочна, оцтова, пропіонова, яблучна, винна, лимонна, мурашина, щавлева та ін. З усіх цих кислот основну роль у спрацюванні відіграють молочна та оцтова, які забезпечують до 90 % кислотності хлібних напівфабрикатів. Найагресивнішим є тісто з житнього борошна.

Тістові напівфабрикати містять також до 2,5 % солі, до 2,5 % олії, а також цукор, патоку, солод тощо. Їх рН 6,0...4,2. Наявність олій впливає на поверхневу активність напівпродуктів. Таким чином, тістові середовища є електролітами і розсолами, що містять ПАР. Вони сприяють перебігу хімічних, електрохімічних, а також адсорбційних процесів на поверхнях і в поверхневих шарах металів, що контактують із ними.

Виробництво патоки, крохмалів, глюкози пов'язане з гідролізом поліцукридів, який здійснюється з використанням сульфатної та хлоридної кислот, які виконують роль каталізаторів (концентрацією 0,15... 1,5 %).

Для виробництва крохмалю з кукурудзи у воду для замочування зерна додають 0,25...0,3 % сульфатної кислоти. Температура води становить 46...56 °С, рН після замочування – 4. Після промивання зародків зерна виділяється крохмальне молоко, яке містить близько 37 % сухих речовин і, має температуру 45 °С і рН 3,8...4,3. Крім того, сама гідротранспортерна і промивна вода містить значну кількість абразивних частинок. Через агресивність технологічних середовищ обладнання крохмале-патокового виробництва зазнає інтенсивного спрацювання.

Особливості спрацювання елементів обладнання різних галузей харчової промисловості. Деталі технологічного обладнання, яке працює в транспортерно-мийних водах цукрових підприємств (соломоуловлювачів, каменеуловлювачів, бурякомийок, бурякоелеваторів тощо), зазнають інтенсивного спрацювання. Транспортерно-мийні води містять різні розчинні й нерозчинні речовини. Склад вод різноманітний і нестабільний протягом року. Крім того, вони містять також домішки, наприклад оксиди алюмінію, заліза, силіцію, частинки кварцового піску, кварцитів тощо, розміром від кількох мікрметрів до кількох міліметрів.

Інтенсивного абразивного спрацювання в багатьох випадках зазнають деталі насосів, у яких абразивне спрацювання посилюється агресивним впливом середовища. Дуже інтенсивно спрацьовуються деталі насосів, що перекачують у цукровому виробництві вапняне молоко.

Напружений стан у поверхневому шарі деталей деталей зеєрного тракту при переробці насіння соняшнику виникає внаслідок напружень, створюваних дією нормальної сили на поверхню деталей зеєра, і тангенційних розтягальних напружень, які зумовлені силою тертя шроту по цих

деталей при його переміщенні шнековим механізмом. Розрахунки показали, що тиск біля вихідного конуса камери досягає 18 МПа, внаслідок чого поверхневі шари деталей зєрного тракту перебувають у напруженому стані. Під дією поверхнево-активних жирних кислот напружений поверхневий шар деталей зєрного тракту набуває такого стану, що легко диспергується, а відокремлені частинки металу виносяться масою шроту.

В устаткуванні м'ясопереробних заводів найважливішим типом обладнання є м'ясоподрібнювальні машини (вовчки, кутери, емульситатори). Найінтенсивніше спрацьовуються деталі їх різальних комплектів.

Руйнування поверхонь при терті в м'ясному середовищі має складний характер. Деталі різальних комплектів витримують при перерізуванні м'яса значні навантаження. Крім того, в зону різання іноді можуть потрапляти частинки кісток, що додатково збільшує навантаження.

Високий ступінь пластифікування поверхневих шарів під дією ПАР і значна концентрація ПАР у середовищі зумовлюють інтенсифікацію також електрохімічних і корозійних процесів на поверхнях тертя, тобто зміну швидкості й характеру утворення плівок вторинних структур та їхнього подальшого руйнування.

При аналізі механізму спрацювання деталей робочих органів технологічного обладнання м'ясокомбінатів було встановлено аналогію з механізмом спрацювання деталей робочих органів олійних виробництв. У цьому разі визначальний вплив на механізм спрацювання має також зниження міцності поверхневого шару під дією поверхнево-активного середовища.

Таким чином, основою для розкриття механізму хіміко-механічного спрацювання деталей обладнання, що переробляє харчові продукти, які містять ПАР, є теорія адсорбційного полегшення деформацій або адсорбційного зниження міцності, на якій ґрунтується сучасна фізико-хімічна механіка матеріалів.

У бурякоцукровій промисловості експлуатується велика кількість насосів, надійність і довговічність яких дуже важливі для забезпечення стабільності технологічного процесу. Аналіз експлуатації відцентрових насосів показав, що основною причиною їх недостатньої довговічності є інтенсивне гідроерозійне руйнування деталей проточної частини: робочих коліс, ущільнювальних елементів, кришок корпусів. Інтенсивність спрацювання в початковий період є невеликою (інкубаційний період), а потім раптово зростає через втому конструкційного матеріалу. Встановлено, що у 3%-му розчині хлориду натрію кавітаційне руйнування матеріалів на 80% інтенсивніше, ніж у воді.

Цукроза – основний компонент багатьох технологічних середовищ бурякоцукрового виробництва, яка значною мірою змінює фізико-хімічні властивості робочих розчинів: підвищує густину, в'язкість, знижує хімічну активність. Гідроерозія вуглецевої сталі в розчинах цукрози має підвищену тривалість інкубаційного періоду (час до початку руйнування) і дещо більшу швидкість крихкого руйнування, ніж у воді. Швидкість крихкого руйнування підвищується зі збільшенням концентрації цукрози в розчині.

При обробленні багатьох рідких середовищ харчової та переробної промисловості робочі вузли обладнання зазнають кавітаційно-ерозійного спрацювання, що є серйозною проблемою при їх конструюванні та експлуатації.

Особливістю механічної дії кавітації є миттєвість і циклічність прикладення навантаження, його локальність, тобто вплив на мікроділянки конструкційного матеріалу. Внаслідок виникнення неоднорідності напружень в поверхневому шарі виникають мікротріщини. Тріщини втомного характеру швидко розвиваються у разі проникнення в них рідини, оскільки оксиди, що виникають у них, сприяють розклиненню тріщин, чим послаблюють структуру поверхневого шару матеріалу і прискорюють його ерозію. У цей період хімічні процеси відіграють допоміжну роль. Корозія полегшує виникнення тріщин у місцях підвищеної шорсткості. Швидкість корозійних руйнувань при кавітаційно-ерозійному спрацюванні на два-три порядки вища за швидкість корозії в звичайних умовах, причому інкубаційний період розвитку ерозійних пошкоджень скорочується.

Вибір конструкційних матеріалів пар тертя, що дотичні з харчовими середовищами. Одним із найбільш універсальних (але не завжди економічних) методів забезпечення високої надійності та довговічності обладнання є використання зносостійких матеріалів для його виготовлення. Вибір матеріалів визначається їх складом, будовою, міцнісними, протикорозійними, антифрикційними властивостями, рівнем зносостійкості, технологічними та економічними показниками.

Нижче наведено приклади науково обґрунтованого вибору марок матеріалу для деталей обладнання різних галузей харчової промисловості.

На рис. 7.16 приведені результати випробування ряду металів на зношування. Випробування проводили у дистильованій воді в парі тертя з сухим (знежиреним) набиванням пеньки при швидкості ковзання 3 м/с, нормальному тиску 6 кгс/см², температурі води 60±2°C.

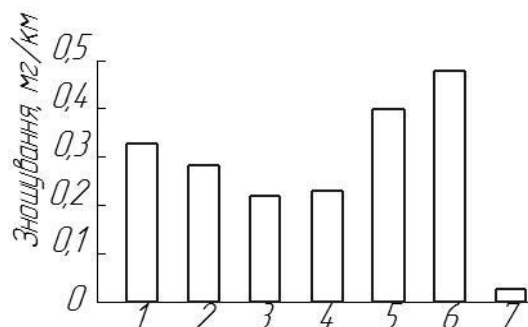


Рис. 7.16 – Зношування металів в парі тертя з пеньковою набивкою в дистильованій воді:

1 – армко-залізо; 2 – сталь 45; 3 – сталь 45 загартована (HRC 60);
4 – сталь У8; 5 – чавун СЧ15-32; 6 – чавун відбілений; 7 – бронза Бр. ОЦС5-5-5

За цих умов найменш зносостійкими виявились вибілений (HB 580) і сірий чавун СЧ 15-32, а найбільш зносостійкою – бронза Бр.ОЦС5-5-5. Зносостійкість сталей залежить від вмісту вуглецю і фазового стану.

Коефіцієнт тертя випробуваних у дистильованій воді пар тертя в середньому складає 0,023–0,025. Отже, підшипники бурякомийок раціонально виготовляти з достатньо твердих чавунних відливок: з перлитовою основою і дрібно-пластинчастими включеннями графіту.

Зносостійкість деталей, що працюють в умовах абразивного зношування, підвищується при застосуванні високоміцного чавуну з кулястим графітом. Зносостійкість такого чавуну (HV 360–400) при абразивному зношуванні приблизно в 3,5 рази вище за зносостійкість ферито-перлитного чавуну (HV 100–120). Зносостійкість чавунних деталей при абразивному зношуванні підвищується при термічній обробці, що полягає в загартуванні і відпуску при $400^{\circ}C$ і що дозволяє отримати трооститну структуру троостито-сорбітної металевої основи.

Зносостійкість пальців ланцюга залежить від їх твердості. Наприклад, зношування пальця в зоні контакту з втулкою в 75 разів, а в зоні контакту з пластиною майже в 115 разів більше, ніж зношування в цих зонах цементованого пальця. На рис. 7.17 приведений графік залежності зношування причіпних пальців ланцюга від їх твердості. Можна відмітити, що зношування пальців ланцюга залежить також від співвідношення твердості пальців і втулок і при наближенні цього відношення до одиниці різко зростає. Твердість деталі, що контактує з контртілом має бути на 50–100 одиниць по Брінеллю більше твердості контртіла. У ряді робіт також показано, що підвищення твердості однієї з деталей, що труться, веде до підвищення зносостійкості пари тертя в цілому.

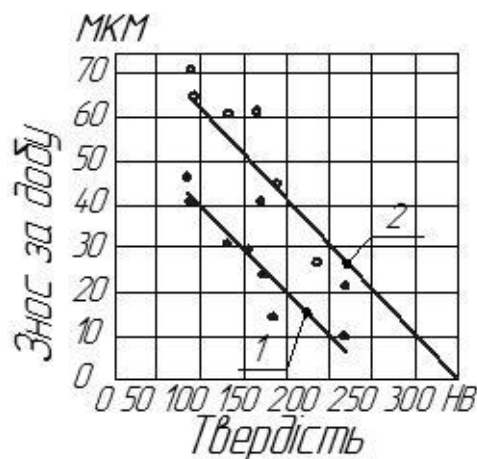


Рис. 7.17 – Залежність зношування причіпних пальців втулково-роликового ланцюга від їх твердості:

1 – в зоні контакту зі втулкою; 2 – в зоні контакту з пластиною

Найбільшою зносостійкістю володіють шарніри з пальцями і втулками високої твердості (HRC 48÷53). При зменшенні твердості пальця або втулки зносостійкість пари тертя різко падає. У ряді випадків зносостійкість шарніра значно вище при застосуванні м'якого пальця і твердої втулки (зворотна пара), чим при твердому пальці і м'якій втулці (пряма пара). У цих випадках сумарне зношування зворотних пар може опинитись приблизно в 3 рази менше зношування прямих пар.

Результати дослідження зношування захисних втулок насосів, що перекачували ставкову воду, наведені в табл. 7.5.

Таблиця 7.5

Зношування захисних втулок валів відцентрових насосів

Номер втулки	Марка насоса	Матеріал втулки	Твердість втулки НВ	Максимальне лінійне зношування на сторону, мкм	Середнє зношування, мкм	Зношування втулки на 1 км шляху, мкм
2	6НДб	Чавун перлітний	168	0,8	6,3	0,19
91	8НДб	Чавун перліто-феритний	136	0,85	8,1	0,025
90	8НДб	Те ж саме	131	0,95	9	0,027
166	5НДб	Те ж саме	145	2,2	12,2	0,034
165	5НДб	Те ж саме	143	2,3	12,8	0,036
145	8НДб	Те ж саме	103	2,35	14,6	0,044
162	8НДб	Ст5	156	0,85	7,1	0,024
139	6НДб	Ст3	121	2,05	13,6	0,041

Втулки були виготовлені з сірого чавуну з різною структурою металевої основи із сталей Ст3 і Ст5 в нормалізованому стані. Застосування сталевих втулок, не підданих термічній обробці, є нераціональним, оскільки зносостійкість їх не вище чавунних, а для виготовлення потрібні дорожчі заготовки.

На рис. 7.18 приведені результати досліджень визначення зносостійкості ряду металевих пар тертя в розчинах сахарози при швидкості ковзання 0,5 м/с і нормальному тиску 40 кгс/см². Як було сказано вище, пара тертя Ст5-сч 15–32 у дистильованій воді схильна до окислювального зношування. У парі тертя Ст5 – БН поряд із окислювальним зношуванням відбувається захоплювання, а в парі Ст5 – Бр.ОЦ5-5-5 захоплювання є провідним видом зношування.

Добавка 15 % сахарози до дистильованої води сприятливо впливає на роботу пари Ст5-Бр.ОЦ5-5-5, майже виключаючи захоплювання. В той же час зносостійкість пар тертя сталі з чавуном і бабітом сахароза в такій кількості підвищує незначно. При збільшенні концентрації сахарози в розчині до 45–60% величина зношування і коефіцієнт тертя випробуваних металів досягають мінімального значення. У всіх цих випадках відбувається в основному окислювальне зношування.

Подальше підвищення концентрації розчину веде до зміни характеру зношування даних пар тертя. Провідним стає абразивне зношування, тому зносостійкість металів зменшується, а коефіцієнт тертя зростає. Оскільки при абразивному зношуванні зносостійкість металів в основному залежить від їх твердості, то в даних умовах найбільшою зносостійкістю володіє пара «сталь-чавун» і найменшою «сталь-бабіт».

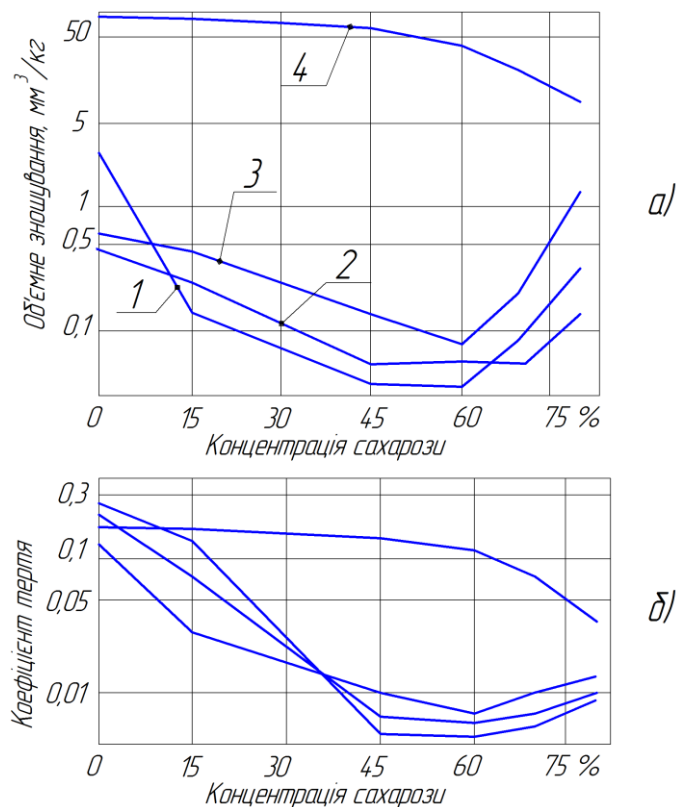


Рис. 7.18 – Залежність сумарного зношування (а) і коефіцієнта тертя (б) металів від концентрації сахарози в розчині:
 1 – Ст5 – Бр.ОЦС5-5-5; 2 – Ст5 – СЧ15-32; 3 – Ст5 – БН; 4 – Ст5 – Бр.АЖ9-4

Наявність сахарози в рідкому середовищі сприяє зниженню інтенсивності зношування і коефіцієнта тертя металів, а також підвищенню опору схоплюванню пари тертя. Разом з тим величина цих характеристик багато в чому залежить від хімічної активності середовища.

При швидкостях ковзання 0,05; 0,5 і 1 м/с і нормальному тиску 20 кгс/см² сталь Ст5 володіє найбільшою зносостійкістю в парі тертя з чавуном СЧ 15-32 і найменшою з бронзою Бр.АЖ9-4. З матеріалів контртіла найбільш зносостійкою виявилась бронза Бр.ОЦС5-5-5. При швидкостях ковзання 0,05 і 0,5 м/с латунь Л62 зношується в 2...3 рази більше, ніж бронза Бр.ОЦС5-5-5, але менше, ніж чавун. При підвищенні швидкості ковзання до 1 м/с зносостійкість латуні різко знижується. Бабіт БН зношується в дифузійному соку приблизно в 3 рази, а бронза Бр.АЖ9-4 у десятки і сотні разів інтенсивніше, ніж чавун.

Найбільшою зносостійкістю в дифузійному соку при вказаних режимах випробування володіє пара тертя Ст5–Бр.ОЦС5-5-5, проте при швидкостях ковзання 0,05 і 0,5 м/с пари Ст5-Л62 практично їй не поступається. При збільшенні швидкості ковзання зносостійкість пари Ст5-Л62 знижується і при швидкості 1 м/с стає приблизно на 30% менше зносостійкості пари сталь-чавун. Зносостійкість пар тертя Ст5–БН в 2÷2,5 рази і Ст5-Бр.АЖ9-4 у десятки разів менше зносостійкості пари сталь-чавун. Підвищення нормального тиску до 40 кгс/см² і температури до 45 °С веде до збільшення зношування обох елементів пари тертя (рис. 7.19).

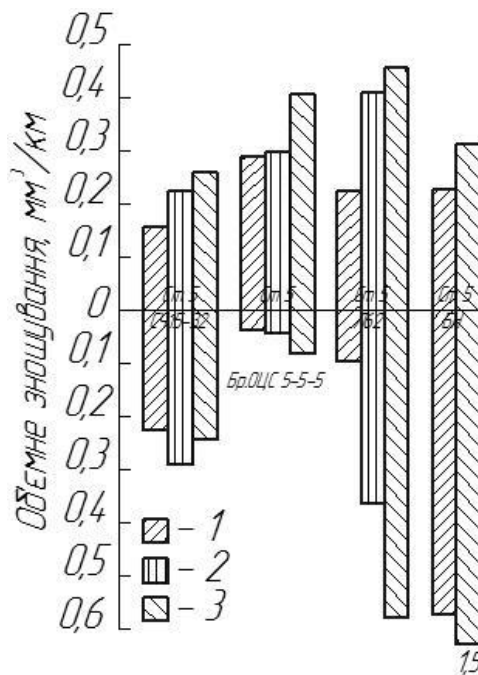


Рис. 7.19 – Діаграма зношування металів у дифузійному соку при швидкості 0,5 м/с:

1 – $p=2$ МПа, $t=18$ °С; 2 – $p=2$ МПа, $t=45$ °С; 3 – $p=4$ МПа, $t=18$ °С

Стійкість чавуну у виноградному суслі, близькому по складу до дифузійного соку, в 5,5 разів менше, ніж сталі Ст3. Низька зносостійкість чавуну СЧ 15-32 в дифузійному соку обумовлюється головним чином малою його корозійною стійкістю.

Задовільною зносостійкістю в дифузійному соку при нормальних навантаженнях до 20 кгс/см³ володіє чавун СЧ 28-48 із сталями 45 і 45_{зв}, а при навантаженнях до 80 кгс/см² – зі сталлю У8.

Найбільшою зносостійкістю в дифузійному соку при навантаженнях до 80 кгс/см² володіють пари тертя зі сталей 40Х13 і 45_{зв} з чавуном СЧ 28-48 і сталей У8 і У8_{зв} з бронзою Бр.ОЦС5-5-5. Зносостійкість пар тертя зі сталей 45 і 45_{зв} з бронзою Бр.ОЦС5-5-5 мало відрізняється від зносостійкості сталей У8 і У8_{зв} з цією ж бронзою, проте їх несівна здатність обмежується навантаженням 40 кгс/см².

Корозійностійкі сталі (окрім сталі 40Х13 в парі тертя з чавуном СЧ 28-48) володіють в дифузійному соку схильністю до схоплювання зі всіма випробуваними металами. Інтенсивне схоплювання відмічене також у пар тертя сталей 12Х18Н10Т, 12Х17 і 40Х13_{зв} з бронзою Бр.ОЦС5-5-5 і у пари Ст5-Бр.АЖ9-4. Зносостійкість пар тертя Ст5 з бронзою Бр.ОЦС5-5-5, латунню Л62 і бабітом БН в порівнянні з парами, що розглянули, виявилась також незадовільною.

Робота пари тертя «сталь-бронза» в дифузійному соку при навантаженні 80 кгс/см² супроводжується інтенсивним схоплюванням і внаслідок цього надзвичайно великим зношуванням. Застосування сталі 40Х13 і бронзи Бр.ОЦС5-5-5 для металевих пар тертя в дифузійному соку економічно недоцільно, а корозійностійкі сталі 12Х17 і 12Х18Н10Т, бронза Бр.АЖ9-4, проста латунь, свинцеві баббіти в цих умовах не придатні.

Встановлено, що у вапняному молоці найбільшою зносостійкістю при швидкостях ковзання до 1 м/с і нормальному навантаженні 20 кгс/см² володіє пара тертя зразків з чавуну СЧ 15-32. Її зношування на 26–28 % менше зношування пари Ст5-СЧ 15-32. Вища зносостійкість пари тертя «чавун-чавун» в порівнянні з парою «сталь-чавун» в лужному середовищі була відмічена також в дослідях І. С. Васильєва.

Сталь в парі тертя з бронзою Бр.ОЦС5-5-5 володіє вищою зносостійкістю, ніж з чавуном, але ця бронза зношується при різних швидкостях ковзання приблизно в 1,5–3,9 рази більше, ніж чавун СЧ 15-32. Тому і сумарне зношування пари сталь Ст5-Бр.ОЦС5-5-5 значно перевищує зношування пари «сталь-чавун». Пара тертя Ст5-Л62 володіє зносостійкістю приблизно в 1,5–2,8 рази меншою, ніж пара «сталь-чавун», і в 1,3 рази менше зносостійкості пари Ст5-Бр.ОЦС5-5-5. Внаслідок великого зношування бронзи Бр.АЖ9-4 і бабіту БН пари тертя цих металів зі сталлю Ст5 виявились найменш зносостійкими. Із-за налипання бабіту зношування сталі в парі тертя з бабітом при швидкості ковзання 1 м/с не встановлене.

Таким чином, найбільшою зносостійкістю з випробуваних у вапняному молоці (рис. 7.20) володіє пара тертя з перлитового чавуну СЧ 15-32. Це закономірно, оскільки зносостійкість сталей і чавунів при абразивному зношуванні залежить не лише від їх твердості, а і від структури. Із означеного вище можна зробити висновок, що застосування кольорових металів (бронзи, латуні, баббітів) для виготовлення деталей, що працюють у вапняному молоці, є нерациональним.

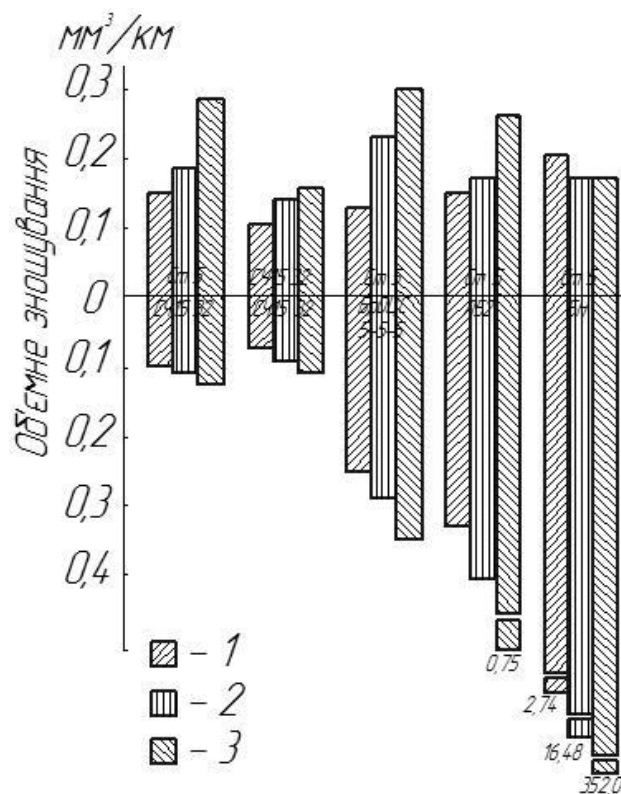


Рис. 7.20 – Діаграма зношування металів у вапняному молоці при швидкості 0,5 м/с:
1 – p= 2 МПа, t=18° С; 2 – p= 2 МПа, t=45° С; 3 – p= 4 МПа, t=18° С

Підвищення зносостійкості металів при роботі в такому середовищі досягається загартуванням з низьким відпуском, поверхневим загартуванням або цементацією.

Нижче приведені дані про зносостійкість металів, отримані при випробуванні на установці торцевого тертя в нефільтрованому соку І сатурації із вмістом 14 % сухих речовин і 2,5 % вапна. У цих умовах сталь Ст5 найменше зношується в парі з бронзою Бр.ОЦС5-5-5. У парі з чавуном, латунню і бабітом зношування сталі приблизно в 2 рази більше, ніж з бронзою Бр.ОЦС5-5-5, а в парі з бронзою Бр.АЖ9-4 у 1,5–2,4 рази більше, ніж в парі з чавуном. З матеріалів контртіла найбільшою зносостійкістю володіє чавун СЧ 15-32 і найменшою бронза Бр.АЖ9-4. Бронза Бр.ОЦС5-5-5 зношується приблизно у 1,2–1,4 рази, латунь Л62 в 1,1–1,2 рази і бабіт БН в 4–7 разів більше, ніж чавун. Всі метали (за винятком Бр.АЖ9-4) зношуються в сатурованому соку значно менше, ніж у вапняному молоці. Пояснюється це сприятливим впливом сахарози на зносостійкість металів.

У сатурованому соку найбільш зносостійкими є пари тертя «сталь-Бр.ОЦС5-5-5» і «сталь-чавун». Застосування сталей з великим вмістом вуглецю або підвищеної твердості, що досягається термічною або хіміко-термічною обробкою, дозволяє ще більше підвищити зносостійкість пари «сталь-чавун».

Недоцільність застосування бронзи і латуні для роботи у вапняному молоці і сатурованому соку підтверджена також результатами лабораторних випробувань. При роботі у вапняному молоці зносостійкість сталі зростає зі збільшенням її твердості. Отже, більш зносостійкими є сталі з великим вмістом вуглецю, тобто з великою кількістю перлитової складової.

У цих випадках підвищення твердості пальця з *НВ* 137 до 207 при однаковій твердості втулок (*НВ* 207) збільшило зносостійкість пари на 40%. Зносостійкість пари при підвищенні твердості пальця з *НВ* 103 до *НВ* 170 при практично однаковій твердості втулок (*НВ* 143 та 149) збільшилась приблизно удвічі.

В утфелі при нормальному тиску 20 кгс/см² сталь Ст5 володіє найбільшою зносостійкістю в утфелі в парі тертя з чавуном СЧ 15-32 і бронзою Бр.АЖ9-4. У парі з бронзою Бр.ОЦС5-5-5, латунню Л62 і бабітом БН вона зношується на 33–40% більше, ніж в парі з чавуном (рис. 7.21). З матеріалів контртіла найбільш зносостійкою в цих умовах є бронза Бр.ОЦС5-5-5. Її зношування майже в 2 рази менше, ніж зношування чавуну. Латунь Л62 в утфелі зношується приблизно в 1,3 рази більше, ніж бронза Бр.ОЦС5-5-5, і в 1,5 рази менше, ніж чавун. Найбільшою зносостійкістю в утфелі при нормальному тиску 20 кгс/см² володіють пари тертя Ст5 з бронзою Бр.ОЦС5-5-5 і латунню Л62.

При підвищенні нормального тиску до 40 кгс/см² зношування металів, особливо кольорових, збільшується. У цих умовах пари тертя Ст5-Бр.ОЦС5-5-5 і Ст5-Л62 практично не мають переваг перед парою Ст5-СЧ15-32.

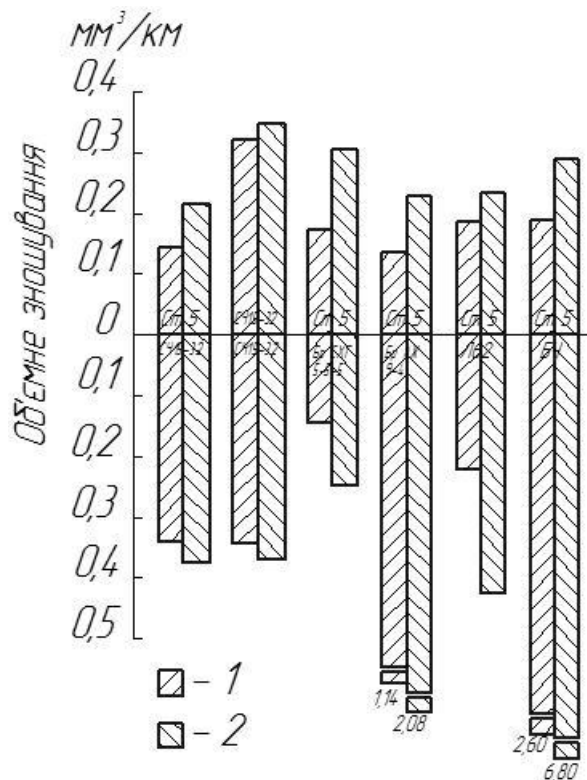


Рис. 7.21 – Діаграма зношування металів в утфелі при швидкості ковзання 0,02 м/с:
1 – $p=2$ МПа; 2 – $p=4$ МПа

Зносостійкість пари тертя «чавун-чавун» в обох випадках нижче за зносостійкість пари «сталь-чавун». Найменш зносостійкими в утфелі виявились пари тертя Ст5-Бр.АЖ9-4 і Ст5-БН.

У патоці, при швидкості ковзання 0,05 м/с, сталь Ст5 володіє найбільшою зносостійкістю в парах тертя з чавуном СЧ 15-32 і латунню Л62. З матеріалів контртіла при всіх швидкостях ковзання найменш інтенсивно зношуються чавун і бронза Бр.ОЦС5-5-5. При швидкості 0,05 м/с зношування латуні, чавуну і бронзи Бр.ОЦС5-5-5 однакове, але із збільшенням швидкості ковзання зношування латуні зростає, досягає максимуму при 0,5 м/с, а потім дещо знижується. Зношування бабіту приблизно в 2 рази більше за чавун і бронзу Бр.ОЦС5-5-5 при швидкості ковзання 0,05 м/с і мало відрізняється від зношування латуні при 0,5 і 1,0 м/с. Найінтенсивніше при всіх швидкостях ковзання зношується бронза Бр.АЖ9-4.

Отже, найбільшою зносостійкістю в мелясі за заданих умов роботи володіють пари тертя «сталь-чавун» і «сталь-Бр.ОЦС5-5-5», а найменшою пара «сталь- Бр.АЖ9-4».

Максимальною зносостійкістю при роботі в мелясі володіють вали зі сталі Ст5, піддані поверхневому загартуванню з нагрівом ТВЧ до твердості $HRC\ 52\div 55$ і підшипники з високоміцного чавуну твердістю $HB\ 267$ і сірого чавуну СЧ 15-32 твердістю $HB\ 136$. Найбільш інтенсивним виявилось зношування підшипників з сірого феритного чавуну.

Аналіз зношених деталей насоса КН-20 показав, що при роботі в мелясі чавунні шестерні володіють недостатньою зносостійкістю і вимагають заміни після 2–3 місяців експлуатації. У той же час шестерні зі сталі Ст5

пропрацювали 3 виробничі сезони і залишались придатними для подальшої роботи. Вища зносостійкість сталі в порівнянні зі зносостійкістю чавуну при терті в мелясі підтверджується також результатами лабораторних досліджень.

Відносно деталей устаткування хлібопекарської промисловості, можна зробити такі важливі висновки: середовище хлібопекарської промисловості залежно від його хімічного складу здійснює різний вплив на пластичну деформацію і руйнування поверхневого шару при терті; інтенсивне руйнування може бути викликане не лише корозійною, але і адсорбційною дією. При терті в середовищі житнього і пшеничного тіста пластична деформація, яка оцінюється шириною зони дислокації, приблизно дорівнює пластичній деформації при терті без мастила, а коефіцієнт тертя в тісті в 2–3 рази менше, ніж при терті без мастила. У середовищі маргарину пластична деформація більша, ніж при сухому терті, а коефіцієнт тертя в 4 рази менше. Це може бути пояснено адсорбційною дією середовища. Таким чином, з досліджуваних харчових мастил маргарин найбільш згубно впливає на поверхні деталей, що труться, сприяючи їх руйнуванню. Емульсія ж, використовувана для мащення хлібних форм і деталей, що труться, є більш сприятливим змащувальним середовищем, ніж маргарин.

Найменша деформація поверхневого шару була встановлена при терті в середовищі вершкового, гірчичного і кукурудзяного масел, вона приблизно в 3 рази менше, ніж деформація у дистильованій воді і в 4 рази менше, ніж при терті без мастила і в маргарині.

Пальці ділильно-закочувальної машини, які виготовлені зі сталі 45 і загартовані, мали термін служби не більше 3–6 місяців. В результаті лабораторного дослідження було встановлено, що зносостійкість цих деталей може бути підвищена в 2–3 рази, якщо їх виготовляти з цементуємих сталей (наприклад, профільні кулачки і пальці зі сталі 18ХГТ, а ролики зі сталі 20), цементувати, загартувати і піддавати низькотемпературному відпуску. У табл. 7.6 приведені дані зношування пар тертя в тістовому середовищі.

В тістоділильній машині ХДФ надзвичайно інтенсивно зношуються мальтійський хрест і повідкові пальці, що входять в пази цього хреста. Термін служби цих деталей можна значно підвищити, якщо мальтійський хрест виготовляти зі сталі ШХ15, а повідковий палець з цементованої легованої сталі, наприклад 18ХГТ, 12ХНЗА. Термічна обробка повинна забезпечувати отримання максимальної твердості. Перспективним матеріалом для виготовлення деталей робочих органів тістоділильних машин є розроблений в Інституті проблем литва АН УРСР хромовий сплав 130Х16М.

Залежність зношування різних матеріалів в тісті від часу випробування показана на рис. 7.22. З випробуваних матеріалів при хіміко-механічному зношуванні у присутності тіста найбільш зносостійким є сплав 130Х16М, зносостійкість якого перевищує зносостійкість сталі 45Л більш ніж в 400 разів. Високою зносостійкістю володіють також сплав 30Х21ЛЦ, сталь 50Х25Ю3 і бронза Бр.АЖ9-4.

Таблиця 7.6

**Відносна зносостійкість зразків з різних матеріалів при терті
по контртілу з чавуну СЧ 18-36 в модельному розчині
при $p=2,5 \text{ кгс/см}^2$, $v=0,45 \text{ м/с}$**

Матеріал зразка	Відносна зносостійкість		
	зразка	контртіла	сумарна
Чавун:			
СЧ 18-36	1	1	1
ВЧ 40-10	3,02	1,41	1,92
Сталь:			
Ст3	0,92	0,64	0,75
Ст5	1,91	1,25	1,52
45	1,77	0,95	1,24
У8	3,26	1,24	1,81
20Х13	3,43	1,34	1,93
20Х17Н2	4,14	0,84	1,36
12Х18Н9Т	1,75	0,28	0,48
Бронза:			
Бр.АЖ9-4	0,91	0,49	0,63
Бр.ОФ10-1	9,82	1,06	1,93
Олово електролітичне (на СЧ 18-36)	42,06	18,71	26,03
Хром електролітичний (на СЧ 18-36)	25,02	5,63	15,32
Сплав 130Х16М	27,24	12,92	17,63
Титановий сплав ВТ1	0,28	0,15	0,19
Силумін АЛ2	0,03	1,05	0,05

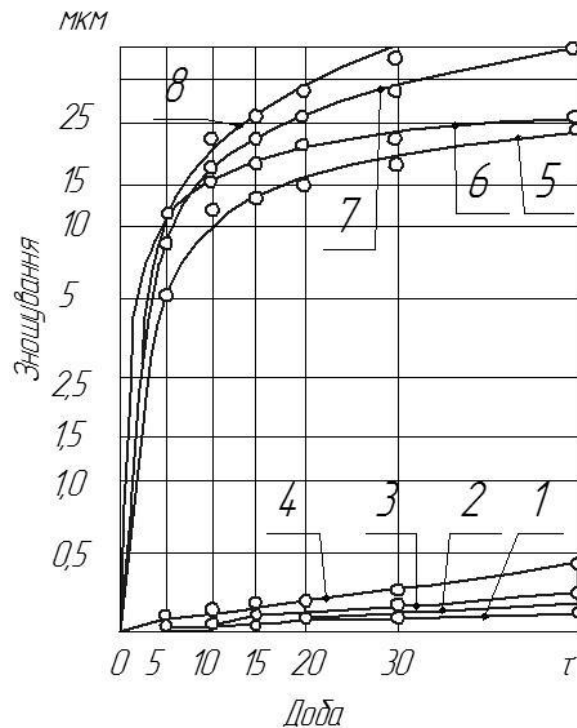


Рис. 7.22 – Залежність зношування зразків із різних матеріалів у тісті від часу випробувань:

- 1 – сплав 130Х16М; 2 – сплав 30Х21ЛЦ;
3 – сталь 50Х25Ю3; 4 – Бр.АЖ9-4; 5 – олово електролітичне;
6 – СЧ15-32; 7 – сталь 45Л; 8 – АЛ2

Проведені випробування дозволили зробити висновок, що деталі робочих органів тістоділильних машин, які труться і в зону контакту яких потрапляє тісто, краще всього виготовляти зі сплаву 130X16M і сталі 20X13Л. В цьому випадку можна не застосовувати технологічне мащення рослинними оліями. Нерухомі і такі, що переміщуються в тісті без металевого контакту, деталі робочих органів доцільно виготовляти зі сплаву 130X16M, термообробленого до *HRC* 40-44, що забезпечує максимальну корозійну стійкість і зносостійкість. Великогабаритні деталі можуть бути виготовлені зі сплавів 130X16M і 30X21ЛЦ без зміцнювальної термічної обробки. Деталі, що вимагають високої питомої міцності і корозійної стійкості та які не мають металевого контакту, можуть бути виготовлені з титанових сплавів (наприклад, Вt5).

У кондитерській промисловості для порівняння зносостійкості пальців і втулок шарнірів зі сталі 45 різної твердості були визначені наступні значення їх відносної зносостійкості *HRC*35 – 1; *HRC*40–1,45; *HRC*45 – 1,64; *HRC*50 – 3,22; *HRC*56-58 – 7,5. З приведених даних видно (рис. 7.23), що підвищення твердості деталей шарнірів від *HRC*35 до *HRC* 56-58 збільшує зносостійкість в 7,5 рази. Максимальною зносостійкістю за даних умов володіють деталі шарнірів з однаковою і найбільшою твердістю. У зношуванні прямих і зворотних пар не спостерігалось помітної відмінності. Зношування легованих сталей дещо менше зношування вуглецевих. Найбільш зносостійкими виявилися пари зі сталей 30XГСА і 12ХН3А.



Рис. 7.23 – Зношування пальців і втулок, виготовлених із різних сталей

Мікроскопічним аналізом зношених поверхонь встановлено, що до навантаження 30 кгс/см² провідним видом є окислювальне зношування, а при великих навантаженнях переважає захоплювання, і інтенсивність його зі збільшенням навантаження різко зростає. Це необхідно враховувати при конструюванні і розрахунку шарнірних вузлів загортальних автоматів. Тиск в шарнірах, виготовлених зі сталевих загартованих деталей, не повинен перевищувати 30 кгс/см², оскільки інакше може різко знизитись їх зносостійкість.

Ножі паперорізальних вузлів були виготовлені зі сталей Х6ВФ і 55Х6В3СМФ. Випробування ножів із сталей ХВГ, Х6ВФ і 55Х6В3СМФ проводили в серійних і дослідних паперорізальних вузлах машини ИЗМ1. Зносостійкість ножів із сталей Х6ВФ і 55Х6В3СМФ у серійних вузлах

підвищилась в 1,4–1,6 рази (рис. 7.24). Стійкість ножів із сталі ХВГ підвищилась приблизно в 4 рази. Проте таке збільшення стійкості є недостатнім, оскільки не позбавить кондитерські фабрики від дефіциту ножів. Стійкість ножів зі сталей Х6ВФ і 55Х6В3СМФ в 5÷8 раз більше стійкості ножів зі сталі ХВГ в дослідних вузлах і в 20–30 разів більше стійкості ножів зі сталі ХВГ в серійних вузлах машини ИЗМ1. Ножі зі сталі Х6ВФ працювали 6÷8, а зі сталі 55Х6В3СМФ 10÷12 місяців. Таким чином, була доведена доцільність використання ножів з середньохромистих інструментальних сталей в паперорізальних вузлах машин-автоматів.

Сталі для виготовлення різального інструменту м'ясорізальних машин, в порядку зменшення їх зносостійкості можна умовно розділити на три групи: до першої групи можна віднести сталі Р18, 9ХС, ШХ15; до другої – ХВГ, У8А, У10А, сталь 20 (цементована) і до третьої – Х12М, 40Х13 і сталь 45 (рис. 7.25). Найбільш зносостійкими є сталі першої групи. Величина сумарного зношування при їх випробуванні обумовлена в основному зношуванням нерухомого зразка.

У другій групі найбільш зносостійкою є сталь ХВГ; найменш зносостійкими є леговані сталі Х12М і 4Х13. З вуглецевих сталей найбільшою зносостійкістю володіють сталі У8А і У10А, а найменшою – сталь 45.

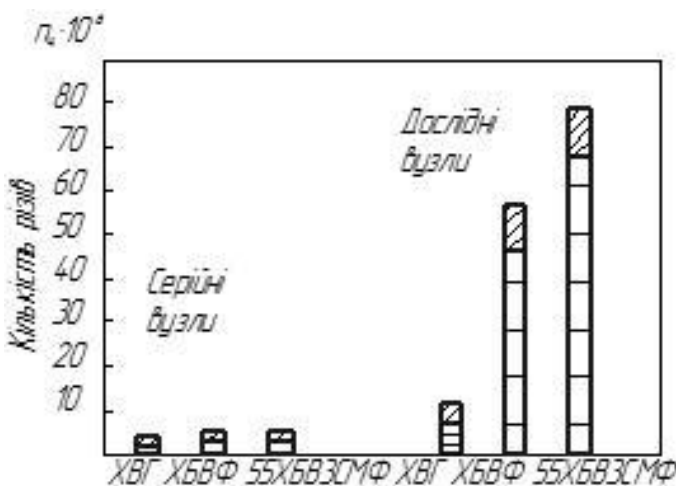


Рис. 7.24 – Стійкість ножів з інструментальних сталей в серійних і змінених вузлах

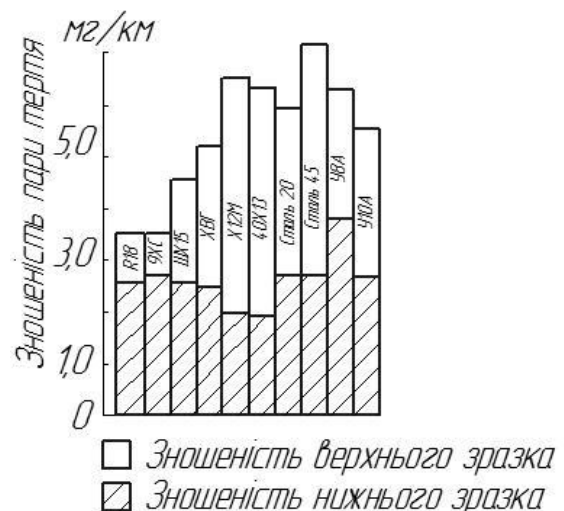


Рис. 7.25 – Зносостійкість сталей у розчині, який моделює м'ясне середовище

При випробуванні змінних ріжучих вставок для ножів вовчків найбільш зносостійкими виявились ножі зі сталі Р18 (рис. 7.26). Але при передньому куті $\gamma=30^\circ$ ріжучі крайки змінних робочих частин лез з цієї сталі досить інтенсивно кришаться, що призводить до зниження їх ріжучих властивостей і погіршення якості подрібнюваного продукту. Слід також відзначити, що зношування решіток, що працюють в парі з цими ножами, було значно більшим, ніж зношування решіток, що працюють в парі з ножами, в яких змінні робочі частини лез були виготовлені з інших сталей. Це можна пояснити тим, що карбіди, які містяться в сталі Р18, при викришуванні в процесі роботи інтенсивно зношують решітки.

Сталі 9ХС і ШХ15 леговані недефіцитними легуючими елементами, прості в обробці, володіють достатньою ударною в'язкістю. Змінні робочі вставки ножів з цих сталей володіють високою зносостійкістю, хорошими ріжучими властивостями, меншою схильністю до викришування лез.

Значно меншою зносостійкістю володіють ножі зі змінними вставками із сталей ХВГ і Х12М, крім того, і решітки, що працюють з цими ножами, зношуються достатньо інтенсивно. Значне викришування ріжучих лез приводить до погіршення якості подрібнення, а металеві частинки можуть потрапити перероблювану сировину.

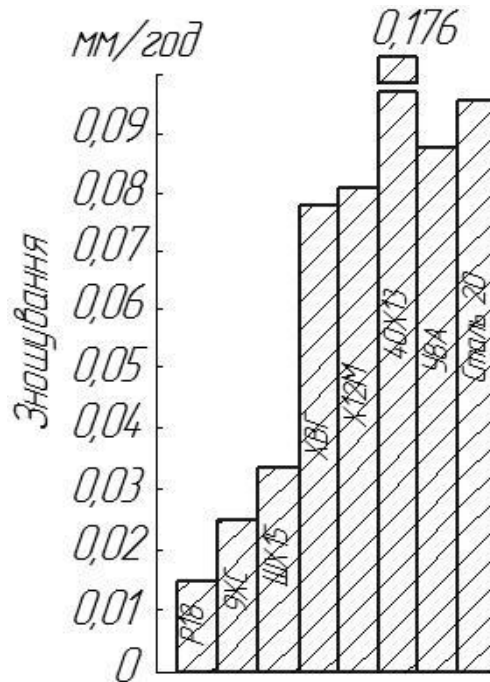


Рис. 7.26 – Зношування лез, що виготовлені з різних сталей

Найменш зносостійкими виявились змінні вставки зі сталей 20 (цементованої), У8А і 40Х13.

На підставі проведених випробувань можна рекомендувати змінні вставки ножів або цілісні ножі виготовляти зі сталей 9ХС або ШХ15. Ці сталі в м'ясному середовищі володіють достатньо високою зносостійкістю, гарно обробляються, недефіцитні; леза ножів характеризуються хорошими ріжучими властивостями і кришаться менше, ніж леза з інших сталей. По зносостійкості вони в 4,5–3 рази перевершують ножі зі сталі У8Л, яку часом використовують для виготовлення ножів і решіток вовчків.

7.5 Підвищення втомної міцності деталей

Як відомо, деталі, що працюють в умовах тривалих знакозмінних навантажень, руйнуються при напруженнях значно менших, ніж межа міцності матеріалу при статичному навантаженні. Це має велике значення для сучасних швидкохідних роторних машин, деталі яких працюють в умовах циклічних навантажень. Для таких деталей загальна кількість циклів за весь період служби машини досягає багатьох мільйонів [46].

Як показує статистика, близько 80% поломок і аварій при експлуатації машин відбувається внаслідок втомних явищ (втомного руйнування металу). Тому проблема втомної міцності є ключовою для підвищення надійності та довговічності обладнання.

Циклічні навантаження найбільш яскраво виражені у машинах і механізмах зі зворотно-поступальним рухом (поршневі машини, кулачкові механізми тощо). Однак і в ротативних машинах неминуче виникають циклічні навантаження, наприклад внаслідок дисбалансу, радіального і торцевого биття роторів і т. п.

В переважній більшості видів обладнання наявні зубчасті передачі, зубці яких завжди працюють в умовах циклічних навантажень. Вали, які працюють під навантаженням постійного напрямку (вали зубчастих, пасових і ланцюгових передач, вали роторів) також працюють під впливом циклічних навантажень. Значні знакозмінні навантаження діють на наступні елементи машин – молотки дробарок, ножі кутерів, ножі та приймальні решітки вовчків, опори, станини, амортизатори, пружини тощо. Загалом, в сучасних машинах статичні навантаження зустрічаються як виключення, в більшості випадків навантаження змінюються циклічно з більшою чи меншою частотою та амплітудою.

Небезпека знакозмінних навантажень найбільш яскраво проявляється на прикладі ножів кутера. Їх руйнування під час швидкого обертання ($50\text{--}100\text{ с}^{-1}$) призводить до псування великої кількості м'ясної сировини в чаші кутера, пошкодження кришки ножової головки та самої чаші. В результаті кутер виходить з ладу на тривалий час та потребує значного обсягу ремонтних робіт. Таким чином руйнування лише однієї, невеликої і не металоємної деталі, спричинює великі матеріальні збитки. На рис. 7.27 наведено приклади руйнування ножів кутера [44, 45].



Рис. 7.27 – Приклади зруйнованих ножів кутера

При проведенні макроскопічного аналізу поверхні зламу (рис. 7.28) можна встановити [106], що вона має чітко виражені характерні зони (рис. 7.28, б). Зона 1 в області започаткування втомної тріщини на поверхні ножа гладка, має мінімальну зернистість. В зоні 2 зернистість збільшено, а в зоні 3 яскраво виражені ознаки крихкого руйнування, кристали мають гостру огранку та блискучу чисту поверхню. Такий вид поверхні зламу характерний для усіх випадків руйнування під дією знакозмінних напружень [102].

Загалом, втомна міцність деталей визначається цілою низкою факторів, які, до того ж, можуть посилювати один одного [46]:

- конструктивні фактори;
- металургійні фактори;
- термообробка;
- стан поверхневого шару металу;
- поверхневе зміцнення деталі;
- вплив корозійного середовища.

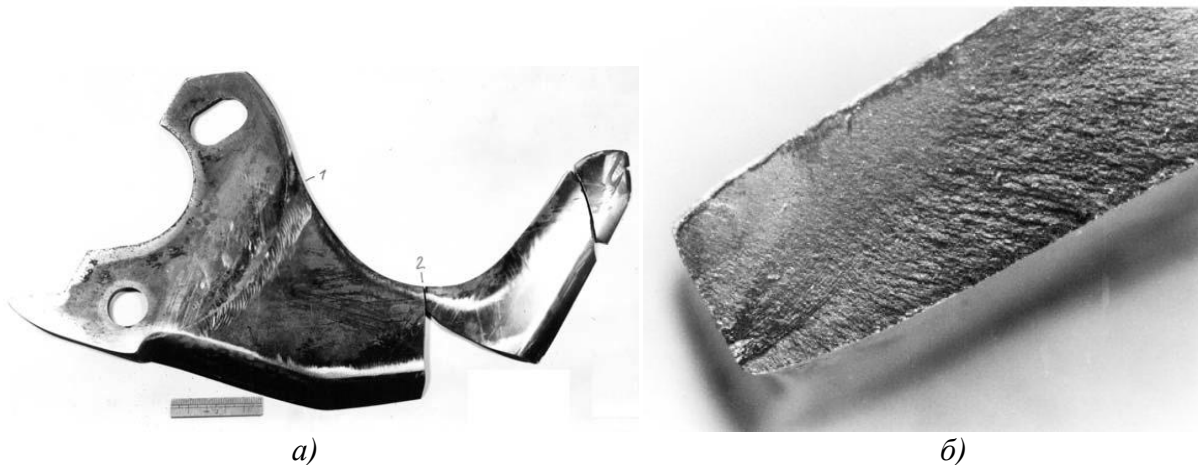


Рис. 7.28 – Втомне руйнування ножа кутера:
а) – місце розташування лінії зламу; б) – поверхня зламу

Конструктивні фактори. Всі заходи, що сприяють зменшенню номінальних напружень в деталі, збільшують втомну міцність. До цих заходів належать: раціональне розставлення опор, усунення невідповідних випадків навантаження, збільшення перетинів деталі на ділянках дії циклічних напружень, збільшення площі контакту поверхонь (при циклічних контактних напруженнях).

Значне зниження втомної міцності відбувається в зонах концентрації напружень. Концентратори напружень виникають на ділянках послаблень, різких переходів, вхідних кутів, різьби, канавок, свердлень, надрізів, подряпин тощо. Максимальна величина напружень в місцях їх концентрації може у 2...5 і більше разів перевищувати середній рівень напружень для даної зони. Характерно, що руйнування ножів кутера (див. рис. 7.27, 7.28) в переважній більшості випадків відбувається саме в зонах концентрації напружень. На рис. 7.29 показано розташування даних зон: 1 – біля посадочної частини ножа; 2 – на задній грані в області найбільшої увігнутості [43, 44].

Знання конструктором місць розташування концентраторів напружень дозволяє впровадити відповідні контрзаходи.

Чим більший перепад перерізів на ділянці переходу, чим різкіше переходи і гостріше підрізи, тим вище місцеві максимальні напруження (рис. 7.30, а, з). Дієвим засобом зниження концентрації напружень являється надання переходам плавних обрисів (рис. 7.30, б, в, д) [46].

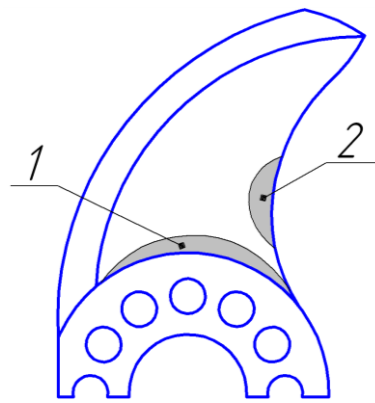


Рис. 7.29 – Зони найбільшої концентрації напружень в ножі кутера

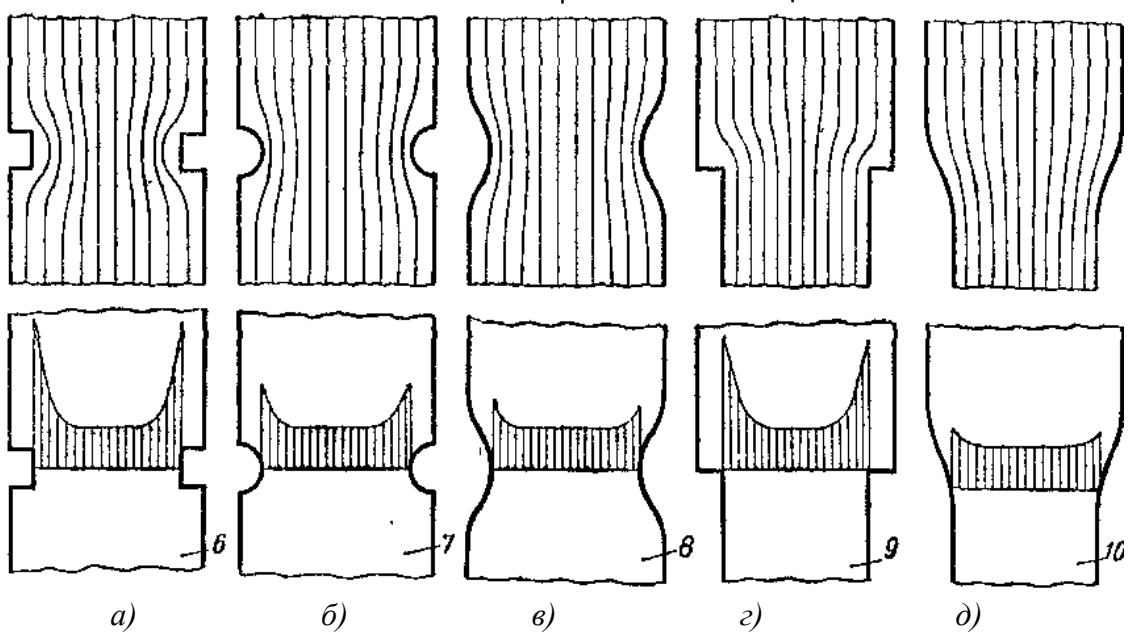


Рис. 7.30 – Схеми концентрації напружень

Для кутів на ступінчастих валах концентрація напружень зменшується зі зменшенням перепаду діаметрів і збільшенням відносного радіуса галтелі $\rho = R/d$ (рис. 7.31).

Конструктор повинен знати і упевнено застосовувати на практиці технологічні і конструктивні способи підвищення ефективності втомної міцності, які добре зарекомендували себе на практиці.

У багатьох випадках можна усунути першопричину і домогтися якщо не повного виключення циклічних навантажень, то хоча б їх зменшення. Навіть у машинах виразно циклічної дії можна досягти значного зменшення максимальної величини циклічних напружень і їх амплітуди, а також пом'якшення ударного характеру навантаження.

Одним з основних способів зменшення циклічних напружень є підвищення пружності деталей в напрямку дії навантажень і введення пружних зв'язків між деталями, які передають і сприймають навантаження.

При циклічному крутному моменті можна згладити піки напружень і, отже, зменшити амплітуду циклу, шляхом введення пружних муфт між деталями, які сприймають крутний момент. Встановлення пружинних

амортизаторів між валами і зубчастими колесами знижує піки напружень в зубцях і робить роботу зубчастих передач плавною і спокійною. Перехід з підшипників кочення на підшипники ковзання, наприклад в шатунно-кривошипних механізмах, знижує піки навантажень завдяки амортизуючій дії масляного шару.

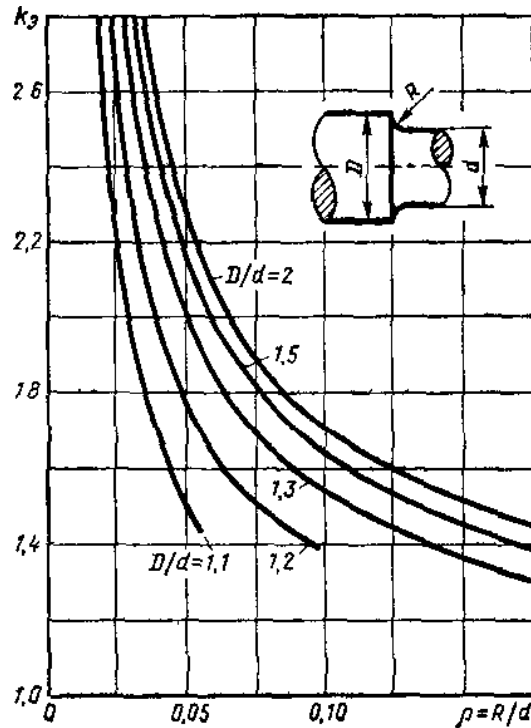


Рис. 7.31 – Залежність коефіцієнту концентрації напружень від радіусу галтелі ступінчастих валів

Інший спосіб зменшення циклічних напружень полягає в зниженні коефіцієнта амплітуди напружень шляхом накладання постійного навантаження. Підвищення середнього напруження циклу істотно збільшує межу витривалості. Цей прийом широко застосовують в конструкції циклічно навантажених болтових з'єднань, надаючи болтам попередню затяжку (при затяжці досить великої величини вдається практично повністю усунути циклічну складову і зробити навантаження статичним).

Циклічні навантаження, які виникають у валах, можна в деяких випадках (не ведучі ходові колеса, холості шестерні) усунути установкою обертових деталей на вісях.

У багатьох випадках виникнення високих знакозмінних навантажень пов'язано з появою резонансних коливань у частинах механізму. Зокрема, в сучасних кутерах, при підвищених швидкостях обертання, ножі працюють в області коливань, наближених до резонансу [4]. Через це напруження, які виникають в найбільш небезпечних ділянках (див. рис. 7.29), до 6 разів більші за напруження при статичному навантаженні тієї ж величини. В результаті, поєднання характерних властивостей циклічних навантажень і коливань призводить до більш частого руйнування ножів при їх експлуатації в сучасних високошвидкісних кутерах.

Означений небезпечний вид циклічного навантаження зменшують за допомогою демпферів (пружинних, маятникових, гідравлічних або фрикційних). Вібращі машин і агрегатів, які є джерелами знакозмінних навантажень, усувають або пом'якшують підвішуванням на віброізолюючих і віброгасячих амортизаторах.

У ряді випадків повного або майже повного усунення циклічних навантажень можна досягти підвищенням точності виготовлення деталей і їх опор. Прикладом може служити усунення статичного і динамічного дисбалансу швидкообертючих роторів, який викликає змінні напруження у валах, опорах і корпусах. Підвищення точності виготовлення зубців шестерен (зменшення похибок кроку і товщини зуба, спотворень профілю тощо) усуває циклічні навантаження, які породжуються цими похибками.

У випадках, коли не вдається ліквідувати циклічні навантаження або зменшити циклічні напруження, слід вдаватися до спеціальних способів підвищення втомної міцності. Деякі приклади конструктивних рішень даного завдання показані на рис. 7.32–7.36.

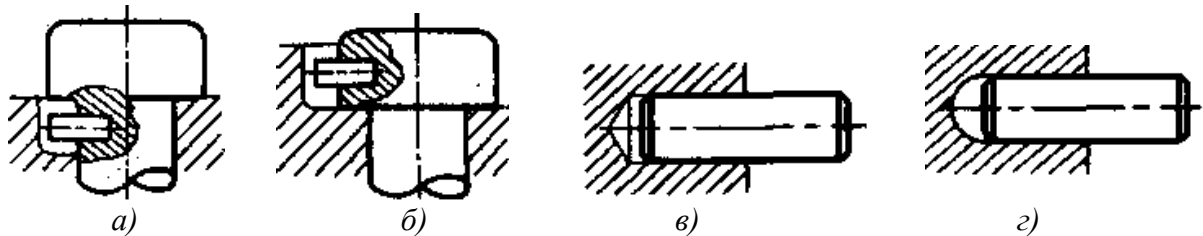


Рис. 7.32 – Підвищення втомної міцності деталей:

a, б) перенесення штифта в менш напружену ділянку болта;
в, з) зменшення концентрації напружень в отворі наданням плавних форм

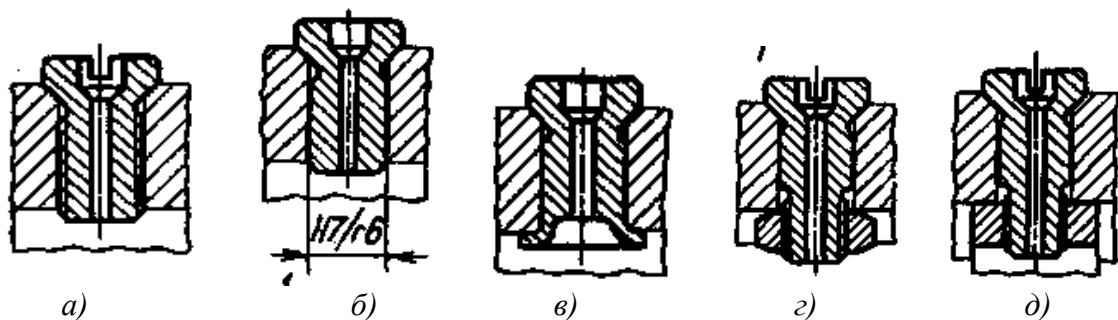


Рис. 7.33 – Підвищення втомної міцності валу шляхом переходу від різцевого способу (*a*) фіксування пробки до інших

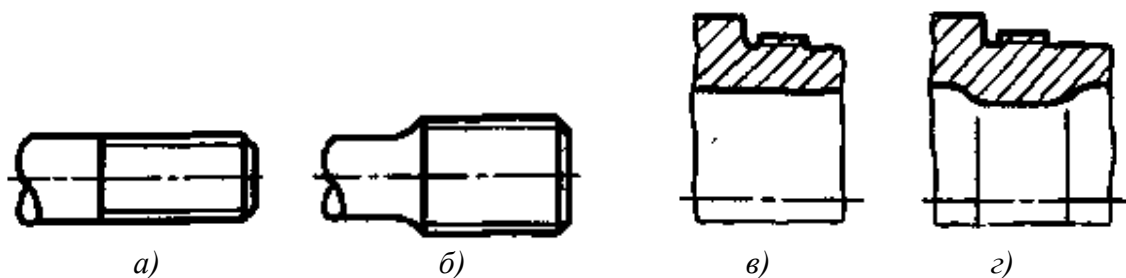


Рис. 7.34 – Підвищення втомної міцності деталей:

a, б) збільшення перерізу різцевої частини шпильки;
в, з) збільшення перерізу різцевої частини валу

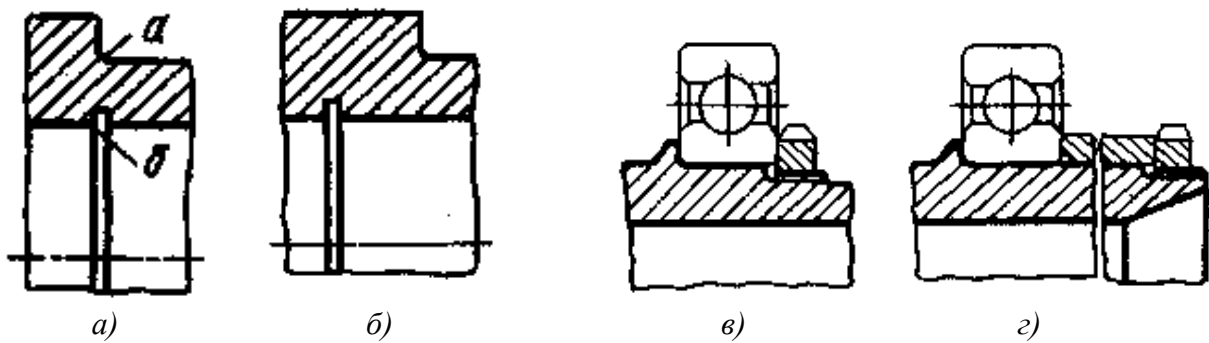


Рис. 7.35 – Підвищення втомної міцності деталей:
 а, б) зміщення канавки з області концентрацій напружень;
 в, з) перенесення нарізки на ненавантажений кінець валу

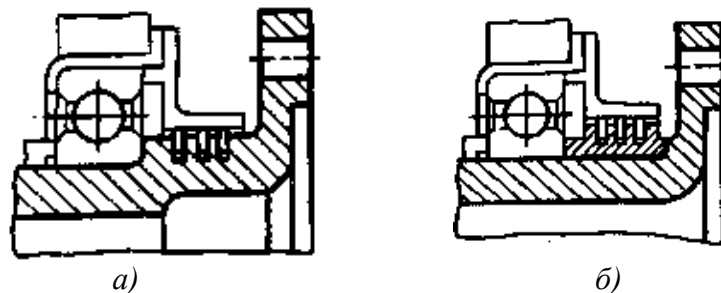


Рис. 7.36 – Підвищення втомної міцності валу
 шляхом перенесення ущільнювальних канавок на насадку втулку (б).

Металургійні фактори. Значний вплив на втомну міцність здійснює технологія виплавки сталі. Спокійні сталі (розкислені алюмінієм) мають більш високі межі витривалості, ніж киплячі (розкислені Mn і Si). Підвищеною втомною міцністю володіють сталі вакуумної плавки, а також отримані методами електроннопроменевого і плазмового переплаву або електродугового переплаву під шаром синтетичного шлаку.

В якості матеріалу деталей, які працюють в умовах знакозмінних навантажень, обирають сталі ресорно-пружинної групи (див. Додаток Д), які спеціально адаптовані для таких режимів роботи. Якщо знакозмінні навантаження мають до того ж ударний характер, то до вибору марки сталі слід підходити більш ретельно, уникаючи при цьому підвищеної її крихкості (обмеження по вмісту вуглецю, відсутність легування кремнієм тощо).

Термообробка. Зміцнювальна термообробка підвищує межу витривалості сталі приблизно пропорційно збільшенню показників статичної міцності (рис. 7.37). Найбільший ефект дає загартування з низьким відпуском (криві 4), що збільшує межу витривалості в $2 \div 2,5$ рази порівняно з не термообробленою сталлю.

Стан поверхневого шару металу. Первинні тріщини майже завжди (за винятком деталей з крупними внутрішніми дефектами) виникають у поверхневому шарі товщиною близько трьох поперечників зерна (для сталі – 0,05...0,2 мм). Найчастіше тріщини утворюються в поверхневих зернах, пошкоджених впливом попередньої механічної обробки [46]. Через це поверхневий шар має визначальне значення для втомної міцності деталей.

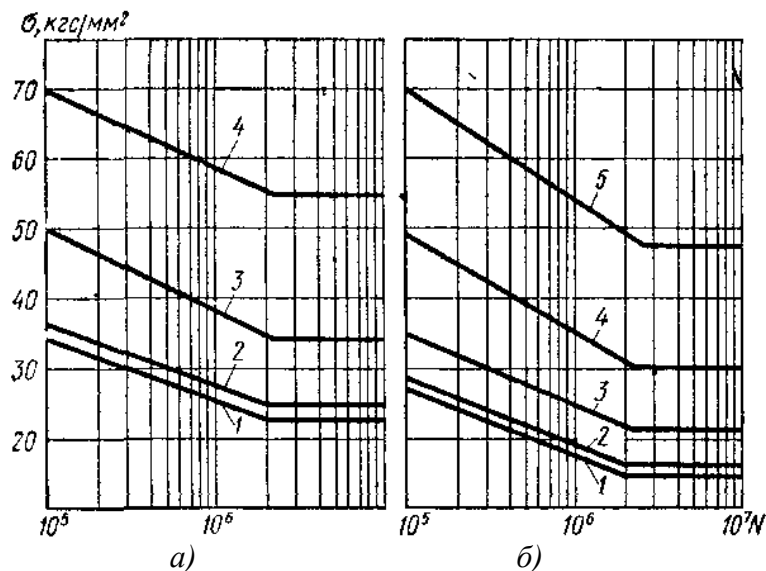


Рис. 7.37 – Вплив термообробки на втомну міцність сталі 45:

а) гладкі зразки; б) зразки із кільцевою виточкою;

1 – відпалювання; 2 – нормалізація; 3 – покращення;

4 – загартування з низьким відпуском; 5 – теж саме після накатування

По-перше, при більшості видів навантаження поверхневий шар піддається максимальним напруженням.

По-друге, частинки металу, які виходять на поверхню, володіючи тільки односторонніми металевими зв'язками з металом, який розташований нижче, мають підвищену активність і легко вступають у зв'язку з частинками навколишнього середовища (ефект Ребіндера).

По-третє, слід зазначити технологічні фактори. Поверхневий шар завжди більшою чи меншою мірою пошкоджений попередньою обробкою. Механічна обробка являє собою процес пластичної деформації і руйнування металу, вона супроводжується зрізом зерен, викришуванням і вириванням окремих зерен, появою мікротріщин і виникненням у поверхневому і приповерхневому шарах високих залишкових напружень розриву, які близькі до межі текучості матеріалу. Тепловиділення при механічній обробці викликає часткову рекристалізацію поверхневого шару, а іноді супроводжується фазовими і структурними перетвореннями.

При нагріванні в процесі термообробки в поверхневому шарі нерідко відбуваються хімічні і фазові зміни, наприклад у сталях – знеуглецювання (розкладання з утворенням цементиту неміцної феритної кірки).

По-четверте, поверхня металу піддається атакам всіх наявних в експлуатації видів корозії, яка викликає глибокі пошкодження поверхневого шару. Корозія зазвичай поширюється по прошкаркам поміж зернами металу і по мікротріщинам.

По-п'яте, поверхні, які працюють в умовах тертя, схильні до ще одного виду ослаблення – зношування, який, порушуючи кристалічний стан поверхневого шару, істотно знижує втомну міцність.

Таким чином, поверхневий шар є концентратором напружень, який притаманний кожній деталі. Його вплив можна послабити комплексом

заходів, але не можна усунути повністю. Всі фактори, які порушують суцільність і однорідність поверхневого шару і викликають осередки підвищених напружень розтягування, полегшують виникнення і розвиток первинних тріщин і різко знижують втомну міцність матеріалу. Навпаки, ущільнення структури поверхневого шару, створення в ньому попередніх напружень стиснення, значно підвищують здатність матеріалу витримувати знакозмінні навантаження.

Поверхневий шар зміцнюють хіміко-термічною обробкою, загартуванням струмами високої частоти, поверхневим термодифузійним легуванням, ущільненням за допомогою наклепу тощо.

Поверхні деталей, які працюють при високих знакозмінних навантаженнях, слід обробляти з максимальною, економічно прийнятною чистотою. Оздоблювальні операції (полірування, притирання суперфінішування) сприяють підвищенню втомної міцності особливо у деталей з міцних і твердих матеріалів (рис. 7.38) [102].

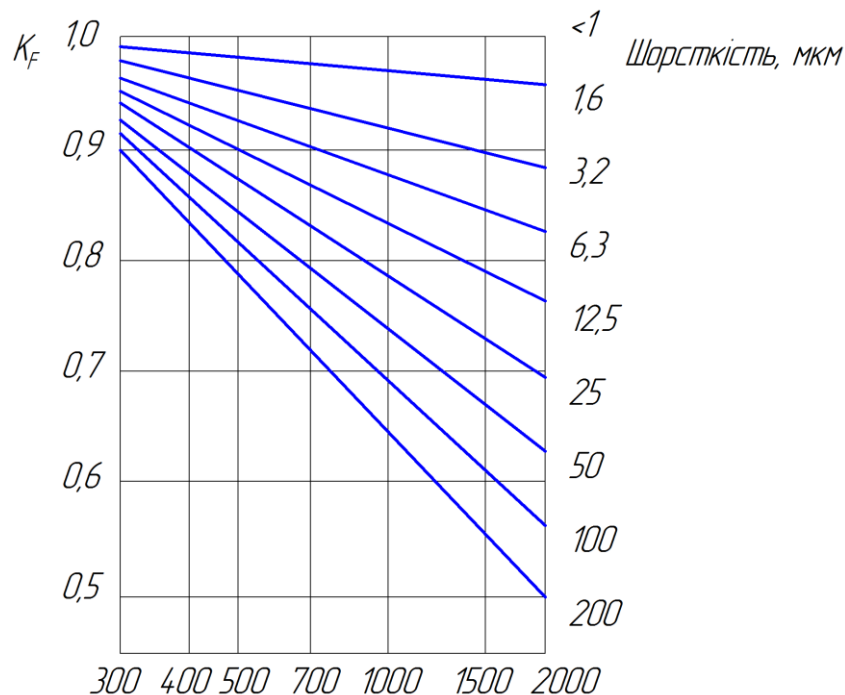


Рис. 7.38 – Вплив шорсткості поверхні на коефіцієнт зниження втомної міцності

Шліфування на звичайних режимах (швидкість різання 30...50 м/с) призводить до серйозних пошкоджень поверхневого шару. Мікротріщини і припалювання різко знижують втомну міцність.

Для циклічно навантажених деталей застосовують мікрошліфування — шліфування дрібнозернистими кругами при невеликих швидкостях різання (3...5 м/с) і стрічкове шліфування, які підвищують втомну міцність.

В якості заключної операції доцільно застосовувати полірування під тиском, яке сприятливо впливає на структуру поверхневого шару.

Поверхнєве зміцнення технологічними методами. Поверхнєве зміцнення деталей є ефективним способом підвищення їх втомної міцності (табл. 7.7). При поверхневому загартуванні (обробка струмами високої

частоти ТВЧ, газополуменеве загартування) і хіміко-термічній обробці (цементация, нітроцементация, азотування) зміцнення обумовлено головним чином виникненням у поверхневому шарі залишкових стискаючих напружень.

Таблиця 7.7

**Значення коефіцієнту підвищення втомної міцності K_v
для вуглецевих та легованих сталей**

Тип обробки	Діаметр, мм	K_v	
		без концентрації напружень	з концентрацією напружень
Загартування струмами високої частоти	7–20	1,3–1,6	1,6–2,8
	30–40	1,2–1,5	1,5–2,5
Азотування на глибину 0,1–0,4 мм	8–15	1,15–1,25	1,9–3,0
	30–40	1,10–1,15	1,3–2,0
Цементация на глибину 0,2–0,6 мм	8–15	1,2–2,1	1,5–2,5
	30–40	1,1–1,5	1,2–2,0
Обробка роликками	7–20	1,2–1,4	1,5–2,2
	30–40	1,1–1,25	1,3–1,8
Обдув дробом	7–20	1,1–1,3	1,4–2,5
	30–40	1,1–1,2	1,1–1,5

Ці напруження з'являються внаслідок утворення структур більшого питомого об'єму (мартенсит при цементации і загартуванні ТВЧ, нітриди і карбонітриди при нітроцементации і азотуванні), ніж структури основного металу.

Підвищена поверхнева твердість, яка досягається термічною і хіміко-термічною обробкою, окрім того, ефективно попереджує втрату міцності в результаті зношування, випадкових подряпин і пошкоджень.

З перерахованих вище способів найбільш ефективним є азотування, яке практично повністю усуває вплив концентраторів напружень. Для азотованих деталей коефіцієнт чутливості до концентрації напружень близький до нуля. При цьому азотування майже не викликає зміни форми і розмірів деталей, що дозволяє у багатьох випадках усунути заключне шліфування і супутні йому дефекти, які знижують міцність. Крім того, азотований шар має підвищену корозійну і термостійкість. Твердість і зміцнювальний ефект, на противагу звичайній термообробці, зберігаються до високих температур (500...600 °С).

Поєднання цих якостей робить азотування цінним способом обробки деталей, які працюють при підвищених температурах і піддаються високим навантаженням та зношуванню (колінчасті вали, важконавантажені зубчасті колеса, ножі у варильних кутерах та агрегатах для виготовлення плавленого сиру тощо).

При зміцненні обробка повинна охоплювати всі ділянки поверхні з концентраторами напружень (рис. 7.39, II). При неповній обробці (рис. 7.39, I) на границях оброблених і необроблених зон виникають стрибки напружень, що знижують міцність. Газове загартування зубців

по всьому контуру, включаючи западини, підвищує межу витривалості порівняно з вихідною конструкцією з необробленої сталі в 1,85 рази. Але при цьому загартування тільки робочої поверхні зубців, навпаки, знижує міцність порівняно з вихідною у 0,8 рази.



Рис. 7.39 – Схеми поверхневого загартування (II – правильна, I – неправильна): а) зубців шестерні; б) шийки колінчастого валу

Вплив корозійного середовища. На втомну міцність деталей великий вплив здійснює корозійна активність середовища, в якому ці деталі працюють. Харчові середовища (вино, фруктові та овочеві соки, м'ясний фарш та ін.) знижують корозійно-втомну міцність деталей харчових машин, виготовлених як зі звичайних, так і з корозійностійких сталей [21, 85].

На рис. 7.40 показано вплив деяких харчових середовищ на втомну спільну міцність деталей зі сталі 12X18H9, оброблених фрезеруванням при швидкості різання 18,1 м/хв і подачі 0,10 мм/зуб. З наведених графіків видно, що кількість циклів деформації (при $\sigma_{-1}=70$ МПа) зменшується при випробуваннях в середовищі вина на 25 %, яблучного соку – на 30 % і томатного соку на 15 % порівняно з результатами випробувань на повітрі.

Швидкість корозії деталей в харчових середовищах (рис. 7.41) залежить в основному від шорсткості поверхні і ступеня зміцнення поверхневих шарів деталі, а також від значення залишкових напружень. Для зниження негативного впливу поверхнево-активних речовин, що містяться у перероблених продуктах, на корозійні процеси поверхні деталей харчових машин, які контактують з харчовими середовищами, повинні мати малу шорсткість.

Важливою особливістю одночасної дії на метал корозійного середовища і змінних напружень є те, що вона значно перевищує суму їх окремих дій [95]. Так, звичайні конструкційні сталі при базі випробувань 10^7 циклів знижують межу витривалості в прісній воді до 2 разів і в морській воді до 4 разів порівняно з межею витривалості на повітрі.

В умовах корозійної втоми окремі ділянки поверхні металу, в силу багатьох причин, зазнають максимальних напружень. Під дією цих напружень більш легко розривається металевий зв'язок між іон-атомами металу і електронами, а також легше руйнується захисна окисна плівка. Тому електродні потенціали цих ділянок істотно знижуються, іншими словами, вони стають анодами мікропар.

Найбільше зниження електродного потенціалу викликають розтягвальні змінні напруження. Це створює сприятливі умови для переважного розвитку корозії по ділянках концентрації напружень, які стають анодами корозійних елементів.

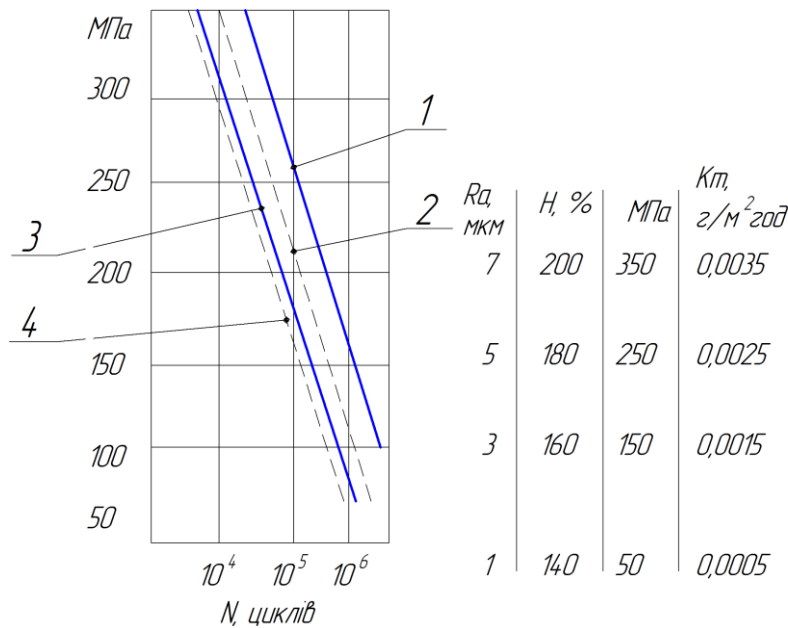


Рис. 7.40 – Вплив харчових середовищ на корозійно-втомну міцність корозійностійкої сталі 12Х18Н9:

1 – повітря; 2 – вино;
3 – томатний сік; 4 – яблучний сік

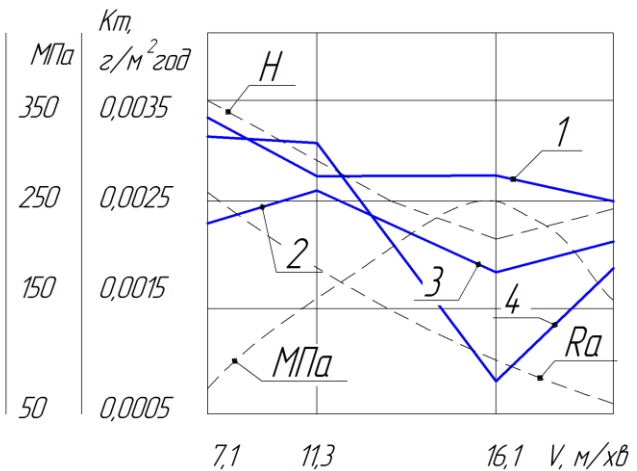


Рис. 7.41 – Залежність швидкості корозії сталі 12Х18Н9 від шорсткості Ra , ступеня наклепу H і залишкових напружень $\sigma_{зал}$:

1 – томатний сік; 2 – м'ясний фарш;
3 – яблучний сік; 4 – вино

По мірі поглиблення корозійного ураження зростають напруження, в силу чого відбувається безперервне зниження електродного потенціалу, збільшення різниці потенціалів пари і, як наслідок, підсилюється проникнення корозії вглиб металу. Іншими словами, підвищується концентрація напружень, що робить метал на цих ділянках більш хімічно активним.

В результаті розвивається електрохімічний процес корозії в умовах корозійної втоми, виникають глибокі і порівняно вузькі клиноподібні виразки, які називаються тріщинами корозійної втоми. Ці тріщини при високій частоті циклів найчастіше мають транскристалітний характер. При корозійній втомі, як правило, в зоні максимальних напружень розвивається ціле сімейство таких тріщин, найбільш розвинені з яких на останній стадії втоми об'єднуються в одну зигзагоподібну тріщину, яка визначає остаточний злам зразка під дією механічних напружень [95].

Хімічний склад вуглецевих сталей має незначний вплив на їх корозійно-втомну міцність в розчинах електролітів. Статична міцність цих сталей змінюється залежно від вмісту вуглецю в широких межах (табл. 7.8), в той час як корозійно-втомна міцність їх в прісній воді практично однакова і знаходиться в межах $12 \div 15$ кг/мм².

Високоміцні низьколеговані сталі володіють підвищеною чутливістю до впливу корозійного середовища. Так, межа витривалості хромованадійової сталі в прісній воді майже в 4 рази нижче, ніж при випробуванні на повітрі. Кремнієкелева сталь, яка володіє високою міцністю на розрив і має високу втомлювану міцність на повітрі, стає однією з найгірших при випробуванні у воді (у 6,5 рази).

Таблиця 7.8

Корозійно-втомна міцність різних сталей

Сталь	Границя міцності, кг/мм ²	Границя витривалості на базі випробувань 5·10 ⁷ циклів, кг/мм ²		
		на повітрі	в прісній воді	в солоній воді
Вуглецева з 0,11% С (по-кращена)	44	25	14	6,5
Вуглецева з 0,24% С	29	16,5	12	–
Вуглецева з 1,09% С	72	28	15	–
Міднева (0,98% Cu та 0,14% С)	42	22	14	6,0
Нікелева (3,7% Ni, 0,26% Cr, 0,28% С)	63	34	15,5	11,5
Хромована дієва (0,88% Cr, 0,14% V)	105	46,5	13	–
Хромонікелева (1,5% Ni, 0,73% Cr, 0,28% С)	97	17	11,5	9,5
Кремненікелева (3,1% Ni, 1,6% Si, 0,5% С)	176	77	12	–
Корозійностійка (12,9% Cr, 0,11% С)	62	38	26	21
Нержавіюча (14,5% Cr, 0,23% Ni, 0,38% С)	65	36	25	25

З наведеного зрозуміло, що межа міцності і втомна міцність на повітрі не є критеріями поведінки сталевих деталей в умовах корозійної втоми. І там, де ці умови існують, може виявитись марним замінювати одну сталь іншою. Це, звичайно, не відноситься до високолегованих сплавів заліза, нержавіючих кислотоупорних сплавів. Так чим вище вміст хрому в сталі (або інших відповідних легуючих елементів), тим краще опір її корозійній втомі.

У прісній воді межа корозійної витривалості корозійностійкої сталі приблизно в 2 рази вище за межу витривалості вуглецевої сталі при тих же умовах випробування.

Одним з найпоширеніших видів корозії металів є атмосферна корозія. Близько 80% всіх металевих конструкцій експлуатуються в атмосферних умовах. Атмосферна корозія являє собою випадок електрохімічної корозії, коли корозійні процеси йдуть під плівкою вологи. Встановлено, що середня втрата від корозії вуглецевої сталі за рік у сільській місцевості становить 135 г/м², тоді як у залізн. ичному депо втрата за той же час становила 903 г/м².

Результати випробувань, які наведені в табл. 7.9, показують помітну зміну корозійно-втомної міцності сталі від умов атмосферної корозії.

Велика кількість відповідальних деталей в умовах експлуатації піддається дії знакозмінних напружень і одночасного впливу рідких корозійних середовищ розчинів електролітів (вода, харчові середовища, мийно-дезінфікуючі засоби тощо). В розчинах електролітів відбувається різке зниження втомної міцності (табл. 7.10).

Таблиця 7.9

**Корозійно-втомна міцність сталі 45
в різних умовах атмосферної корозії**

Умови атмосферної корозії	Межа витривалості на базі $2 \cdot 10^7$ циклів	
	в кг/мм ²	в %
Повітря (кімнатне) з відносною вологістю 58%	29,6	100
Повітря з відносною вологістю 100%	26,2	88
Теж разом з присутністю SO ₂	24,1	81

Таблиця 7.10

Корозійно-втомна міцність сталі 45 в різних корозійних середовищах

Корозійне середовище	Границя корозійної витривалості на базі випробувань 10^7 циклів	
	в кг/мм ²	в %
Повітря (кімнатне)	25,5	100
0,004%-ий розчин NaCl	14,7	58
3% -ний розчин NaCl	10,0	39
3% -ний розчин NaCl, що насичений H ₂ S	9,2	36
Розчин (0.5 N NaCl + 0.01 N HCl)	7,2	28
Розчин (0.5 N NaCl + 0.8 N Na ₂ CO ₃ + 0.8N NaHCO ₃)	20,0	78

Найбільш сильне зниження втомної міцності отримано при випробуванні в розчині хлористого натрію з додаванням соляної кислоти (0,5 N NaCl + 0,01 (N)). В цьому випадку межа корозійної витривалості знизилась більше ніж у 3 рази порівняно з межею витривалості даної сталі на повітрі.

Мінімальне зниження межі витривалості сталі (22%) виявлено в розчині хлористого натрію з добавкою лужного буфера (у лужних розчинах, як відомо, захисна плівка на поверхні сталі стає більш стійкою внаслідок зменшення її розчинності).

Питання підвищення корозійно-втомної міцності деталей може позитивно вирішуватись шляхом введення в корозійне середовище сповільнювачів корозії. Досить ефективно уповільнюють швидкість корозії хроми і біхромати лужних металів, тобто K₂CrO₃, K₂Cr₂O₇ та ін. (табл. 7.11). Ці речовини відносяться до універсальних плесиваторів, так як вони різко знижують швидкість корозії майже всіх металів [95].

Таблиця 7.11

**Корозійно-втомна міцність сталі 45
при додаванні уповільнювача K₂Cr₂O₇**

Корозійне середовище	Границя корозійної витривалості на базі випробувань 10^7 циклів	
	в кг/мм ²	в %
Розчин 40 мг/л NaCl	14	100
Розчин 40 мг/л NaCl + 0.5 г/л K ₂ Cr ₂ O ₇	14	100
Розчин 40 мг/л NaCl + 1 г/л K ₂ Cr ₂ O ₇	17,4	124
Розчин 40 мг/л NaCl + 10 г/л K ₂ Cr ₂ O ₇	23,7	169

Зміцнення поверхні холодним наклепом і загартуванням ТВЧ надає деталям дуже позитивні властивості, які полягають в різкому зниженні чутливості до поверхневих концентраторів (табл. 7.12). У зв'язку з цим зазначені види поверхневого зміцнення можуть бути досить перспективними не тільки для підвищення втомної міцності, але також і для підвищення корозійно-втомної міцності [95].

Таблиця 7.12

Корозійно-втомна міцність зміцнених зразків сталі 45

Вид обробки зразків	Границя витривалості при базі випробувань 10^7 циклів			
	в кг/мм ²		в %	
	на повітрі	в 3 %-ному розчині NaCl	на повітрі	в 3 %-ному розчині NaCl
Шліфовані	25,5	10,0	100	100
Наклепані дробом	29,7	20,2	116	202
Обкатані ролики	28,2	23,2	111	232
Поверхово-загартовані струмами високої частоти	47,5	35,8	187	338

Зразки з поверхневим загартуванням струмами високої частоти ТВЧ показали найбільш високу, порівняно з іншими видами поверхневої обробки, втомну міцність як на повітрі, так і в розчині хлористого натрію. В результаті поверхневого загартування ТВЧ границя корозійно-втомної міцності сталі 45 збільшилась у понад 3,5 рази.

Багато деталей машин, які призначені до роботи в умовах знакозмінних напружень, можуть піддаватись попередній корозії ще до експлуатації (під час зберігання або під час транспортування до місця експлуатації).

Попередня корозія помітно знижує межу витривалості незміцненої сталі (рис. 7.42, 7.43). Зі збільшенням часу дії попередньої корозії спостерігається і більше зниження межі витривалості сталі. Однак особливо різке зниження межі витривалості викликається корозією, яка протікає за перші кілька діб. Подальше збільшення часу дії попередньої корозії відбивається вже менш помітно на подальше зниження межі витривалості сталі.

Результати цих дослідів є вельми цінними для практики. Так у всіх випадках, коли деталі експлуатуються без спеціальної поверхневої обробки і працюють при знакозмінних напруженнях, необхідно самим ретельним чином охороняти їх від корозії в період зберігання та при транспортуванні до місця експлуатації.

Попередня корозія помітно знижує межу витривалості незміцненої сталі. Менш помітне зниження встановлено для сталі, яка зміцнена поверхневим наклепуванням дробом. Винятково цікавим є той факт, що деталі, які поверхнево загартовані СВЧ, абсолютно не знизили межі витривалості від попередньої корозії (табл. 7.13).

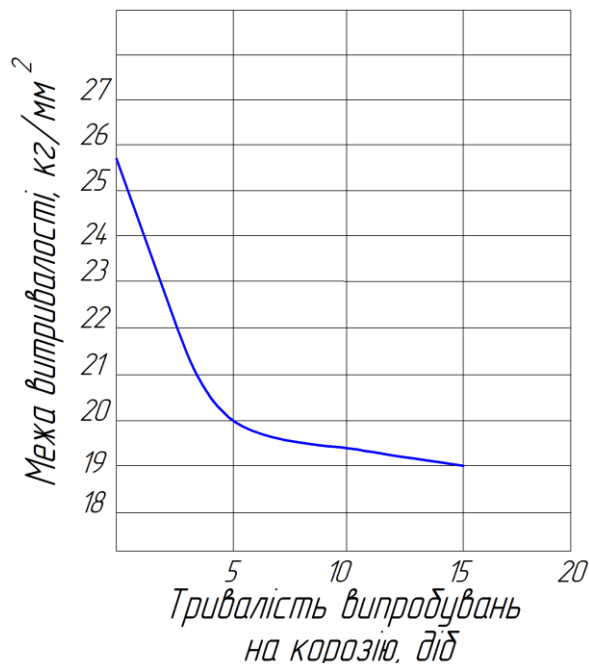


Рис. 7.42 – Зміна межі витривалості сталі 45 залежно від тривалості попередньої корозії в 3%-му розчині NaCl

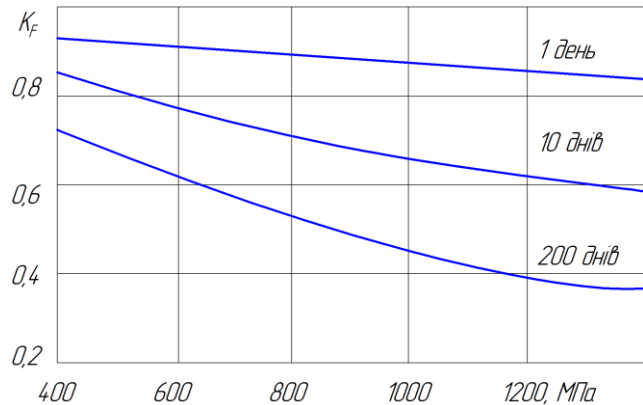


Рис. 7.43 – Залежність коефіцієнту зниження межі витривалості від тривалості попередньої для сталей різної міцності

Таблиця 7.13

Корозійно-втомна міцність зміцнених зразків сталі 45, які були піддані попередній корозії

Вид обробки зразків	Границя витривалості при базі випробувань 10 ⁷ циклів, кг/мм ²		Зниження границі витривалості, %
	зразки не кородовані	зразки кородовані	
Шліфовані	25,5	18,8	26,3
Наклепані дробом	29,7	26,4	11,2
Поверхово-загартовані ТВЧ	47,5	48,7	Зниження немає

Також відомі два способи електрохімічного захисту металу від корозії: протекторний і катодний захист зовнішнім струмом (електрозахист) [95]. За першим способом захист металу проводиться шляхом приєднання до нього іншого металу з більш негативним потенціалом (наприклад, цинку). При цьому метал, який захищається, стає катодом, а той, який приєднується – анодом, або так званим протектором.

За другим способом захист здійснюється з допомогою струму від зовнішнього джерела. У цьому випадку метал, який захищається, приєднується до негативного полюса в якості катода. Анодом може бути електрод з будь-якого провідника, який забезпечує низький перехідний опір при зануренні його в корозійне середовище.

Як при першому, так і другому способах метал, який захищається, стає катодом і піддається катодній поляризації або з допомогою анода (протектора), або за допомогою накладеної різниці потенціалів.

Важливу роль в ефективності електрохімічного захисту відіграє електропровідність корозійного середовища. Чим вище електропровідність розчину, тим більш ефективною виявляється захист. Ось чому захист металів від корозії за допомогою протекторів застосовується тільки в середовищах, які володіють достатньою електропровідністю.

Захисна дія протектора сприятливо позначається і у випадку морської корозії при стиранні. Зношування такого роду слід розглядати, як комбіноване хімічне і механічне руйнування металу. Корозійне середовище викликає швидке утворення шару продуктів корозії, який легко піддається зношуванню, оголяючи метал. Наприклад, у морській воді середнє річне зношування від корозії становить 0,4...0,5 мм. При такій швидкості корозії зміцнений наклепуванням дробом шар, який має глибину наклепу 0,3...0,5 мм, повністю зруйнується протягом 1 року. В такому разі позитивний вплив зміцнювальної обробки на корозійно-втомну міцність практично зникне ще до того, як наступить повне руйнування зміцненого шару.

В корозійному середовищі, яке подібне до водопровідної води (0,004%-вий розчин NaCl), цинковий протектор практично повністю захищає сталь від корозійної втоми. Границя корозійної витривалості завдяки цьому захисту підвищується на 50 %.

В корозійному середовищі, що імітує морську воду (3 %-вий розчин NaCl), протекторний захист різко підвищує корозійно-втомну міцність сталі. Для нормалізованої і покращеної сталі підвищення межі корозійної витривалості відповідно складає 88 % і 117 %. Покращена сталь порівняно з нормалізованою має границю корозійної витривалості при протекторному захисті на 40 % вище, тоді як без захисту це перевищення сягає лише 22 %. Тому застосування протекторного захисту є більш вигідним для деталей, загартованих з наступним відпуском.

Катодний захист зовнішнім струмом (електрозахист), застосовується для запобігання корозії частин, які експлуатуються в розчинах електролітів або в ґрунті.

Умови надійного захисту від корозії в цьому випадку визначаються двома електрохімічними факторами – щільністю струму на катод та електродним потенціалом, до величини якого слід заполяризувати поверхню металу, яка захищається (рис. 7.44). Обидві ці величини визначаються по кривим катодної поляризації, що отримані в тих же корозійних умовах, в яких експлуатується даний метал.

В нейтральних корозійних середовищах катодний захист зовнішнім струмом може повністю захистити конструкційну сталь від корозійної втоми. Така ступінь захисту настає лише в тому випадку, якщо катодна поляризація повністю запобігає корозійному процесу на металі, що підлягає дії змінних напружень.

Необхідна захисна щільність струму для пригнічення корозії на металі, що підлягає дії змінних напружень, повинна бути понад 100 разів вище захисної щільності струму, яка необхідна для оберігання від корозії

ненапруженого металу. Чим вище механічне напруження, яке виникає в металі під дією навантажень, тим необхідна більша щільність струму для повного захисту від корозії при корозійній втомі.

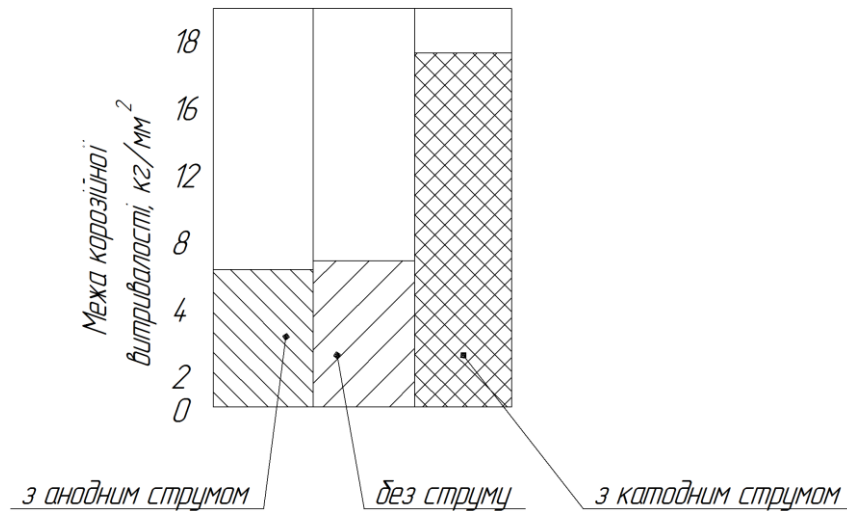


Рис. 7.44 – Межа витривалості сталі 45 в 0,75%-му розчині КСІ залежно від прикладеного струму

Високі антикорозійні властивості і значне підвищення втомної міцності, отримані вуглецевою або малолегованою сталлю в результаті короткочасного азотування, наведені в табл. 7.14. Особливо ефективним методом антикорозійного азотування є для підвищення корозійно-втомної міцності вуглецевих сталей. У водопровідній воді азотована сталь має таку ж меж витривалості, як і на повітрі. Чутливість азотованих поверхонь до надрізів значно знижується, особливо для хромистої сталі.

Таблиця 7.14

Корозійно-втомна міцність зміцнених сталевих зразків

Матеріал	Границя міцності на розрив, кг/мм ²	Границя витривалості при згинанні, кг/мм ²	
		в мастилі	у водогінній воді
Вуглецева сталь (0,15% С)	44	24	11
Вуглецева сталь (0,7% С)	97	42	11
Корозійостійка сталь типу ЭЯ1	72	34	34
Сталь А покращена	70	40	11
Сталь А азотована	–	50	50
Сталь В покращена	98	52	11
Сталь В азотована	–	62	62
Сталь С покращена	117	56	11
Сталь С азотована	–	65	65

Склад сталей у % : А – С=0,2; Cr=2,7;Ni=1,5; Mo=0,4; Al – немає; В – С=0,35; Cr=1,1;Ni=1,8; Mo=0,25; Al=1,1; С – С=0,25; Cr=0,25; Ni=1,7; Mo=0,3; Al – немає; V=0,25.

На думку професора Р. В. Акімова, з точки зору корозійно-втомної міцності, азотована спеціальна сталь може розглядатись для ряду середовищ як найкраща порівняно з усіма іншими металами [95].

7.6 Використання технологічних методів підвищення довговічності

У процесі спрацювання найважливішу роль відіграє стан і властивості тонкого поверхневого шару деталей, який формується при їх завершальній обробці. Розроблено багато способів зміни стану, структури і властивостей тонкого поверхневого шару деталей машин [84, 100]. Їх раціональне використання з урахуванням конкретних умов експлуатації і наперед заданими властивостями може значно підвищити надійність та довговічність машин і технологічного обладнання.

Термічне оброблення є одним із найпоширеніших методів зміни властивостей виробів. Полуменеве загартування незамінне для великогабаритних деталей, а також воно широко використовується для зміцнення зубців великих зубчастих коліс. Загартування ТВЧ підвищує міцність від утоми сталей на 40...100 %.

Професор Г. О. Прейс проводив порівняльні випробування спрацювання сталі 45, підданої об'ємному загартуванню і загартуванню ТВЧ. При окисному спрацюванні з невеликою швидкістю ковзання, коли незначно виявляється атермічне схоплювання, зносостійкість матеріалу, підданого поверхневому загартуванню, підвищується майже вдвічі. При окисному спрацюванні з більшою швидкістю ковзання загартування ТВЧ підвищує зносостійкість на 25...40 %, а при тепловому – воно не переважає об'ємного загартування. Значно кращі можливості з підвищення зносостійкості властиві хіміко-термічній обробці.

Перспективними для використання у вузлах тертя обладнання харчових і переробних виробництв є лазерні, електроіскрові, іонно-плазмові, гальванічні та комбіновані електрохімічні покриття. Їх застосування дає можливість істотно підвищити показники надійності й довговічності.

Лазерне загартування забезпечує підвищення зносостійкості деталей із вуглецевих сталей у 2...5 разів. Наприклад, лазерне загартування молотків подрібнювачів млинів МД-300 та МД-600 дало можливість збільшити їх втомну міцність та зносостійкість, унаслідок чого термін експлуатації їх подвоївся. Недоліками лазерної обробки є висока вартість обладнання, необхідність дотримання суворих санітарно-гігієнічних та екологічних вимог.

Іонне осадження – це також один із перспективних способів підвищення зносостійкості деталей. Найбільш розробленим методом іонної імплантації є метод іонного азотування. Азотування іонізованим азотом з успіхом використовують для зміцнення деталей різних габаритних розмірів із легованих і вуглецевих сталей. До недоліків методу належать: значна тривалість процесу і невелика продуктивність (процес може відбуватися протягом двох діб); необхідне виготовлення додаткового оснащення для розміщення деталей; обладнання для ведення процесу дорогокоштуване і має великі габаритні розміри.

Азотовані деталі завдяки великій твердості поверхні мають високу зносостійкість. Після іонного азотування зносостійкість бурякорізальних ножів збільшилась у 1,4 раза. Азотовані захисні втулки насосів бурякоцукрового виробництва зі сталі 45Х при перекачуванні вапняного молока, сульфатованого соку і соків першої та другої сатурації мали у 6 разів вищу зносостійкість, ніж серійні. Зносостійкість причіпних пальців бурякоелеватора збільшилась у середньому в 5...7 разів завдяки застосуванню азотування. Підвищення довговічності ножів кутера відбулось до 5 разів.

Електролітичні металопокриття отримують осадженням на поверхні деталі металу з утворенням шару незначної товщини при пропусканні через електроліт струму між анодом (з металу, який утворює покриття) і катодом (оброблюваною деталлю). На практиці найчастіше використовують електролітичне хромування. Номенклатура хромованих деталей тільки в харчовому машинобудуванні нараховує кілька сот найменувань. Процес осадження заліза з водних розчинів закисних солей заліза називають електролітичним залізненням.

Насталення спрацьованих валів обладнання можна здійснювати практично на будь-якому харчовому підприємстві з використанням способу гальванічного натирання. Використання способу азотування сталевих деталей в електролітах з наступним термообробленням дало можливість у 1,5...2,0 рази підвищити зносостійкість ножів пакувальних машин для загортання харчових концентратів і дріжджів.

Електролітичне покриття типу «вольфрам-нікель-азот» (% за масою: вольфрам – 10...30; азот – 2...5; нікель – залишок) відзначається підвищеною твердістю та зносостійкістю. Висока твердість, теплостійкість (до 800 °С) вольфрам-нікель-азотистих покриттів і гарні триботехнічні характеристики дали змогу рекомендувати їх для зміцнення опорних елементів хлібопекарських печей, які працюють за температури близько 300 °С. Реалізація електролітичних способів насичення поверхні азотом порівняно з відомими (наприклад, іонне азотування) відзначається простотою обладнання і меншими енерговитратами.

Технологія електрофорезу може бути ефективною для одержання перспективних у харчовій промисловості покриттів на основі фторетиленових полімерів, які мають високу хімічну інертність, зносостійкість і малий коефіцієнт тертя.

Електрофоретичне покриття (ЕФП) можна наносити на корозійностійкі й конструкційні сталі та титанові сплави. Таке покриття стійке в умовах фретинг-корозії і тертя ковзання та є інертним відносно майже всіх технологічних середовищ харчових виробництв. Іноді такі покриття можуть виконувати протиадгезійну функцію і запобігати налипанню харчових продуктів на деталі технологічного обладнання.

Фторопластові електрофоретичні покриття використовували для підвищення зносостійкості шарнірів цукеркозагортальних машин. Шарніри

загортальних автоматів працюють за незначних питомих навантажень і невеликих швидкостей (до 0,15 м/с) зворотно-обертового руху деталей в умовах сухого або граничного тертя. Нанесення на пальці шарнірів фторопласту-4ДВ електрофоретичним способом збільшило зносостійкість пари тертя більше ніж утричі (рис. 7.45).

Проведено дослідження з аналізу складових витрат на нанесення покриттів різними методами: електрометалізацією, газополуменевим, плазмовим і детонаційним напилюванням. Сумарні питомі витрати на технологічну операцію з нанесення 1 кг захисного покриття характеризують ефективність способів напилювання (рис. 7.46). Якщо технологічний процес передбачає оплавлення покриттів, то до витрат на напилювання слід додавати витрати на оплавлення.

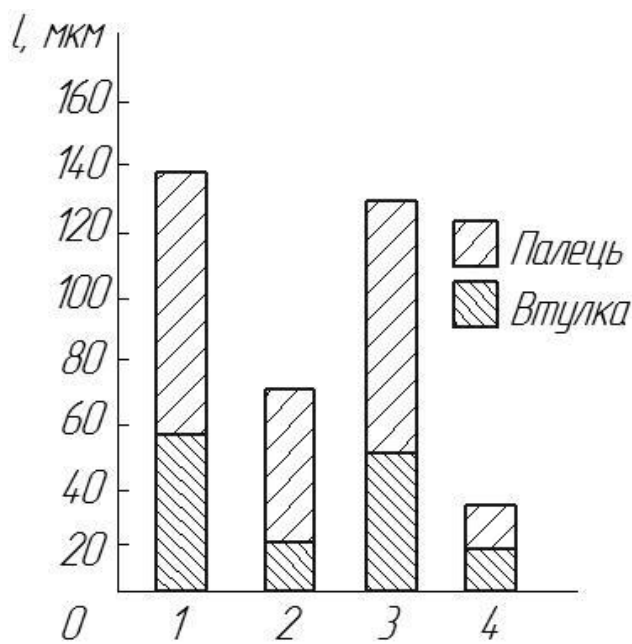


Рис. 7.45 – Спрацювання втулок зі сталі 45 (HRC 52...55) і пальців з різних матеріалів (HRC 52...55) після 50 робочих змін:

- 1 – сталь У8; 2 – 18ХГТ (цементована на глибину 0,8...1,0 мм); 3 – сталь 20 (цементована на глибину 0,8...1,0 мм); 4 – сталь 45 з ЕФП товщиною 0,04 мм

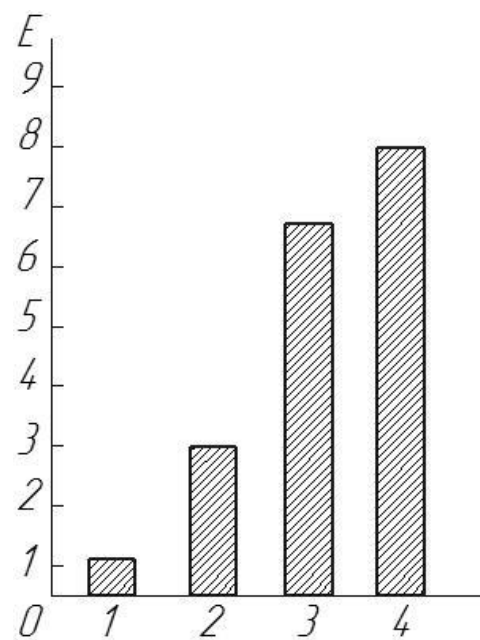


Рис. 7.46 – Відносна вартість E нанесення 1 кг покриття різними газо термічними способами:

- 1 – електрометалізацією;
2 – газополуменевим;
3 – плазмовим; 4 – детонаційним

Кожний із газотермічних способів нанесення захисних покриттів має свої найефективніші сфери застосування. Електрометалізацію та газополуменеве напилювання рекомендується використовувати в малосерійному виробництві, при виготовленні та відновленні одиничних деталей, у тому числі великогабаритних, у ремонтному виробництві, а також для антикорозійного захисту деталей і зварних конструкцій. Способи плазмового і детонаційного напилювання доцільніше застосовувати у великосерійному виробництві, при виготовленні та відновленні відповідальних деталей, які повинні мати високі фізико-механічні властивості напиленого шару.

Нижче наведено результати досліджень впливу технологічних методів нанесення покриттів на підвищення довговічності деталей обладнання переробних та харчових виробництв.

При дифузійній хіміко-термічній обробці (ХТО) поєднуються термічний і хімічний вплив на матеріал деталей для підвищення довговічності. На поверхні деталі утворюється шар, який має істотні відмінності від серцевини. По суті, на поверхні наявний новий сплав, що за своїми фізико-хіміко-механічними властивостями може значно відрізнитися від матеріалу основи.

При ХТО поверхневий шар може насичуватись різними методами. Для підвищення довговічності деталей обладнання харчової промисловості велике значення мають способи нанесення багатокомпонентних покриттів: хромоалітування, бороалітування, боросиліціювання, борохромування, боротитанування, хромосиліціювання та ін. При вдалому виборі дифузійних покриттів тривалість експлуатації обладнання харчової промисловості збільшується в середньому в 5...8 разів.

При хромоалітуванні значно підвищується зносостійкість, корозійна і ерозійна стійкість. Так, зносостійкість хромоалітованої сталі У8 в умовах тертя ковзання без змащування в 1,5...2,0 рази вища, ніж без ХТО. Корозійна стійкість у водних розчинах NaCl, H₂SO₄, HSO₃, HCl, H₃SO₄ і CH₃COOH збільшується порівняно з незахищеними вуглецевими сталями в 5...10 разів, а ерозійна – в 4 рази.

Бороалітування застосовують для підвищення зносостійкості і жаростійкості, корозійної стійкості металів і сплавів. Корозійна стійкість вуглецевих сталей 20 і 45 у розчинах кухонної солі підвищується в 9...11 разів. Боросиліціювання застосовують переважно для підвищення зносостійкості й корозійної стійкості деталей. Борохромування широко застосовують завдяки значним підвищеним фізико-хімічним характеристикам боридних шарів у поєднанні з хромом. Боротитанування надійно захищає вироби від корозії в агресивних середовищах харчової промисловості, інтенсивного абразивного і кавітаційно-ерозійного спрацювання. Хромосиліціювання сталей підвищує їх зносостійкість, ерозійну і кавітаційну стійкість, опір газовій і електрохімічній корозії. В результаті хромосиліціювання кавітаційна стійкість сірого чавуну підвищується в 4...6 разів.

Численні дослідження показали, що дифузійне хромування підвищує корозійну стійкість залізобуглецевих сплавів у дифузійному соку до рівня корозійностійких сталей. Рекомендується хромувати ножі зі сталі У7 для різання буряків, а електролізне борування дає змогу втричі підвищити їх довговічність.

При випробуванні у вині на низьковуглецевих сталях найбільш корозійностійкими виявились дифузійні шари на основі Cr, Cr+Ni, Cr+Ti, Cr+Ti+Al. Вони підвищують опір корозії сталі 20 у 20...25 разів. Аналогічні результати одержано і на сталях із середнім вмістом вуглецю:

хромотитанування підвищує корозійну стійкість сталі 45 у вині в 44 рази, хромосиліціювання – в 31, хромування – в 27, борування, титаноалітування, хромосиліціювання – в 5...8, хромотитаноалітування, хромоалітування, хромо-титано-силіціювання і титано-алюмо-силіціювання й алітування – в 1,3... 1,5 рази. Силіціювання, хромо-алітування і титано-силіціювання не захищають сірий чавун від корозії у виноградних винах.

Хромування підвищує корозійну стійкість сталі 10 у цукровому сиропі в 10...50 разів, хромоалітування – в 6...12, алітування – в 5...10, цинкування – в 3...7 разів. Для роботи в середовищах з рН 4,5...8,0 рекомендуються силіційні покриття, які дають можливість підвищувати термін експлуатації валів у сальникових ущільненнях насосів СОТ у 5...10 разів.

Останнім часом у промисловості почали застосовувати іонне азотування, що значно переважає пічне газове азотування. Зносостійкість сталі 38ХМЮА після іонного азотування в 2...3 рази вища, ніж після газового. Зносостійкість азотованих сталей у 1,5...4,0 рази вища, ніж загартованих, цементованих, нітроцементованих і ціанованих.

На цукрових заводах проведено випробування поліпшених і азотованих захисних втулок насосів СОТ-100 зі сталі 45. Випробування показали, що можна в 2...3 рази підвищити їх довговічність у лужних і в 3...4 рази – в нейтральних середовищах. У результаті аналізу роботи втулково-роликкових ланцюгів на цукрових заводах встановлено, що тривалість їх служби визначається головним чином зносостійкістю причіпних пальців. Проведені дослідження показали, що середнє спрацювання азотованих пальців із сталі 38Х2МЮА, які мають найвищу твердість, у 12 разів менше, ніж незміцнених зі сталі Ст3, і в 2,8 рази – цементованих. У результаті термодифузійного хромування кавітаційна стійкість у 3 %-му розчині NaCl для зразків зі сталі 20 підвищилась в 4,4 рази, сталі 45 – в 4,0 і чавуну СЧ18 – у 6,0 разів.

Перспективним для підвищення довговічності та зносостійкості деталей технологічного обладнання й інструменту може бути іонне азотування. Так, у розчинах солі умовна границя корозійної втоми після газового азотування збільшується в 4,5 рази, а після іонного – в 6,5 разів.

Результати виробничих випробувань робочих коліс і кришок насосів молочної промисловості, які піддавались іонному азотуванню показали, що тривалість їх експлуатації при перекачуванні насичених розчинів солі збільшується більш ніж у 6 разів. Таким чином, проведені дослідження довели доцільність використання ХТО (зокрема, іонного азотування і термодифузійного хромування) для підвищення кавітаційно-ерозійної стійкості сталевих і чавунних деталей обладнання.

Після хромування зносостійкість ножів вовчка підвищується в 1,5 рази, а двофазне борування решіток дозволяє підвищити їх напрацювання на відмову до 4...5 разів. Хромування та хромо-титанування решіток дозволяє підвищити зносостійкість їх робочих поверхонь у 8...12 разів.

Однак, слід відмітити суттєві недоліки цих методів – великі витрати енергії та часу на проведення процесу, а також – надто високе підвищення крихкості поверхневого шару деталі. Це призводить до неможливості використовувати такий інструмент в практичних умовах експлуатації.

Застосування кріогенного зміцнення ножів вовчка призводить до підвищення їх довговічності у 2...3 рази. Однак здійснення цього методу потребує складного технічного оснащення, та, відповідно, значних капіталовкладень. До того ж, позитивний ефект при зміцненні спостерігається не в усіх випадках, що значно звужує можливість використання даного методу в промислових умовах.

Електроіскрове легування поверхневих шарів лез ножа вовчка дозволяє підвищити його довговічність у 1,5...2 рази. Перевагою даного методу зміцнення є достатньо проста конструкція обладнання для його реалізації, недоліком же є – недостатньо висока його ефективність.

Грунтовно досліджені методи наплавлення зношених поверхонь ножів вовчка. Ручне електродугове наплавлення дозволяє наносити шари зносостійких матеріалів на леза ножа. При цьому товщина нанесеного шару може сягати 2...10 мм, а кількість шарів – від 2 до 4. Досягається підвищення зносостійкості у декілька разів в порівнянні зі звичайними ножами. При цьому вартість наплавлення одного ножа складає лише близько 15% від його собівартості. Перевагою електродугового наплавлення є достатньо проста конструкція обладнання та оснащення для його реалізації.

За останні три десятиріччя практика зміцнення та відновлення деталей поповнилась методами газотермічного напилювання покриттів (ГТНП). Методи ГТНП мають переваги порівняно з іншими способами: високу продуктивність процесу напилювання; незначну температуру нагрівання поверхні деталі (не вище ніж 200...300 °С); універсальність у використанні матеріалів покриттів; можливість покривати відкриті поверхні габаритних виробів і конструкцій, у тому числі листових, тонкостінних, і напилювати покриття на поверхні не тільки металів, а й пластмас, кераміки, графіту, деревини та інших матеріалів; відносну простоту технології.

Найпоширенішими є методи електродугової металізації, газополуменевого та детонаційного напилювання.

Використовують такі способи газополуменевого нанесення порошкових покриттів: напилювання з одночасним оплавленням, напилювання з наступним оплавленням, напилювання без оплавлення.

Порошок самофлюсованого сплаву ПГ-10Н-01 слід використовувати для нанесення покриттів на сталеві та чавунні деталі за значного вмісту в технологічному середовищі абразивних частинок. Максимально допустима робоча температура для покриття становить 700 °С. Покриття можна використовувати для зміцнення та відновлення захисних втулок компресорів і насосів, шийок валів, кулачків, ексцентриків, а також деталей, які працюють в умовах абразивного спрацювання (змішувачів, ланцюгів конвеєрів у цукровому виробництві) та в агресивних середовищах.

У практиці газотермічного напилювання використовують різні метали і сплави, оксиди, бориди, силіциди, нітриди, карбіди та інтерметаліди.

Покриття з корозійностійких сталей, хрому, нікелю, молібдену, ніобію характеризуються високою корозійною стійкістю. Покриття оксидами алюмінію, цирконію, хрому, титану відзначаються теплостійкістю, твердістю, корозійно- і зносостійкістю в умовах абразивного спрацювання.

Більшість деталей вузлів тертя машин галузі виготовляють із вуглецевих сталей, чавунів і бронзи. Тому при виборі найефективніших покриттів було обрано порошкові матеріали марок ПС-12НВК-01 та ПГ-19М-01. Випробування відновлених і зміцнених деталей показали, що зносостійкість колінчастих валів збільшилась у 3...5 разів, а стійкість ексцентрикових валів після «холодного» напилювання порошком ПГ-19М-01 була в 2...3 рази більшою порівняно з серійними зі сталі 45 (рис. 7.47).

Сплав ПГ-10Н-01 використовували для зміцнення деталей ланцюгів бурякоелеватора, які працюють в умовах абразивного спрацювання за відсутності змащування. Випробування пальців після нанесення покриття з порошку ПГ-10Н-01 і подальшого оплавлення СВЧ ($HRC_e 60$) показало, що їх стійкість підвищилась у 5 разів (рис. 7.48).

Плазмове напилювання – це подальший розвиток металізації напилюванням. Воно дає можливість отримувати покриття щільніші, ніж при газополуменовому напилюванні, а робочі поверхні деталей – з мінімальною шорсткістю після механічної обробки.

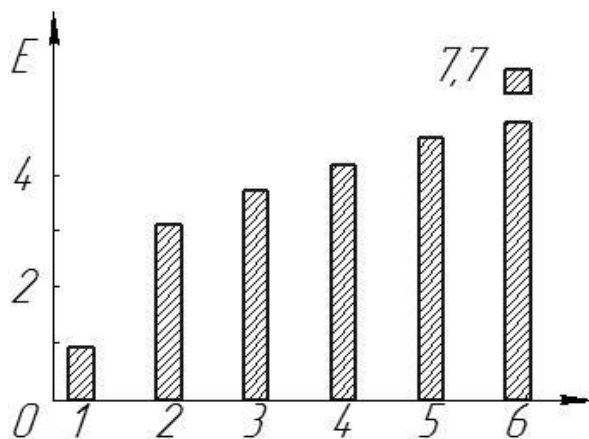


Рис. 7.47 – Відносна зносостійкість матеріалів в умовах абразивного спрацювання:

- 1 – сталь 45; 2 – ПГ-12Н-01; 3 – ПГ-12Н-02;
4 – ПГ-10Н-01; 5 – ПГ-10К-01;
6 – ПС-12НВК-01

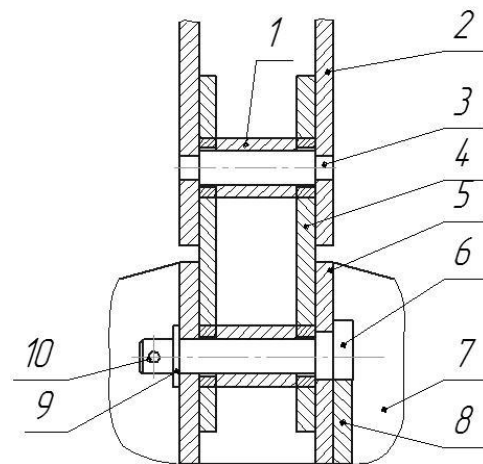


Рис. 7.48 – Ланка роликово-втулкового ланцюга бурякоелеватора:

- 1 – втулка; 2, 4, 5 – пластини; 3 – палець;
6 – причепний палець; 7 – ковш;
8 – упор; 9 – шайба; 10 – шплінт

Досліджено перспективність підвищення довговічності деяких деталей обладнання харчових виробництв за допомогою плазмових покриттів з порошків нікель-алюмінієвого сплаву ПН85Ю15, оксиду хрому Cr_2O_3 , плазмотекса ОТЗ ($Al_2O_3 + 3\%TiO_2$), нормального електрокорунду Мн28 і титанистого, бронз БрАЮ і БрОЮ, рутилового концентрату, порошків

ПГ-19М-01 і ПТ-19Н-01. Покриття з порошку сплаву ПН85Ю15 також можна застосовувати для підвищення довговічності деталей обладнання, яке працює в кислих технологічних середовищах (рис. 7.49).

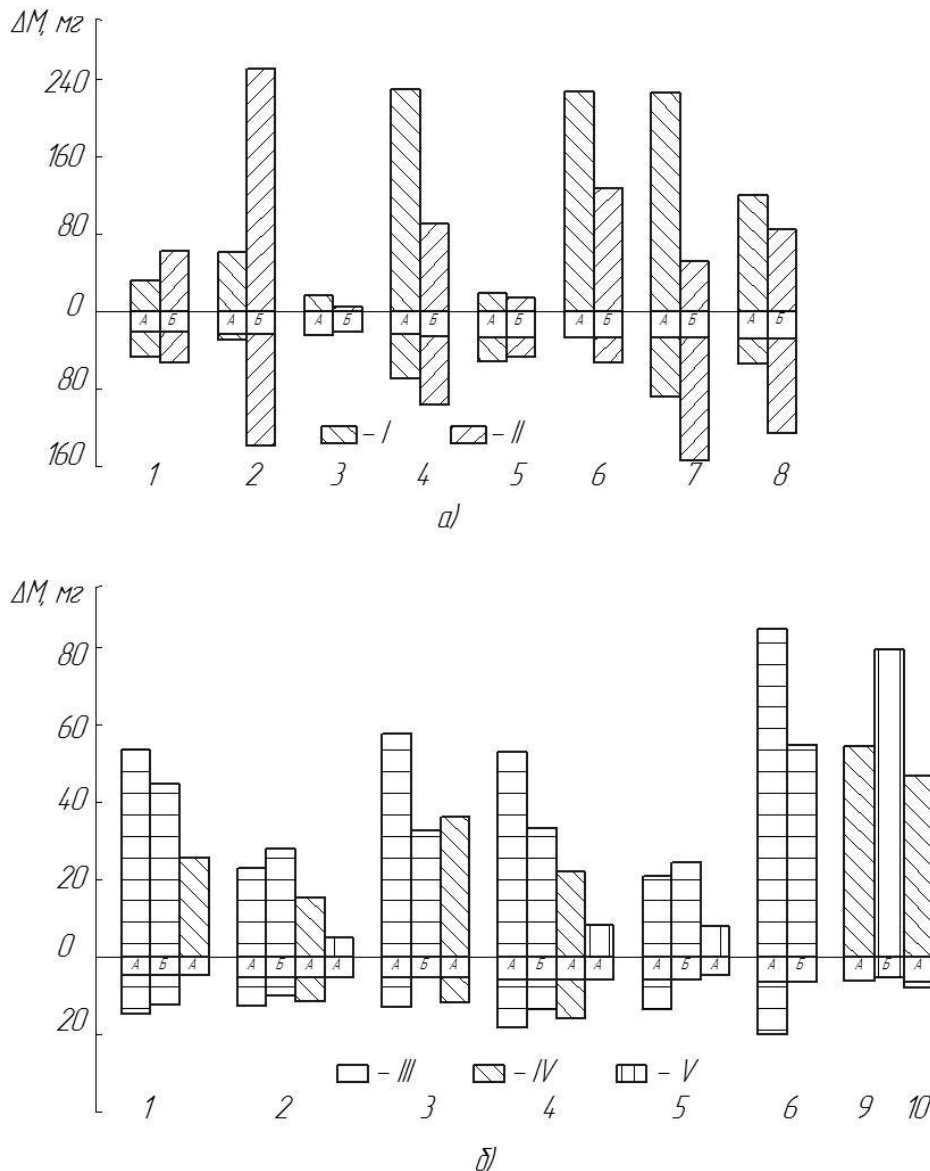


Рис. 7.49 – Втрата маси ΔM покриттів із порошків:

- 1 – нікель-алюмінієвого сплаву; 2 – оксиду хрому; 3 – рутилового концентрату;
 4, 5 – нормального і титанового електрокорунду; 6, 8 – бронз БрА10 і БрО10;
 7 – плазмотекса ОТЗ; 9 – ПГ-19М-01;
 10 – ПТ-19Н-01 і контр тіл зі сталі 45 (А) і чавуну СЧ20 (Б):
 а) при сухому терті (I, II); б) у модельних розчинах тіста (III),
 цукробурякового виробництва (IV) і в молочній сироватці (V)

Встановлено доцільність використання плазмових покриттів у технологічних середовищах харчової промисловості при абразивному спрацюванні. Результати випробувань застосовували при зміцненні захисних втулок валів відцентрових насосів, які перекачують ставкову, транспортно-мийну, жомопресову і кислужомову воду, дифузійний і сатурований соки та вапняне молоко (табл. 7.15). Застосування зміцнених втулок дало змогу в 2...5 разів зменшити втрати напівфабрикатів.

Таблиця 7.15

Середньодобове спрацювання *S* захисних втулок відцентрових насосів і вплив плазмових покриттів на спрацювання

Технологічне середовище	$S \cdot 10^{-3}$, мкм	Рекомендоване плазмове покриття	Коефіцієнт збільшення зносостійкості <i>k</i>
Кисложомова вода	135	ОТЗ	5,1
Транспортерно-мийна вода	67	ПГ-10Н-01	5,6
Ставкова вода	15	ПГ-10Н-01	7,2
Вапняне молоко	45	ОТЗ	6,3
Дифузійний сік	33	ПН85Ю15	3,0...5,2
Сік першої сатурації	20	Мн28	3,1
Конденсат випарних апаратів	6,0	ПН85Ю15	9,2

Найбільшому корозійно-механічному спрацюванню в апаратах типу ПДС-20 піддається корпус і транспортна система в середній частині дифузійного апарата. Дослідження показали, що термін експлуатації опор ковзання дифузійних апаратів типу ПДС-20 та ПДС-30 не перевищує 230...350 діб, що становить 2...3 виробничих сезони. Для зміцнення деталей транспортної системи нахилених дифузійних апаратів використано різні захисні покриття, проте найкращим за зносостійкістю виявилось покриття ПН55Т45 (№–55, Ті–45 % за масою). У технологічному стані транспортної системи після трьох років експлуатації помітних змін не виявлено.

Для зміцнення деталей, які працюють в умовах дії завислих абразивних частинок, що пересуваються з великою швидкістю (абразивна ерозія), ефективними є оксидні покриття. Це стосується вентиляторів для відсмоктування забрудненого пилом повітря. Щоб захистити від абразивної ерозії, радіусну частину корпусу вентилятора та лопаті крильчатки зміцнили плазмовими покриттями порошком електрокорунду Мн28 з прошарком порошку ПН85Ю15. Це дало змогу в 3...4 рази збільшити довговічність вентиляторів.

Для зміцнення плазмовим напилюванням можна рекомендувати деталі шнек-пресів (шнеки, вали, півмуфти), фризерів (циліндри, ножі), сирних пресів (полиці, траверси), шестерінчастих насосів (вали, кришки, деталі торцевих ущільнень), деталі борошновозів (сальникові ущільнення редуктора) і гомогенізаторів (вали), цапфи валів і деталі транспортної системи дифузійних апаратів, опорні ролики хлібопекарських печей, які працюють за температур до 300 °С, великогабаритні вали дискових фільтрів, а також вали цукронасосів для цукробурякових заводів.

На хлібо заводах можна виокремити такі деталі та вузли для захисту і відновлення плазмовими та газополуменевими покриттями: опорні ролики хлібопекарських печей, вали шестерінчастих насосів, робочі органи тістозмішувачів, робочі органи (вал, поршень, циліндр) тістоділильних машин, вали-шнеки гвинтових насосів.

На макаронних фабриках захисту від спрацювання і відновленню плазмовим напилюванням підлягають шнеки і циліндри пресів макаронного виробництва, сталеві ролики барабанів, сушарок, алюмінієві напрямні сушарок, деталі дозаторів борошна на пресах.

Особливо доцільним є використання газотермічного напилювання для великогабаритних деталей у цукровій промисловості: валів і втулок дифузійних апаратів, вакууапаратів, змішувачів, фільтрів, бурьяконасосів, відцентрових насосів для перекачування технологічних середовищ, пальців бурьякоелеваторів і конвеєрів та ін.

У молочній промисловості газотермічним напилюванням відновлюють запірні крани, вали і захисні втулки насосів, а також деталі автоматів для фасування молока в багатошарові паперові пакети, пляшкових конвеєрів, пляшкокомийних машин, машин розливу та ін.

Обстеження обладнання м'ясокомбінатів дало змогу виділити такі деталі для газотермічного напилювання та наплавлення: приводні вали в установках для оброблення кишок; осі ножів відцентрових машин; вали сепараторів; привідні вали установок для зняття шкір; вали вовчків; вали-шестерні кутерів; ножові вали кутерів; осі та вали кутерів-змішувачів; вали та осі фаршезмішувачів; вали насосів, котлетних і пельменних автоматів та ін.

Для детонаційного напилювання найчастіше застосовують карбід вольфраму на кобальтовій основі, а також покриття з оксиду алюмінію і керметів складнішого вмісту та інші порошкові сплави. Детонаційне напилювання можна використовувати для зміцнення деталей кондитерської, м'ясомолочної, цукрової, хлібопекарської промисловості. Так, підвищення довговічності різального інструменту для загортальних автоматів відбувається завдяки нанесенню детонаційного покриття з твердого сплаву ВК15 на передню поверхню обертового ножа. Підвищення зносостійкості в 2...3 рази досягнуто також при напилюванні сплавами ВК8 і ВК15 ножів бурьякорізок на цукрових заводах.

Високою ефективністю для підвищення зносостійкості ножів вовчків і кутерів володіє технологія імпульсно-плазмової обробки [41, 42]. Цей метод розроблений вченими Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України Тюрніним Ю. М. та Колісніченком О. В. Він дозволяє проводити як суто поверхнєве зміцнення матеріалу інструменту, так і детонаційне напилювання зносостійких покриттів на нього.

При імпульсно-плазмовому зміцненні короткотривалий температурний вплив забезпечується завдяки використанню вибухових речовин (газу) та посиленню детонаційних хвиль електромагнітним полем поміж електродними вузлами. Також в процесі обробки відбувається легування поверхні інструменту продуктами ерозії металевого електроду (молібден, вольфрам) та газу (пропан, азот). Переваги технології імпульсно-плазмового зміцнення обумовлюють високу її ефективність (як при імпульсному лазерному зміцненні), високу продуктивність (до 0,5 м²/год), значно більший

ККД нагріву (0,8 проти 0,05) та меншою у десятки разів вартістю технологічного обладнання у порівнянні з технологією лазерного зміцнення.

Після імпульсно-плазмового зміцнення зносостійкість ножів вовчків і кутерів збільшується до 2...4 разів. Після нескладного переналагодження це ж саме обладнання може використовуватись для детонаційного напилювання зносостійких матеріалів на зношені поверхні.

У харчових і переробних галузях агропромислового комплексу використовують значну кількість холодильних агрегатів. Для зміцнення і відновлення деталей компресорів взято такі покриття: для колінчастих валів і ексцентриків, що працюють у парі з антифрикційним алюмінієвим сплавом, – детонаційне покриття з порошку евтектичного сплаву на основі заліза, легованого алюмінієм системи Fe–C–Ni–Al; для колінчастих валів і ексцентриків, що працюють у парі з бронзовими сплавами, – детонаційне покриття з порошку евтектичного сплаву на основі заліза, легованого титаном системи Fe–C–Ni–Ti; для пари тертя «ротор-циліндр», герметичного ротаційного компресора – іонно-плазмове тонкошарове покриття на основі нітриду ванадію. Інтенсивність спрацювання покриття з порошку евтектичного сплаву на основі заліза, легованого титаном, зменшилась у 2,5...3,0 рази.

Задля підвищення корозійної стійкості елементів машин і апаратів харчової промисловості перспективним способом підвищення довговічності сталевих виробів і економії сталі (крім цинкування та інших покриттів) слід вважати алюмінівання з електродуговою металізацією. Світовий і вітчизняний досвід свідчить, що в атмосферних умовах і за середньої та слабкої агресивності середовищ захисна дія алюмінієвих покриттів зберігається 15...20 років, а в поєднанні з традиційними фарбовими покриттями – 35...40 років.

Алюмініванням методом ЕЛМЕТ (електрометалізації) покривають резервуари, витяжні труби широкого призначення. Для антикорозійних покриттів найчастіше використовують цинковий марки ЦІ та алюмінієвий марок АД1, АМц дріт. При нанесенні зносостійких покриттів на спрацьовані й нові деталі можна використовувати дріт з аустенітної малоуглецевої корозійностійкої сталі типу 12Х18Н10Т, а також з високохромистих корозійностійких сталей. Ці покриття характеризуються малою усадкою і не схильні до утворення тріщин. ЕЛМЕТ застосовували для збільшення довговічності внутрішніх поверхонь корпусів колонних і нахилених дифузійних апаратів бурякоцукрового виробництва. Це дало змогу у кілька разів збільшити термін експлуатації дифузійних апаратів.

Поширеними є покриття різними полімерами. Для захисту внутрішніх поверхонь апаратів, трубопроводів, арматури застосовують такі покриття: співполімервінілхлоридні, фторо-пластові, поліолефінові, поліуретанові, фенолоформальдегідні, силіційно-органічні, каучукові, епоксидні.

Щоб поліпшити властивості покриттів, їх часто використовують із наповнювачами. Наприклад, покриття на основі пентапласту А, що наповнені залізним суриком і оксидом хрому в кількості 0,5...1,5 %, застосовували в консервному виробництві для захисту пружин наповнювачів

томатної пасти і зеленого горошку, в цукрорафінадному – для деталей автоматичних ліній пресування швидкорозчинного цукру-рафінаду. На поверхні металевих деталей їх наносили напилюванням порошку або суспензії. Ці покриття показали в 2...5 разів більшу довговічність, ніж, наприклад, хромонікелеві. На пивзаводі заміною чавунних ущільнювальних кілець на золотниках парового розподілу насоса ПДВ-20/25 на кільця з фторопласту-4Д було досягнуто унеможливлення заклинювання кілець і значного збільшення терміну експлуатації обладнання. У виробництві плавлених сирів було запропоновано виготовляти вихідні решітки подрібнювача сирної маси типу МПТ-120 з фторопласту-4Д замість сталі У7, що дало змогу підвищити довговічність подрібнювача в 10 разів.

Одними з найперспективніших матеріалів для пар тертя є композиційні. Композиційні матеріали, які отримують методом порошкової металургії, можна успішно використовувати під час роботи без змащування або зі змащуванням водою і технологічними рідинами харчових виробництв, у широкому інтервалі температур, навантажень і швидкостей. Наприклад, добре зарекомендували себе в підшипниках з водним змащуванням бронзофторопластові композиції. На кондитерських фабриках стрічковий бронзофторопластовий матеріал використовували в шарнірних вузлах загортальних автоматів.

Вітчизняні наповнені фторопласти такі: ФКН-7 (з графітом і дисульфідом молібдену), ФКН-14 (з графітом, дисульфідом молібдену і скловолокном), АФГМ (з графітом і дисульфідом молібдену), 7В-2А (з графітом), АФГ-80ВС (з графітом) та ін. Із зарубіжних матеріалів найвідомішими є матеріали фірми «Гласир» (на основі фторопласту з графітом, олов'янистої бронзи і свинцю).

У харчовій промисловості для захисту від корозії і спрацювання деталей конструкційних матеріалів використовують різні атмосферо- і хімічностійкі захисні покриття. Особливий інтерес становлять спеціальні покриття, які одночасно із захисними виконують деякі специфічні функції.

Спеціальні покриття для харчових виробництв вивчені недостатньо. До таких покриттів належать: фунгіцидні, спеціальні антильодові, термостійкі (вогнестійкі), теплопровідні, електропровідні, нагрівні, антистатичні, світловідбивні, кавітаційно- та ерозійностійкі, зносостійкі, морозостійкі, флуоресцентні, склоемалеві та ін.

Фунгіцидні покриття – надійний спосіб проти плісняви і грибів. Покриття застосовують на харчових підприємствах, де його наносять на стіни, стелі та обладнання. Покриття стійке до миття гарячою водою і механічної дії щіток. Для захисту від сульфатгенеруючих бактерій найбільш придатні епоксидні, епоксидо-кам'яно-вугільні, вінілові та поліуретанові покриття. Найменшу біопошкоджуваність мають полімерні покриття з низьким водовбиранням: поліолефінові, поліфтор-етиленові, вінілові, поліакрилатні, силіцієорганічні, феноло-і сечовино-формальдегідні (затвердівають під час нагрівання), епоксидні.

Спеціальні антильодові покриття доцільно застосовувати у холодно-компресорних і технологічних цехах харчових та переробних виробництв, обладнаних трубчастими ропними батареями, щоб запобігти покриттю льодом поверхонь охолодження. До них належать покриття на основі органосилоксанів. Наприклад, покриття ОСМ-61 за кріофобністю у 20 разів перевищує очищену від корозії сталеву поверхню.

Термостійкі покриття надійно захищають від інтенсивних корозійних руйнувань збірники гарячого водопостачання і трубопроводи. Для таких покриттів використовують алкідні, епоксидні, поліуретанові, силіцієорганічні смоли, наповнені алюмінієм, цинком, слюдою, тальком, графітом, діоксидом силіцію, оксидом алюмінію. Внутрішні поверхні резервуарів для гарячої води покривають полівініліденфторидом, епоксидними смолами, амінопластом, наповненим діоксидом титану або силікатом цирконію і цинку.

Теплопровідні покриття дають змогу не тільки захистити машини, агрегати і комунікації від корозійних руйнувань, а й зберегти потрібний теплообмін у системі «середовище–метал–середовище». Якщо потрібно мати протилежний ефект, то застосовують теплоізоляційні покриття. Як наповнювачі для них використовують азбест, подрібнену деревину, пластмаси, лігнін.

Електропровідні покриття застосовують для відведення з поверхонь деталей і вузлів, що експлуатуються (стрічкових конвеєрів, норій, трансмісій), статичної електроенергії. Електропровідність полімерних покриттів підвищують наповнювачами: міддю, корозійностійкими сталями, сажею, колоїдним графітом, графітизованим волокном, технічним вуглецем.

Нагрівні покриття у харчових галузях доцільно використовувати для зняття снігових «шуб» з поверхонь охолодження, обігрівання обмерзлої арматури (ропної, вуглекислотної), сушіння трапів і перехідних драбин в умовах постійної вологості, підігрівання лабораторного посуду і водопровідних труб. Нагрівними є електропровідні покриття, до яких підводиться струм малої і безпечної напруги.

Світловідбивні покриття застосовують на харчових підприємствах для захисту від інтенсивного нагрівання сонячними променями конденсаторів, ресиверів, трубопроводів охолоджувальної води, металоконструкцій градирен, дахів бродильно-лагерних та інших охолоджуваних цехів. Покриття білого кольору знижують ступінь нагрівання металевих поверхонь у 1,5 рази порівняно з непокритим металом і в 2 рази порівняно з аналогічними покриттями чорного кольору. Застосування світловідбивних покриттів для захисту дахів бродильно-лагерного цеху пивобезалкогольного комбінату дало можливість, незважаючи на високі температури весняно-літнього періоду, забезпечити в ньому належну температуру (1...7 °С).

Кавітаційно- та ерозійностійкі покриття підвищують експлуатаційну надійність вентиляторів, димососів, насосів харчових виробництв, які працюють в умовах ерозійних руйнувань і кавітаційної дії середовищ. До них належать співполімервінілхлоридні (ХС-4) і епоксиднокаучукові (ЕП-73, ЕП-917) емалі.

Як зносостійкі покриття у харчовій промисловості використовують переважно поліуретани, пентапласт, політе-графторетилени, поліаміди, епоксидні композиції. Полімери також часто використовують для захисту деталей машин і обладнання від дії інтенсивних ударних навантажень, які виникають при вібраціях. Покриття на основі ненаповнених поліуретанових еластомірів стійкі до молока, харчових кислот, солоної води, мастил і розчинників, які використовуються у молочній, консервній і рибній промисловості. За стійкістю до абразивної ерозії ці покриття кращі за корозійностійкі сталі, які належать до ерозійностійких матеріалів. Добре протистоять абразивному спрацюванню труби з поліуретановими покриттями. Перспективним зносостійким матеріалом є полівініл-іденфторид. Його застосовують для покриття і футерування елементів насосних агрегатів для перекачування агресивних середовищ.

Фізико-хімічне модифікування значно підвищує зносостійкість полімерних покриттів. Модифікаторами можуть бути неорганічні й мінеральні добавки: дисульфід молібдену, тальк, аморфний бор, карбід силіцію, оксид цинку, бронзова і алюмінієва пудри. Наповнювачами є карбіди, нітриди, бориди важкоплавких металів, а також складні з'єднання (карбонітриди, карбобориди і оксикарбіди). Їх зносостійкість в певних умовах у 2,8 рази вища, ніж загартованої сталі 45. Такі покриття використовують для захисту від спрацювання робочих коліс відцентрових насосів.

Склоемалеві покриття характеризуються багато-функціональністю. Вони мають високу зносо-, тепло- і хімічну стійкість, забезпечують незначне налипання продуктів, зменшують їх втрати, полегшують миття апаратів. Застосування труб зі склоемалевими покриттями у мережах гарячого водопостачання показало, що термін їх експлуатації у 5...6 разів вищий порівняно з оцинкованими.

Лудження деталей (покриття оловом) застосовують для прискорення припрацювання чавунних і алюмінієвих деталей.

Спеціальні покриття підвищують експлуатаційну надійність і довговічність машин та агрегатів не лише за умов агресивної дії технологічних середовищ, а й за специфічної дії мікроорганізмів, налипанні харчових продуктів, низьких і підвищених температур, ультрафіолетового випромінювання, ударно-абразивного спрацювання і кавітації.

Морозостійкі покриття в умовах харчових і переробних виробництв потрібні для захисту обладнання, розміщеного на відкритому повітрі, а також для обладнання і комунікацій холодильників, холодильно-компресорних і деяких охолоджувальних цехів.

Флуоресцентні покриття на харчових підприємствах застосовують у транспортних галереях, місцях, де зберігається зерно, солодових цехах, у цехах з високою вологістю задля гарантування безпеки робіт і безаварійної експлуатації обладнання в умовах недостатньої видимості.

7.7 Поліпшення довговічності обладнання шляхом забезпечення оптимальних умов змащування

Працездатність механізмів і машин, їх довговічність істотно залежать від трьох основних чинників: конструкції, технології (якості) виготовлення та раціонального змащування [100].

Мастильний матеріал в машинах та механізмах виконує такі функції:

- знижує сили тертя, які виникають у ділянці контакту її елементів;
- зменшує спрацювання та запобігає схоплюванню рухомих дотичних поверхонь;
- відводить теплоту із зони тертя;
- захищає поверхні тертя елементів системи та інші неізольовані від корозійного впливу зовнішнього середовища поверхні;
- ущільнює зазори між спряженими елементами трибосистем;
- видаляє із зони спряження деталей продукти спрацювання, корозії та різні забруднення.

Змащувальна ефективність мастильного матеріалу залежить від багатьох взаємопов'язаних чинників: властивостей самого мастильного матеріалу, в тому числі від його трансформації в процесі використання; стану і властивостей поверхонь тертя та їхньої зміни протягом експлуатації; характеру взаємодії між компонентами мастильного матеріалу, поверхнями тертя і плівками, які утворюються на них; параметрів режиму тертя (швидкості, навантаження, температури тощо).

У харчовій промисловості та галузевому машинобудуванні використовують такі основні види мастильних матеріалів: рідкі (переважно мінеральні, органічні й синтетичні оливи), пластичні або густі (мазі), тверді та газоподібні. За призначенням оливи поділяють на трансмісійні, індустриальні, гідравлічні, компресорні, електроізоляційні, консерваційні та спеціальні.

Трансмісійні оливи призначені для змащування механічних і гідромеханічних передач.

Індустріальні оливи застосовують для зменшення коефіцієнта тертя у вузлах тертя промислового обладнання. Водночас вони призначені для відведення теплоти, захисту деталей від корозії, очищення поверхонь тертя від забруднення, ущільнення, запобігання зчепленню поверхонь тертя. Такі оливи поділяють на чотири групи: для гідросистем; для напрямних ковзання; для зубчастих передач; для підшипників кочення.

Гідравлічні оливи (рідини) використовують як робоче тіло в гідросистемах різних машин. Для амортизаторів (через специфіку їхньої роботи) застосовують спеціальні оливи, робочий діапазон температур яких має становити від -60 до $+400$ °С.

Компресорні оливи використовують для змащування і герметизації вузлів тертя різних компресорів і вакуумних насосів.

Електроізоляційні оливи призначені для захисту електротехнічних виробів, вузлів, апаратури від електропробою.

Консерваційні матеріали (оливи, розчини з обмеженою розчинністю, аерозолі, емульсії) призначені для захисту технічних виробів, вузлів, апаратури, машин, конструкцій від атмосферної корозії і корозійно-механічного спрацювання. До цієї групи входять тільки оливи для консервації і ходові.

Оливи класифікують за критеріями в'язкості та якості. Трансмійні оливи, зокрема, класифікують за обома критеріями, а індустріальні – тільки за критерієм в'язкості. За якістю оливи поділяють на звичайні (без присадок), з присадками і з наповнювачами (твердими мастилами). Оливи, які добре захищають від одного виду спрацювання, можуть не захищати від інших його видів і навіть стимулювати руйнування поверхонь тертя. Щоб поліпшити експлуатаційні властивості оливи, їх легують присадками. Такі композиції найчастіше замінюють звичайні оливи в усіх відповідальних випадках.

Мастила призначені для зменшення і запобігання спрацюванню, зниження коефіцієнта тертя. У багатьох випадках оливи одночасно мають відводити теплоту із зони тертя, запобігати корозії, виконувати спеціальні функції, наприклад передавати рух у гідроприводах. Тому експлуатаційні властивості оливи поділяють на змащувальні та службові.

Експлуатаційні властивості оливи (насамперед, в'язкість) забезпечують прямий або непрямий вплив на змащувальну здатність. Вони мають задовольняти певні норми роботи технічних об'єктів, бо інакше під час експлуатації машин і обладнання можуть бути ускладнені, навіть коли ці оливи мають найкращі змащувальні властивості. Причиною старіння оливи є окиснення повітрям, внаслідок чого утворюються шкідливі кислоти і смоли. Інтенсивність старіння є основним показником, що визначає термін використання оливи в механізмах. За наявності в оливах кислот, лугів, води, агресивних присадок може виникнути корозія змащуваних металів.

Нафтові оливи, нелеговані антикорозійними присадками, недостатньо захищають метали від корозії. Якщо оливи містять агресивні продукти окиснення і нафтові кислоти, які залишились після очищення нафти, вони також можуть стимулювати корозію змащуваних поверхонь. Оливи, які містять хімічно-активні речовини (сірку, хлор), можуть негативно впливати на деякі неметалеві матеріали, наприклад гумові та шкіряні ущільнення, які стають крихкими і руйнуються. Оливи часто зумовлюють набрякання або усадку гумових ущільнень, що потребує підбору взаємосумісних оливи і ущільнень. У багатьох випадках потребується також їхня сумісність з продуктами харчової та переробної промисловості. Стандарти і технічні вимоги до оливи регламентують температури їх застигання і спалаху, що гарантує протипожежну безпеку.

Індустріальні оливи використовують для промислового устаткування й умовно поділяють за в'язкістю на три групи: малов'язкі (легкі),

средньов'язкі (середні), в'язкі (важкі). Індустріальні оливи загального призначення I-5A, I-18A – I-100A за вимогами стандарту є дистиляторними і залишковими оливами нормального ступеня очищення без присадок. Вони призначені для змащування промислового обладнання, коли не потрібні спеціальні оливи з присадками. Крім того, їх використовують як базові при виробництві оливо з присадками. У сучасному обладнанні поширені леговані індустріальні оливи різноманітного асортименту.

Пластичні мастила (мазі) одержують при змішуванні рідких оливо з милами або спеціальними загусниками. Вони незамінні у вузлах, де рідкі оливи не утримуються, а їхнє безперервне подавання неможливе або недоцільне. Їх також використовують як ущільнювачі в сальниках, різьбових таїнших з'єднаннях. Залежно від типу загусника мазі поділяють на натрієві, літєві, алюмінієві, силікагелеві, полімерні з фтором, полікарбаміди та ін.

Мастила загального призначення (солідоли) – це гідровані кальцієві мастила. Перевагою є водостійкість, добрі захисні (від корозії) і протизадирні властивості, недоліком – низькі температура плавлення і механічна стабільність. Промисловість випускає два види солідолів: синтетичний і жировий.

Солідол синтетичний – це м'яка синтетична мазь від світло- до темно-коричневого кольору. Містить Са (до 3 %), що є стабілізатором. Випускається двох марок – солідол С (СКа 3/7-2) і прес-солідол С (СКа 4/5-0).

Солідол С – наймасовіший сорт антифрикційних пластичних мастил. Його застосовують у підшипниках кочення і ковзання, в шарнірах, гвинтових і ланцюгових передачах та інших вузлах тертя. Недоліком солідолу С є низька механічна стабільність. При сильному ущільненні його експлуатаційні властивості погіршуються. Він недостатньо сумісний з іншими мастилами, тому, замінюючи солідол С на мастила інших типів, його потрібно повністю видаляти з вузла тертя.

Прес-солідол С застосовують переважно у вузлах тертя машин і обладнання. Його готують з менш в'язких мастил і додають меншу кількість загусника, тому він краще нагнітається солідолонагнітачем, ніж солідол С.

Солідол жировий відрізняється від синтетичного тим, що містить кальцієві мила жирних кислот, які входять до складу природних жирів.

Солідоли використовують у вузлах тертя, які працюють за температури до 60...70 °С, коли до їхньої якості особливих вимог не ставлять. Тому при впровадженні нових енергонасичених машин солідоли замінюють високоякісними мастилами, насамперед багатоцільовими. Солідоли всіх марок можна без обмежень замінити ЛИТОЛом-24, з яким вони сумісні.

Розроблено пластичні мастила «Літрол» і «Ріплена» на основі модифікованої ріпакової олії, які є екологічно безпечними і з успіхом замінюють солідоли та ЛИТОЛ.

Графітна мазь – це груба, щільна мазь чорного кольору зі срібним відтінком. За складом подібна до синтетичних солідолів, але виготовлена на в'язкій оліві, а загусником є графіт. Незважаючи на незадовільні

в'язкісно-температурні властивості, її застосовують і влітку, і взимку для змащування ресор, підвісок гусеничних тракторів, відкритих зубчастих коліс.

Мастила для підвищених температур (консталіни) використовують для роботи за температури 100...110 °С. Їх виготовляють на основі індустріальних, авіаційних, трансформаторних олив із загущенням натрієвими і натрієво-кальцієвими милами. Тому загальний їх недолік – розчинність у воді.

Консталін – густа мазь жовтого або світло-жовтого кольору з дрібнозернистою або слабоволокнистою текстурою. За зовнішнім виглядом він подібний до мазі 1–13, а за складом відрізняється відсутністю кальцієвого мила і застосуванням рицинової олії. Як і мастило 1–13, консталін успішно замінюється ЛИТОЛОМ-24.

Багатоцільові мастила іноді називають багатофункціональними, або універсальними. Вони водостійкі й працюють у широкому інтервалі швидкостей, температур і навантажень. Їх виготовляють на основі нафтових олив (суміш веретенної та індустріальної або залишкових і дистилятних олив) із загущенням літєвими милами.

ЛИТОЛ-24 – м'яка мазь коричневого кольору. Водостійка, має високу механічну стабільність і добрі мастильні властивості. Її можна застосовувати для переважної більшості вузлів тертя машин та апаратів харчових і переробних підприємств. При використанні ЛИТОЛУ-24 у вузлах тертя замість мастил загального призначення терміни проведення змащувальних робіт зростають майже вдвічі.

Фиол-1 – дуже пластичне мастило, за складом і основними характеристиками подібне до ЛИТОЛУ-24. Має знижений вміст загусника, тому його в'язкість і границя міцності менші, м'якша консистенція, дещо краща морозостійкість. Фиол-3М – м'яка мазь сріблясто-чорного кольору, за складом подібна до багатоцільових мастил серії «Фиол». Наявність в'язкісної, а також антиокисної присадок поліпшує експлуатаційні властивості.

Комплексні кальцієві мастила одержують при застосуванні кальцієвого мила, високомолекулярних жирних кислот і оцтової кислоти.

УНИОЛ-1 – м'яке мастило коричневого кольору, яке за зовнішнім виглядом нагадує солідол С, водостійке навіть у киплячій воді. Має високу термостійкість, добру колоїдну стабільність, дешеве. Недолік цього мастила – підвищена гігроскопічність, а тому його потрібно зберігати у герметичній тарі. Рекомендується застосовувати як термостійке мастило загального призначення за температур до 200 °С.

ЦИАТИМ-221 – м'яка мазь білого або світло-сірого кольору. Максимальна температура застосування близько 150°С, допускається короткочасне перегрівання до 180 °С. Має добрі низькотемпературні властивості, можна використовувати до температури –60 °С. Застосовується для змащування підшипників кочення, а також у парах «гума-метал».

Морозостійкі мастила призначені для використання за температур до $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ і нижче. Їх виготовляють із застосуванням звичайних і комплексних миль і твердих вуглеводнів.

ЦИАТИМ-201 – м'яка мазь жовтого або світло-коричневого кольору. Її вважають основним морозостійким мастилом, яке застосовують у країнах СНД. Воно досить водостійке. Призначене для змащування вузлів тертя всіх типів (підшипники кочення і ковзання, шарніри тощо). Його не рекомендується використовувати за високих питомих навантажень.

Крім мастил загального призначення (солідоли, багатоцільові мастила тощо) промисловість випускає спеціальні мастильні матеріали для вузлів автомобілів, які з успіхом можна застосовувати для змащування шарнірів широкої гами автоматів, що експлуатуються у харчовій, фармацевтичній та мікробіологічній промисловості.

ШРБ-4 – практично єдине барієве мастило, яке виготовляють і застосовують у країнах СНД. Воно має високу температуру краплепадіння, водостійке, досить морозостійке, з волокнистою структурою. Це мастило застосовують у шарнірах пакувальних автоматів тощо.

Мазь № 15с – м'яка, має синій колір, дисперсну текстуру. Її використовують за робочих температур від -30 до $+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ в електрообладнанні (генератори), а також для змащування підшипників карданних передач.

Консерваційні мастила (ПП-95/5, СП-3) є пластичними. Вони призначені для тривалого і надійного захисту деталей обладнання від корозії. Найпоширеніші серед консерваційних мастил – вуглеводневі.

Гарматне мастило (ЗТ 5,5-5) – густа липка мазь коричневого кольору, виготовлена методом сплавлення петролатумів з в'язкою оливою і загущенням церезином. Консерваційна властивість пов'язана з водостійкістю. Захищає від корозії металеві вироби всіх розмірів і форми. За несприятливих умов вона здатна захищати метали від корозії протягом 3...5 років.

Тверді мастильні матеріали – це переважно речовини з шаруватою структурою, які мають високу анізотропію механічних властивостей. Найбільше застосовують графіт, який добре працює у вологому середовищі, та дисульфід молібдену, який використовують у сухому середовищі. Менш відомі дисульфід вольфраму, нітрид бору та ін. Це матеріали, які забезпечують змащування між поверхнями за сухого або граничного тертя в екстремальних умовах (високі температури, глибокий вакуум, іонізація, неможливість наявності рідини), де не можна застосовувати традиційні мастильні матеріали.

Як самозмащувальний матеріал можна застосовувати металокераміку, яка містить сухе мастило. Водночас висока пористість матеріалу також може забезпечити тривалу подачу рідкого мастила в зазор, якщо він був ним насичений.

Порівняно з мінеральними оливами пластичні мастила мають такі переваги: задовільну працездатність за малих швидкостей і великих тисків, працездатність при ударних і знакозмінних навантаженнях, частих

зупинках, за високих температур; можливість роботи з'єднань з великими зазорами; задовільне утримування в корпусах; перешкоджають забрудненню поверхонь тертя, оскільки пластичні мастила повністю заповнюють зазори і нещільності у вузлах тертя. Конструктивна простота вузлів із пластичним мастилом зумовлює їхню певну перевагу над вузлами з рідким мастилом, якщо це не суперечить умовам роботи вузла.

Недоліками пластичних мастил є: можливість розплавлення і витікання за тривалої роботи і високих температур; зміна мастила потребує трудомісткого розбирання і промивання механізмів; конструктивні можливості підведення пластичного мастила у вузол обмежені. За низьких температур сили внутрішнього тертя у густих мастилах підвищуються, що може спричинити загальне порушення нормальної роботи вузлів машини. Пластичні мастила не завжди можна використовувати у з'єднаннях, періодичне розбирання яких не передбачене.

Пластичні мастила застосовують у парах тертя тихохідних механізмів, у відкритих зубчастих передачах і підшипниках кочення, які працюють за швидкостей до 2 м/с, а також при повторних короткочасних режимах експлуатації.

Для опор кочення залежно від їхньої конструкції можна застосовувати як рідкі, так і пластичні мастильні матеріали. Крім зменшення втрат на тертя мастило в опорах кочення захищає деталі підшипника від корозії, стимулює тепловідведення, запобігає потраплянню бруду.

Вибираючи оливи і консистентні мастила для підшипникових вузлів, завжди потрібно враховувати конструктивні особливості системи змащування, особливості температурного навантаження вузла, характеристики ущільнювальних пристроїв, які утримують мастило в робочій зоні. На практиці нешвидкісні вузли найчастіше змащують солідолом. За високої температури і в сухому середовищі можна застосовувати консталини. Проте вони погано змиваються гасом і при заміні мастила вузол потрібно промити нагрітою до 100 °С мінеральною оливою, що ускладнює ремонт.

Найкращі умови для виникнення рідинного тертя мають прямозубі колеса, менш сприятливі – косозубі, а незадовільні – гвинтові й гіпоїдні. Тому для гвинтових і гіпоїдних передач використовують мастило з протизадирними присадками, або гіпоїдну оливу.

Чим вищі допустимі навантаження зубчастої передачі, тим більшою має бути в'язкість оливи, яку вибирають за спеціальними таблицями і номограмами. На вибір сорту оливи впливає також захищеність передачі. В добре закритих і ущільнених конструкціях застосовують оливи з меншою в'язкістю.

Закриті зубчасті передачі за колової швидкості не більше ніж 12...15 м/с, як правило, змащуються зануренням у рідке мастило. У відкритих або недостатньо закритих передачах застосовують індустріальні оливи І-20А, І-30А чи І-40А. У великогабаритних зубчастих передачах за швидкості менш як 4 м/с допускається використовувати густі мастила. У ланцюгових

передачах змащування зменшує тертя, спрацювання деталей і шум. Шум сильніше зменшується, чим більша в'язкість оливи. Характер роботи ланцюга такий, що змащувальна рідина недостатньо затримується в його ланках і її проникнення до поверхонь тертя обмежене. Таким умовам відповідають індустріальні оливи I-20A, I-30A, I-45, Автол 10 тощо. Густе мастило в ланцюгових передачах застосовують за швидкості до 7 м/с. За температури менш як 60 °С застосовують солідоли або графітізоване густе мастило, а за вищих температур і відсутності вологи – консталін. Для особливо важких умов роботи може виявитися ефективним дисульфід молібдену. Перед змащуванням густе мастило попередньо нагрівають до 50...55 °С і в нього занурюють ланцюг.

Для змащування напрямних технологічного обладнання використовують переважно індустріальну оливу I-20A, I-30A, I-45A. Для важконавантажених напрямних застосовують густі мастила, наприклад солідол. Для змащування металополімерних пар, в яких одна з деталей неметалева, використовують мінеральні оливи, емульсії, мазі та воду.

Рациональний вибір мастильних матеріалів сприяє роботі технологічного обладнання з вищим коефіцієнтом корисної дії, зменшує спрацювання робочих поверхонь тертя, збільшує тривалість експлуатації машини, її надійність, запобігає корозії. У технічній документації на обладнання завжди задають вид і марку рекомендованого мастила.

Вибір мастильних матеріалів залежить від багатьох умов, зокрема від конструкції вузла тертя, експлуатаційного режиму (навантаження, швидкості, температури), матеріалу деталей, зовнішнього середовища, можливості обслуговування механізму під час його роботи тощо.

Вибираючи оливу, слід ураховувати додаткові вимоги, зумовлені особливостями експлуатації машин. В одних випадках олива має бути досить інтенсивним охолоджувачем, а в інших – запобігати корозії, ущільнювати вузол і одночасно бути гідравлічною рідиною. Вибраний сорт оливи за своїми фізико-хімічними властивостями (вогнебезпечність, хімічна агресивність, забрудненість, схильність до нагароутворення) не повинен ускладнювати експлуатацію механізму, адже мастило може чинити пластифікуючу дію на деталь, що змінює її поверхневу структуру. В умовах високих контактних тисків (зубчасті колеса, підшипники кочення) мастило інколи спричинює виникнення деформацій зсуву, що також може негативно вплинути на поверхневий шар металу і вивести вузол тертя з ладу.

Таким чином, працездатність вузла може однаковою мірою залежати від його конструкції та умов змащування. Використовувати великий асортимент олив для змащування різних вузлів однієї машини неекономічно, а іноді (при централізованому змащуванні) – нераціонально. Тому оливу слід вибирати таким чином, щоб певний її сорт найбільшою мірою задовольняв експлуатацію кількох вузлів одночасно.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Антипов, А. В.* Использование фазопереходных материалов в конструкциях холодильников / А. В. Антипов, М. Хелло // Мясные технологии, № 10. – 2014. – С. 66–70.
2. *Бабулин, Н. А.* Построение и чтение машиностроительных чертежей / Н. А. Бабулин. – М.: Высшая школа, 2000. – 454 с.
3. *Баталов, Н. М.* Технические основы машиностроительного черчения / Н. М. Баталов, Д. М. Малкин. – М.: Машгиз, 1962. – 500 с.
4. *Батраченко, О. В.* Вплив конструктивних параметрів ножів кутера на частоти їх власних коливань / О. В. Батраченко // Збірник наукових праць „Вібрації в техніці та технологіях”. – Вінниця: ВНАУ, 2015. – № 1. – С. 122–128.
5. *Белый, И. В.* Основы научных исследований и технического творчества / И. В. Белый, К. П. Власов, В. Б. Клепиков. – Х.: Выща школа, 1989. – 200 с.
6. *Бушуев, В. В.* Практика конструирования машин: справочник / В. В. Бушуев. – М.: Машиностроение, 2006. – 448 с.
7. *Вербицкий, С. Б.* Безопасность и гигиена по-европейски: промышленные мясорубки и волчки / С. Б. Вербицкий // Мясной бизнес. – 2012. – № 1. – С. 52–57.
8. *Гаврилова, В. А.* Емкостное оборудование молочной промышленности / В. А. Гаврилова. – М.: Агропромиздат, 1987.
9. *Герберт, Вебер.* Наноразмерные компоненты в упаковочных материалах / Вебер Герберт // Мясные технологии, № 6, 2010. – С. 34–37.
10. *Горбунов, А. В.* Механизация и автоматизация мойки оборудования на предприятиях молочной промышленности / А. В. Горбунов. – М.: Пищевая промышленность, 1979.
11. *ГОСТ ISO 14159-2012.* Безопасность машин. Гигиенические требования к конструкции машин. – М.: Стандартинформ, 2014. – 22 с.
12. *ГОСТ Р 53895-2010 (EN 12331:2003).* Машины и оборудование для пищевой промышленности. Волчки. Требования по безопасности и гигиене. – М.: Стандартинформ, 2012. – 32 с.
13. *ГОСТ Р 54967-2012 (EN 12855:2003).* Машины и оборудование для пищевой промышленности. Куттеры. Требования по безопасности и гигиене. – М.: Стандартинформ, 2014. – 36 с.
14. *Грабин, В. Г.* Оружие победы / В. Г. Грабин – М.: Политиздат, 1989. – 512 с.
15. *Дряхлов, Е.* IFFA-2010: оптимизм побеждает / Е. Дряхлов // Продиндустрия. – № 5–6, 2010. – С. 30–51.
16. *Дунаев, П. Ф.* Расчет допусков размеров. 4-е изд. перераб. и доп. / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – М.: Машиностроение, 2006. – 400 с.
17. *Захарченко, В. Д.* Олег Антонов / В. Д. Захарченко. – М.: Молодая гвардия.– 1996. – 80 с.
18. *Заяц, Ю. А.* Совершенствование технологических процессов в перерабатывающей промышленности / Ю. А. Заяц. – К.: Урожай, 1991. – 192 с.
19. *Золотов Э. Б., Ткаченко И. П., Тропп В. Д.* А. с. 929034 СССР, МКИ А21С 1/00 Тестомесильная машина. Заявл. 14.07.1980; Опубл. 23.05.1982, Бюл. 1982, № 19.
20. *Ивлева, А.* Рентгеновский контроль может не все, но очень многое / А. Ивлева // Мясные технологии, № 6. – 2012. – С. 30–34.
21. *Казаков, Н. Ф.* Технология пищевого машиностроения: учебник для вузов по спец. «Машины и аппараты пищевых производств» / Н. Ф. Казаков, Г. А. Мартынов. – М.: Машиностроение, 1982. – 296 с.
22. *Калачев, М. В.* Дизайн машин и аппаратов пищевых производств / М. В. Калачев. – М.: ДеЛи принт, 2001. – 140 с.

23. *Калинин, В. И.* В помощь конструктору-станкостроителю / В. И. Калинин, В. Н. Никифоров, Н. Я. Аникеев. – М.: Машиностроение, 1983. – 288 с.
24. *Ковалевский, В. И.* Проектирование технологического оборудования и линий: Учебн. пособие / В. И. Ковалевский. – СПб: ГИОРД, 2007. – 320 с.
25. *Конти, Ф.* Рентабельность в долгосрочной перспективе / Фабио Конти, Юрген Зайдель, Ларс Блом // Мясные технологии, № 4. – 2015. – С. 32–35.
26. *Косіюк, М. М.* Основи науково-технічної творчості: Навч. посібник / М. М. Косіюк, Г. П. Черменський. – Хмельницький: Поділля, 1998. – 416 с.
27. *Морозов, А. А.* Танки и люди. Дневник главного конструктора / В редакции В. Л. Чернышева [Электронный ресурс]. – Україна, 2007. Режим доступу: <http://militera.lib.ru/db/morozov_aa/index.html>.
28. *Мурашов, И. Д.* Гидрорезание / И. Д. Мурашов, А. Н. Габараев // Мясные технологии, № 7, 2010. – С. 34 – 38.
29. *Мурашов, И. Д.* Разработка установки для лазерного резания мяса / И. Д. Мурашов // Мясные технологии, № 2, 2011. – С. 32 – 34.
30. *Некоз, О. І.* Розрахунок величини тиску опору технологічних отворів решіток вовчка / О. І. Некоз, В. В. Шевченко, С. Б. Вербицький, О. В. Батраченко // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, № 3, 2008. – С. 156–161.
31. *Некоз, О. І.* Зменшення гідравлічного опору отворів решіток вовчка / О. І. Некоз, В. В. Шевченко, С. Б. Вербицький, О. В. Батраченко // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, № 3, 2009. – С. 59–64.
32. *Некоз, О. І.* Дослідження інтенсивності зношування лез ножа вовчка / О. І. Некоз, Н. В. Філімонова, С. О. Філімонов, О. В. Батраченко, А. В. Хом'як // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, №2, 2013. – С. 81–87.
33. *Некоз, О. І.* Зменшення металоємності ножів м'ясорізальних вовчків / О.І. Некоз, Н. В. Філімонова, С. О. Філімонов, О. В. Батраченко, А. В. Хом'як // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, № 3, 2013. – С. 117–124.
34. *Некоз, О. І.* Розробка методів проектування кутерів з підвищеною ефективністю роботи / О. І. Некоз, В. І. Осипенко, О. В. Батраченко // Збірник наукових праць «Обладнання та технології харчових виробництв» Донецького національного університету економіки та торгівлі ім. Михайла Тугана-Барановського. – Донецьк, 24, 2010. – С. 28–37.
35. *Некоз, О. І.* Визначення значень робочих зусиль, що діють на ніж кутера / О. І. Некоз, О. В. Батраченко, С. О. Філімонов, С. І. Микитюк // Тематичний збірник наукових праць «Обладнання та технології харчових виробництв», 2012, Донецький національний університет економіки та торгівлі ім. Михайла Тугана-Барановського. – С. 22–27.
36. *Некоз, О. І.* Підвищення міцності перфорованих ножів кутера / О. І. Некоз, І. М. Литовченко, О. В. Батраченко, С. О. Філімонов // Тематичний збірник наукових праць «Обладнання та технології харчових виробництв», 2011. Донецький національний університет економіки та торгівлі ім. Михайла Тугана-Барановського. – С.50–57.
37. *Некоз, О. І.* Дослідження умов контакту ножів кутера із сировиною з метою підвищення їх міцності / О. І. Некоз, І. М. Литовченко, С. Б. Вербицький, О. В. Батраченко, С. І. Микитюк // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, №1, 2012. – С. 108–114.
38. *Некоз, О. І.* Підвищення ефективності різальної дії ножів кутера / О. І. Некоз, В. І. Осипенко, О. В. Батраченко, В. О. Кульбака // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, № 4, 2013. – С. 120–127.
39. *Некоз, О. І.* Обґрунтування шляхів зменшення нагріву фаршу при його подрібненні в емульсаторі / О. І. Некоз, О. В. Батраченко, К. А. Мирошніченко // Вісник ЧДТУ. – Черкаси, № 2, 2015. – С. 91–98.

40. *Некоз, О. І.* Проектування м'ясорізальних вовчків. Навч. посіб.; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т / О. І. Некоз, О. В. Батраченко. – Черкаси: ЧДТУ, 2014. – 221 с.
41. *Некоз, О. І.* Підвищення зносостійкості ножів кутера плазмово-детонаційним зміцненням / О. І. Некоз, В. І. Осипенко, О. В. Батраченко // «Наукові праці ОНАХТ». – Одеса, № 36, 2009. – С. 287–293.
42. *Некоз, О. І.* Імпульсно-плазмове зміцнення ножів м'ясорізальних вовчків / О. І. Некоз, О. В. Колісниченко, Kondrat Z. Zdislav, О. В. Батраченко // Збірник наукових праць «Тертя та зношування» Національного авіаційного університету. – Київ. – 2010. – № 2. – С. 47–56.
43. *Некоз, О. І.* Дослідження міцності ножів кутера при дії на них комплексного навантаження / О. І. Некоз, І. М. Литовченко, О. В. Батраченко // Вісник ЧДТУ. – 2013. – № 3. – С. 54–61.
44. *Маркус, Л. И.* Компьютерное моделирование причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров / Л. И. Маркус, А. Н. Шаталов, Р. А. Ананьев, А. Б. Смирнов // Мясная индустрия. – 2010. – № 8. – С. 19
45. *Маркус, Л. И.* Металлографические исследования причин аварийной поломки ножей высокоскоростных куттеров / Л. И. Маркус, А. Н. Шаталов, В. С. Буркин // Мясная индустрия. – 2010. – № 9. – С. 42–45.
46. *Орлов, П. И.* Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. – Изд. 3-е, испр. / П. И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
47. *Осипенко, В. І.* Обґрунтування шляхів технічного та технологічного вдосконалення екструдерів / В. І. Осипенко, О. О. Ситник, О. І. Некоз, Н. В. Філімонова. – «Вісник Хмельницького національного університету». – 2001. – № 1. – С. 66 – 73.
48. *Осипенко, В. І.* Посібник до виконання практичних робіт з дисципліни «Сучасні проблеми та перспективи розвитку обладнання галузі» для студентів спеціальності 8.05050313 «Обладнання переробних та харчових виробництв» усіх форм навчання / В. І. Осипенко, О. В. Батраченко. – Черкаси: РВЦ ЧДТУ, 2011. – 64 с.
49. *Основные положения методики проведения функционально-стоимостного анализа.* Методические рекомендации / В. М. Герасимов, В. С. Калиш, М. Г. Карпунин, А. М. Кузьмин; С. С. Литвин. – М.: МП Информ-ФСА, 1991. – 22 с.
50. *Островський, Э. В.* Краткий справочник конструктора продовольственных машин / Э. В. Островский, Е. В. Эйдельман. – М.: Агропромиздат, 1986. – 621 с.
51. *Пат. 17299 Україна, МПК F 24 J 3/00.* Спосіб отримання тепла / Мамаєнко Н. В., Батраченко О. В., Філімонов С. О.; заявл. 03.04.2006; опубл. 15.09.2006 р., Бюл. № 9/2006.
52. *Пат. 19348 Україна, МПК F 26 B 11/00.* Барабанна сушарка / Батраченко О. В., Боровик А. І., Єрмоленко В. О.; заявл. 08.06.2006; опубл. 15.12.2006 р., Бюл. № 12./2006.
53. *Пат. 27136 Україна, МПК B02C18/00.* Решітка до пристрою для подрібнення харчових продуктів/ Батраченко О. В.; заявл. 26.02.2007; опубл. 25.10.2007 р., Бюл. № 5/2007.
54. *Пат. 31558 Україна, МПК B02C18/00.* Різальний вузол вовчка / Некоз О. І., Столяренко Г. С., Батраченко О. В.; заявл. 21.12.2007; опубл. 10.04.2008 р., Бюл. № 7/2008.
55. *Пат. 32983 Україна, МПК B 02 C 17/00.* Спосіб подрібнення у барабанному млині / Батраченко О. В., Філімонова Н. В.; заявл. 21.01.2008; опубл. 10.06.2008 р., Бюл. № 11./2008.
56. *Пат. 34504 Україна, МПК B65B3/00.* Автомат карусельний для фасування рідких і в'язких продуктів у ємкості / Боровик А. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В., Доніч Г. І.; заявл. 31.03.2008; опубл. 11.08.2008 р., Бюл. № 15/2008.

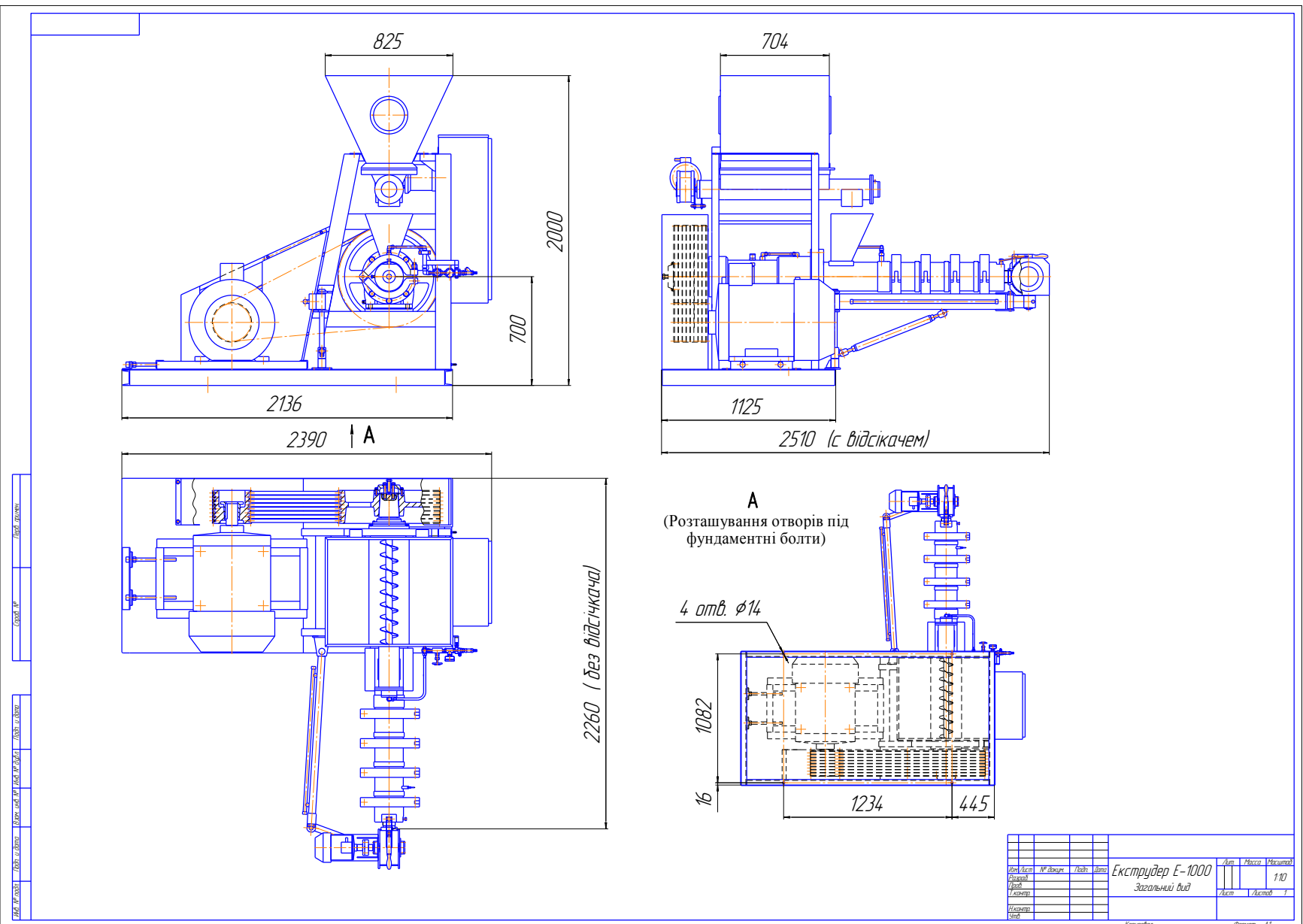
57. Пат. 37171 Україна, МПК В02С18/00. Ніж до пристрою для подрібнення м'яса / Некоз О. І., Столяренко Г. С., Батраченко О. В.; заявник та патентовласник Батраченко О. В. – № u200804335; заявл. 07.04.2008; опубл. 25.11.2008 р., Бюл. № 22/2008.
58. Пат. 39838 Україна, МПК В02С18/00. Решітка збірна до пристрою для подрібнення м'яса / Некоз О. І., Боровик А. І., Батраченко О. В.; заявл. 03.11.2008; опубл. 10.03.2009 р., Бюл. № 5/2009.
59. Пат. 41545 Україна, МПК В02С18/26. Установа для відновлення ріжучих властивостей м'ясорізальних машин/ Некоз О. І., Батраченко О. В., Сунько Н. Є.; заявник та патентовласник Батраченко О. В. – № u200815164; заявл. 29.12.2008; опубл. 25.05.2009 р., Бюл. № 10/2009.
60. Пат. 50116 Україна, МПК В02С18/00. Решітка подрібнювача / Некоз О. І., Шевченко В. В., Вербицький С. Б., Батраченко О. В.; заявл. 04.12.2009; опубл. 25.05.2010 р., Бюл. № 10/2010.
61. Пат. 50253 Україна, МПК В02С18/26. Вовчок / Некоз О. І., Осипенко В. І., Козленко О. Г., Батраченко О. В.; заявл. 28.12.2009; опубл. 25.05.2010 р., Бюл. №10/2010.
62. Пат. 50688 Україна, МПК В02С18/00. Кутер / Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В.; заявл. 16.11.2009; опубл. 25.06.2010 р., Бюл. № 12/2010.
63. Пат. 51557 Україна, МПК В 02 С 18/00. Приймальна решітка вовчка / Некоз О. І., Осипенко В. І., Батраченко О. В.; заявник та патентовласник Черкаський державний технологічний університет. – № u200913690; заявл. 28.12.2009; опубл. 26.07.2010 р., Бюл. № 14/2010.
64. Пат. 60044 Україна, МПК В29С49/04. Екструдер / Ситник О. О., Черненко О. М., Осипенко В. І., Некоз О. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В.; заявл. 15.11.2010; опубл. 10.06.2011 р., Бюл. № 11/2011.
65. Пат. 60045 Україна, МПК В29С49/04. Вузол екструдера для подрібнення сировини / Ситник О. О., Черненко О. М., Осипенко В. І., Некоз О. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В.; заявл. 15.11.2010; опубл. 10.06.2011 р., Бюл. № 11/2011.
66. Пат. 60683 Україна, МПК В29С49/04. Екструдер зерна / Ситник О. О., Черненко О. М., Осипенко В. І., Некоз О. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В.; заявл. 04.01.2011; опубл. 25.06.2011 р., Бюл. № 12/2011.
67. Пат. 60859 Україна, МПК В 02 С 18/06. Кутер уніфікований / Некоз О. І., Козій О. А., Іванов П. В., Батраченко О. В.; заявл. 04.01.2011; опубл. 25.06.2011 р., Бюл. № 12./2011.
68. Пат. 60860 Україна, МПК В02С18/30. Емульсатор / Некоз О. І., Вербицький С. Б., Батраченко О. В., Красовський М. С.; заявл. 04.01.2011; опубл. 25.06.2011 р., Бюл. № 12/2011.
69. Пат. 61245 Україна, МПК В29С47/00. Вузол екструдера для нагрівання сировини / Ситник О. О., Черненко О. М., Осипенко В. І., Некоз О. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В., Лисенко М. І.; заявл. 04.01.2011; опубл. 10.07.2011 р., Бюл. № 13/2011.
70. Пат. 65332 Україна, МПК В 02 С 18/06. Кутер підвищеної місткості / Некоз О. І., Козій О. А., Іванов П. В., Батраченко О. В.; заявл. 04.01.2011; опубл. 12.12.2011 р., Бюл. № 23/2011.
71. Пат. 66843 Україна, МПК В 02 С 18/20. Ніж кутера перфорований / Некоз О. І., Литовченко І. М., Батраченко О. В.; заявл. 20.05.2011; опубл. 25.01.2012 р., Бюл. № 2/2012.
72. Пат. 71900 Україна, МПК А23G 9/04. Фризер для виготовлення морозива / Литовченко І. М., Лиходід М. Ю., Батраченко О. В.; заявл. 14.02.2012; опубл. 25.07.2012 р., Бюл. № 14/2012.

73. Пат. 71901 Україна, МПК В 02 С 18/20. Ніж кутера / Некоз О. І., Литовченко І. М., Вербицький С. Б., Іванов П. В., Батраченко О. В.; заявл. 14.02.2012; опубл. 25.07.2012 р., Бюл. № 14/2012.
74. Пат. 71903 Україна, МПК В29С49/04. Екструдер автоматизований / Осипенко В. І., Некоз О. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В., Філімонов С. О., Скоробагатий В. О.; заявл. 14.02.2012; опубл. 25.07.2012 р., Бюл. № 14/2012.
75. Пат. 78330 Україна, МПК В 02 С 13/00. Молоткова дробарка / Таран С. Ю., Філімонов С. О., Батраченко О. В., Філімонова Н. В.; заявл. 15.10.2012; опубл. 11.03.2013 р., Бюл. № 5/2013.
76. Пат. 83391 Україна, МПК В02С18/30. Ніж вовчка / Некоз О. І., Філімонова Н. В., Філімонов С. О., Батраченко О. В., Хом'як А. В.; заявл. 21.02.2013; опубл. 10.09.2013 р., Бюл. № 17/2013.
77. Пат. 83944 Україна, МПК А21С 1/00. Тістомісильна машина безперервної дії / Литовченко І. М., Некоз О. І., Батраченко О. В.; заявл. 04.03.2013; опубл. 10.10.2013 р., Бюл. № 19/2013.
78. Пат. 88059 Україна, МПК В02С18/30. Вовчок універсальний / Некоз О. І., Осипенко В. І., Філімонова Н. В., Батраченко О. В., Хом'як А. В.; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014 р., Бюл. № 4/2014.
79. Пат. 88060 Україна, МПК В 02 С 18/20. Ніж кутера / Осипенко В. І., Некоз О. І., Батраченко О. В., Кульбака В. О.; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014 р., Бюл. № 4/2014.
80. Пат. 88061 Україна, МПК В 02 С 18/20. Ніж кутера / Осипенко В. І., Некоз О. І., Батраченко О. В., Кульбака В. О.; заявл. 21.10.2013; опубл. 25.02.2014 р., Бюл. № 4/2014.
81. Пат. 88606 Україна, МПК В26D 1/00. Ножова головка (варіанти), система з диска і ножів (варіанти) і спосіб складання ножової головки (варіанти). Якобі Норберт, DE, Бернхардт Юрген, DE; заявник та патентовласник ЦФС Дженемі ГМБХ, DE. – № а200510470; заявл. 31.03.2004; опубл. 10.11.2009 р., Бюл. № 21/2009.
82. Пономаренко, В. В. Инновационные решения для термообработки мясных продуктов / В. В. Пономаренко // Мясные технологии, № 11. – 2015. – С. 22–23.
83. Попов, К. И. Пищевые нанотехнологии: перспективы и проблемы / К. И. Попов, А. Н. Филиппов // Переработка молока, № 3, 2010. – С. 6–10.
84. Прейс, Г. А. Повышение износостойкости оборудования пищевой промышленности / Г. А. Прейс, Н. А. Сологуб, А. И. Некоз. – М.: Машиностроение, 1979. – 239 с.
85. Прейс, Г. А. Технология пищевого машиностроения / Г. А. Прейс, А. И. Безыкорнов. – К.: Вища школа, 1987. – 287 с.
86. Промисловий каталог компанії TFQ Engineering Group [Електронний ресурс]. – Україна, 2015. – Режим доступу: <www.tfq.com.ua>.
87. Промисловий каталог виробничо-комерційного підприємства «БІД» [Електронний ресурс]. – Україна, 2015. – Режим доступу: <bid.dp.ua>.
88. Промисловий каталог фірми GEA Convenience-Food Technologies [Електронний ресурс]. – Нідерланди, 2015. – Режим доступу : <www.cfsrussia.com>.
89. Промисловий каталог фірми Handtmann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2015. – Режим доступу : <www.handtmann.de>.
90. Промисловий каталог фірми Inotec GmbH Maschinentwicklung und Vertrieb [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2015. – Режим доступу : <www.inotecgmbh.de>.
91. Промисловий каталог фірми Karl Schnell GmbH & CO. KG [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2015. – Режим доступу : <www.karlschnell.de>.
92. Промисловий каталог фірми KILIA Fleischerei- und Spezial Maschinen Fabrik GmbH [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2015. – Режим доступу : <www.kilia.com>.

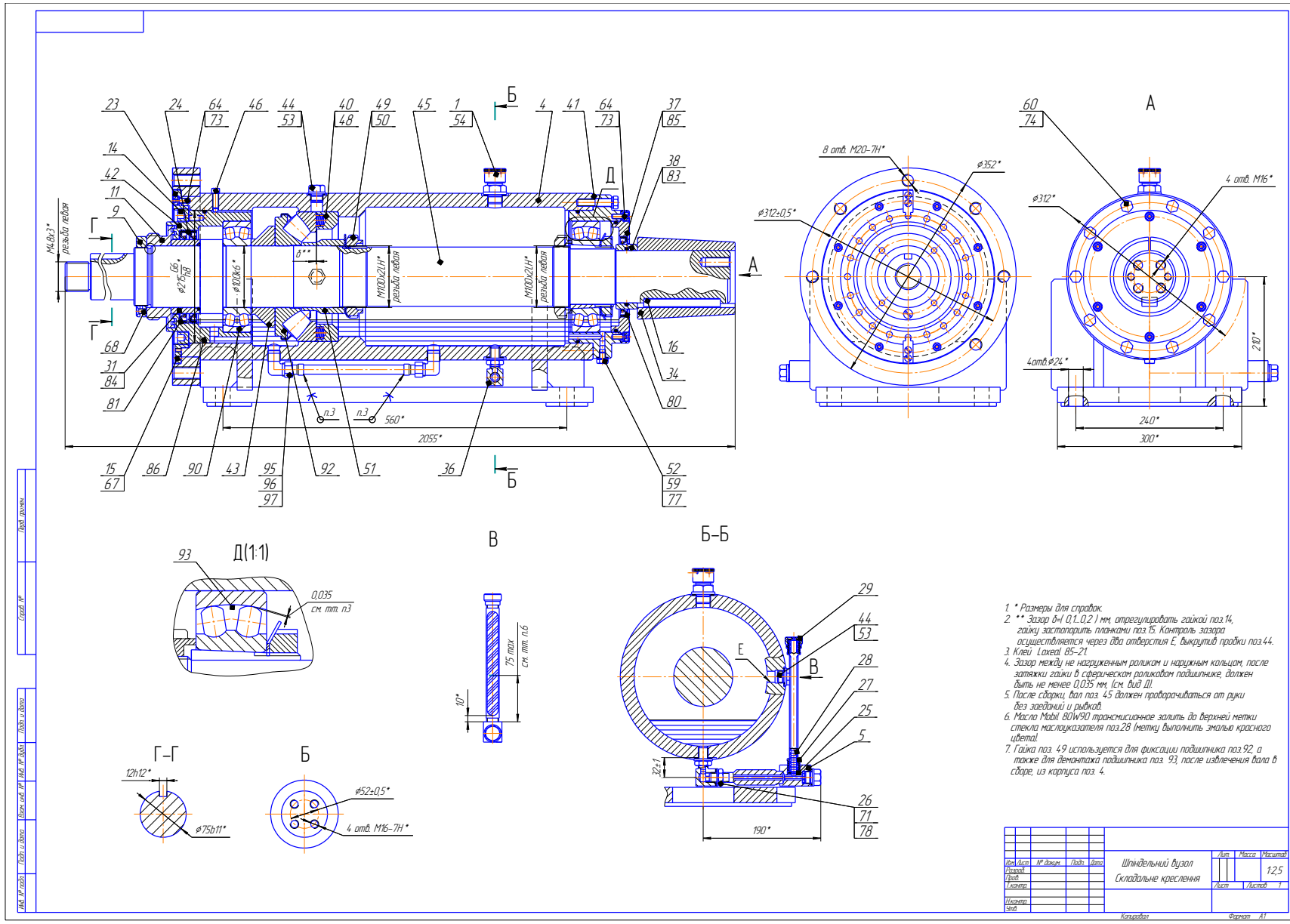
93. *Промисловий каталог фірми Kutter- und Gerätebau Wetter GmbH* [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2015. – Режим доступу : <www.kgwetter.de>.
94. *Промисловий каталог фірми Maschinenfabrik Seydelmann KG* [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2015. – Режим доступу : <www.seydelmann.de>.
95. *Рябченков, А. В.* Коррозионно-усталостная прочность стали / А. В. Рябченков. – М.: Машигиз, 1953. – 180 с.
96. *Смит, Д.* Гигиеничность конструкции щеточных изделий в пищевой промышленности / Д. Смит, С. Грекова // *Мясные технологии*, № 10. – 2015. – С. 73–77.
97. *Соколов, В. И.* Основы расчета и конструирования деталей и узлов пищевого оборудования / В. И. Соколов. – М.: Машиностроение, 1970. – 432 с.
98. *Старшов, Г. И.* Основы проектирования и расчет технологического оборудования пищевых предприятий: учеб. пособие / Г. И. Старшов, С. Н. Никоноров, А. И. Никитин. – Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2008. – 187 с.
99. *Стефан, Тенфл.* Инновационные технологии обработки пищевых продуктов / Тенфл Стефан // *Мясные технологии*. – № 3, 2011. – С.39–40.
100. *Сухенко, Ю. Г.* Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: Підручник / Ю. Г. Сухенко, О. А. Литвиненко, В. Ю. Сухенко. – К.: НУХТ, 2010. – 547 с.
101. *Таленс, Я. Ф.* Работа конструктора / Я. Ф. Таленс. – М.: Машиностроение, 1987. – 255 с.
102. *Феодосьев, В. И.* Соппротивление материалов: Учеб. для вузов – 10-е издание, перераб. и доп. / В. И. Феодосьев. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1999. – 592 с.
103. *Фриче, В.* Гигиенический дизайн – что это такое? / В. Фриче // *Мясные технологии*. – № 4, 2014. – С. 6–11.
104. *Харламов, С. В.* Практикум по курсу «Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств»: Учебное пособие для вузов / С. В. Харламов – Л.: Машиностроение, 1971. – 224 с.
105. *Чепелюк, О. О.* Гігієнічні вимоги до проектування обладнання: Конспект лекцій для студ. спец. 7.05050313 «Обладнання переробних і харчових виробництв» ден. і заочн. форм навчання / О. О. Чепелюк, Ю. Ю. Доломакін. – К.: НУХТ, 2013. – 79 с.
106. *Martin Moser.* Ermudungsbruch von Fleischhackmessern (Kuttermesser). [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2010. Режим доступу: <http://martin-moeser.de/Veroeffentlichungen/Bruch_Kuttermesser.pdf>.
107. *Europäische patent № 0614700A1 IPC B02C 18/06.* Auswerfer für Schneidmischer. Erfinder: Lauber Peter, anmelder: Kramer + Grebe GmbH & Co. KG, 14.09.1994.
108. *Europäische patent № 1510257A2 IPC B02C 18/06.* Kutter. Erfinder: Schmidt Walter, anmelder: Tipper Tie Alpina AG, 02.03.2005.

Додатки

Приклад оформлення креслень зернового
екструдера BRONTO E-1000



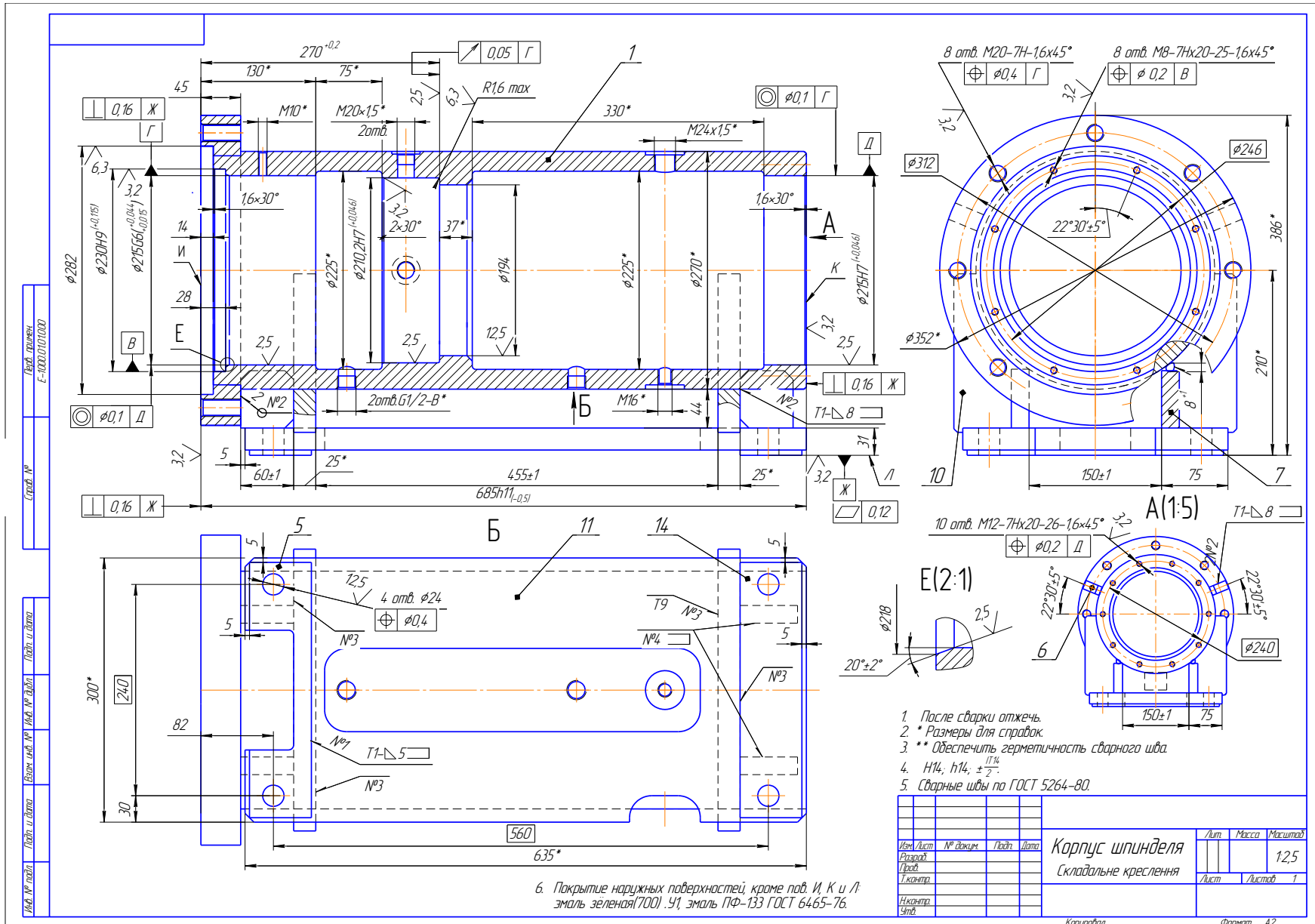
Приклад оформлення креслень зернового екструдера ВРОНТО Е-1000



- 1 * Размеры для справок
- 2 ** Зазор 0-1 (0,1,0,2) мм, отрегулировать гайкой поз.14, гайку застопорить планшайбой поз.15. Контроль зазора осуществляется через два отверстия Е, выкрутив пробки поз.44.
- 3 Клей Loctite 85-21
- 4 Зазор между не нагруженным роликом и наружным кольцом, после затяжки гайки в сферическом роликовом подшипнике, должен быть не менее 0,035 мм, (см. вид Д).
- 5 После сборки, вал поз. 45 должен проработаться от руки без заеданий и рыбок.
- 6 Масло Mobil 68W/90 трансмиссионное залить до верхней метки стекла маслоказателя поз.28 (метку выложить эмалью красного цвета).
- 7 Гайка поз. 49 используется для фиксации подшипника поз.92, а также для демонтажа подшипника поз. 93, после извлечения вала в сборе, из корпуса поз. 4.

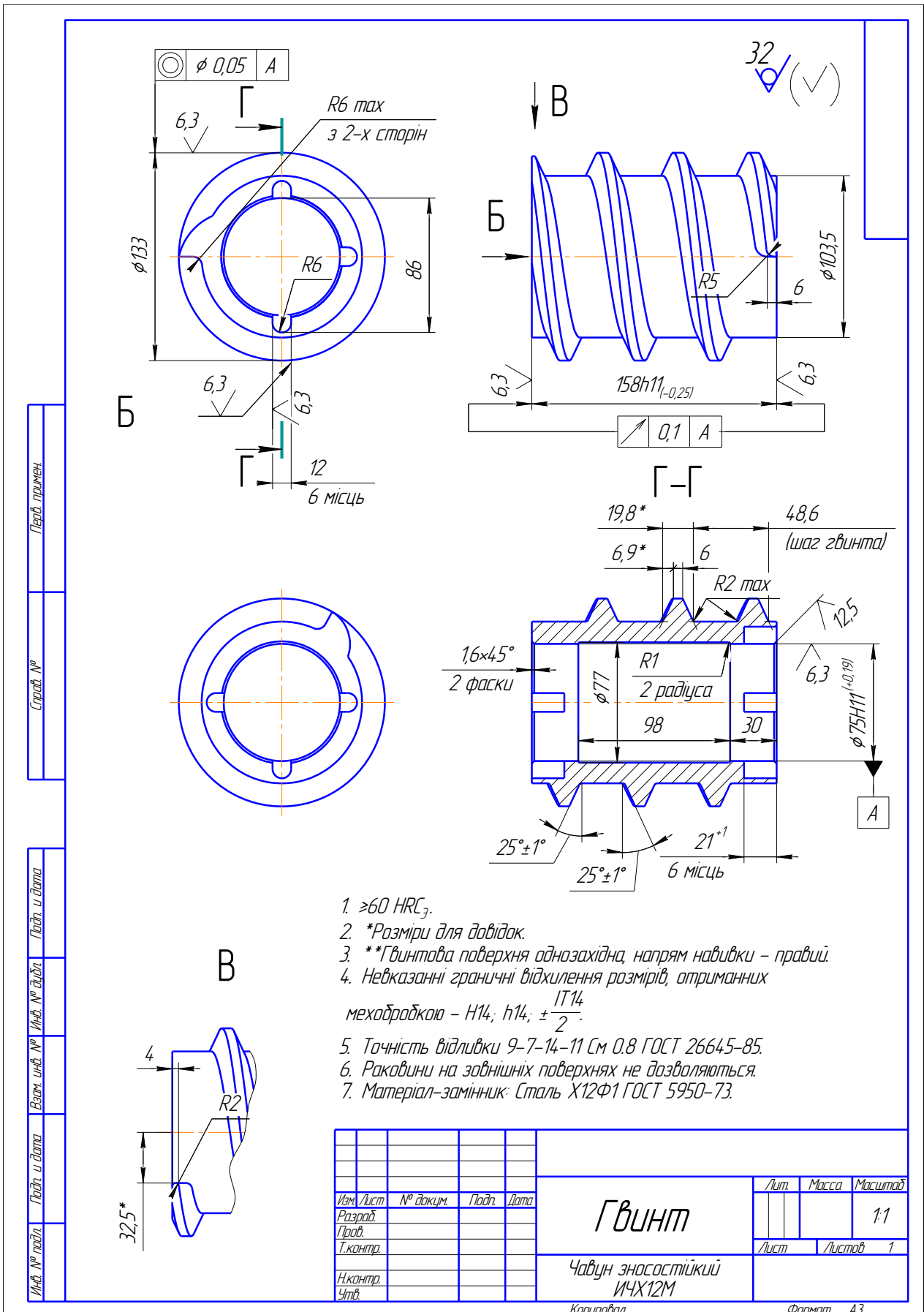
Вид	Лист	№ докум.	Год	Дата	Штандельний вузол	Лист	Маса	Масштаб
Кресло					Складальні креслення		12,5	
Контур						Лист	Листов	Г
Мат								

Копіював Формат А1

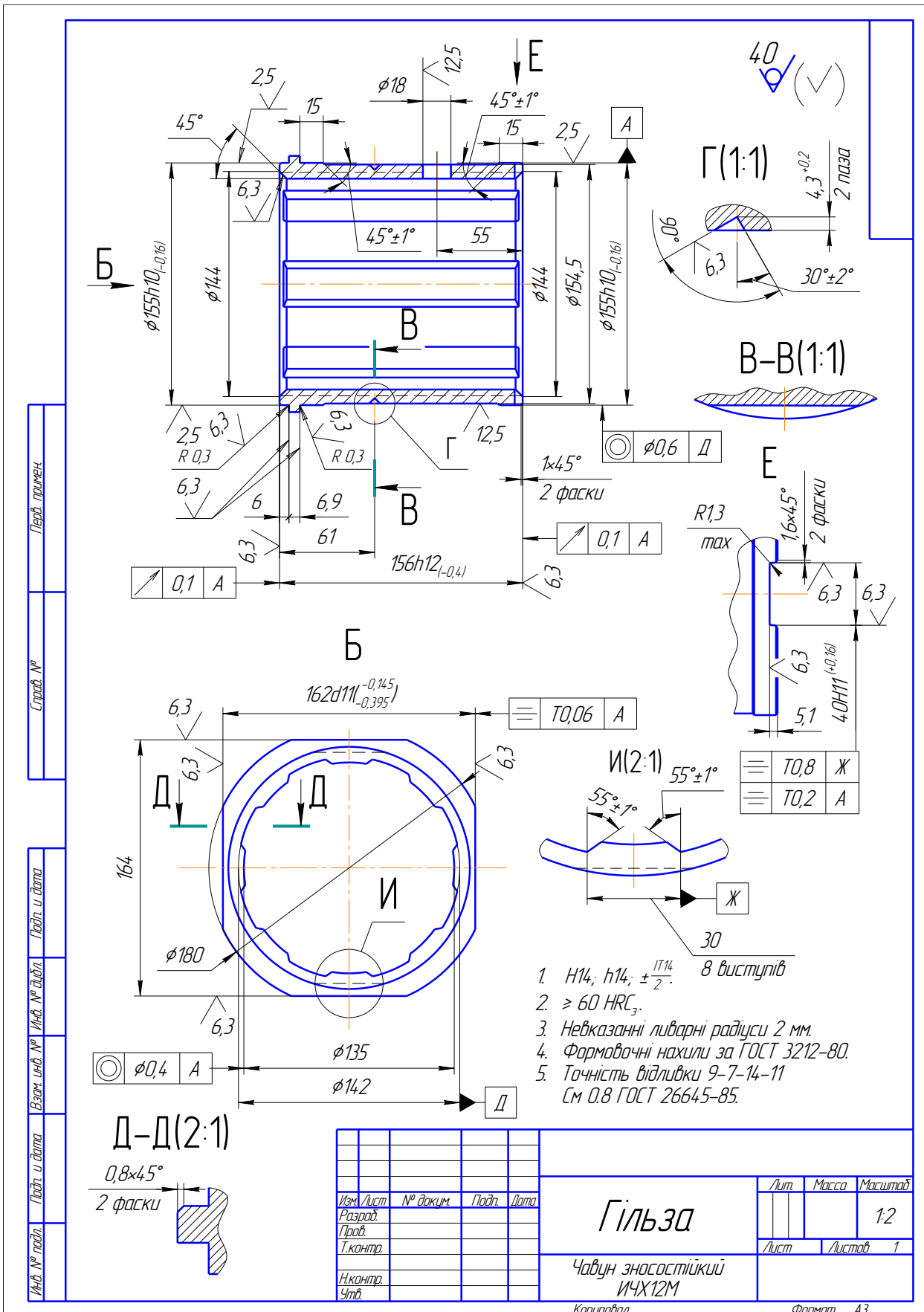


Приклад оформлення креслень зернового
экструдера ВРОНТО Е-1000

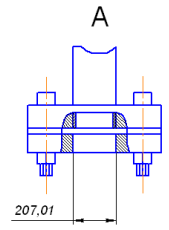
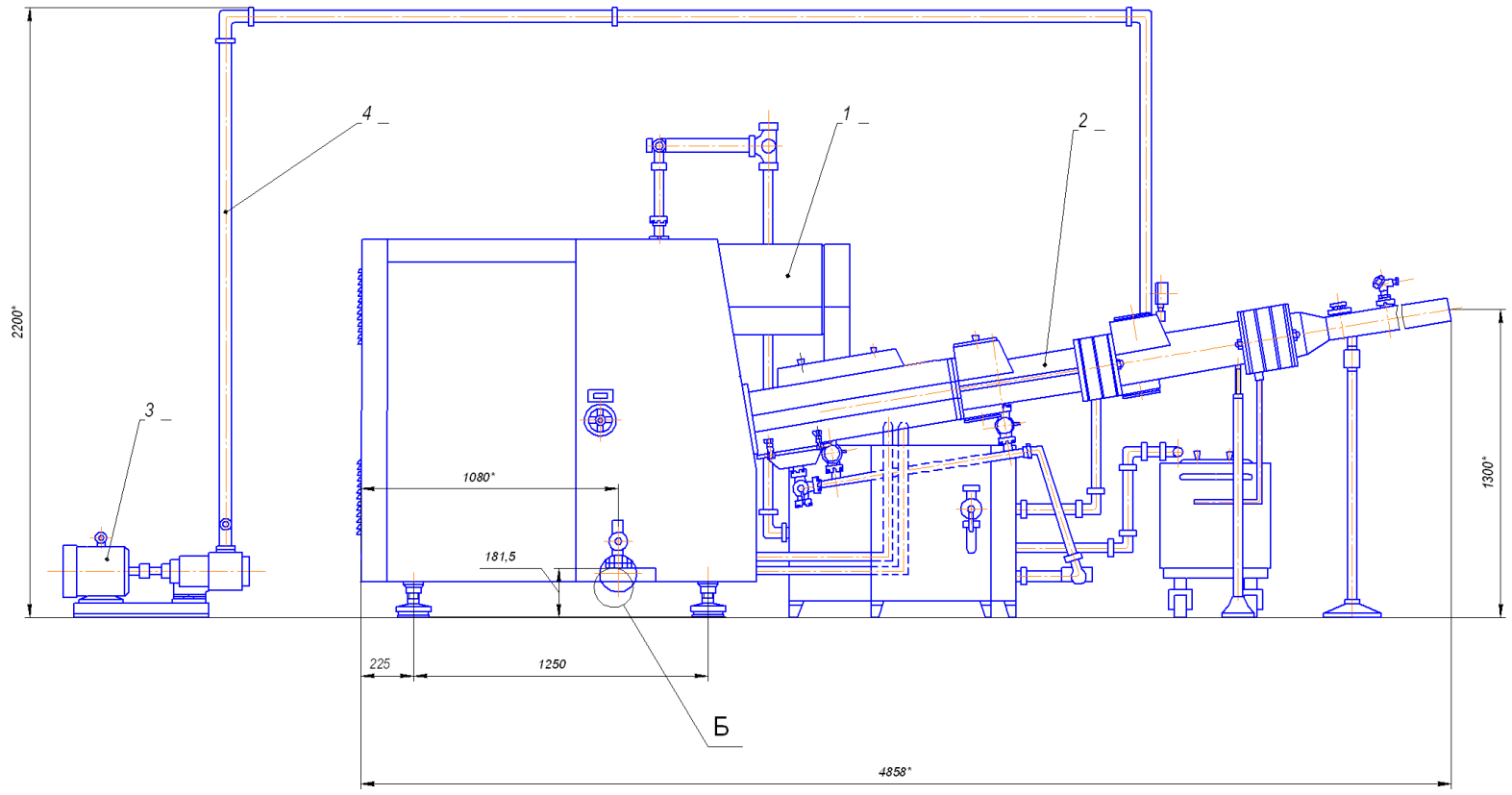
Приклад оформлення креслень зернового екструдера BRONTO E-1000



Приклад оформлення креслень зернового екструдера BRONTO E-1000



Приклад оформлення креслень маслозготовлювача Д5-ОМІ

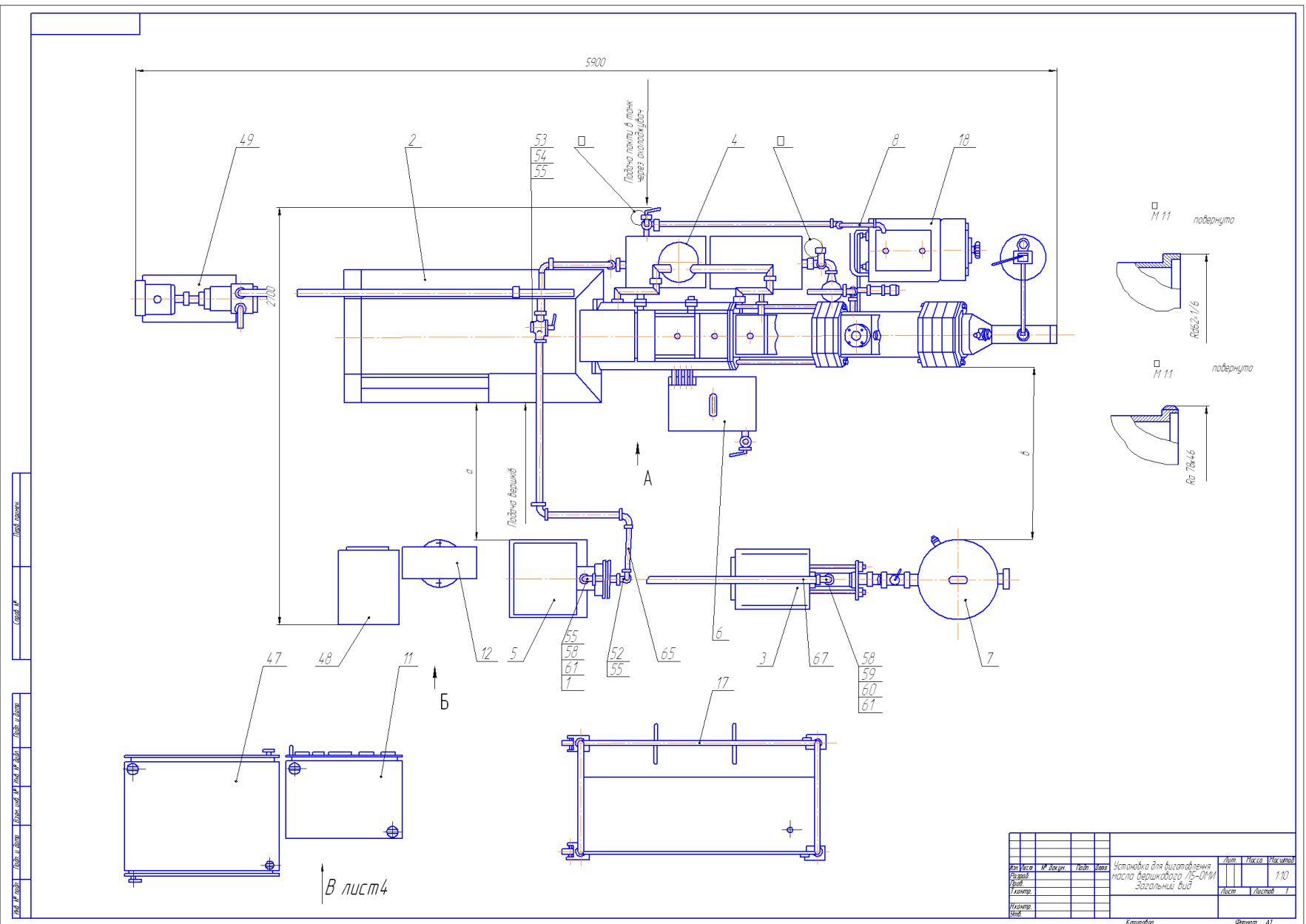


Вид	Масштаб	Лист	Всього	Маслозготовлювач безперервної дії Д5-ОМІ	Лист	Масштаб
1		1	1		2656	1:1
Колонт.					Лист	Листов
Масштаб						
Відрізок						

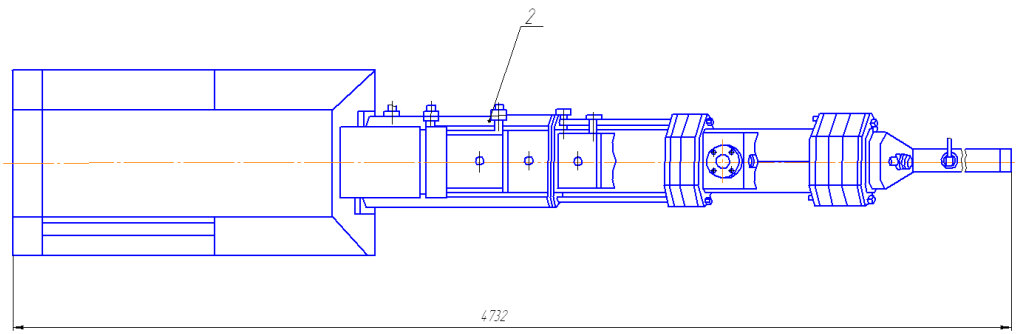
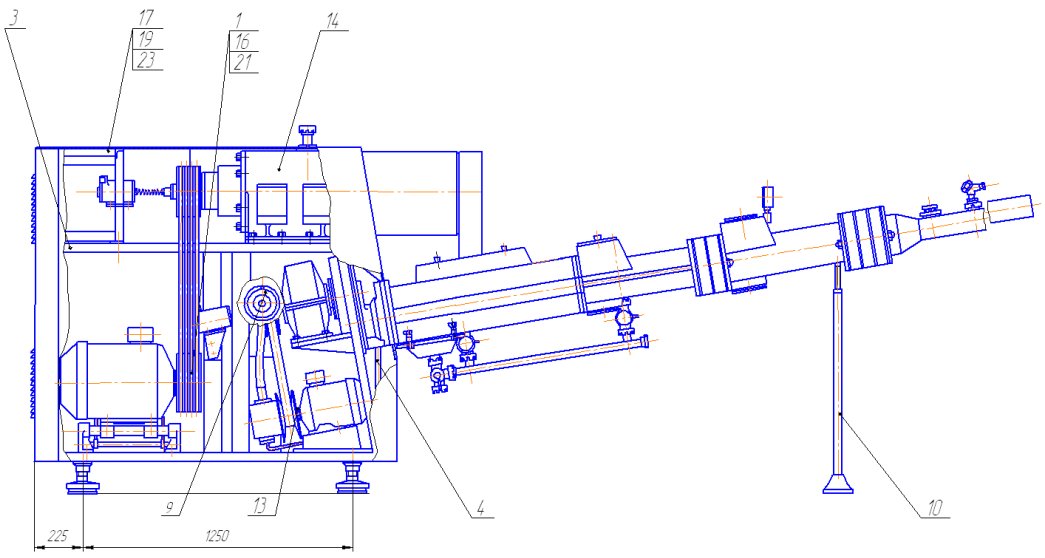
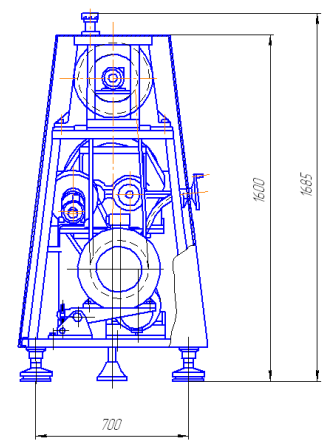
597

Лист 1 з 1
Сторінка 1 з 1
Всього сторінок 1

Приклад оформлення креслень масловиготовлювача Л5-ОМІ



Приклад оформлення креслень масловиготовлювача Л5-ОМІ

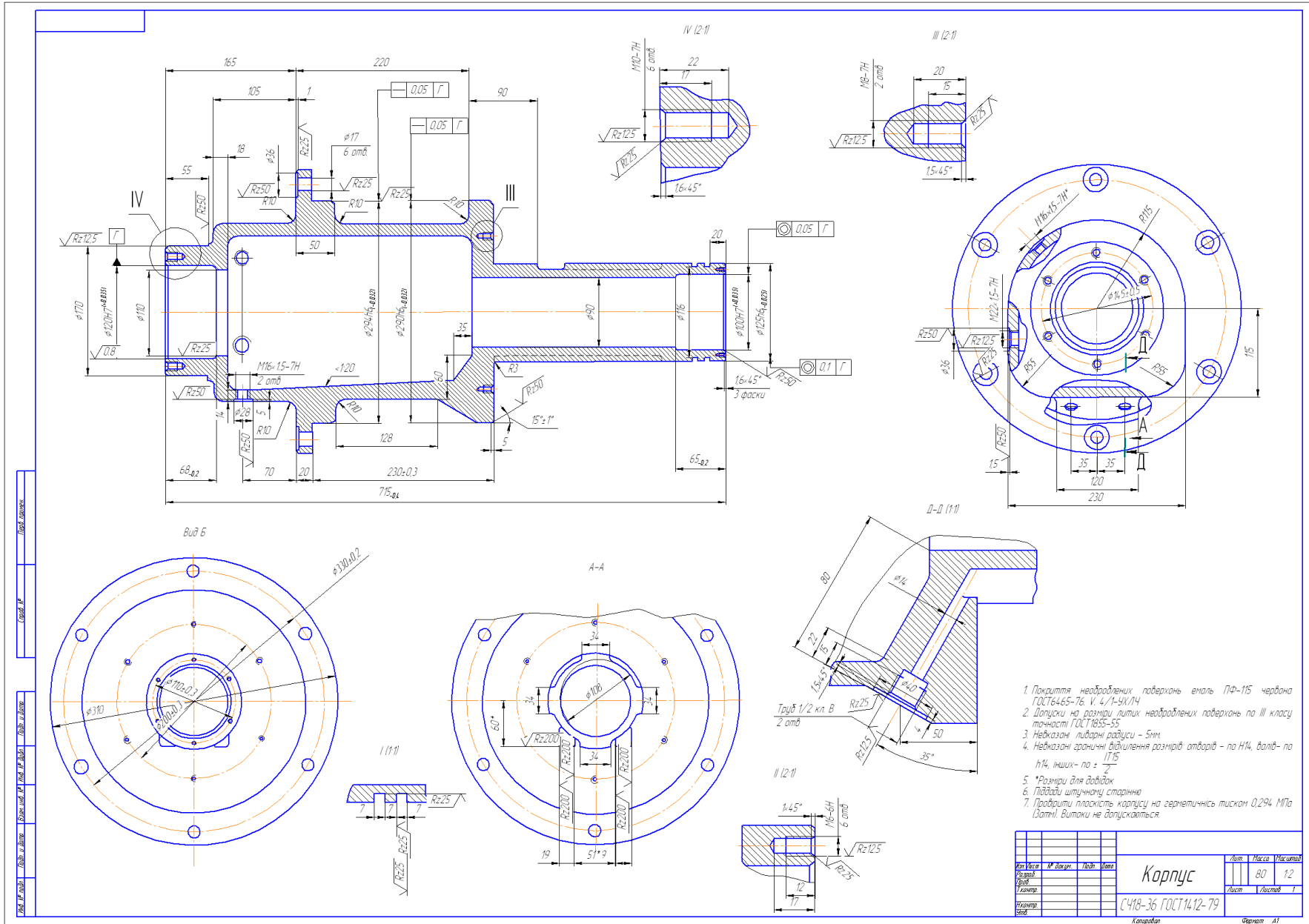


Технічна характеристика масловиготовлювача Л5-ОМІ

Продуктивність технічна по маслу, кг/год	1200
вологіському	1100
лінійському	1000
селянському	800
Бутардному	800
Встановлена потужність електродвигуна, кВт, не більше	4,3
Максимальна продуктивність насосів (об'єм) м ³ /год не менше	0,018
Рекомендована частота обертання валу збивача (об/хв)	(700-2300)
Рекомендована частота обертання шнеків текстуратора, С-1 (об/хв)	(120-60)
Маса, кг, не більше	3500
Споживання електроенергії, кВт/год	40,1

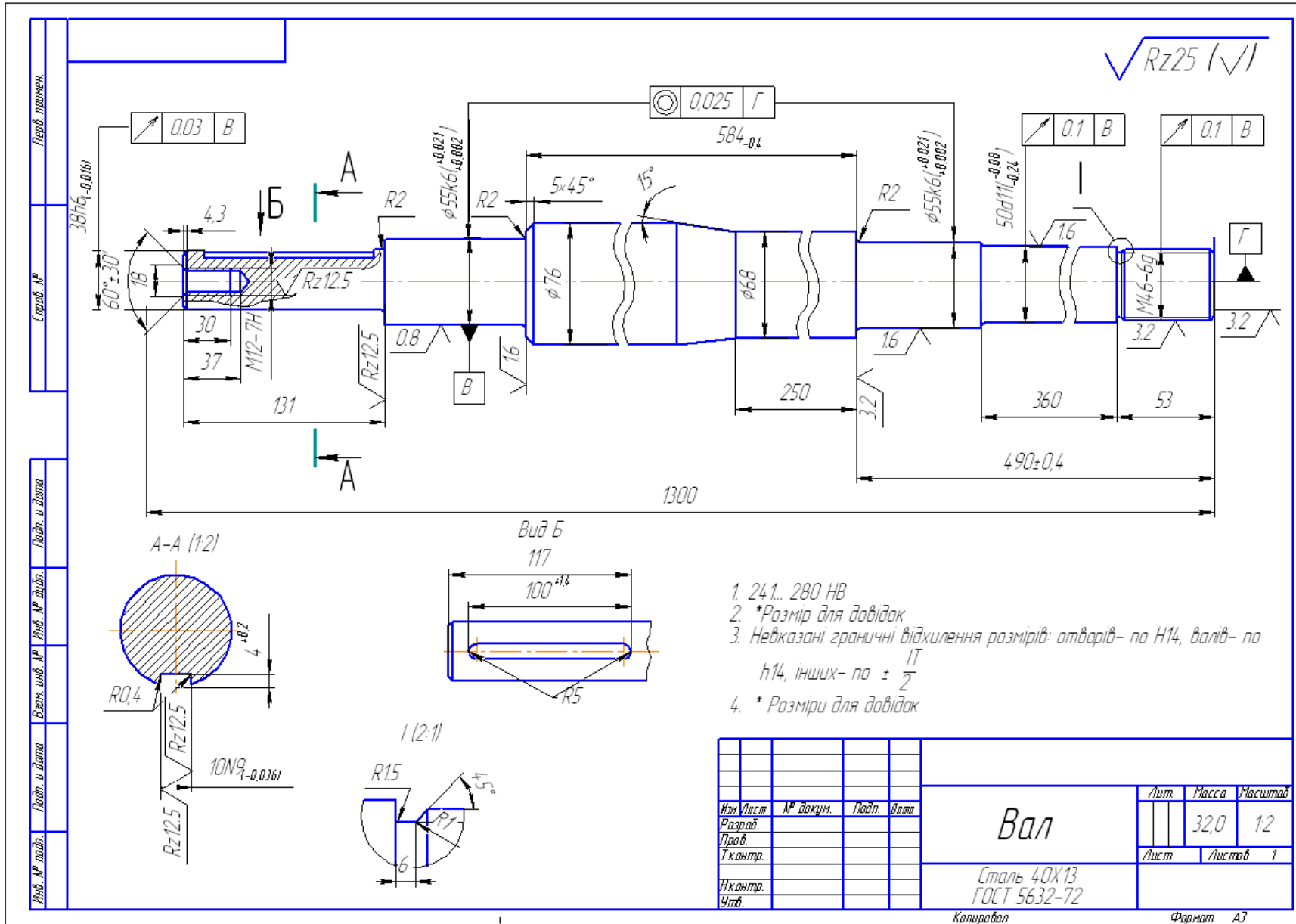
№ документа	№ документа	Титул	Вид	Лист	Маса	Насиття
		Масловиготовлювач		1654	110	
Вид	Лист	Загальний вигляд	Лист	Листів	1	
Лист	Листів					
Категорія	Категорія	Категорія	Категорія	Категорія	Категорія	Категорія

Приклад оформлення креслень масловиготовлювача Д5-ОМІ

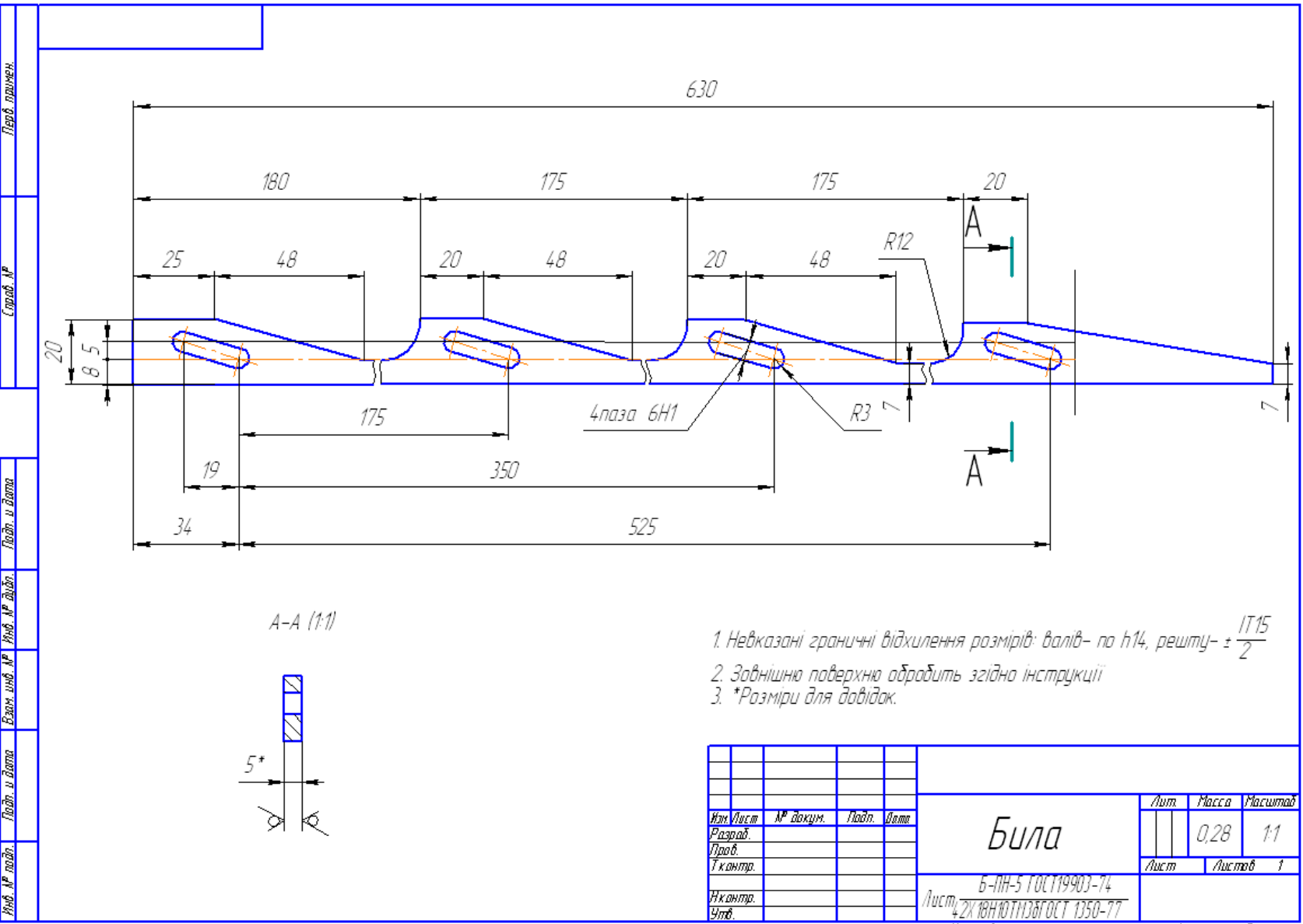


1. Покриття необроблених поверхонь емаль ПФ-115 червона ГОСТ 6465-76. V. 4/1-УК/14
2. Допуски на розміри литих необроблених поверхонь по III класу точності ГОСТ 1855-55
3. Невказані лінійні радіуси - 5мм
4. Невказані граничні відхилення розмірів отворів - по Н14, валів - по h14, інших - по ± IT15
5. *Розміри для довідки
6. П'явки ступінчастої старини
7. Продіти плоскість корпусу на герметичність тиском 0,294 МПа (3атм). Витоки не допускаються

№ документа	№ документа	Лист	Всього
Корпус		80	12
Лист	Листов	1	
С418-36 ГОСТ 1412-79			
Корпус			
Объем А1			

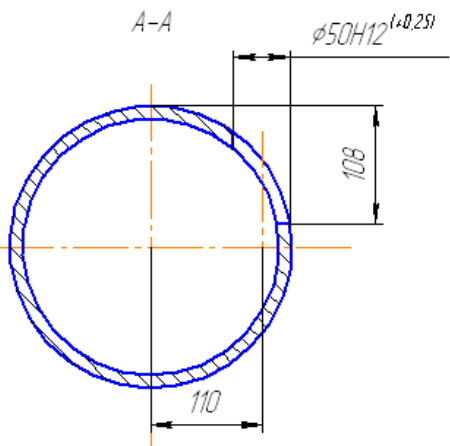
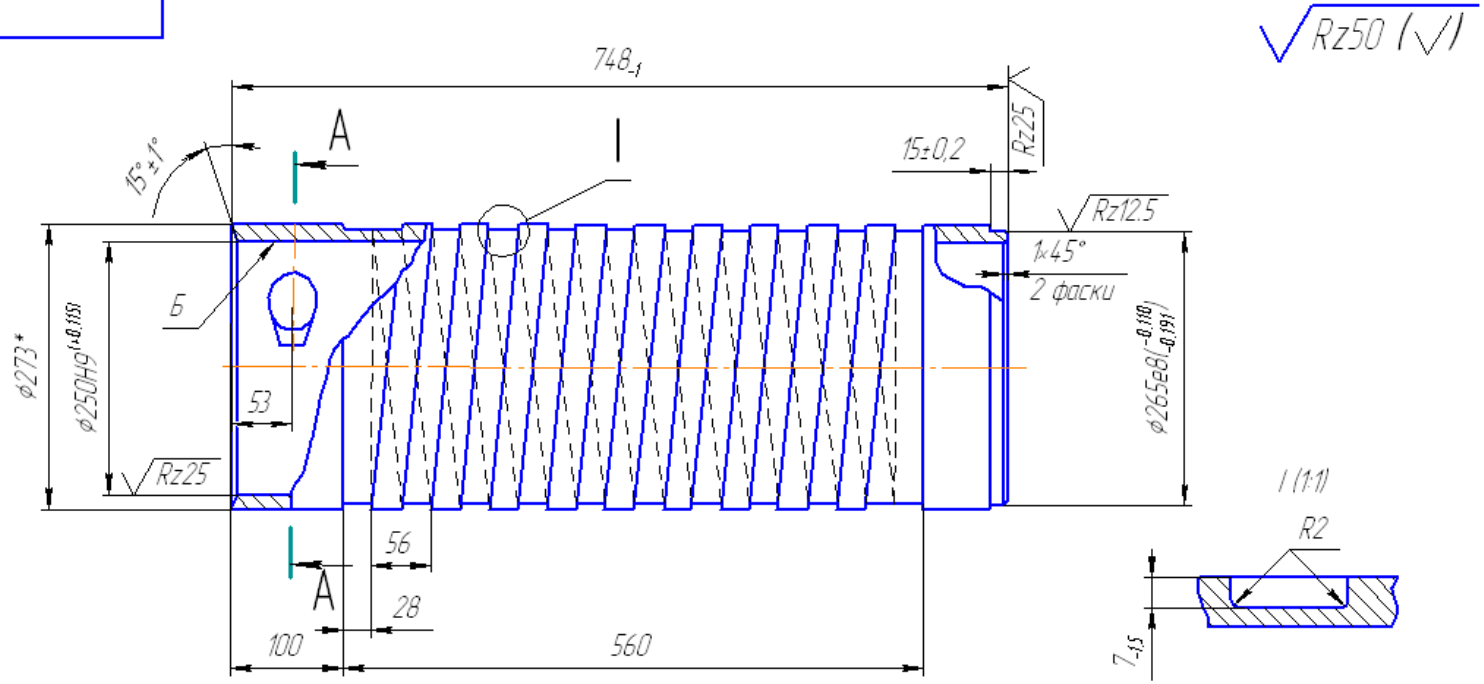


Приклад оформлення креслень
масловиготовлювача Л5-ОМІ



Приклад оформлення креслень
 маслового вальцювача Д5-ОМІ

Приклад оформлення креслень
 Маслового вогнивоваця Л5-ОМН



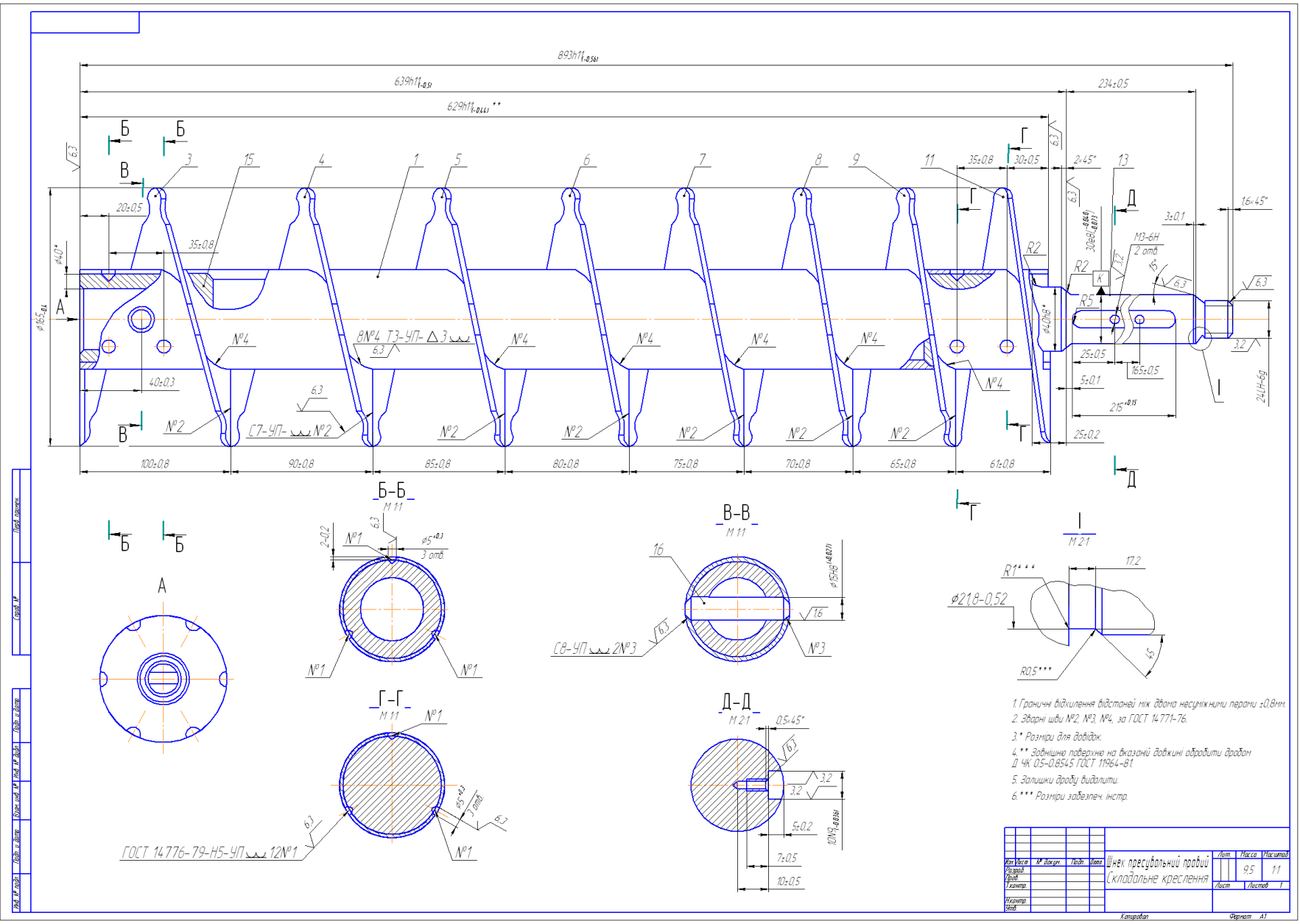
- Невказані граничні відхилення розмірів: валів- по h14, решту - $\pm \frac{IT15}{2}$
- Овальність і конусність отвору Б не більш 0,3 мм.
- *Розмір для довідок

Лист	№ докум.	Лист	Всього	Лист	Маса	Масштаб
1		1	1	1	42.5	1:1
Циліндр				Лист	Листів	1
Труба 273X/3-12X18H10T ГОСТ 9940-78						

Копіював

Формат А3

Перб. прамкн.
 Стрпб. №
 Лпдп. и блтп.
 Лпдп. и блтп.
 Лпдп. и блтп.
 Лпдп. и блтп.
 Лпдп. и блтп.



Приклад оформлення креслень
 Маслового вловювача Л5-ОМІ

Перв. примеч.		Строч. №		Лист. и всего		Инд. № дроб.		Взам. инв. №		Лист. и всего		Инд. № подл.	
---------------	--	----------	--	---------------	--	--------------	--	--------------	--	---------------	--	--------------	--

Side view of the pen nib showing its profile and dimensions H and ϕ .

Top view of the pen nib showing a central hole with diameter $\phi 66$, an outer diameter of $\phi 164$, and a width of $144,11$. A fillet with radius $R10 \pm 0,5$ is indicated.

$\sqrt{6,3 (\sqrt{1})}$

R10±0,5 по разгортці

Позначення	H, мм	Маса, кг
Л5-ОММ	$100 \pm 0,3$	0,46
-01	$85 \pm 0,3$	0,45
-02	$75 \pm 0,3$	0,437
-03	$73 \pm 0,3$	0,435

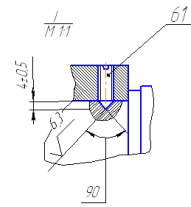
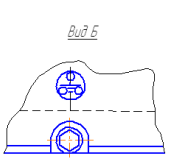
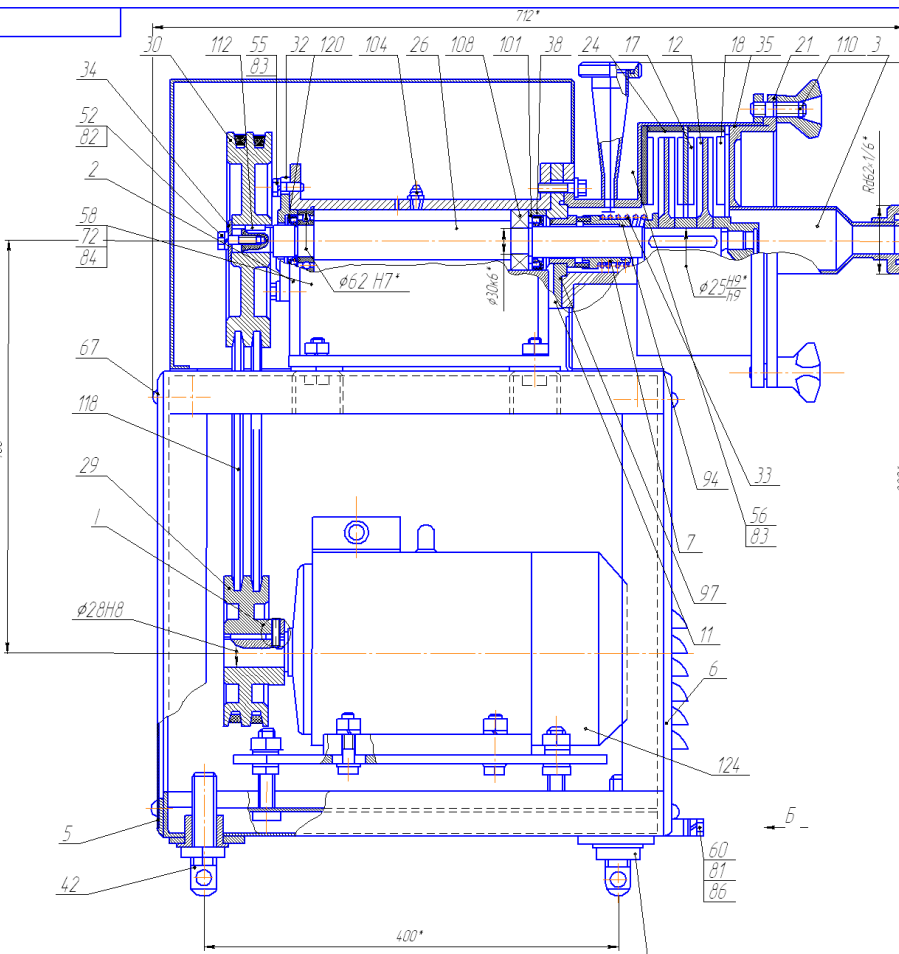
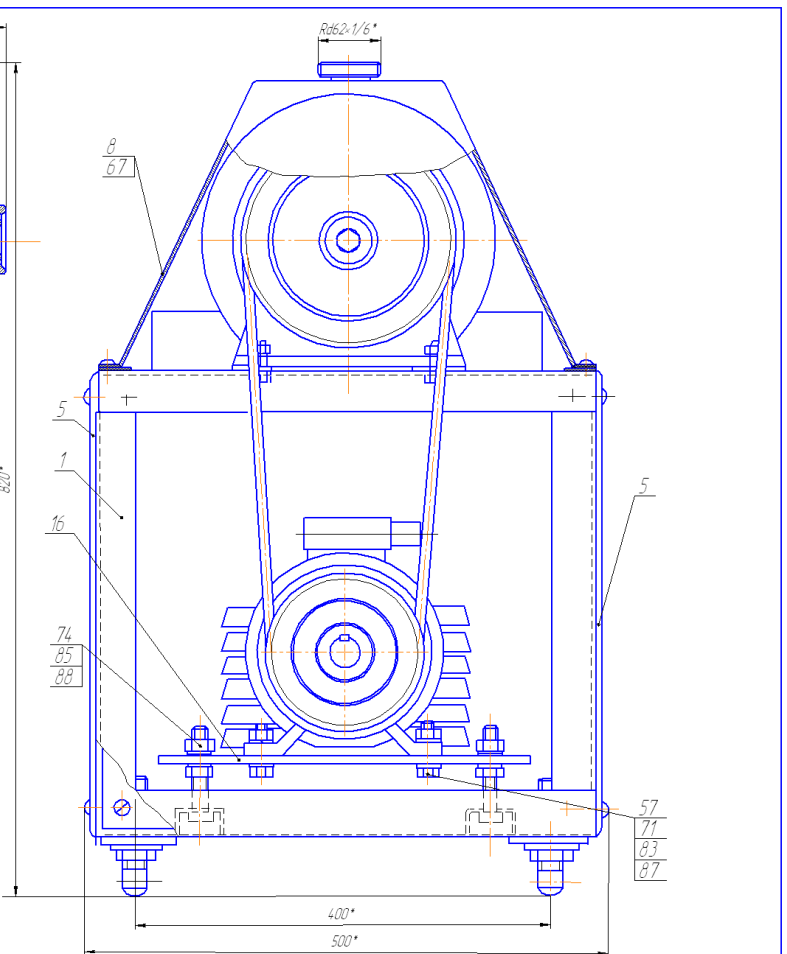
-04	$72 \pm 0,3$	0,435
-05	$70 \pm 0,3$	0,43
-06	$65 \pm 0,3$	0,425
-07	$80 \pm 0,3$	0,440
-08	$90 \pm 0,3$	0,452

1. Розмір в дужках - забезпечується після складання.

Взм. Лист	№ докум.	Підп.	Ветп.	Перо шнека				Лист	Масса	Масштаб			
Розроб.				Сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5582-75				Інд. майі	11				
Проб.								Лист	Листов	1			
І контр.				Копіював				Формат А3					
Нконтр.													
Утв.													

Приклад оформлення креслень
масловиготовлювача Л5-ОММ

Приклад оформлення креслень масловиготовлювача Д5-ОМІ

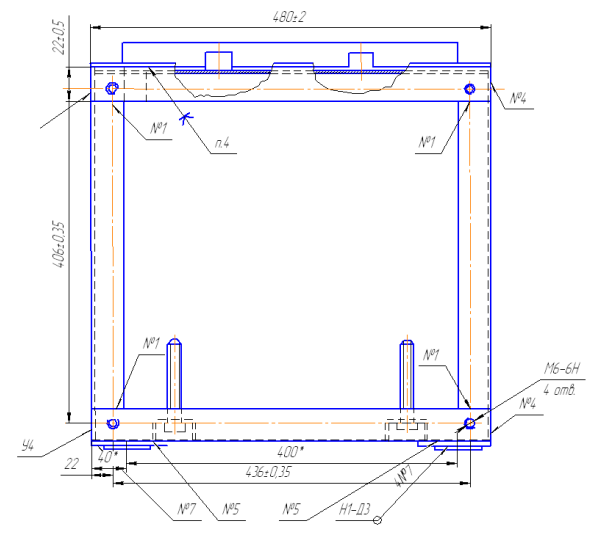
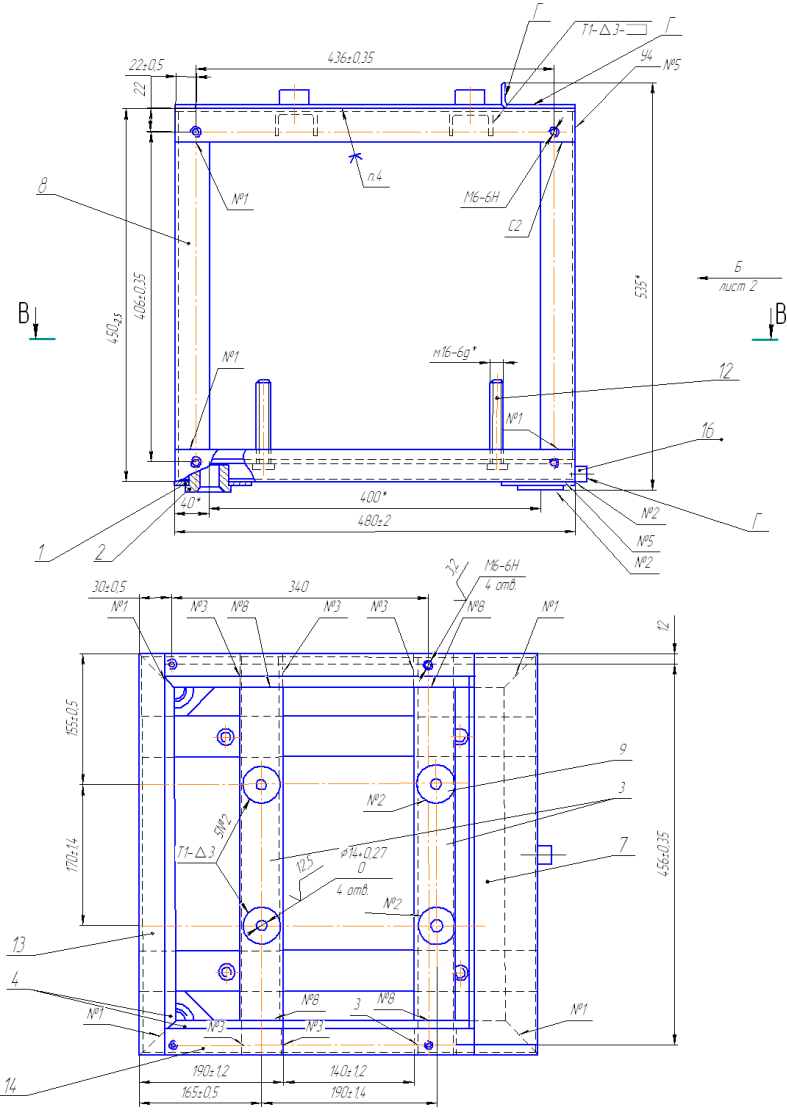


1. Розміри для довідок.
2. Направлення обертів валів поз.26 проти часової стрілки якщо дивитись з сторони шківів поз.30

Розмір	М. Діаметр	Мод.	Маса	Лист	Маса	Масштаб
Розмір				134.3	1.2	
Лист				Лист	Листів	1
Розмір						
Мод.						

Варіант А1

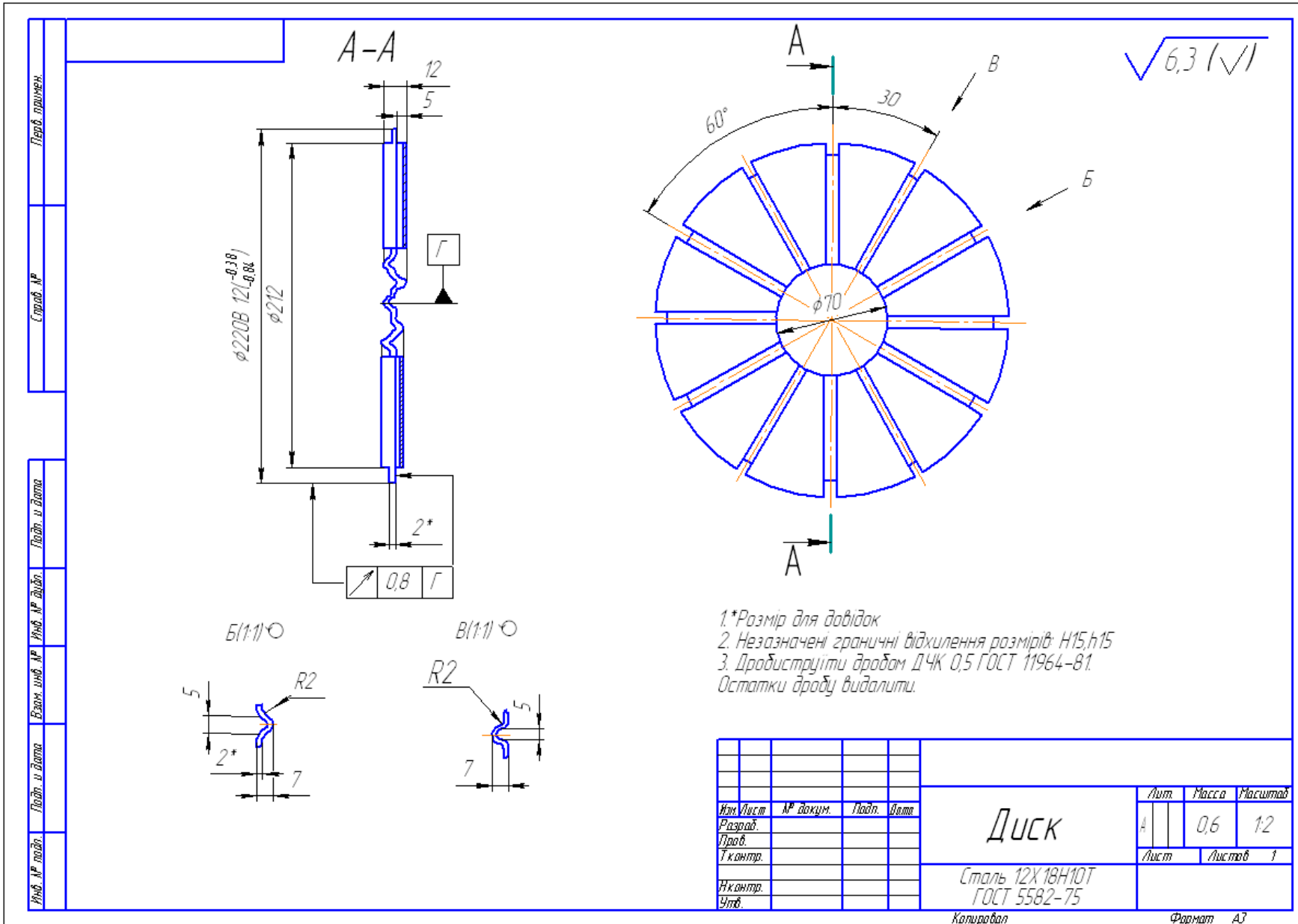
Лист № 1
Лист № 2
Лист № 3
Лист № 4
Лист № 5
Лист № 6
Лист № 7
Лист № 8
Лист № 9
Лист № 10
Лист № 11
Лист № 12
Лист № 13
Лист № 14
Лист № 15
Лист № 16
Лист № 17
Лист № 18
Лист № 19
Лист № 20



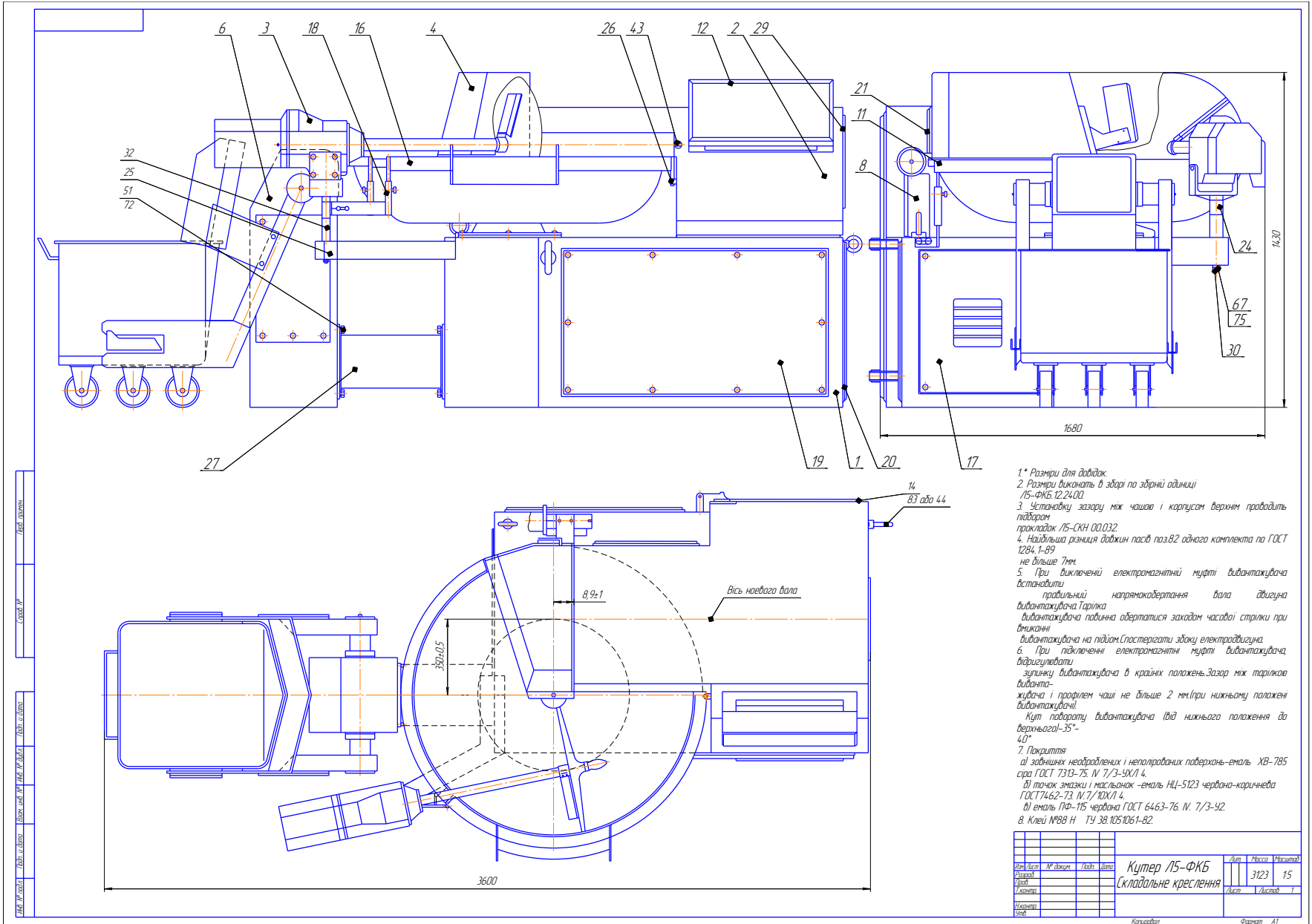
1. Размеры для добавок
2. Звартні шви по ГОСТ 14.771-76
3. Покриття ґвілю ПФ-115, код ГОСТ 465-76
- VI, 4/1 - 9х1/4, крім різьбових отворів і поверхностей Г
4. Клей ВВН ТУ38 105 1081-82

Лист № 1				Лист № 2		
№	№	№	№	№	№	№
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31	32	33	34	35
36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49
50	51	52	53	54	55	56
57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77
78	79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90	91
92	93	94	95	96	97	98
99	100	101	102	103	104	105
106	107	108	109	110	111	112
113	114	115	116	117	118	119
120	121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132	133
134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147
148	149	150	151	152	153	154
155	156	157	158	159	160	161
162	163	164	165	166	167	168
169	170	171	172	173	174	175
176	177	178	179	180	181	182
183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196
197	198	199	200	201	202	203
204	205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216	217
218	219	220	221	222	223	224
225	226	227	228	229	230	231
232	233	234	235	236	237	238
239	240	241	242	243	244	245
246	247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258	259
260	261	262	263	264	265	266
267	268	269	270	271	272	273
274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287
288	289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300	301
302	303	304	305	306	307	308
309	310	311	312	313	314	315
316	317	318	319	320	321	322
323	324	325	326	327	328	329
330	331	332	333	334	335	336
337	338	339	340	341	342	343
344	345	346	347	348	349	350
351	352	353	354	355	356	357
358	359	360	361	362	363	364
365	366	367	368	369	370	371
372	373	374	375	376	377	378
379	380	381	382	383	384	385
386	387	388	389	390	391	392
393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406
407	408	409	410	411	412	413
414	415	416	417	418	419	420
421	422	423	424	425	426	427
428	429	430	431	432	433	434
435	436	437	438	439	440	441
442	443	444	445	446	447	448
449	450	451	452	453	454	455
456	457	458	459	460	461	462
463	464	465	466	467	468	469
470	471	472	473	474	475	476
477	478	479	480	481	482	483
484	485	486	487	488	489	490
491	492	493	494	495	496	497
498	499	500	501	502	503	504
505	506	507	508	509	510	511
512	513	514	515	516	517	518
519	520	521	522	523	524	525
526	527	528	529	530	531	532
533	534	535	536	537	538	539
540	541	542	543	544	545	546
547	548	549	550	551	552	553
554	555	556	557	558	559	560
561	562	563	564	565	566	567
568	569	570	571	572	573	574
575	576	577	578	579	580	581
582	583	584	585	586	587	588
589	590	591	592	593	594	595
596	597	598	599	600	601	602
603	604	605	606	607	608	609
610	611	612	613	614	615	616
617	618	619	620	621	622	623
624	625	626	627	628	629	630
631	632	633	634	635	636	637
638	639	640	641	642	643	644
645	646	647	648	649	650	651
652	653	654	655	656	657	658
659	660	661	662	663	664	665
666	667	668	669	670	671	672
673	674	675	676	677	678	679
680	681	682	683	684	685	686
687	688	689	690	691	692	693
694	695	696	697	698	699	700
701	702	703	704	705	706	707
708	709	710	711	712	713	714
715	716	717	718	719	720	721
722	723	724	725	726	727	728
729	730	731	732	733	734	735
736	737	738	739	740	741	742
743	744	745	746	747	748	749
750	751	752	753	754	755	756
757	758	759	760	761	762	763
764	765	766	767	768	769	770
771	772	773	774	775	776	777
778	779	780	781	782	783	784
785	786	787	788	789	790	791
792	793	794	795	796	797	798
799	800	801	802	803	804	805
806	807	808	809	810	811	812
813	814	815	816	817	818	819
820	821	822	823	824	825	826
827	828	829	830	831	832	833
834	835	836	837	838	839	840
841	842	843	844	845	846	847
848	849	850	851	852	853	854
855	856	857	858	859	860	861
862	863	864	865	866	867	868
869	870	871	872	873	874	875
876	877	878	879	880	881	882
883	884	885	886	887	888	889
890	891	892	893	894	895	896
897	898	899	900	901	902	903
904	905	906	907	908	909	910
911	912	913	914	915	916	917
918	919	920	921	922	923	924
925	926	927	928	929	930	931
932	933	934	935	936	937	938
939	940	941	942	943	944	945
946	947	948	949	950	951	952
953	954	955	956	957	958	959
960	961	962	963	964	965	966
967	968	969	970	971	972	973
974	975	976	977	978	979	980
981	982	983	984	985	986	987
988	989	990	991	992	993	994
995	996	997	998	999	1000	1001

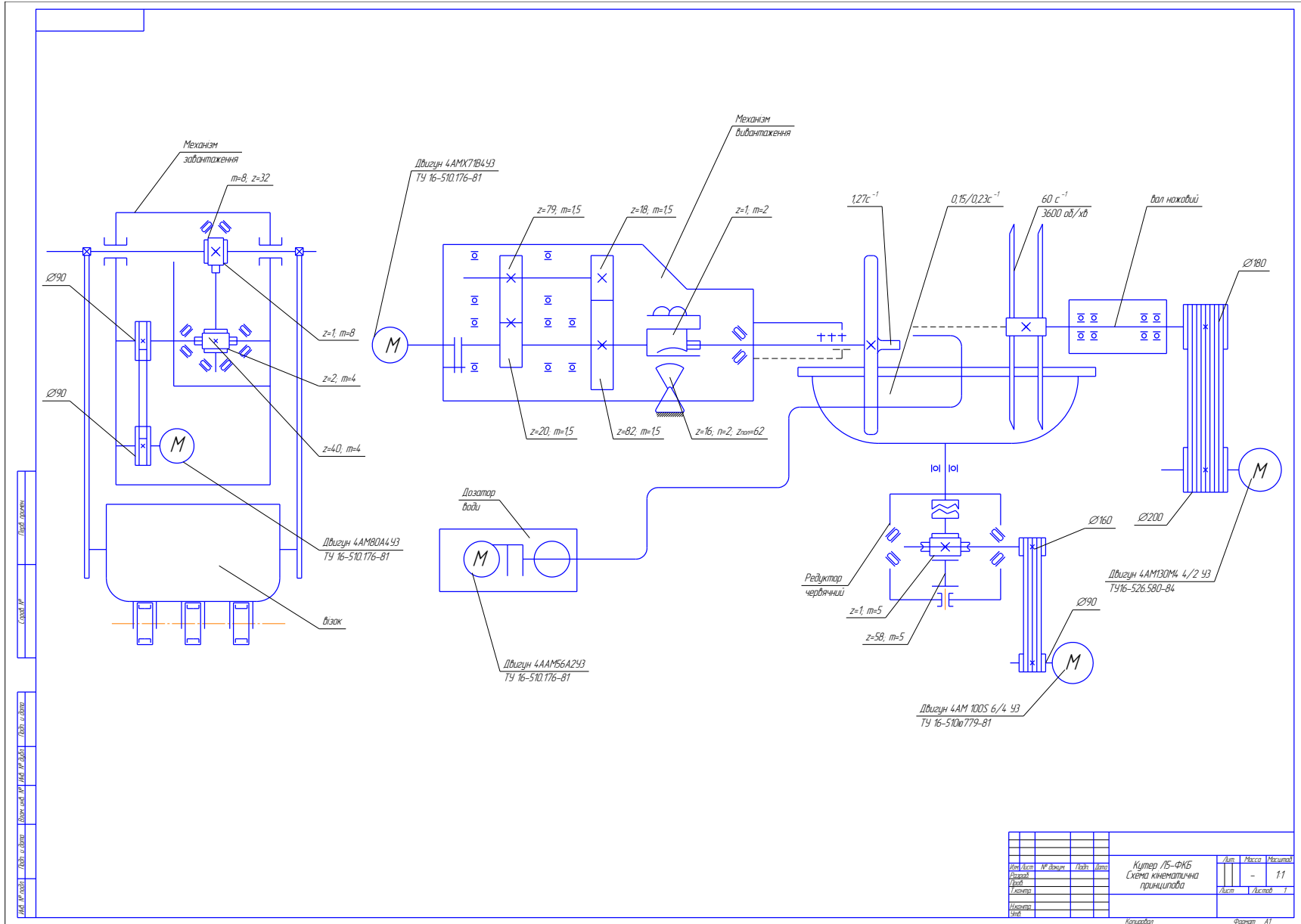
Приклад оформлення креслень
 Маслового виготовлювача Л5-ОМІ



Приклад оформлення креслень
 масловиготовлювача Л5-ОМІ



Приклад оформлення креслень кутера Л5-ФКБ



Приклад оформлення креслень кутера Д5-ФКБ

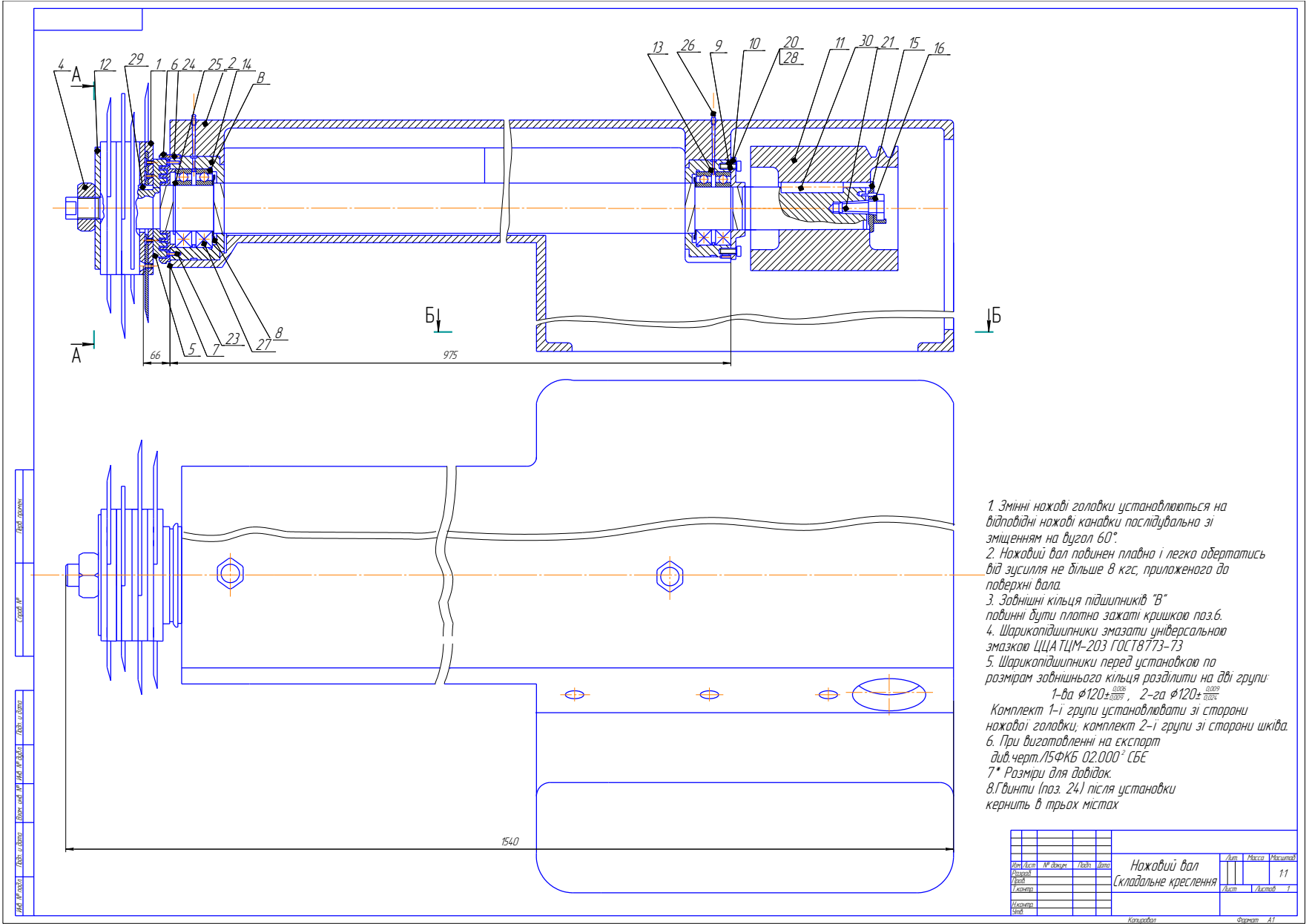
№	Деталь	№	Деталь	Лист	Всього	Лист	Всього	Лист	Всього
1	Кутер Д5-ФКБ			1	1	1	1		
2	Схема кінцева							1	1
3	Принцип								
4	Лист								
5	Лист								

Кутер Д5-ФКБ
Схема кінцева
принципа

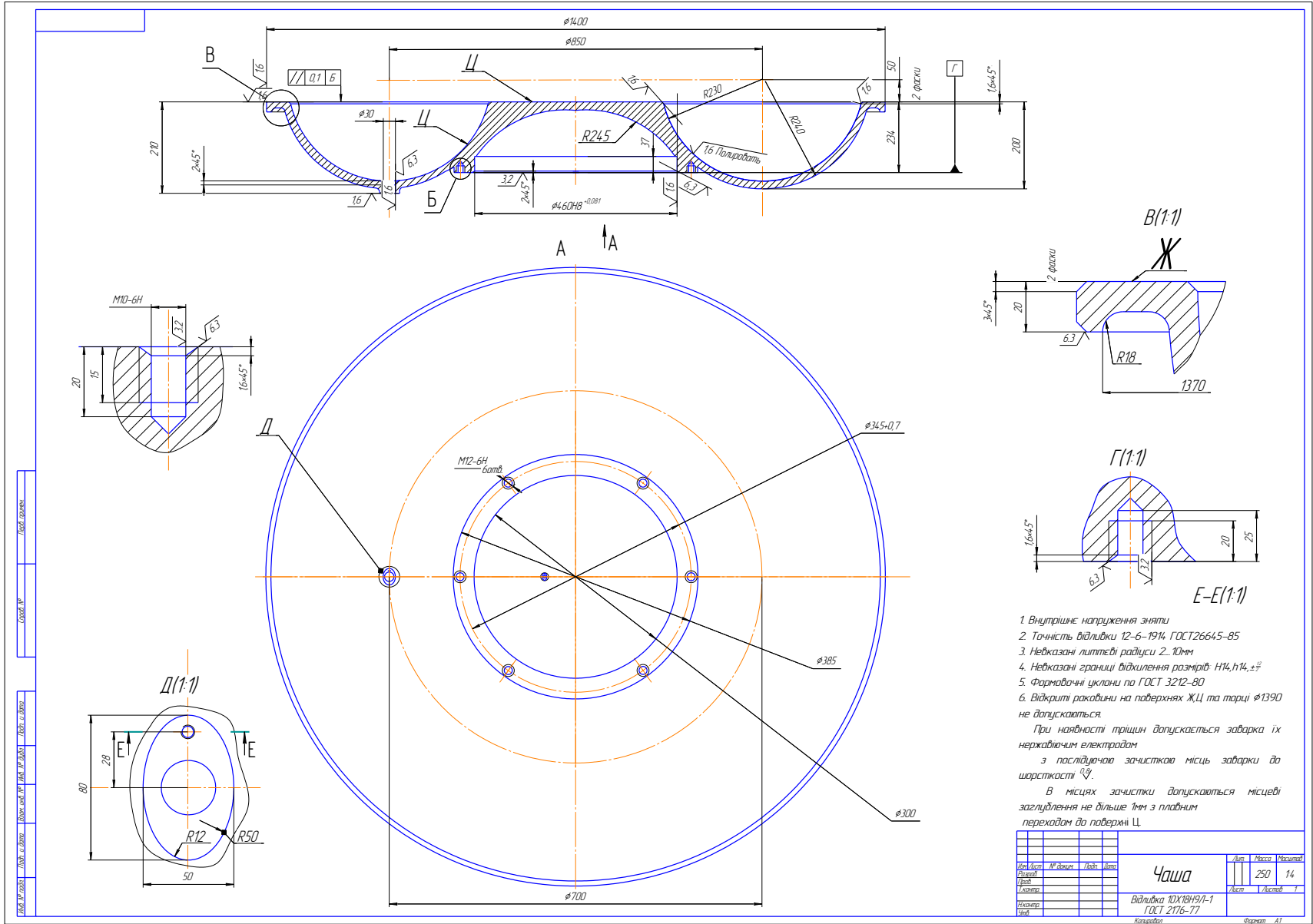
Лист 1
Всього 1

Лист 1
Всього 1

Креслення Формат А1



Приклад оформлення креслень кутера Л5-ФКБ

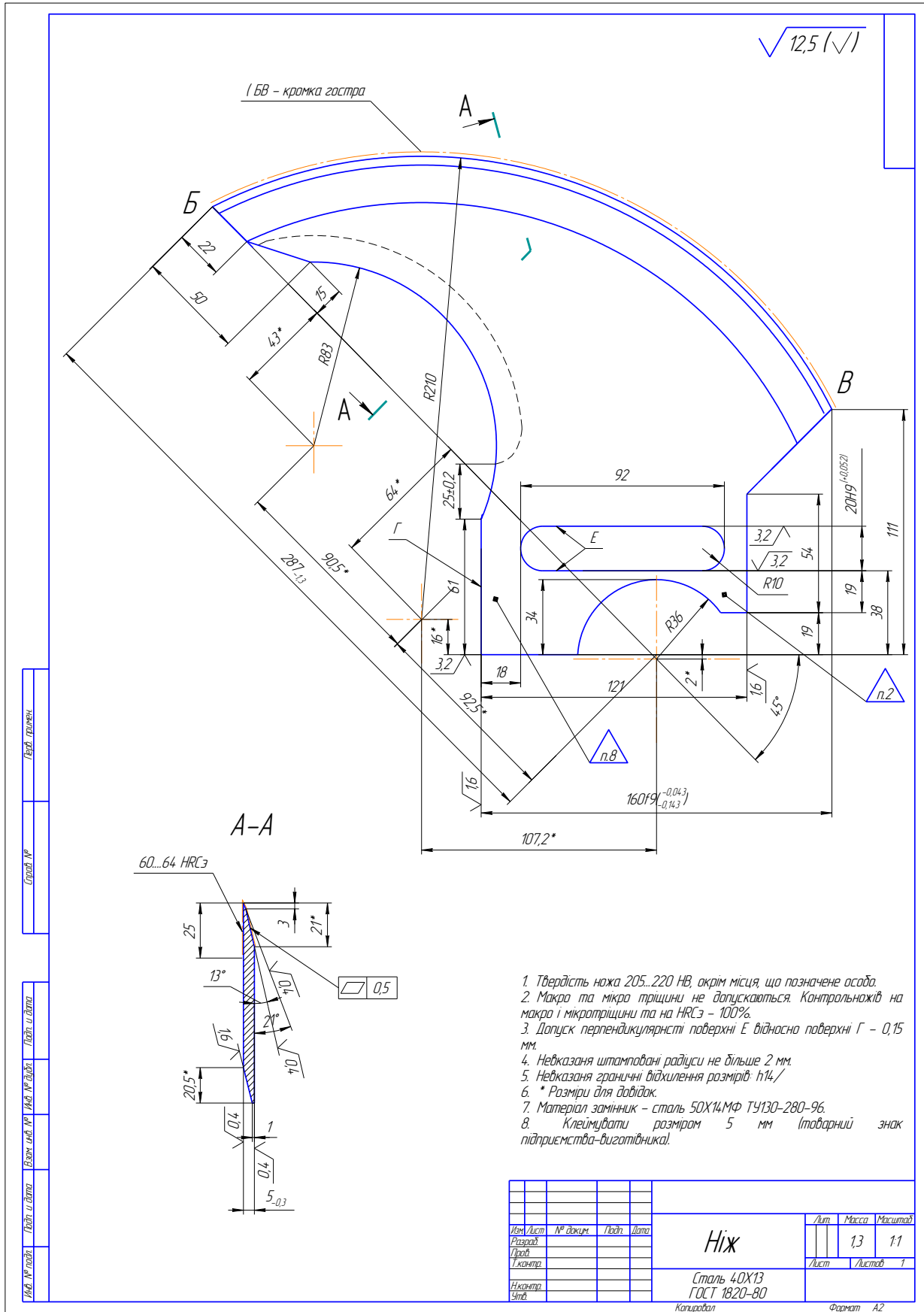


1. Внутрішні напруження зняти
 2. Точність вилівки 12-6-1914 ГОСТ26645-85
 3. Неказані литтєві радіуси 2...10мм
 4. Неказані границі відхилення розмірів $H14, h14, \pm \#$
 5. Формовачні уклони по ГОСТ 3212-80
 6. Відкриті раковини на поверхнях ЖЦ та тарі $\varnothing 1390$ не допускаються.
- При наявності тріщин допускається заварка їх нержавіючим електродам з послідовною зачисткою місць заварки до шорсткості $R_{a} 9$.
- В місцях зачистки допускається місцеві заглиблення не більше 1мм з плавним переходом до поверхні Ц.

№	Дат.	№ докум.	Лист	Лист	Всього
1					
Чаша					
Відливка 10X18H9/1-1					
ГОСТ 2176-77					
Класифікація					
Формат А1					

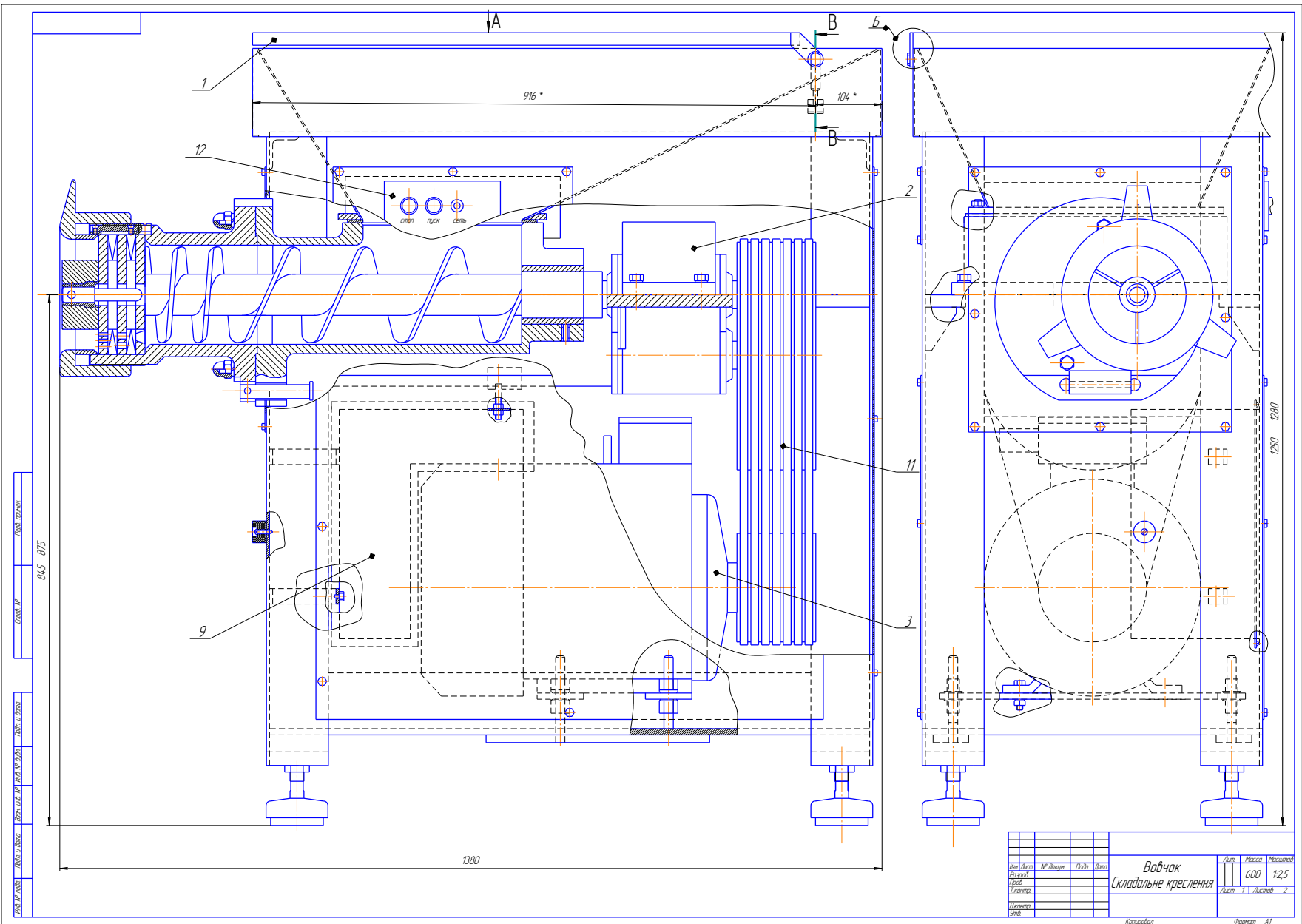
Приклад оформлення креслень кутюра Л5-ФКБ

Приклад оформлення креслень кутера Л5-ФКБ



Приклад оформлення креслень

вовчок К7-ФВП-160

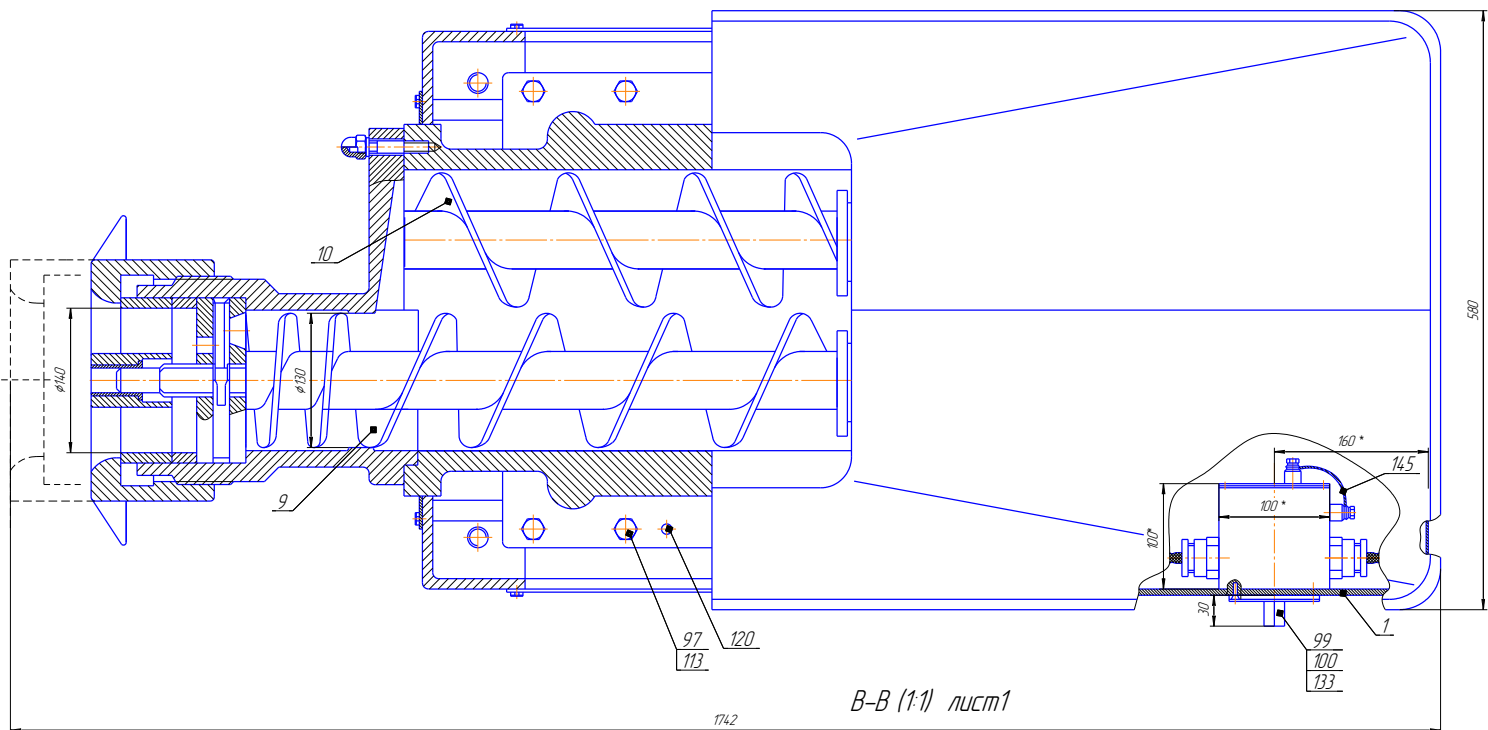


Приклад оформлення креслень

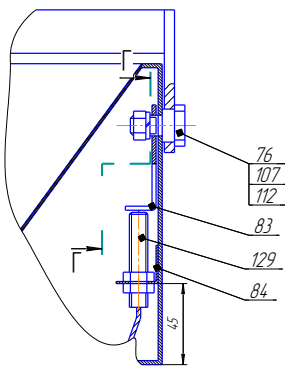
Возька К7-ФВП-160

A (1:2) лист 1

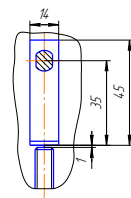
Решетка поз. 21 умовно не зображена



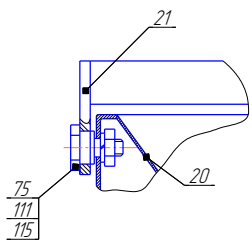
B-B (1:1) лист 1



Г-Г (1:1)



Б (1:1) лист 1

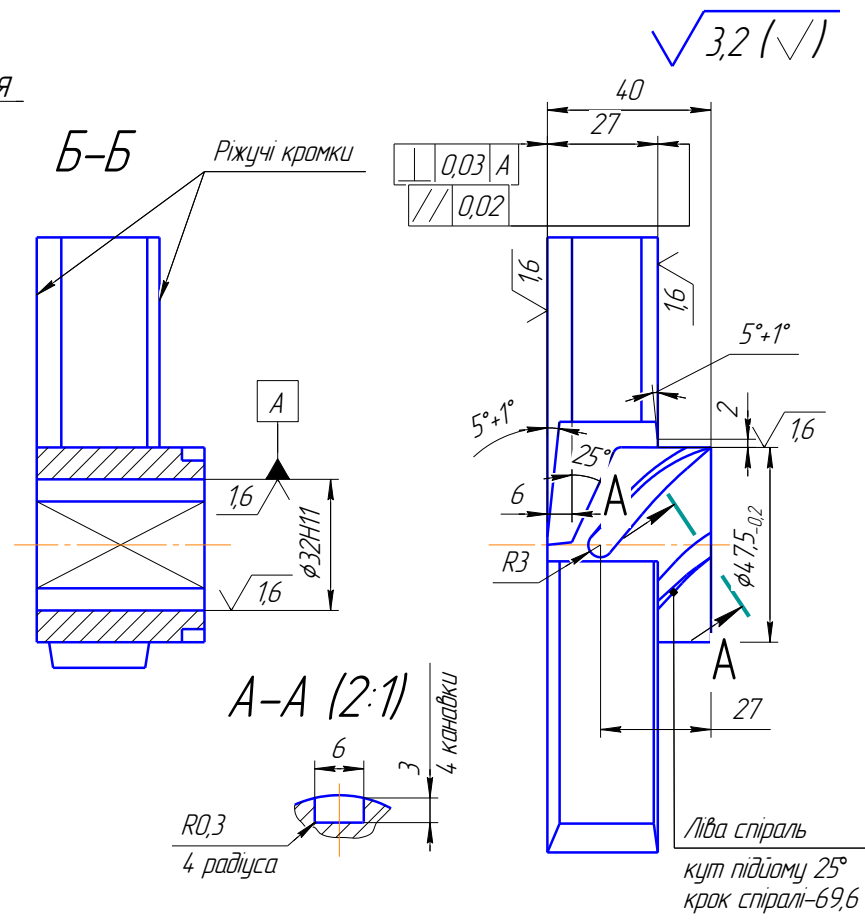
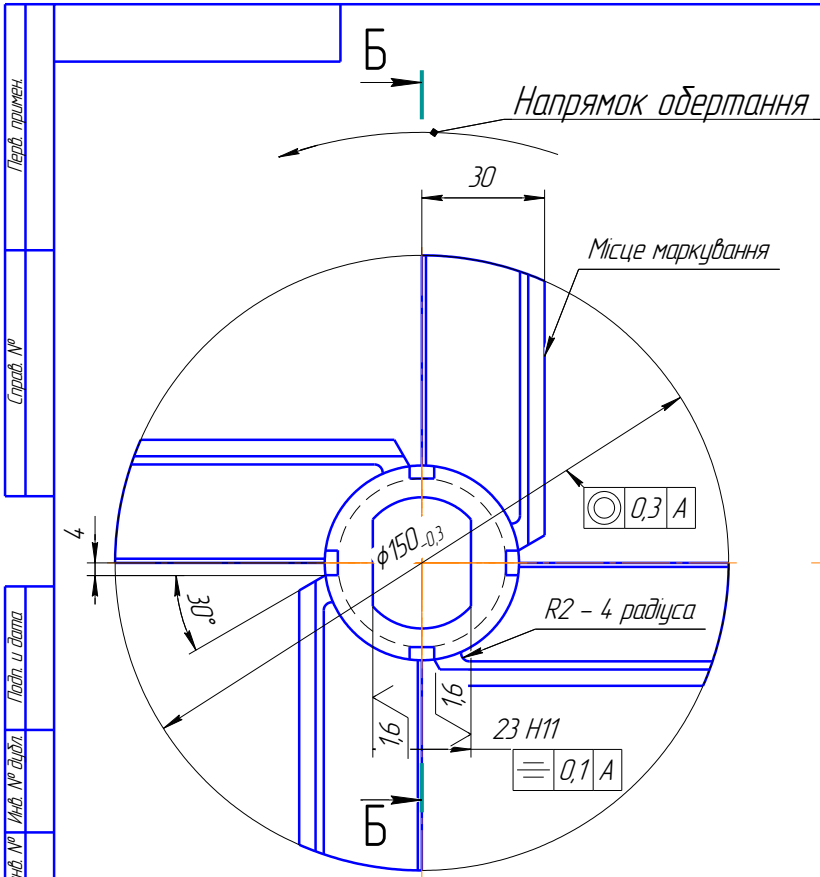


620

Лист №	Листів	№	Листів	№	Листів	№	Листів
1	2	1	2	1	2	1	2

Лист №	Листів	№	Листів	№	Листів	№	Листів
1	2	1	2	1	2	1	2

Формат А1

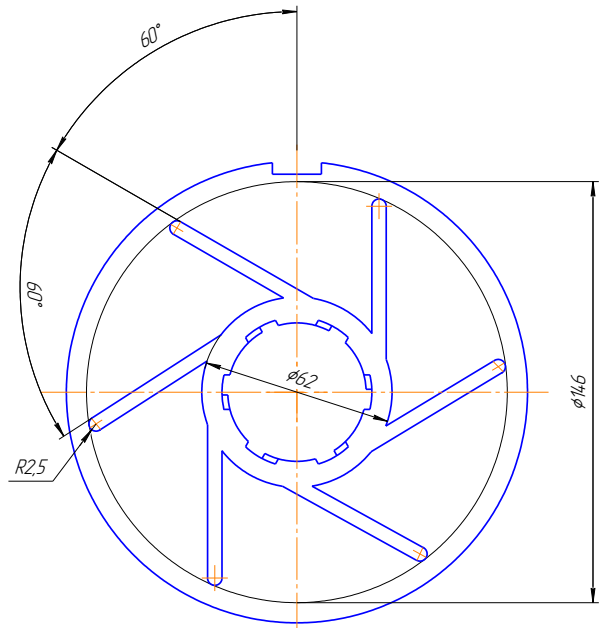
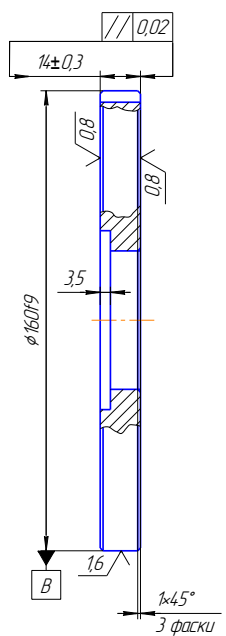
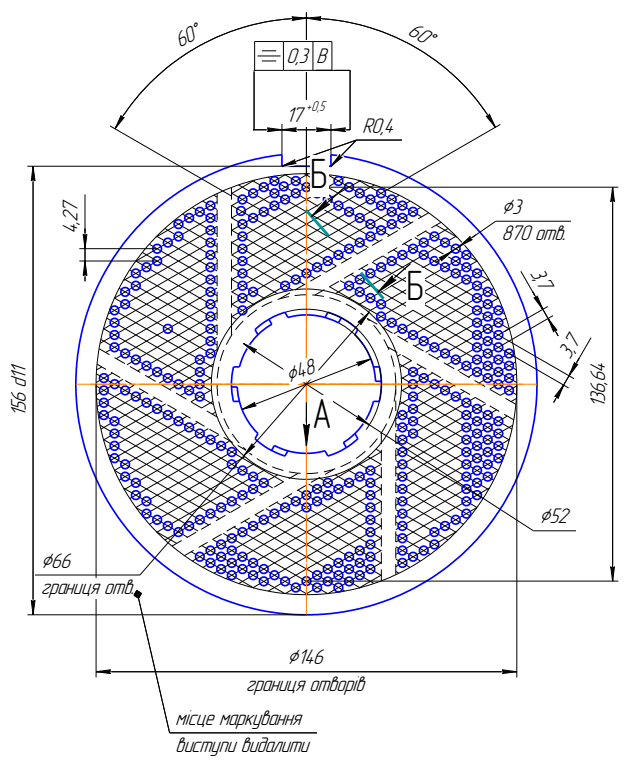


1. Твердість лез HRC 48..52.
2. Невказані граничні відхилення H14, h14, ±JT14/2. Точність виливка 10-6-6-10 ГОСТ 26645-85
3. Невказані ливарні радіуси 2 ... 4 мм.
4. Невказані ливарні кути по ГОСТ 3212-80
5. Поверхні повинні бути гладкими без заливів наростів та раковин.
6. Кромки притупити крім ріжучих.
7. Маркувати позначення ножа, 160H.200.04-0,1 електроеролзією, шрифт згідно ГОСТ 293062.

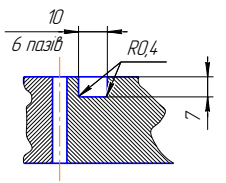
Взм./Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Ніж	Лист	Маса	Масштаб
Разроб.						0,72	1:1
Проб.				Сталь У8А	Лист	Листав	1
Т.кантр.				ГОСТ 14.35-90			
Н.кантр.				Копіював			Формат А3
Ултв.							

Приклад оформлення креслень
Вовчка К7-ФВП-160

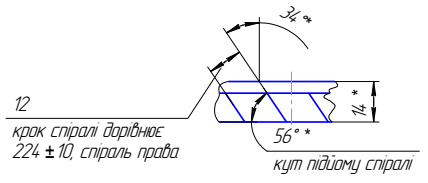
√ 3,2 (√)



Б-Б (2:1)



А (на розгортці)



1. Твердість решітки 58 ... 62HRC.
2. *Розмір для справок.
3. Невказані граничні відхилення згідно Н14, ±IT 14/2.
4. Допускається зменшення кількості отворів не більше ніж на 2 % від вказаного.
5. Маркувати позначення решітки "160Н - 3С" електроерозією, шрифт по - 4 ГОСТ 2930 - 62.

Мат. лист	№ вжив.	Повт.	Дата	Решітка вихідна з отв. 3 мм.	Лист	Маса	Масштаб
Розроб.				Сталь 95Х18	Лист	0,95	11
Проб.				ГОСТ 5632-72	Листов		1
Інженер							
Увід.							

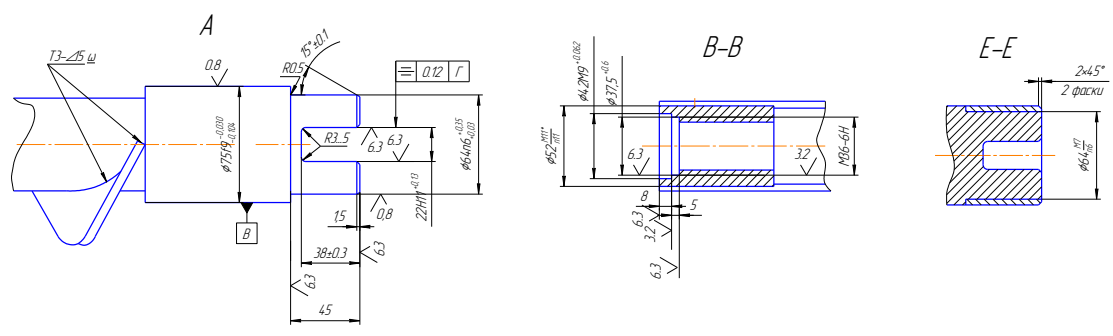
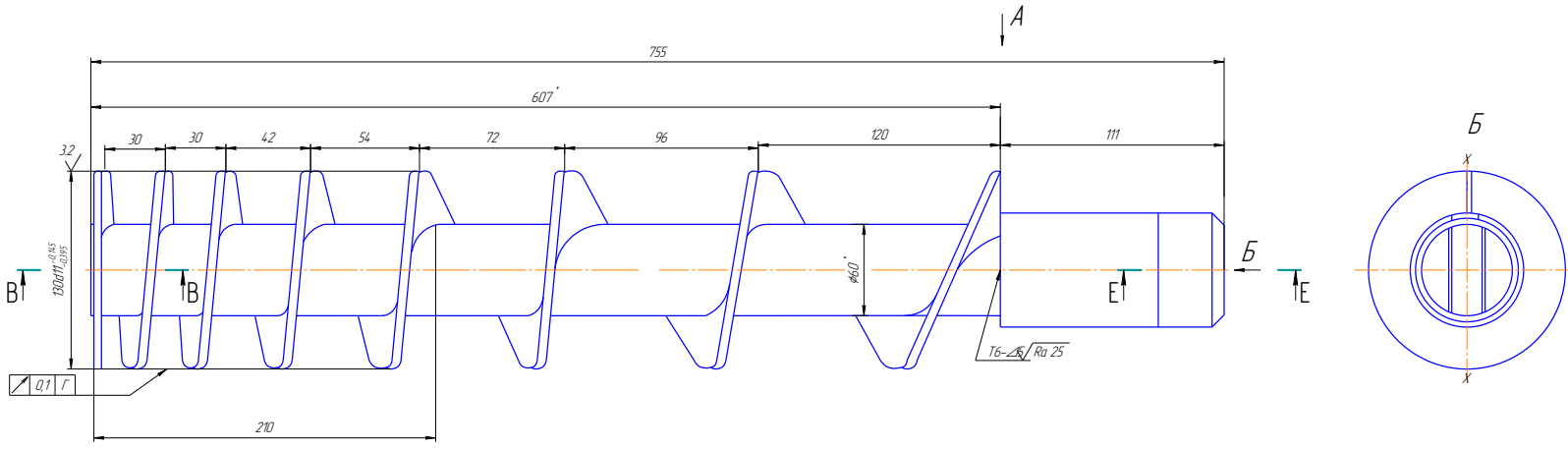
Копіював

Формат А2

Приклад оформлення креслень
вовчка К7-ФВП-160

Приклад оформлення креслень вовчка К7-ФВП-160

3,2 (✓)

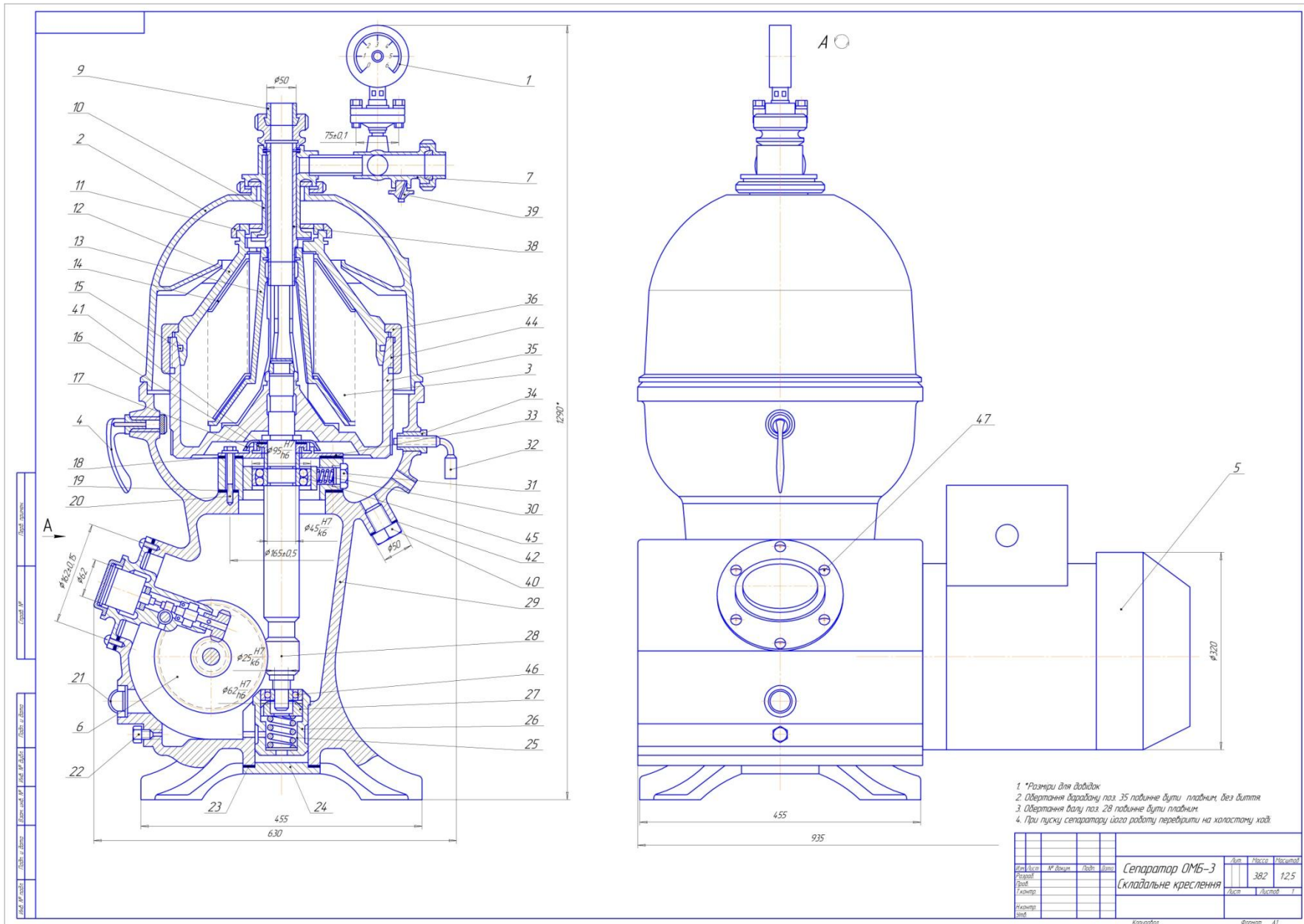


Позначення	l1	l2	l3	l4	l5	l6	l7
К7-ФВП-60.001.04.0	160±10	128±10	96±10	72±8	56±5	40±5	40±5
-01	110	145	105	75	65	45	-

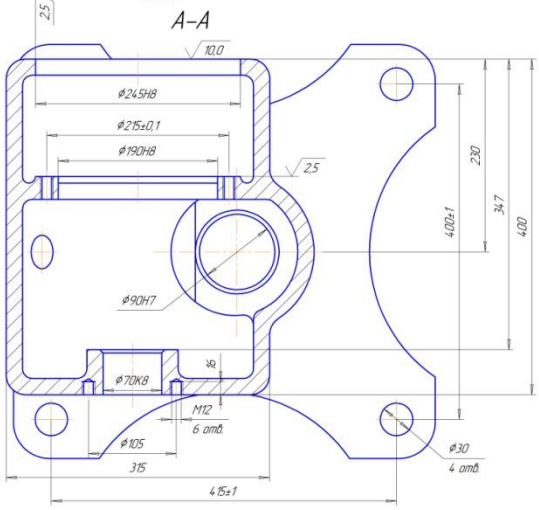
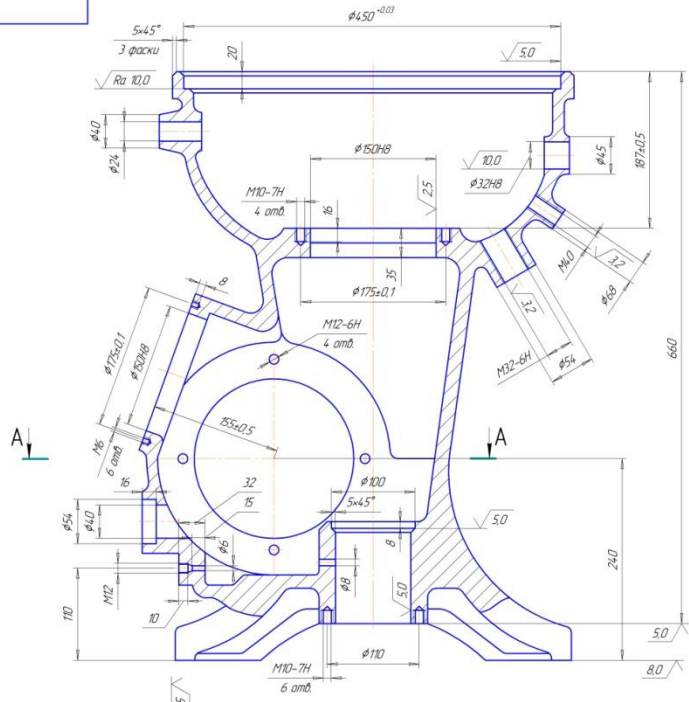
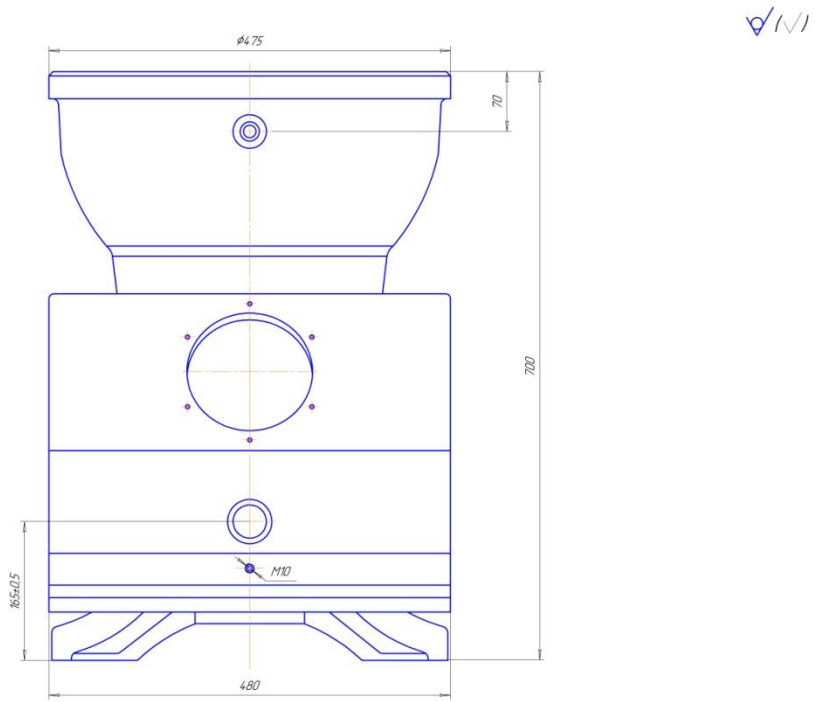
- * Розміри для довідки
- Початок витка гвинта повинна співпасти з лінією $x-x$ (див. Б) шлиців шпindelю
- Радіальне відхилення зовнішнього діаметра шнека в межах 3,1-15 мкм
- Робоча поверхня шнека повинна бути гладкою, не допускаться раковини, гострі краї
- Повинна бути витримана концентричність зовнішнього діаметра до осі стержня

№	Діаг.	№ докум.	Лист	Дата	Лист	Маса	Укриття
						15,2	1,2
Шнек робочий							
Лист					Листів 1		
Копія					Формат А1		

Приклад оформлення креслень
молочного сепаратора ОМБ-3



Приклад оформлення креслень молочного сепаратора ОМБ-3

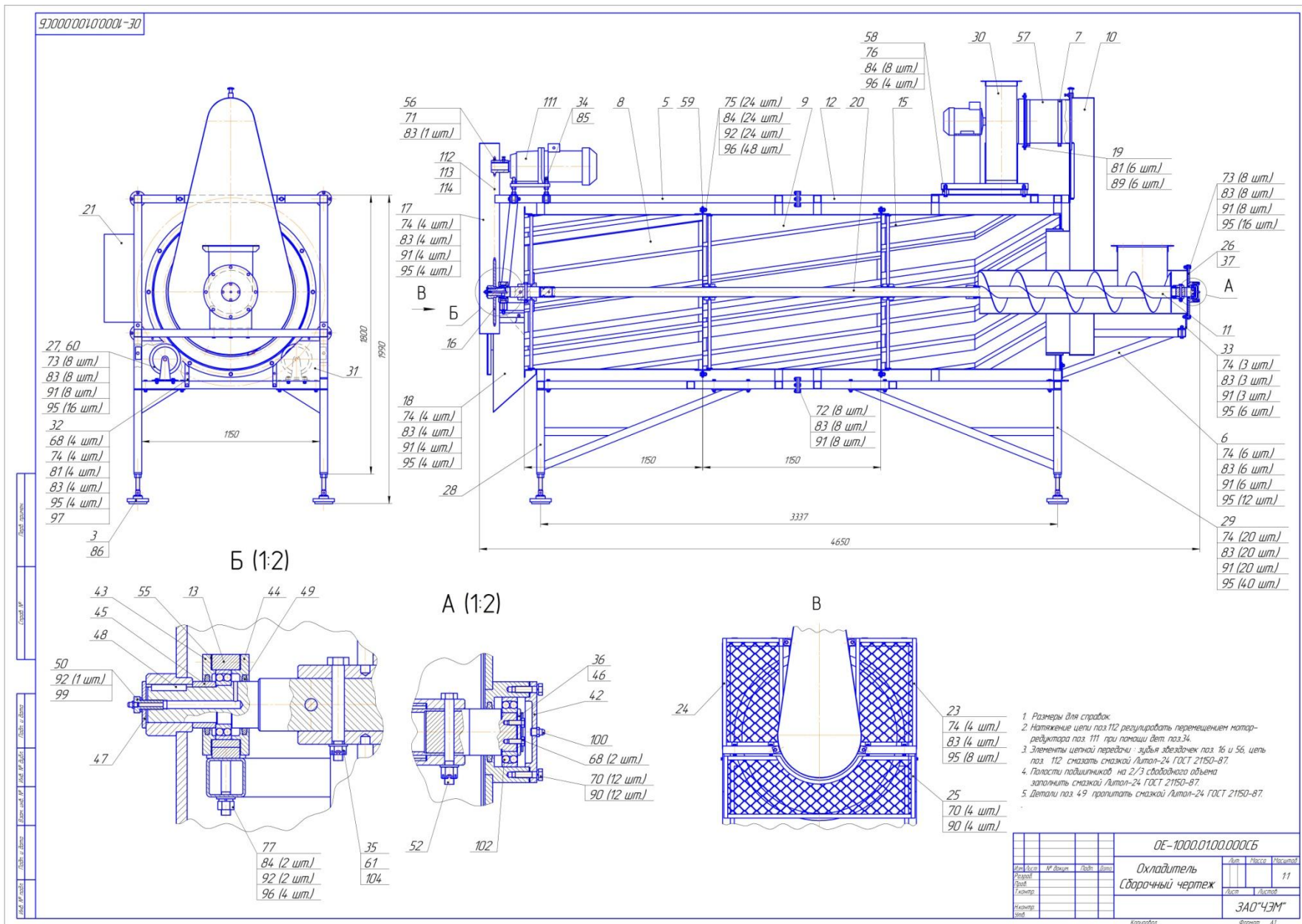


1. Невказані зрачечні відхилення – за Н14, h14, «IT14/2.
2. Невказані лийварні радіуси R5.
3. Невказані лийварні кути 5°.
4. Допустиме виття торців по відношенню до отворів – не більш 0,05 мм.
5. Відхилення від співвідношенню отворів $\varnothing 150H8$ і $\varnothing 90H7$ повинно бути не більш 0,02 мм.
6. Відхилення від перпендикулярності горизонтальної і вертикальної осей отворів – не більше 0,05мм на довжині 100 мм.
7. Основні отвори виконати по 7-у квалітету, з шорсткістю поверхні $Ra = 2.5, 1.25$ мкм.
8. Після чорної обробки слід провести шліфувальне старіння для зняття залишкової напруги, що виникає при литві і чорній обробці, і стабілізацію геометричних форм і розмірів.
9. Гострі країчки притупити.
10. Лийварні зливачні поверхні і часту стачки фарбувати яєно-жовтою фарбою ГР-115, не лийварні поверхні і картер стачки – шаром зренту ФІ-03К.

Лист	№ докум.	Лист	Всього	Лист	Листов	Листов
				43.7	12.5	1
Станина						
Частина С4-20				ГОСТ 13175-80		
Калькуляція				Формат А1		

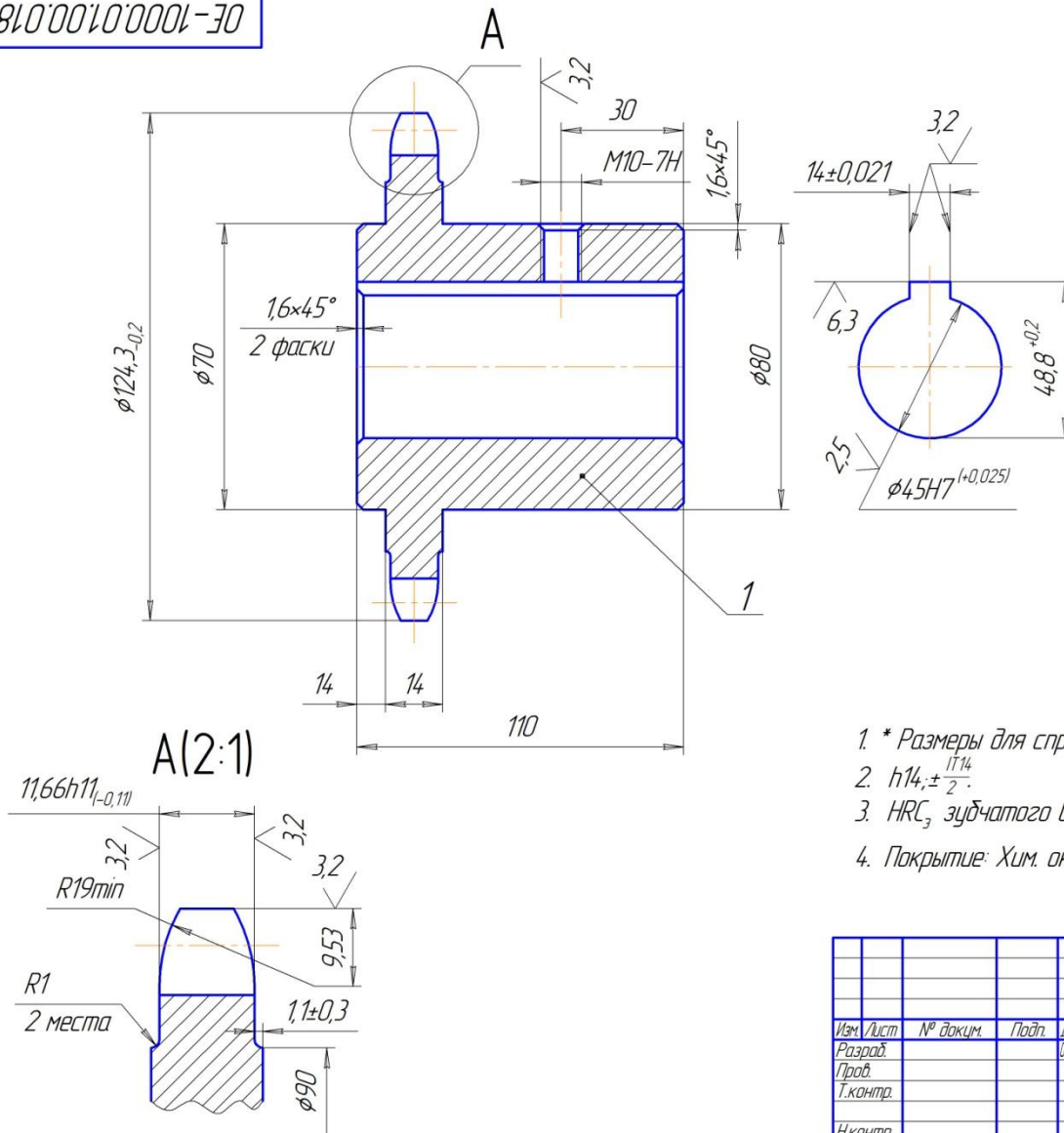
Приклад оформлення креслень
Охолоджувача екструдованого продукту ОЕ-1000

626



OE-1000.01.00.018

6,3 (✓)



Число зубьев	z	19	
Сопрягаемая цель	Обозначение	ПР-19,05-3180	
	Шаг	19,05	
	Диаметр ролика	11,91	
Профиль зуба по ГОСТ 591-69		Со смещением	
Класс точности по ГОСТ 591-69		A	
Диаметр окружности впадин	D_f	103,669	
Допуск на разность шагов	δ_f	0,032	
Радиальное биение окружности впадин	E_{ϕ}	0,1	
Торцовое биение зубчатого венца		0,1	
Диаметр делительной окружности	D_d	115,739	
Сопрягаемая цель	Ширина внутренней пластины	h	18,2
	Расстояние между внутренними пластинами	$B_{вн}$	12,7

- * Размеры для справок.
- $h14, \pm \frac{17}{2}$.
- HRC₃ зубчатого венца 35 ... 42.
- Покрытие: Хим. окс. прм.

				OE-1000.01.00.018			
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб				01.02.05			1:1
Проб					Лист	Листов	
Т.контр					Сталь 45 ГОСТ 1050-88		ЗАО "ЧЭМ"
Н.контр					Копировал		Формат А3
Утв							

ОХЛАЖДУВАЧА ЕКСТРУДОВАНОГО ПРОДУКТУ OE-1000

Приклад оформлення креслень

Рекомендації щодо застосування конструкційних матеріалів

Умовні позначення:

σ_B – межа міцності при розтягуванні (тимчасовий опір), МПа; σ_T – межа текучості (фізична), МПа; δ – відносне подовження зразка при розриві, %; a_n – ударна в'язкість, кДж/м²; HB – твердість по Бринелю, МПа; HRC – твердість по Роквелу, шкала С; ГКС – гарячекатаний стан матеріалу; ХТС – холодно-тягнутий стан матеріалу; Д – деформований стан матеріалу; РЦ – рідинна цементація; З – загартування; Н – нормалізація; В – відпуск; Відп. – відпалювання; С – старіння; ХТО – хіміко-термічна обробка.

Таблиця 1

Сталі, сплави і сталеве литво, які застосовуються в харчовому машинобудуванні

Найменування, ГОСТ	Марка
Сталь вуглецева звичайної якості (ГОСТ 380-2005)	Ст 3кп, Ст 3сп, Ст 5сп, БСт 3кп, БСт 3сп
Сталь вуглецева якісна конструкційна (ГОСТ 1050-88)	08кп, 10, 10 кп, 20, 35, 40, 45, 50
Сталь конструкційна підвищеної і високої оброблюваності різанням (ГОСТ 1414-75)	A12, A30
Сталь низьколегована сортова і фасонна (ГОСТ 19281-2014)	15ГФ, 10Г2С1Д
Сталь низьколегована товстолистова і широкополосна універсальна	16ГС, 15ГФ, 110Г2С1Д
Сталь легована конструкційна (ГОСТ 4543-2016)	20Х, 40Х, 35ХМ, 40ХМФА, 40ХН, 40ХН2МА, 30ХГСА
Сталь ресорно-пружинна вуглецева і легована (ГОСТ 14959-2016)	60С2А, 50ХФА, 60С2Н2А, 65Г
Сталь шарикопідшипникова (ГОСТ 801-78)	ШХ15
Сталь інструментальна вуглецева (ГОСТ 1435-99)	У7А, У8А, У12А
Сталь інструментальна легована (ГОСТ 595-79)	9ХС, Х12М, 9ХВГ, ХВГ, 7Х3, 3Х2В8Ф, Х12Ф1
Сталі високолеговані і сплави корозійно-стійкі, жаростійкі і жароміцні (ГОСТ 5632-2014)	12Х18Н9, 12Х18Н9Т, 12Х18Н10Т, 12Х13, 20Х13, 30Х13, 40Х13, 95Х16, 14Х17Н2, 20Х17Н2, 08Х17Т, 08Х18Г8Н2Т, 12Х17, 15Х25Т, 20Х13Н4Г9, 08Х22Н6Т, 12Х21Н5Т, 08Х21Н5М2Т, 1Х28, 10Х14Г14Н3, 15Х17АГ14, 07Х16Н6, 10Х14АГ15, 09Х15Н8Ю, 12Х17Г9АН4, 10Х14Г14Н4Т
Відливки з конструкційної нелегованої і легованої сталі (ГОСТ 977-88)	20Л, 35Л, 40Л, 45Л, 20ГЛ, 30ГСЛ, 40ХЛ
Відливки з високолегованої сталі зі спеціальними властивостями (ГОСТ 2176-2013)	15Х13Л, 15Х25ТЛ, 20Х13Л, 112Х18Н9ТЛ

Механічні властивості і призначення сталей, сплавів і сталевих відливок

Марка сталі, найменування напівфабрикатів	σ_B	σ_T	δ	a_n	Вид термообробки	Твердість	Призначення
	МПа		%	$\frac{kJ}{m^2}$			
	не менше						
<i>Сталь вуглецева звичайної якості (ГОСТ 380-2005)</i>							
Ст 3сп	373-481	245-206	26-23	-	ГКС	-	Несівні елементи зварних і незварних конструкцій і деталей, що працюють при знакозмінних навантаженнях: обичайки, днища, корпуси посудів і апаратів, що працюють під тиском. Маловідповідальні деталі (вали, втулки, осі), що не вимагають термообробки, які працюють при температурі від -40 до +400 °С. Цистерни для перевезення спирту, деталі устаткування для пивоварної, хлібопекарської, масло-жирової, м'ясної і інших галузей промисловості, що контактують з продуктами. Пальці ланцюга елеватора; деталі вагів, що контактують з мукою; деталі устаткування для рафінування бавовняного масла; ролики в агрегатах тонкого подрібнення м'яса; колосники для макаронних матриць тощо.
	392	196	23	539	Н	НВ 101-156	
Ст 3кп	363-461	235-196	27-24	-	ГКС	-	
Ст 5сп	490-628	328-255	20-17	-	ГКС	-	Арматура, малонавантажені деталі машин, наприклад, по переробці свинячих, баранячих і яловичих кишок, пресів для каниги, шпигорізок, фаршемішалок; кріплення, деталі вузлів тертя: тяга, вісі, пальці, важелі, упори, штирі і інші деталі, що працюють при температурі від 0 до 425 °С. Діжі для замісу тіста.
<i>Сталь вуглецева якісна конструкційна (ГОСТ 1050-88)</i>							
08кп	294	177	35	-	Н	-	Зварні і інші невідповідальні ненавантажені деталі, до яких пред'являються вимоги високої пластичності: змійовики, патрубки, шайби, прокладки, вилки, тяга, втулки, а також деталі апаратури, що піддається емалюванню. Протвіні для смаження м'ясних і рибних напівфабрикатів, а також для випічки хлібобулочних виробів.
08кп	343	206	16	-	РЦ В	≤137	Деталі з високою твердістю поверхні і низькою міцністю серцевини: втулки, вушка, вісі, ланки ланцюгів тощо.
10	333	206	32	-	Н	-	Зварні деталі, що не працюють на стирання: патрубки, прокладки, елементи зварних конструкцій.
	392	245	25	-	Ц З В	Поверхні HRC 56-62 Серцевини HB≥137	Малонавантажені деталі, що працюють на стирання.

10 кп	314	186	33	-	Н	-	Деталі, до яких пред'являються вимоги високої пластичності і що працюють при температурі до 450 °С: патрубки, шайби, прокладки, трубні пучки теплообмінних апаратів, змійовики тощо.
20	412	245	25	637	Н	-	Невідповідальні ненавантажені деталі: косинки, муфти, вкладиші підшипників, сережки, стропи, крюки, зварні деталі.
	490	294	18	539	Ц З В	Поверхні <i>HRC</i> 54-62 Серцевини <i>HB</i> ≤156	Фрикційні диски, черв'яки, кулачкові вали, втулки, ролики, що направляють пальці, упори, фланці, маловідповідальні шестерні, деталі кріплення і інші деталі, до яких пред'являються вимоги високої поверхневої твердості і зносостійкості при невисокій міцності серцевини. Деталі котлетного автомата (доріжка та ін.).
35	530	314	20	686	Н	-	Дрібні деталі, що працюють при невеликій напрузі і температурах до 150°С: вали, вісі, тяга, упори, шайби, важелі, втулки на шийки валів бурякомийок, зірочки, кріпильні деталі, сережки, траверси і т.п
40	568	333	19	588	Н	-	Вісі, колінчасті і шестерні вали, штоки, шестерні, фрикційні диски, деталі арматури, шпинделі, зірочки, шпонки, плунжери, розподільні вали і інші деталі, від яких вимагається підвищена міцність. Болти для кріплення хвильорізів усередині цистерн для перевезення спирту.
45	508	353	16	490	Н	-	Деталі, що працюють при середній і підвищеній напрузі: вали, шліцьові вали, черв'ячні вали, штоки, кронштейни, циліндри шнеків макаронних пресів тощо.
	1177	932	6	-	З В	<i>HRC</i> 40-50	Деталі середніх розмірів і нескладної конфігурації, до яких пред'являються вимоги підвищеної міцності: хrapовики, стопори, фіксатори, диски молоткових дробарок, планки і рамки ножові шпигорізок, пальці і приймальні шнеки вовчків для м'яса тощо.
50	628	373	14	392	Н	-	Вали сепараторів, штоки, плунжери, шестерні, вінці. При загартуванні у воді сталь схильна до тріщин.
<i>Сталь конструкційна підвищеної і високої оброблюваності різанням</i>							
A12	412-559	-	22	-	ГКС	<i>HB</i> ≤160	Дрібні малонавантажені деталі складної форми, до яких пред'являються вимоги до якості поверхні і точності розмірів: вісі, вали, зубчасті колеса, шестерні, пальці тощо.
	510-785	-	7	-	ХТС	<i>HB</i> 162-217	
	411	294	-	-	РЦ З В	<i>HRC</i> ≥56	
A30	510-657	147	25	-	ГКС	<i>HB</i> ≤185	Ті ж деталі, що із сталі марки A12, що працюють при підвищеному напруженні і тиску.
	539-823	-	6	-	ХТС	<i>HB</i> 174-223	
<i>Сталь низьколегована сортова і фасонна (ГОСТ 19281-2014)</i>							
15ГФ	416-510	373-314	21	При-40°С 294-392	СП	-	Зварні і інші деталі, використовувані у виробках, в основному без додаткової термічної обробки.
10Г2С1Д	451-510	373-314	21	При-70°С 294-245	СП	-	
	530	392	19	При-70°С 294	З В	-	

Сталь низьколегована товстолистовою і широкозмуговою універсальною							
16ГС	451-490	324-275	21-18	При-70°C 294-245	СП	-	Зварні і інші деталі, вживані у виробках, в основному без додаткової термічної обробки. Корпуси апаратів і судин, днища, фланці і інші деталі, що працюють при температурі від -40 до +475 °С під тиском.
	510	392	18	При-70°C 294	З В	-	
15ГФ	471-510	373-333	21	392-294	СП	-	
10Г2С1Д	Див. сталь 10Г2С1Д по ГОСТ 19281-2014				СП		
	530	392	19	При-70°C 294	З В	-	
Сталь легована конструкційною (ГОСТ 4543-2016)							
20Х	785	637	11	588	З В	-	Деталі, до яких пред'являються вимоги високої поверхневої твердості при невисокій міцності серцевини і які працюють при великих швидкостях і середньому питомому тиску: зубчасті колеса, пальці, плунжери, штовхачі, кулачкові муфти, черв'ячні вали, копіри, напрямні планки, важелі тощо. В загартованому стані деталі можуть працювати при середніх швидкостях, високому питомому тиску і невеликих ударних навантаженнях. Робочі органи шестерінчастих насосів для перекачування меляси і утфелей в цукровій промисловості, робочі органи олійних шнекових пресів (ланки, кільця, конус, зерні планки, шнекові витки) тощо.
	981 834 637	785 627 392	8 10 13	392 588 490	Ц З В	Серцевини <i>HB</i> ≤250 Поверхні <i>HRC</i> 54-62	
	588	353	18	588	Н	174-217	
	Не визначаються				Відп.	<i>HB</i> ≤217	
40Х	981	785	10	588	З В	<i>HB</i> ≤217	Деталі, що працюють в умовах тертя без значного ударного навантаження: вали, вісі, зубчасті колеса, зубчасті рейки, кулачки і інші деталі підвищеної міцності в загартовано-відпущеному стані і після хіміко-термічної обробки (ціанування), а також що працюють у контакт з харчовим середовищем: веретено сепаратора жирового, вали дробарок комбікормових тощо.
	Не визначаються				Відп.	<i>HB</i> ≤241	
35ХМ	981	834	12	785	З В	<i>HB</i> ≤241	Деталі, що працюють в умовах великих навантажень і швидкостей при температурі до 450-500 °С: корпуси і кришки барабанів сепараторів, шестерні, фланці, вали, втулки, штоки, кріплення та інші відповідальні деталі.
	1570	1373	12	785		<i>HRC</i> 40-55	
	Не визначаються					Відп.	
40ХМФА	1030	932	13	883	З В	<i>HB</i> ≤269	Високонанвантажені і зносостійкі деталі (вали, вісі, ротори, кріпильні деталі і ін.), які працюють при температурі до 450 °С.
40ХН	981	785	11	686	З В	<i>HB</i> ≤269	Відповідальні навантажені деталі, що піддаються вібраційними і динамічними навантаженнями: затяжні кільця барабанів сепараторів, кулачкові муфти, шатуни, важелі, циліндри, вісі, штоки, вал-шестерні та ін.

40ХН2МА	1079	932	12	785	3	<i>HB ≤ 269</i>	Важконавантажени деталі складної конфігурації, що працюють при динамічних навантаженнях, до яких пред'являються вимоги високої міцності при достатній пластичності і в'язкості: колінчасті вали, шатуни тощо. Теплостійкість до 450 °С.
	981	834	12	981	В	<i>HB ≤ 269</i>	
30ХГСА	1079	834	10	490	3 В	-	Деталі, що працюють при температурі до 200 °С в умовах значних навантажень: бичі для дробарок, гальмівні стрічки, штовхачі, важелі, ножі верхньої і нижньої гребінок, шпильки в кісткодробильній машині, відповідальні зварювальні конструкції, що працюють при знакозмінних навантаженнях, кріпильні деталі в умовах низьких температур і зношування тощо.
	1471	1275	7	-	3 В	<i>HRC 42-50</i>	
	883	686	9	588	3 В	<i>HB ≥ 225</i>	
<i>Сталь ресорно-пружинна вуглецева і легована (ГОСТ 14959-2016)</i>							
65Г	1471	1225	5	-	3 В	<i>HRC 42-48</i>	Деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної зносостійкості, і деталі, що працюють без ударних навантажень: пружини, наприклад, для клапана шпигорізної машини, ресори, упорні шайби, фрикційні диски, шестерні, амортизатори, затискні цанги, корпуси підшипників, ребра колосників макаронних пресів тощо.
	883	686	8	-	3 В	<i>HRC 28-33</i>	
	736	431	9	-	Н	-	
60С2А	1570	1373	6	-	3 В	-	Деталі, що працюють в умовах ударних і знакозмінних навантажень. Максимально допустима робоча температура 250 °С. Важконавантажени пружини, торсіонні вали, пружинні кільця і шайби, цанги, фрикційні диски, пружини сепараторів жирових для м'ясної тощо.
50ХФА	1275	1079	10	-	3 В	-	Важконавантажени відповідальні пружини, до яких пред'являються вимоги високої втомної міцності, що працюють при температурі до 300°С (для сепараторів і т. п.), та інші деталі. Для підвищення циклічної міцності рекомендується застосовувати азотування пружин.
60С2Н2А	1471	1324	8	-	3 В	<i>HB 269</i>	Див. сталь марки 50ХФА.
<i>Сталь підшипникова (ГОСТ 801-78)</i>							
ШХ15	Не визначаються				3 В	<i>HRC 58-62</i>	Деталі, до яких пред'являються вимоги високої твердості, зносостійкості і контактної міцності: втулки плунжерів, плунжери, ролики, собачки храпових механізмів, копіри, кільця шарико- і роликотітшипників, решітки подрібнювачів м'яса тощо.
У7А	Не визначаються				3 В	<i>HRC63-60</i> <i>HRC43-35</i>	Деталі з підвищеною твердістю при достатній в'язкості, що піддаються ударним навантаженням: ножі, пили, шкребки овочеобобних, м'ясорізальних і інших машин, ролики, пальці, бурякорізні ножі і вали бурякомийок для бурякоцукрової промисловості, ножі двосторонні в вовчках для м'яса, ножі зубчасті і плоскі в кісткодробильних машинах, робочі органи (сітки, ножі) в агрегаті для тонкого подрібнення м'яса, вали дробарок для комбікормів, зерні планки масловіджимних пресів тощо.
У8А	Теж				3 В	<i>HRC64-60</i> <i>HRC35-27</i>	
У12А	Теж				Відп.	<i>HB 207</i>	Ті ж деталі, що і зі сталі марок У7А і У8А, але що піддаються різким ударним навантаженням.
					3	<i>HRC ≥ 62</i>	

Сталь інструментальна легована (ГОСТ 1435-99)							
9XC	Не визначаються				З	HRC63-62	Розтискні пружинні втулки, затискні цанги, інструмент для ручної роботи (свердла, плашки, клейма), лопати і інші деталі пельменного автомата тощо.
					В	HRC46-37	
X12M					З	HRC62-64	Холодні, гибочні і формувальні штампи, закаточні ролики, матриці і інші деталі, що вимагають високої механічної міцності і в'язкості.
					В	HRC57-59	
9XBГ					Відп.	HB ≤241	Інструмент і точні штампи.
					З	HRC ≥62	
XBГ					З	HRC63-62	Протяжки, призначені для роботи з малими швидкостями різання. Вимірвальний інструмент, для якого підвищене викривлення при загартуванні неприпустимо. Холодно-висадочні матриці і пуансони, технологічне оснащення.
					В	HRC46-37	
7X3					З	HRC62-50	Пуансони і матриці для гарячої висадки кріплення і інших деталей на пресах і горизонтально-кувальних машинах і для витискування цих матеріалів на кривошипних пресах при дрібносерійному виробництві.
					В	HRC50-39	
3X2B8Ф	З	HRC54-56	Прошивні пуансони, виштовхувачі, що формують глибокі отвори (h/d-0,7). Прес-форми для литва під тиском сплавів на мідній основі тощо.				
	В	HRC40-45					
X12Ф1	З	HRC62-64	Для холодних штамів високої стійкості проти зношування, що не піддаються сильним ударам і поштовхам. Матриці і пуансони вирубних штамів просічень зі складною конфігурацією робочих часток. Для тих деталей, що вимагають велику в'язкість.				
	В	HRC57-59					
Сталі високолеговані і сплави корозіонностійкі, жаростійкі та жароміцні (ГОСТ 5632-2014)							
12X18H9 Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	490	196	45	-	З	-	Вироби і деталі, що працюють у контакті з агресивними харчовими продуктами і середовищем: зварні ємкості, корита тістомісильних шнекових макаронних пресів, трубопроводи, арматура, фільтри та інші тонкостінні конструкції, що зварюються точковим зварюванням.
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	539	-	35	-	З	-	
12X18H10T Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	510	196	40	981	З	HB 130-180	Зварні апарати і сосуди, що працюють у контакті з харчовими продуктами і середовищами, розбавлених розчинами азотної, оцетової, фосфорної кислотами, розчинами лугів і солей: теплообмінна, ємкісна, реакційна і інша апаратура. Корпуси і інші деталі, що працюють під тиском при температурі від -196 до +600 °С, а за наявності агресивного середовища до +350 °С. Деталі машин і апаратів для виноробної промисловості, окрім стаціонарних резервуарів з тривалим (до декількох років) терміном зберігання вина, вершкодозрівальні танки, бачки машин збивалок, решета в сушарках з віброкиплячим шаром, матриці макаронних пресів, штоки до шприців для фаршу сирокочених ковбас тощо.
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	530	-	40	-	З	HB 130-180	
Лист згідно ГОСТ 7350-77	530	235	38	-	З	HB 130-180	
12X18H10T Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	539	196	40	-	З	HB 130-180	

12X13 Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	-	-	-	-	З	<i>HB</i> 130-180	Корозійностійкий конструкційний матеріал для деталей і виробів, зокрема зварних. Суміщає підвищену міцність, пластичність і ударну в'язкість, а також опірність дії слабоагресивних середовищ (атмосферні осідання, волога пара, водні розчини солей, річкова і водопровідна вода). Сталь використовують як жароміцний матеріал при температурі до 450-550 °С і як жаростійкий - до 700 °С (деталі печей). Виготовлять шнеки, вали, кріпильні деталі, вали машин для переробки свинячих, баранячих і яловичих кишок тощо.
	588	412	20	883	В	<i>HB</i> 130-180	
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	392	-	21	-	Відп. або В	<i>HB</i> 121-187	
20X13 Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	647	441	16	785	З В	<i>HB</i> 121-187	
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	490	-	20	-	Відп.	<i>HB</i> 121-187	Деталі, які піддаються дії слабоагресивних середовищ (атмосферні умови, окрім морських, водні розчини солей органічних кислот при кімнатній температурі, розчини азотної кислоти слабкої і середньої концентрації і так далі). Сталь використовують для деталей, що володіють достатньо високою міцністю і одночасно достатнім запасом пластичності і ударної в'язкості (мішалки, арматура, клапани, малонавантажени вали, кріпильні деталі, матриці макаронних пресів і т. д.). Жароміцність до 450-500 °С, жаростійкість до 700 °С. Найбільша корозійна стійкість досягається після загартування з відпуском і полірування.
Лист згідно ГОСТ 7350-77	510	373	20	-	Н або З і В	<i>HB</i> 121-187	
30X13 Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	Не определяются				З В	<i>HRC</i> ≥48	Сталі застосовують як крозійностійкі матеріали з високою твердістю для ріжучого, вимірювального інструменту (ножі куттерів, овоче- і хліборізок, призми для пресів, пружини, підшипники) і для інших виробів, які працюють на зношування в слабоагресивному середовищі. Сталь 40X13 використовують як жароміцний і жаростійкий матеріал для роботи до 400-500 °С для кріплення валів, пружних елементів, що підлягають дії середовища слабкої агресивності. Деталі пельменного автомата: ротор, корпус насоса, перегородка тощо. Ножі куттера та подрібнювачів твердого сиру.
	932	785	10	245	Н або	<i>HB</i> 285-321	
	834	687- 785	12	274	З В	<i>HB</i> 269-302	
	785	539	12	539		<i>HB</i> 241-277	
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	490	-	15	-	Відп. або В	-	
40X13 ГОСТ 5949-75	Не визначаються				З В	<i>HRC</i> ≥50	
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	549	-	15	-	Відп.		
95X18					З	<i>HRC</i> 60-62	Корозійностійкі деталі: підшипники, втулки, ножі, кільця торцевих ущільнень і інші деталі, що піддаються сильному зношуванню і дії помірно агресивного середовища. Дискові ножі рибопереробних машин тощо.
	2000	1900	2	196	В	<i>HRC</i> 55-60	
14X17H2 Лист згідно ГОСТ 5582-75*	1079	-	10	-	З В	-	Вироби і деталі високої міцності, що контактують з харчовим середовищем: диски, вали, втулки і інші деталі, що працюють в повітряному середовищі при температурі до 800 °С. Деталі (пруток) для агрегату для розливу молочних продуктів, деталі бланширувальників тощо.
Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	1079	834	10	490	З В	<i>HRC</i> 36-43	

20X17H2					З В	<i>HRC</i> ≥45	Рекомендується як високоміцна сталь для важконавантажених деталей, що працюють на стирання і на удар в слабоагресивних середовищах (шнекові вали, ножі, кільця торцевих ущільнень, мішалки і вали перемішувачів пристроїв, деталі гомогенізаторів).
12X17 сорт згідно ГОСТ (5949-75)*	1570	1225	14	588	Відп.	-	Для деталей і виробів, що працюють в основному в окислювальному середовищі харчових виробництв (казани для варива харчових продуктів, шнеки шпигорізок, ємкості для зберігання і транспортування харчових продуктів). Деталі, експлуатовані в атмосферних умовах, окрім морської атмосфери, в якій можлива точкова корозія. Коробка сушарок з віброкиплячим шаром. Сталь корозійностійка і жароміцна до 850 °С. Сталь 08X17T рекомендується як замітник сталі 12X18H10T для конструкцій, що не піддаються дії ударних навантажень і при температурі не нижче за -20 °С.
Лист по ГОСТ 5582-75*	392	245	20	-	Відп.	-	
Лист по ГОСТ7350-77	490	-	18	-	Відп.	-	
08X17T	За погодженням				Відп.	-	
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	441	-	18	-	Відп.	-	
08X18Г8Н2Т Лист згідно ГОСТ 7350- 77	490	-	18	-	Відп.	-	Для виготовлення зварної апаратури, зокрема ємкостей, трубопроводів, реакторів, що працюють в основному в окислювальному агресивному середовищі. Температура експлуатації зварного устаткування від -50 до +300 °С. Сталь використовують як замітник корозійностійких сталей 12X18H9Т і 12X18H10Т. Деталі сушарок А1-ДСС.
15X25Т Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	588	343	20	600	З	<i>HB</i> 170-230	Вироби, деталі зварних конструкцій, що не піддаються дії ударних навантажень і що працюють при температурі не нижче -20 °С (як замітник сталі марки 12X18H10Т): труби теплообмінної апаратури, арматура, ємкості тощо. Сталь в основному використовують як жаростійкий матеріал для робіт до 1000 °С.
Лист згідно ГОСТ5582-75	441	294	20	-	Відп.	-	
20X13H4Г9 Сорт по ГОСТ 5949-75*	530	-	17	-	Відп.	-	
Лист згідно ГОСТ5582-75*	650	250	35	-	З	-	Конструкційний матеріал, який володіє корозійною стійкістю в атмосферних умовах, а також стійкістю проти окислення в атмосфері повітря до 800 °С. Високонавантажені і легкі конструкції. Рекомендується як замітник сталі марки 12X18H9. Деталі насосів і машин, що контактують з вином і сусликом не більше 24 год.
08X22H6Т Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	650	350	40	-	З	-	Вироби і деталі підвищеної міцності і стійкі в окислювальному середовищі харчових виробництв. Сталь стійка проти атмосферної корозії в промисловій, морській і тропічній атмосфері. Сталь є повноцінним заміником сталей типу 08X18H10Т і 12X18H9Т. Сталь використовують для виготовлення зварної апаратури, тому числі ємкостей, випарників, теплообмінників, трубопроводів, арматури в харчовій промисловості. Температура експлуатації зварного устаткування від -70 до +300 °С, тиск не обмежено. Скребокві і гвинтові конвеєри для транспортування риби, деталі (лист і сорт) резервуарів кисломолочних продуктів та ін.
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	600	350	20	-	З	-	
Лист згідно ГОСТ 7350-77	650	-	20	-	З	-	
Лист згідно ГОСТ 7350-77	600	350	18	600	З	<i>HB</i> 180-230	

12X21H5T Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	588	343	20	-	3	-	Рекомендується як замітник никелевмісних сталей марок 12X18H10T та ін. при роботі до 300 °С. Зварні деталі можуть застосовуватися тільки в середовищі, що не викликає міжкристалічної корозії. Для устаткування виноробної промисловості (окрім стаціонарних резервуарів). Камери і циклони розпилювальних сушарок.
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	637	-	18	-	3	-	
Лист згідно ГОСТ 7350-77	687	329	20	490	3	<i>НВ</i> 180-230	
08X21H6M2T Сорт згідно ГОСТ 5949- 75*	600	350	25	-	3	-	Сталь підвищеної міцності рекомендується для роботи в окислювально-відновлювальних середовищах харчових виробництв. Зварна апаратура: ємкості, теплообмінники, трубопроводи, ловушки, арматура для температури експлуатації від -40 до +300 °С. Успішно використовується для виготовлення устаткування виробництва різних кислот (азотною, лимонною).
Лист згідно ГОСТ 7350-77	600	350	20	785	3	<i>НВ</i> 170-230	
15X28 Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	441	294	20	-	Відп.	-	Застосування зварних конструкцій у зв'язку з холодноламкістю зварних з'єднань в основному обмежується температурою вище 150-200 °С. Сталь використовують як жаростійкий матеріал для роботи при температурі до 1100 °С. Може бути використана як корозійностійкий матеріал до 300-350 °С переважно в харчовому середовищі окислювального характеру.
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	539	-	17	-	Відп.	-	
10X14Г14Н4Т Сорт згідно ГОСТ 5949-75*	638	245	35	-	3	-	Зварне устаткування, що працює в середовищі харчових виробництв слабкої агресивності (до 196 °С), а також жаростійкий і жароміцний конструкційний матеріал, що працює до 700 °С. Деталі і устаткування для м'ясо-молочної промисловості, спирто-горілчаного виробництва тощо. Рекомендується як замітник сталей 12X18H9T, 12X18H10T.
Лист згідно ГОСТ 5582-75*	687	294	35	-	3	-	
10X14АГ15 Лист згідно ГОСТ 5582- 75*	736	294	45	981	3	-	Сталь використовують для конструювання устаткування для м'ясо-молочної, виноробної і інших галузях харчової промисловості, не рекомендується контакт з морською атмосферою. Рекомендується як замітник корозійностійких сталей типу 12X18H9, 12X18H10, 12X18H9T і 12X18H10T переважно у вигляді тонкого листа в зварних з'єднаннях, а також для незварних виробів у великих перетинах.
12X17Г9АН4 Сорт згідно ГОСТ 5949- 75*	687	343	40	-	3	-	Вироби, зварні конструкції і деталі, що працюють тривало в атмосферних умовах, зокрема при підвищених до 400 °С температурах, у виробництві кисло-молочних продуктів, в сироварній, хлібопекарській і інших галузях харчової промисловості. У зварних конструкціях, що не піддаються термообробці, сталь застосовують переважно в тонких перетинах. Коли можлива термообробка, допустиме зварювання великої товщини.
07X16H6	1100	900	12	686	3 В	<i>HRC40-44</i>	Високоміцний корозійностійкий матеріал для виготовлення конструкцій, зокрема зварних, які піддаються дії харчових і інших середовищ малої агресивності. Для виготовлення навантажених деталей, що працюють тривалий час при температурі до 350 °С і короткий час до 500 °С у контакті з паливом або в атмосферних умовах. Деталі сепараторів, розпилювальних сушарок, ультрацентрифуг.
09X15H8Ю Лист згідно ГОСТ 5582- 75*	1150	900	10	392	3 С	<i>HRC40-44</i>	Застосовують як високоміцний, корозійностійкий конструкційний матеріал для роботи в середовищі малої агресивності і в атмосферних умовах. Найбільш високою корозійною стійкістю володіють деталі після полірування і пасивації.

10X14Г14НЗ 15X17АГ14	883 765	314 510	70 52	3334 3432	З В	- -	Деталі устаткування, що працюють в м'ясо-молочной, спиртній і інших га- лузях харчової промисловості. Рекомендуються як замітники сталі 12Х18Н9 для міцних і легких конструкцій, сполучених точковим зварюванням, добре чинять опір атмосферній корозії.
<i>Відливки з конструкційної нелегованої і легованої сталі</i>							
20Л	412	216	22	490	Н В	НВ 116-144	Деталі зварно-литих конструкцій з великим об'ємом зварювання і інші не- відповідальні деталі, що працюють під дією середніх статичних і динамічних на- вантажень: станини, корпуси, стійки, ролики, кронштейни, арматура і інші деталі, що працюють при температурі від -40 до +450 °С під тиском.
35Л	490	275	15	343	Н В	НВ 137-166	Зубчасті колеса, тяга, вилки, важелі, пазові кулачки, планшайби, кронштейни і інші деталі, які працюють під дією середніх статистичних і динамічних навантажень.
40Л	520	294	14	294	Н В	НВ 146-173	Відповідальні деталі з підвищеною міцністю і високим опором зношуванню: станини, муфти, гальмівні диски, шестерні, вилки, зірочки та ін.
45Л	540	314	12	294	Н В	НВ 153-229	Деталі, які працюють під впливом ударних і вібраційних навантажень: зуб- часті колеса і вінці, важелі, зірочки, храповики, клини, напрямні водила, кулачки, гальмівні диски.
	736	392	10	245	З В	НВ 220-260	
20ГЛ	638	441	10	490	В З В	-	Фланці, ролики, шківни, деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеного опору зношування.
30ГСЛ	589	343	14	294	Н В	НВ ≤197	Зубчасті колеса, шківни, ролики, обойми, зубчасті вінці, важелі, фланці, шків- ви, сектори тощо.
	638	392	14	490	З В	НВ≥197	
40ХЛ	638	490	12	392	З В	-	Фасонне литво невеликих розмірів складної конфігурації, яке виготовляється по моделях, що виплавляються, відливки простої конфігурації, що відливаються в земляні форми: деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної твердості.
<i>Литво з високолегованої сталі із спеціальними властивостями</i>							
15Х13Л	540	392	16	490	З В	-	Корозійностійкі деталі з підвищеною пластичністю, які піддаються ударним навантаженням: мішалки, арматура, клапани, приймачі дозаторів. Вироби, які піддаються дії відносно слабих агресивних середовищ (атмосферні опади, волога пара, водний розчин солей органічних кислот при кімнатній температурі). Для підвищення корозійної стійкості рекомендується термічна обробка і полірування.
15Х25ТЛ	441	275	-	-	-	-	Невантажени корозійностійкі деталі, які працюють у контакті з різною хар- рчовою середою при температурі до 1000 °С.
20Х13Л	589	441	16	589	З В	-	Деталі, які піддаються ударним навантаженням: клапани гідропресів, турбін- ні лопатки та ін., а також вироби, що піддаються дії слабого агресивного середо- вища (атмосферні опади, волога пара, водні розчини солей органічних кислот). Найвища корозійна стійкість досягається термічною обробкою і поліруванням.
12Х18Н9ТЛ	441	196	25	589	З В	-	Корозійностійкі деталі, що працюють при температурі до 600 °С. Деталі пі- чної арматури (жаростійкість до 750 °С, жароміцність до 600 °С).

Матеріали, ГОСТ, марка	Твердість	Межа міцності σ_B , МПа	Межа текучості $\sigma_{0.2}$, МПа	Призначення
<i>Мідь ГОСТ 859-2014</i>				
М1	216	73		Струмopовідні деталі (клеми, провід і т.п.), перегонні апарати для коньячного спирту, коньячного виноматеріалу і т.д.
М3	<i>НВ 45</i> <i>НВ 130</i>	235 392	58 333	Вироби та деталі з підвищеною пластичністю і корозійною стійкістю, чаші варильної апаратури, випарювачі, перегонні труби, маслопроводи, прокладки до жирового сепаратора тощо.
<i>Сплави (латуні) ГОСТ 15527-2014</i>				
Л 63	<i>НВ 56</i> <i>НВ 140</i>	353 666	107 470	Теплообмінне та холодильне обладнання, пружини, прокладки та ін. Засувні клапани до цистерн для спирту, матраци макаронних пресів, сита для фільтрування дифузійного соку тощо.
Сплави (бронзи) Олов'янисті БрЗЦ12С5	<i>НВ 60</i> <i>НВ 60</i>	206 176	- -	Деталі парової та водяної арматури, працюючої при тиску до 2,45 МПа; арматура молокопроводів (лудіння, хромування); молочна сивровотка на хлібозаводах; деталі вузлів тертя; втулки, підшипники тощо.
Безолов'яниста БрАЖ 9-4	<i>НВ 130</i>	924-490	98-196	Замінник дефіцитних олов'янистих бронз. Паропровідна арматура: шнеки, мішалки, зубчасті колеса в харчових середовищах до температури 250 °С. Антифрикційні деталі: втулки, вкладиші фарше- і тістомішалок тощо.
Безолов'яниста ливарна ГОСТ 493-79 БрА10Ж4И4Л	<i>НВ 170</i>	587	-	Відповідальні високонавантажені деталі, які працюють при знакозмінних навантаженнях, підвищених температурах (500 °С) в харчових середовищах: напрямні, втулки, сидла клапанів, шестерні тощо.
<i>Чавун</i>				
Чавун сірий ГОСТ 1412-85 СЧ15	<i>НВ 163-229</i>	147	-	Маловідповідальні деталі з товщиною стінок 8-15 мм і невідповідальні з товщиною стінок більше 15 мм: станини, корпуси клапанів та ін. деталі. Вкладиші підшипників та змінні втулки на шийки валів бурякомийок, деталі пельменних і котлетних автоматів.
СЧ-20	<i>НВ 170-241</i>	196	-	Відповідальні деталі з товщиною стінок 10-30 мм: черв'яки, циліндри, шестерні, поршні, в'нці черв'ячних коліс. Шнек і циліндр вовчка тощо.
Антифрикційний АВЧ-1	<i>НВ 210-260</i>	-	-	Антифрикційні деталі, які працюють з великою кількістю змащення в вузлах тертя з підвищеними коловими швидкостями в парі із загартованим або нормалізованим валом.

Матеріали, ГОСТ, марка	Межа міцності σ_b , МПа	Призначення
Капрон Капроніт	80-90	Сита ситовійних і просіювальних машин (борошно, манна крупа і т.п.), шестерні, втулки, кільця і т.п. шнеки, напрямні тощо.
Вініпласт ВІ (листовий)	56	Деталі машин, які контактують з суслом і ординарними винами (ємності, напрямні і т.п.)
Поліпропілен ТУ 6-05-1105-78 ОЧП	35	Форми для розстійних шаф хлібозаводів, кришки форм для пресування сирної маси, деталі машин і апаратів, що контактують з харчовими середовищами (молоком, коньяком та ін.), для виготовлення тари під харчові продукти.
Полистирол удароміцний УПМ-0503	40	Деталі, які контактують з м'ясним фаршем і т.п., для приготування стаканчиків, баночок, призначених для упаковки рибопродуктів, молочних продуктів (сметани, сиру, і т.п.), лотки для заморожування пельменів тощо.
Поліетилен високого тиску і низькою міцністю ГОСТ 16337-77,	32	Ємності (температура від -15 до +60 °С), плівочні вироби (від -15 до +80 °С) для контакту з харчовими продуктами (хліб, кондитерські вироби, риба, молочнокислі продукти, овочі, фрукти, м'ясо і т. д.). пробки для закривання вин та рослинної олії.
Поліетилен низького тиску та високої щільності ГОСТ 16338-85, 20508-007	12,5	Деталі машин, насосів, апаратів, резервуари, футеровка резервуарів та бункерів, трубопроводи тощо. Тара відкритого типу: лотки, ящики для упаковки і зберігання хлібобулочних виробів, фруктів та овочів, риби та рибної продукції (свіжої, мороженої, копченої).
Фторопласт ГОСТ 10007-80Е Ч	25	Прокладки, деталі машин і апаратів виноробної, пиво безалкогольної та молочної промисловості; деталі, які контактують з хлібом, тістом (в тістоділильниках, закаточних машинах тощо), дріжджовими та крохмальними суспензіями. Підшипники, втулки, трубки, електроізоляційні деталі.
Гума IP-106	-	Деталі обладнання виноробної, безалкогольної та консервної промисловості (прокладки в кроне-пробках для закриття безалкогольних напоїв) тощо.
IpM-36A 52-498	-	Деталі обладнання та шланги в безалкогольній, виноробній, консервній та молочної промисловості.

Навчальне електронне видання

Некоз Олександр Іванович,
Осипенко Василь Іванович,
Батраченко Олександр Вікторович,
Філімонова Надія Вікторівна

**ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА
РОБОТИ КОНСТРУКТОРА
МАШИН І АПАРАТІВ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ**
Підручник

В авторській редакції

Комп'ютерна обробка: *Манжура Т. А.*

Гарн. Times NewRoman. Обл.-вид. арк. 43,5. Зам. № 21-60.

Черкаський державний технологічний університет
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 896 від 16.04.2002 р.
бульвар Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006.
Редакційно-видавничий відділ ЧДТУ
red_vidav@chdtu.edu.ua