

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ПРОЕКТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ  
ТА ВЕРСТАТІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ**

**ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ДНІ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКИ ЧДТУ-2019»**

**16 квітня 2019 року  
м. Черкаси**

*За редакцією професора В. І. Осипенка*

**Черкаси  
2019**

УДК 664.02:621.9](063)  
П79

Затверджено  
рішенням науково-технічної ради  
Черкаського державного  
технологічного університету  
(протокол № 6 від 25.11.2019 р.)

***Рецензенти:***

**Канашевич Г. В.**, *д.т.н., професор, Черкаський державний технологічний університет*

**Плахотний О. П.**, *к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет*

*Відповідальний за випуск* **О. В. Тімченко**

**Проектування харчових виробництв та верстатів нового покоління :**  
П79 зб. доп. наук.-практ. конф. «Дні студентської науки ЧДТУ-2019»  
(м. Черкаси, 16 квіт. 2019 р.) [Електронний ресурс] / за ред. професора  
В. І. Осипенка ; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. –  
Черкаси : ЧДТУ, 2019. – 92 с.

Розглянуто важливі питання, що стоять на порядку денному харчових, торговельних та машинобудівних підприємств сучасної держави Україна. Розкрито актуальні проблеми вдосконалення схем і процесів виробництва, покращення технічних параметрів деталей та пристроїв, підвищення терміну їх експлуатації та поліпшення санітарно-гігієнічних умов праці на підприємствах харчування. Проаналізовано сучасні тенденції розвитку та науковий базис новітніх технологій у галузі харчових та машинобудівних виробництв.

Для науковців, студентів, аспірантів та фахівців галузі.

**УДК 664.02:621.9](063)**

## ЗМІСТ

<b>Бондаренко В.</b> ВІБРОСТІЙКІСТЬ НОЖІВ КУТЕРА.....	5
<b>Зінченко Д.</b> ТРАНСПОРТУВАННЯ ОЧИЩЕНИХ ПОЧАТКІВ ЦУКРОВОЇ КУКУРУДЗИ.....	8
<b>Безгуба М.</b> ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПОДАВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ М'ЯСОРИЗАЛЬНИХ ВОВЧКІВ .....	9
<b>Гончарук І.</b> ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВУЗЛІВ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЦЕНТРИФУГ .....	12
<b>Вознюк О.</b> ПІДВИЩЕННЯ ПИТОМОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КУТЕРІВ .....	13
<b>Лупинос С.</b> СТВОРЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ ЗЕРНОВИХ ЕКСТРУДЕРІВ .....	15
<b>Чудов В.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ НОВОГО СПОСОБУ ПІДВИЩЕННЯ ПИТОМОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КУТЕРІВ .....	17
<b>Маляр О.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАЛКІВ ДЛЯ РОЗКАЧУВАННЯ ТІСТА В ФОРМУВАЛЬНІЙ МАШИНІ.....	20
<b>Бурков Д.</b> ПОДРІБНЕННЯ ФРУКТОВИХ ПЛОДІВ У ДРОБАРЦІ .....	22
<b>Нерух О.</b> ПРОЦЕС ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ ЗА ДОПОМОГОЮ КОНДИЦІОНОВАНОГО ПОВІТРЯ .....	23
<b>Почтовий М.</b> ЗАСТОСУВАННЯ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ СМАЖЕННЯ СІЧЕНИХ КОТЛЕТ.....	24
<b>Іщенко С.</b> СУШІННЯ ОЛІЄВМІСНОЇ СИРОВИНИ МЕТОДОМ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ .....	26
<b>Гордієнко В.</b> ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ВУЗЛІВ ОБЛАДНАННЯ .....	27
<b>Пасічніченко Б.</b> ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО ПРОЦЕСУ СМАЖЕННЯ М'ЯСА .....	30
<b>Троян Р.</b> ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАРТОПЛЕЧИСТОК ТА ПОЛПШЕННЯ САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧУВАННЯ.....	31
<b>Владов Д.</b> ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ РОЗЧИННОЇ КАВІ.....	34
<b>Захаренко В.</b> РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШІННЯ ВАРЕНОГО ГОРОХУ .....	35
<b>Коваленко В.</b> ТРАНСПОРТУВАННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ В ВЕРТИКАЛЬНОМУ НАПРЯМКУ .....	38
<b>Носков С.</b> ВІДДІЛЕННЯ ВІДХОДІВ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ ВІД ВОДИ.....	40
<b>Дудник В.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИННО-АПАРАТУРНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ МЕТОДОМ ЕКСТРУЗІЇ.....	41
<b>Ситник Я.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ ФАРШМІШАЛКИ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ ІНГРЕДІЄНТІВ ОВОЧЕВИХ САЛАТІВ .....	43

<b>Кириченко А.</b> ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИПКАННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ.....	45
<b>Бабій В.</b> ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ ВОВЧКА МОДЕЛІ АЛ – 130 ПРИ ПЕРЕРОБЦІ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ.....	47
<b>Ремінець І.</b> ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЮ ЦІВКОВОГО КОЛЕСА.....	48
<b>Рябокоть І.</b> ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАПРЯМНИХ МЕТАЛООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ.....	51
<b>Шиятий Р.</b> УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ.....	53
<b>Загородній О.</b> ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ РІЗАННЯ ЗАГОТОВКИ ПРОХІДНИМ РІЗЦЕМ.....	55
<b>Гапоненко Б.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ COSMOS WORKS (1) .....	59
<b>Марченко Р.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ COSMOS WORKS (2) .....	61
<b>Білоус Д.</b> ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДВЕДЕННЯ ТЕПЛА ІЗ ЗОНИ РІЗАННЯ ПРИ РОБОТІ ЗБІРНИМИ ТОКАРНИМИ РІЗЦЯМИ.....	64
<b>Брижятий Р.</b> ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ЧИСТОВОМУ ТОЧІННІ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ РІЗЦЯМИ З ВНУТРІШНІМ ТЕПЛОВІДВЕДЕННЯМ.....	66
<b>Капустін О.</b> СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗТОЧУВАЛЬНИХ РІЗЦІВ З ВНУТРІШНІМ ТЕПЛОВІДВЕДЕННЯМ В «T-FLEX CAD 3D» .....	68
<b>Скородід В.</b> ЛІНІЙНИЙ СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ В «SOLID WORKS SIMULATION» .....	70
<b>Головченко І.</b> ВІТРОГЕНЕРУЮЧІ УСТАНОВКИ.....	72
<b>Гудзима Д.</b> ТВЕРДОФАЗНА ФЕРМЕНТАЦІЯ ОРГАНІЧНОЇ МАСИ .....	75
<b>Кропива О.</b> ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ПОБУТІ.....	78
<b>Лук'янчук Я.</b> ГРАНУЛЯТОР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ .....	81
<b>Жиленко О.</b> ГЕОМЕТРИЧНІ НЕРІВНОСТІ ТА ЕКСТРЕМУМИ В ПОГЛИБЛЕНОМУ КУРСІ МАТЕМАТИКИ.....	86
<b>Погорілий Я.</b> ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА .....	89

## ВІБРОСТІЙКІСТЬ НОЖІВ КУТЕРА

Бондаренко В. О. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Сучасні конструкції кутерів мають інтенсифіковані режими роботи відповідно до технологічних вимог. Як результат, проблема забезпечення належної міцності і довговічності ножів кутера постає перед виробниками різального інструменту в новому форматі.

Ведучи мову про пошук шляхів вирішення даної проблеми, поряд із зазначеними чинниками силового навантаження ножів, хотілося б відзначити ще один, якому, на нашу думку, поки що не приділено достатньої уваги дослідників. Таким чинником є вібраційне навантаження ножів кутера.

Виконуючи до  $100 \text{ с}^{-1}$  і при цьому маючи періодичний контакт із сировиною, ніж виконує до 100 коливань за секунду внаслідок деформації при різанні сировини. Зважаючи на достатньо високу частоту коливань ножів, їх значну довжину та невелику товщину, ймовірно припустити, що при їх роботі може виникати явище резонансу, яке, як відомо, призводить до різкого збільшення деформацій тіла та до його руйнування.

*Мета і завдання дослідження.* Визначення частот власних коливань та коефіцієнту динамічності коливань ножів кутера.

*Об'єкт дослідження.* Ножі кутера найбільш розповсюджених марок.

*Предмет дослідження.* Параметри коливань ножів кутера.

*Методи дослідження.* Чисельне математичне моделювання за допомогою програмного комплексу T-Flex Analysis.

*Результати дослідження.* Алгоритм роботи програмного комплексу T-Flex Analysis базується на методі скінчених елементів. Для кожного типу ножа були побудовані 3D-моделі, при цьому максимальний радіус обертання точок ножа склав 300 мм, а товщина ножа приймала три значення, кожне з яких визначалось за допомогою масштабного коефіцієнту  $k$  ( $k_1=42,9$ ;  $k_2=60$ ;  $k_3=85,7$ ). Масштабний коефіцієнт  $k$  вираховувався за виразом:

$$k = \frac{R}{S}, \quad (1)$$

де  $R$  – максимальний радіус обертання точок леза ножа, мм;  $S$  – товщина ножа, мм.

Значення  $k$  визначались згідно [1], при цьому значення  $k_1$  відповідає ножам із найбільшою питомою товщиною, а значення  $k_3$  – ножам із найменшою питомою товщиною. Використання масштабного коефіцієнту  $k$  дозволяє отримати результати моделювання, які можна інтерпретувати для ножів кутерів різної продуктивності, тобто для кутерів із чашами різного об'єму, ножі яких мають різні довжину. В даному випадку для ножів з  $R=300$  мм: при  $k=42,9$  –  $S=7$  мм; при  $k=60$  –  $S=5$  мм; при  $k_3=85,7$  –  $S=3,5$  мм.

Візуалізацію отриманих результатів (для деяких типів ножів) наведено на рис. 2, 3. Як слідує з отриманих даних, ножі усіх досліджуваних типів, при використанні їх в сучасних високошвидкісних кутерах, працюють в області частот, наближених до резонансу або ж можуть працювати саме в режимі резонансу.

Було визначено коефіцієнт динамічності для усіх типів ножів. Коефіцієнт динамічності  $\beta$  вказує наскільки амплітуда вимушених коливань більше за деформацію тіла під дією статичного навантаження. При наближенні частоти вимушених коливань до частоти власних коливань значення коефіцієнту динамічності  $\beta$  стрімко зростає, що вказує на різке збільшення деформацій ножа під дією вібраційного навантаження. В свою чергу, відповідно до закону Гука, в межах пружного деформування напруження  $\sigma$ , що виникають в тілі, прямо пропорційні відносним деформаціям цього тіла. Таким чином напруження  $\sigma_{\text{вibr.}}$ , що виникають в тілі під дією вібраційного навантаження, в  $\beta$  разів більше за напруження  $\sigma_{\text{стат.}}$ , що виникають в тілі під дією статичного навантаження. Отже, значення коефіцієнту динамічності  $\beta$  дозволяє кількісно визначити, наскільки зміниться

напружений стан тіла при переході від статичного прикладання навантаження до вібраційного.

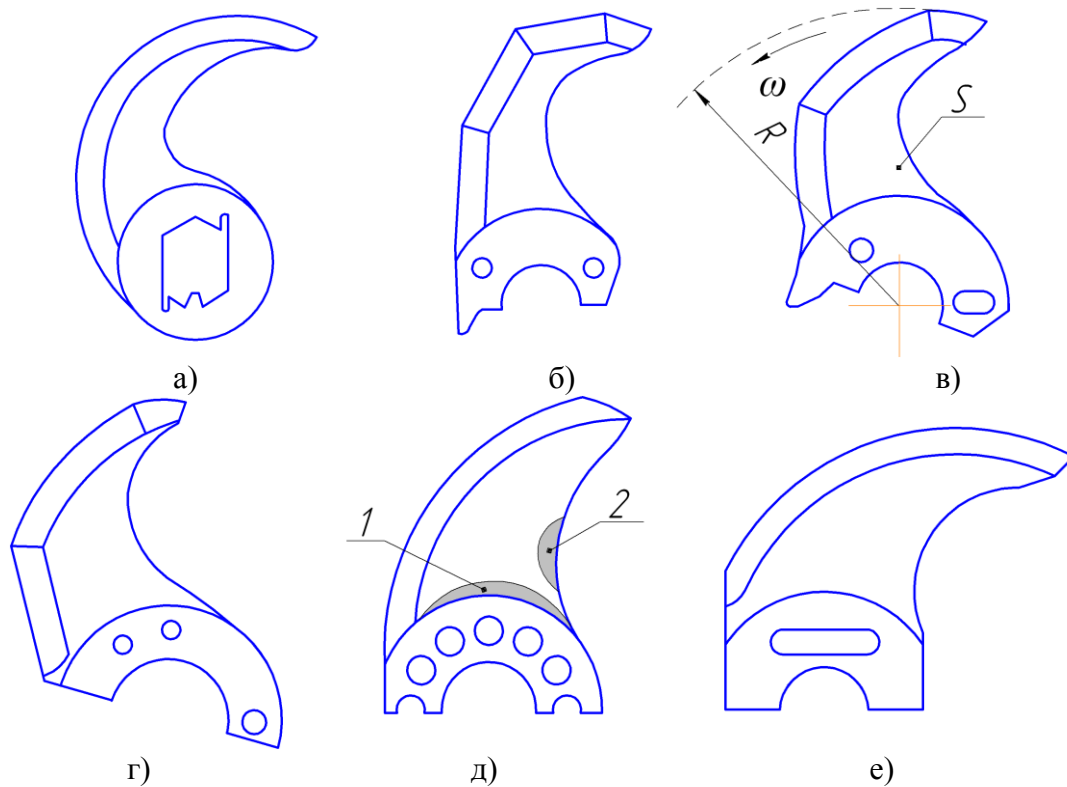


Рис. 1 – Схеми конструкцій ножів, які найчастіше використовуються на практиці: а) – тип I; б) – тип II; в) – тип III; г) – тип IV; д) – тип V; е) – тип VI;  $R$  – найбільший радіус обертання точок леза ножа;  $S$  – товщина ножа;  $\omega$  – напрямок обертання ножа при подрібненні сировини; 1, 2 – зони виникнення найбільших напружень в тілі ножа при його статичному навантаженні

Таблиця 1. Значення першої  $v_{власн.1}$  та другої  $v_{власн.2}$  власних частот коливань ножів

Тип ножа	Власна частота $v_{власн.1}/v_{власн.2}$ , Гц			Тип ножа	Власна частота $v_{власн.1}/v_{власн.2}$ , Гц		
	Масштабний коефіцієнт $k$				Масштабний коефіцієнт $k$		
	42,9	60	85,7		42,9	60	85,7
I	97,0 /	69,6 /	48,9 /	IV	177,2 /	127,1 /	89,1 /
	241,0	172,8	121,3		469,2	337,5	237,2
II	134,4 /	96,4 /	67,7 /	V	186,0	133,3 /	93,5 /
	400,5	288,1	202,7		428,4	301,1	
III	170 /	121,9 /	85,6 /	VI	181,5 /	130,2 /	91,3 /
	460,4	330,9	232,5		500,5	359,9	252,9

Для ножів усіх типів при виконанні їх мінімальної питомої товщини спостерігається явище резонансу в діапазоні робочих частот обертання ножових головок сучасних кутерів ( $<6300 \text{ хв}^{-1}$ ). Для ножів типу I резонанс спостерігається для усіх значень товщини. Найбільш жорсткими можна вважати ножі типу V, а також типу VI.

Звертає увагу на себе той факт, що для ножів типів II-VI навіть при виконанні їх максимальної питомої товщини спостерігається підвищення коефіцієнту динамічності в межах  $\beta=1,04-2,24$ , що викликає істотне підвищення деформацій і напружень, які можуть бути визначені для ножів за умов статичного навантаження. На практиці це призводить до різкого збільшення напружень в зонах найбільшої їх концентрації, чим і можна пояснити поломку ножів в даних зонах.

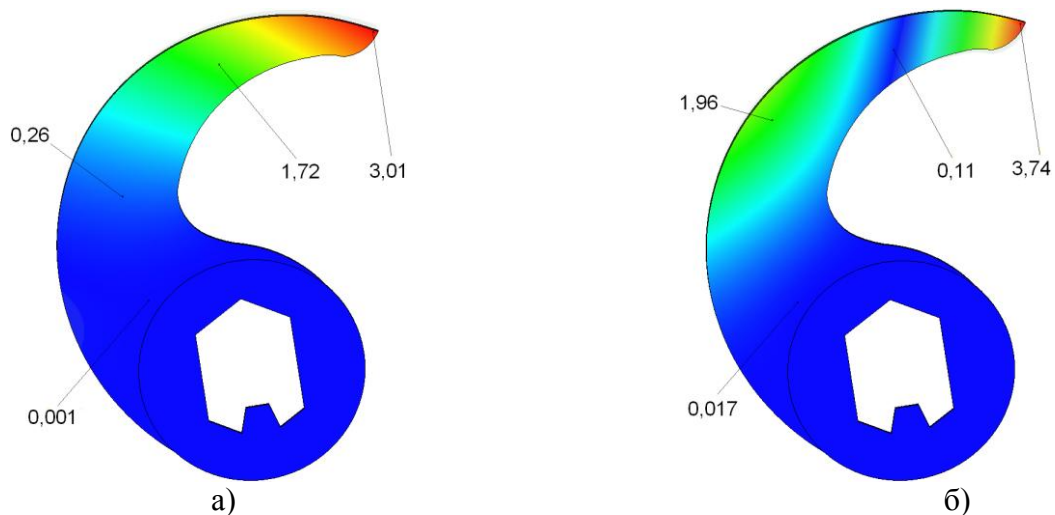


Рис. 2 – Значення відносних переміщень ділянок ножа типу I при досягненні ним:  
а) – першої власної частоти коливання  $\nu_{\text{власн.1}}$ ; б) – другої власної частоти коливання  $\nu_{\text{власн.2}}$ .

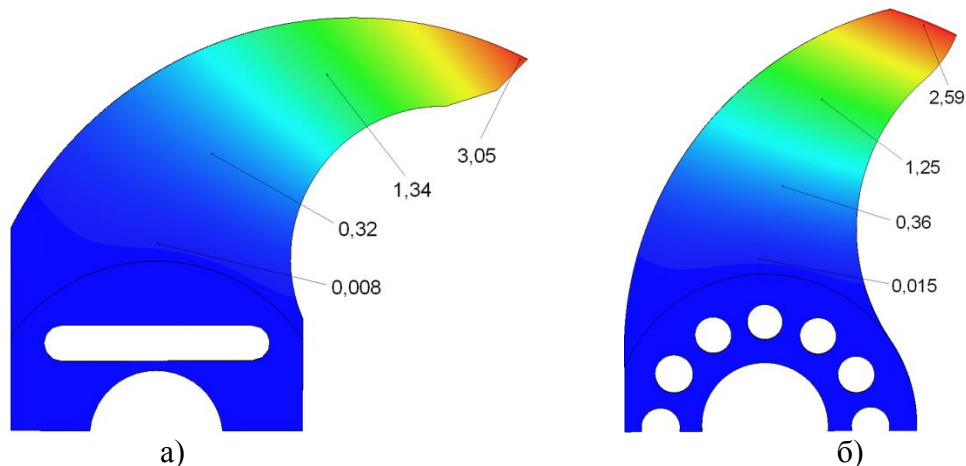


Рис. 3 – Значення відносних переміщень ділянок ножів а) – ножа Л5-ФКБ (типу VI) при досягненні ним першої власної частоти коливання; б) – ножа Alpina (типу V) при досягненні ним другої власної частоти коливання

*Висновки.* Отримані результати вказують на необхідність пошуку ефективних шляхів підвищення вібробезпечності ножів кутера, які б дозволили підвищити їх міцність без погіршення технологічних властивостей.

Науковий керівник

**Батраченко О. В., к.т.н., доц.**

Література:

1. Промисловий каталог підприємства KILIA Vertriebund Engineering GmbH&Co. KG [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2014. – Режим доступу : <[www.kilia.com](http://www.kilia.com)>.
2. 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.
3. Martin Moser. Ermüdungsbruch von Fleischhackmessern (Kuttermesser). [Електронний ресурс]. – Німеччина, 2010. – Режим доступу : <[http://martin-moeser.de/Veroeffentlichungen/Bruch\\_Kuttermesser.pdf](http://martin-moeser.de/Veroeffentlichungen/Bruch_Kuttermesser.pdf)>.

## ТРАНСПОРТУВАННЯ ОЧИЩЕНИХ ПОЧАТКІВ ЦУКРОВОЇ КУКУРУДЗИ

Зінченко Д. (студент ФКТМД)

*Актуальність роботи.* Актуальність роботи полягає в науковому обґрунтуванні процесу транспортування очищених від зовнішнього покриття початків цукрової кукурудзи під кутом на сортувальний транспортер в лінії виробництва банкових консервів.

*Мета дослідження.* Дослідження процесу переміщення очищених від зовнішнього покриття початків цукрової кукурудзи і розробка стрічкового елеватора в лінії виробництва цукрової кукурудзи.

*Задачі дослідження.* Зробити розрахунок конструктивних та кінематичних параметрів стрічкового елеватора для транспортування очищених від зовнішнього покриття початків цукрової кукурудзи; розробка технічної пропозиції та технічної документації для проектування стрічкового елеватора; зробити дослідження залежності продуктивності стрічкового елеватора від швидкості руху стрічки, маси вантажу та розрахункової площі перерізу вантажу перед скребком, м<sup>2</sup>.

*Об'єкт роботи.* Процес транспортування очищених від зовнішнього покриття початків цукрової кукурудзи.

*Предмет роботи.* Вирішення науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтування технологічного процесу транспортування очищених від зовнішнього покриття початків цукрової кукурудзи.

*Методи досліджень.* Дослідження виконані методами фізичного експерименту та теоретичних досліджень.

*Результати дослідження.* В роботі: вирішено комплекс науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтування технологічного процесу транспортування очищених від зовнішнього покриття початків цукрової кукурудзи; запропонована розробка та виготовлення стрічкового елеватора для транспортування очищених від зовнішнього покриття початків цукрової кукурудзи.

Практика свідчить: найбільш ефективні напрямки капіталовкладень у харчовій промисловості – реконструкція й технічне переоснащення виробництва. Це дає змогу в коротші строки, з меншими затратами, ніж при новому будівництві, оновлювати матеріально-технічну базу, освоювати нові потужності. Технічне переоснащення діючих підприємств передбачає встановлення нових машин і устаткування на діючих площах, впровадження автоматизованих систем управління і контролю, сучасних методів управління виробництвом, модернізацію і технічне переоснащення природоохоронних об'єктів, опалювальних і вентиляційних систем, підключення до централізованих джерел тепло- й електропостачання. Його слід здійснювати за проектами й кошторисами на окремі об'єкти або види робіт, які розробляють на основі єдиного техніко-економічного обґрунтування і згідно з планом підвищення техніко-економічного рівня галузі.

Щодо розширення діючих підприємств, то воно передбачає будівництво нових і збільшення потужності діючих об'єктів на існуючих або прилеглих до них територіях. Реконструкція діючих підприємств зумовлює перебудову, пов'язану з удосконаленням виробництва і підвищенням його техніко-економічного рівня на основі науково-технічного прогресу. Реконструкція потребує комплексного проекту, який передбачає розширення виробничої потужності, поліпшення якості та асортименту продукції (в основному без збільшення чисельності працюючих), поліпшення умов праці та охорони навколишнього середовища. При реконструкції можливі перебудова окремих споруд основного й допоміжного призначення, будівництво нових і розширення існуючих об'єктів з метою ліквідації диспропорцій у технологічних ланцюгах. За останні роки в харчовій промисловості склалося вкрай важке становище з реконструкцією та технічним переоснащенням діючих підприємств. Основна причина – недостатнє виділення лімітів централізованих капіталовкладень та коштів для їх фінансування, що призвело до



постійного порушення строків введення в дію потужностей для виробництва харчової продукції.

У доповіді розглядалося дослідження процесу транспортування чищених початків кукурудзи на сортувальний транспортер. В проведеній науково-дослідній роботі (НДР) розглянуто дослідження залежності продуктивності стрічкового елеватора від різних параметрів: швидкості руху транспортерної стрічки, від насипної маси чищених початків та площі перерізу вантажу перед скребком використовуючи формулу продуктивності стрічкового елеватора:

$$Q = 3600VF\gamma$$

де:  $Q$  – продуктивність, т/год;  $V$  – швидкість руху стрічки з скребками, м/с;  $\gamma$  – насипна маса чищених початків, т/м<sup>3</sup>;  $F$  – розрахункова площа перерізу вантажу перед скребком, м<sup>2</sup>.

На основі розрахунків були побудовані графіки залежності продуктивності стрічкового елеватора в залежності від швидкості, від насипної маси та площі перерізу вантажу перед скребком. Згідно побудованих графіків по заданій продуктивності вибираємо технічну характеристику стрічкового елеватора. По технічній характеристиці проведені конструкторські розрахунки елеватора. На основі проведеної НДР та розрахунків розроблена технічна документація: складальне креслення стрічкового елеватора; складальне креслення приводу стрічкового елеватора; складальне креслення привідного валу стрічкового елеватора; складальне креслення натяжної станції стрічкового елеватора; робочі креслення деталей стрічкового елеватора. По розробленим кресленням виготовляють стрічковий елеватор для встановлення в лінії виробництва. Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні спроектованого та виготовленого стрічкового елеватора в лінії виробництва консервів з цукрової кукурудзи на ЧВП ТОВ “Пономар”, що входить до складу ГК “Верес”.

*Висновки.* Проаналізувавши літературні джерела зроблено аналітичний огляд процесу транспортування очищених початків кукурудзи на сортувальний транспортер.

Маркетингове обґрунтування свідчить, що процес транспортування чищених початків кукурудзи на сортувальний транспортер є складовою виробництва консервів з кукурудзи цукрової і потребує певного обладнання. На сучасному етапі виробництва є необхідним впровадження якісно нових способів транспортування чищених початків кукурудзи на сортувальний транспортер. Задача ускладнюється тим, що транспортне обладнання є нестандартним і проектується та виготовляється на консервних заводах. Для транспортування вантажів нами розроблено стрічковий елеватор.

Науковий керівник

**Хандюк М. В., ст. викл.**

Література:

1. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов. / М. С. Аминов, М. С. Муратов, Э. М. Аминов. – М. : Колос, 1996. – 430 с.
2. Панфилов В. А. Технологические линии пищевых производств / В. А. Панфилов. – М. : Колос, 1993. – 288 с.
3. Панфилов В. А. Машины и аппараты пищевых производств (1 і 2 том) / Панфилов В. А. – М. : Высшая школа, 2001. – 1384 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПОДАВАЛЬНОГО МЕХАНІЗМУ М'ЯСОРІЗАЛЬНИХ ВОВЧКІВ

Безгуба М. С. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Недоліками відомих конструкцій вовчків (промислових м'ясорубок) є недостатньо висока параметрична надійність, а саме знижена продуктивність, завищена енергоємність роботи через зношування робочого циліндру та зовнішньої поверхні шнеку. Зношування ребер циліндра і зовнішньої кромки шнека зменшує продуктивність вовчка і збільшує витрату енергії, тому що збільшується зазор, крізь який під тиском у робочій частині витісняється назад «текуча» фракція сировини. Зменшення продуктивності вовчка при цьому прямо пропорційне величині щілини, піднесеної в куб, і величині тиску, що створюється в робочій частині вовчка. Для вовчків з діаметром решіток 160 і 200 мм зазначений зазор повинен не перевищувати 0,9 мм. Збільшення зазору до 6 мм призводить до зменшення продуктивності вовчка з 4,5 до 1,5 т/год, причому одночасно з цим енерговитрати зростають з 3 до 12 кВт·год/т.

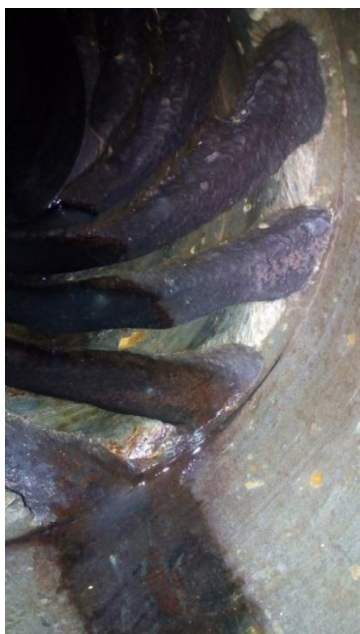
*Мета і завдання дослідження:* виявлення характеру та причин недостатньо високої довговічності шнеку та робочого циліндру вовчків та вироблення технічного рішення з її підвищення.

*Об'єкт дослідження:* м'ясорізальні вовчки МП-160 і К6-ФВЗП-200.

*Предмет дослідження:* характер зношування шнеку і робочого циліндру вовчка.

*Методи дослідження:* натурний експеримент.

*Результати дослідження.* Експериментальним шляхом виявлено, що зношування робочого циліндру вовчка є надто неоднорідним як в коловому напрямку, так і в осьовому. При цьому максимальне зношування спостерігається в нижній частині циліндру.



а)



б)

Рис. 1 – Внутрішня поверхня робочих циліндрів вовчків:

а) – МП-160; б) – К6-ФВЗП-200

Встановлено, що однією з причин істотного зношування циліндру та шнеку є їх систематичне взаємне тертя на початку та в кінці кожної робочої зміни при встановленні та знятті шнеку.

З метою усунення означених недоліків було розроблено конструкцію додаткового пристрою (захисного піддону) для його використання у вовчках. В такому разі вовчок містить (рис. 1) робочий циліндр 1, в якому розташовано шнек 2. Перед встановленням чи

зняттям шнеку поміж ними розташовується захисний піддон 3. Робоча поверхня 4 захисного піддона 3 має криволінійну форму і призначена для спрямування по ній шнеку 2. Наприкінці зміни перед зняттям шнеку для проведення санітарної обробки вовчка поміж шнеком 2 і циліндром 1 розташовується захисний піддон 3. При витягуванні шнеку він ковзає по поверхні 4 піддона 3, чим захищається робочий циліндр 1 від зношування. Знижена твердість захисного піддона 3 по відношенню до твердості витків шнеку 2 дозволяє зменшити зношування витків шнеку 2.

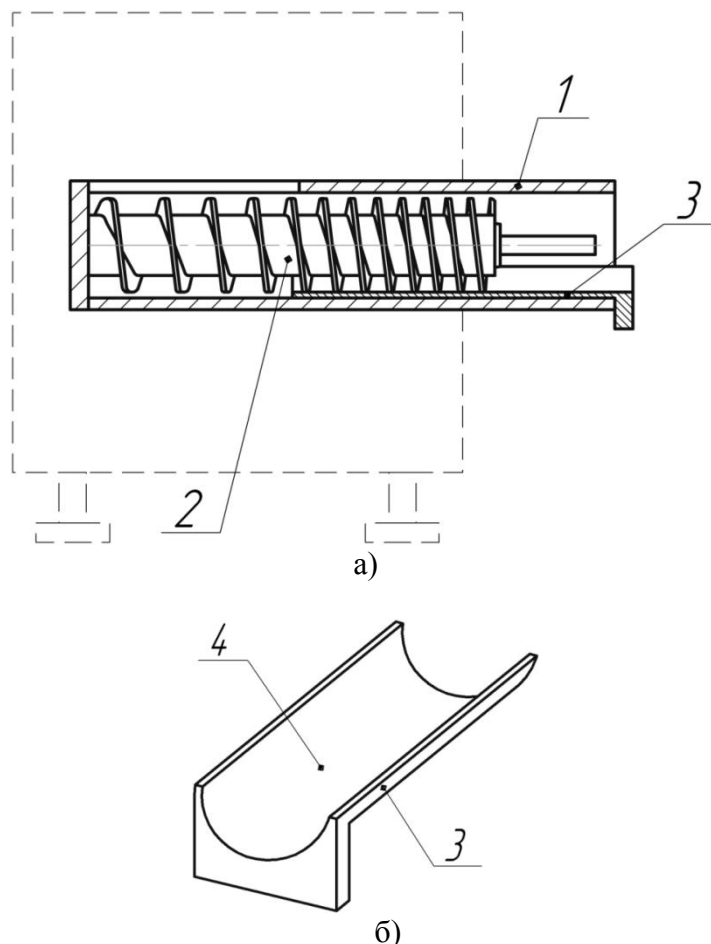


Рис. 2 – Устрій вовчка, в конструкції якого передбачено захисний піддон:  
а) – вовчок; б) – захисний піддон.

*Висновки.* Використання розробленого пристрою дозволяє підвищити параметричну надійність та довговічність вовчка.

Науковий керівник

**Батраченко О. В.**, к.т.н., доц.

Література:

1. Haack E. Wirkungsgrade deutlich verbessern / E. Haack, W. Schnackel, J. Krickmeier // Fleischwirtschaft. – 2012. – № 6. – P. 25–33.
2. Schnackel W. Untersuchungen zur Optimierung des Wolfprozesses. Teil 1 / W. Schnackel, J. Krickmeier, W. Pongjanyanukul, D. Schnackel, I. Micklisch // Fleischwirtschaft. – 2012. – № 1. – P. 88–92.
3. Schnackel W. Untersuchungen zur Optimierung des Wolfprozesses. Teil 4 / W. Schnackel, J. Krickmeier, W. Pongjanyanukul, D. Schnackel, I. Micklisch, O. Haack // Fleischwirtschaft. – 2012. – № 7. – P. 91–96.

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ВУЗЛІВ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЦЕНТРИФУГ

Гончарук І. М. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Головне джерело енергії для людського організму – вуглеводи. У раціоні людини на них доводиться більше 70 %. Основний представник вуглеводів в живленні людини – крохмаль. Він же є однією з найважливіших складових частин природних концентрованих кормів, які випускаються промисловістю. У харчовій промисловості знаходять застосування як власне крохмаль, так і патока та глюкоза. У технології отримання крохмалю одне з центральних місць займає центрифугування напівфабрикатів. Для центрифуг, як і іншого обладнання, важливою є надійна робота без втрати працездатності. Відмови машин призводять до простоїв, значних витрат на ремонт і запасні частини. При цьому 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, в 5-10 разів дорожчі за деталі, виготовлені у серійному виробництві.

*Мета і завдання роботи.* Підвищення довговічності центрифуги шляхом вдосконалення конструкції її окремих вузлів.

*Об`єкт роботи.* Горизонтальна шнекова фільтрувальна центрифуга.

*Предмет роботи.* Конструктивні особливості і умови експлуатації центрифуги, їх вплив на довговічність машини.

*Методи дослідження.* Основним методом досліджень був функціонально-вартісний аналіз.

*Результати роботи.* Вузлами, які можуть підлягати інтенсивному зношуванню або ж які можуть працювати у несприятливих умовах, є: відцентрова фрикційна муфта приводу ротора, підшипникові опори ротора та шнеку.

Відцентрова фрикційна муфта призначена для плавного розгону ротору, що дозволяє зменшити витрати потужності на розгін. Недоліком такої муфти є поступове зношування фрикційних накладок, що призводить до зменшення частоти обертання ротору центрифуги та зниження ефективності її роботи. При заміні накладок цей недолік усувається, але все ж складно відслідкувати той момент, коли параметри роботи центрифуги недопустимо погіршуються. Це є суттєвим недоліком. До того ж, при не уважній експлуатації та ремонті муфти можливе потрапляння машинного мастила на поверхні тертя. При цьому стане неможливим розгін ротору центрифуги до робочої швидкості. Застосування ж гідравлічної муфти замість фрикційної усуває ці недоліки.

Гідравлічна муфта призначена для плавного поступового розгону ротору центрифуги. Муфта встановлюється на вал електродвигуна. Обертаний момент між насосним колесом та турбінним колесом передається за допомогою рідини – машинного мастила марки АК-15. При обертанні ведучого насосного колеса рідина розганяється і з напором тисне на лопатки веденого турбінного колеса. Внаслідок цього колесо, яке жорстко з'єднане зі шківом за допомогою болтових з'єднань, поступово розганяється до робочої швидкості. Гідромуфта не має деталей, які інтенсивно зношуються, завдяки чому надійність її роботи значно вища за надійність фрикційної муфти. Внаслідок цього вища і надійність роботи центрифуги.

В передню підшипникову опору ротору можуть потрапляти краплі рідини та частинки крохмалю, які в ній знаходяться. В такому випадку підшипник інтенсивно зношується та швидко виходить з ладу. Задля захисту підшипників в центрифугі застосовується дискове ущільнення. При цьому простір між дисками і обіймами заповнюється густим мастилом. Однак при високошвидкісному обертанні валу диски утворюють значні відцентрові сили, які створюють напір мастила і примушують його виходити з кільцевих обійм. Це призводить до погіршення герметизації підшипника.

Нами пропонується комбіноване ущільнення. Основним елементом захисту є гума манжета з пружинним кільцем. Для того, щоб унеможливити рух рідини по валу, застосовано ущільнення з відцентровим воротником. При потраплянні рідини або інших часток на воротник відцентрові сили відкидають ці частки в кільцевий простір між фланцем та центральною ступицею з відбортовкою. При цьому частинки гарантовано стікають донизу і витікають з фланця в нижній частині. Задля забезпечення ремонтпридатності валу в частині, по якій треться манжета, встановлено змінну втулку. Для внутрішньої герметизації втулка має дві канавки з гумовими кільцями.

Поверхня втулки, по якій треться манжета, покрита шаром металокераміки. Це дозволяє істотно зменшити зношування втулки і манжети та нагрів манжети при терті. Все це значно подовжує строк експлуатації манжети.

В підшипниковій опорі шнеку застосовані шкіряні манжети. Вони володіють невисокою ефективністю. Нами запропоновано встановити гумові армовані манжети, які мають пружинне кільце. Контакт із валом у таких манжет набагато більш щільний, що підвищує захищеність підшипників. Задля розміщення гумових манжет змінено конфігурацію внутрішнього отвору стакану, а також введено конусну поверхню на валу задля зручності монтажу манжет.

*Висновки.* Запропоновані заходи дозволяють комплексно покращити надійність роботи центрифуги та її довговічність.

Науковий керівник

**Батраченко О. В., к.т.н., доц.**

Література:

1. Білецький В. С. Техніка та технологія збагачення корисних копалин. Частина III. Заключні процеси / В. С. Білецький, Т. А. Олійник, В. О. Смирнов, Л. В. Скляр. – Кривий Ріг : Криворізький національний університет, 2019. – 220 с.

## **ПІДВИЩЕННЯ ПИТОМОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КУТЕРІВ**

**Вознюк О. О. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* Незважаючи на численні переваги, кутери володіють такими суттєвими недоліками, як низька питома продуктивність та висока енергоємність роботи. Звичний шлях підвищення продуктивності (збільшення кількості ножів ножової головки) не дозволяє вирішити цю проблему.

*Мета і завдання дослідження.* Виявлення особливостей гідродинаміки сировини в робочій зоні кутера та розробка ефективних способів підвищення питомої продуктивності кутера.

*Об'єкт дослідження.* Вакуумний кутер Laska KR-330-2V.

*Предмет дослідження.* Особливості гідродинаміки сировини в робочій зоні машини.

*Методи дослідження.* Використовувався аналіз високошвидкісної відеозйомки процесу роботи ножової головки кутера Laska KR-330-2V. Кутер призначений для попереднього та тонкого подрібнення м'ясної сировини. Об'єм чаші кутера – 330 л. Ножова головка складається із 6-ти серповидних ножів, різальні кромки виконано у вигляді ламаних ліній. Частоти обертання ножової головки – 740; 1475; 2950 хв<sup>-1</sup>. Частоти обертання чаші – 9; 18 хв<sup>-1</sup>. Кутер вакуумний, глибина вакууму, що створюється в робочій зоні кутера – до 0,8. Потужність електродвигуна приводу ножового валу 110 кВт.

Процес дослідження особливостей гідродинаміки сировини здійснювався шляхом виконання високошвидкісної відеозйомки процесу руху м'ясної сировини крізь відповідні робочі зони. Використовувалось наступне обладнання: цифрова відеокамера Sony FS 700; рекордер Odyssey 7Q Convergent Design; об'єктив Sony SEL-18200 OSS; штатив Manfrotto TR546B; LCD відеомонітор 9,7" Lilliput 969 A/O/P.

Даний комплект обладнання дозволяє проводити відеозйомку з якістю від Full HD до 4к. Під час досліджень використовувалась відеозйомка зі швидкістю 960 кадрів за секунду, роздільна здатність при цьому складала 1920×216 пікселів.

Після зйомки отриманий відеофайл перетворювався на низку покадрових фотозображень за допомогою програмного пакета "Free Video to JPG Converter 5.0.99.823".

Далі отримані фотозображення аналізувались і встановлювався характер руху м'ясної сировини.

*Результати дослідження.* Встановлено, що найбільший внесок в процес подрібнення здійснюють два ножі першої площини різання. При цьому лише один із цих ножів здійснює різання на всьому шляху руху в чаші, інший ніж – лише перед виходом із чаші. Під час різання ніж передньою поверхнею леза відкидає сировину зі швидкістю, яка близька до швидкості різання (до 180 м/с). Відрізаний шар сировини пролітає зону подрібнення і не піддається обробці іншими ножами ножової головки. Це спричинює низьку ефективність роботи ножової головки та, відповідно, низьку питому продуктивність кутера. Крім того, на нашу думку, саме надання високої кінетичної енергії сировині і є причиною високої енергоємності процесу кутерування (50-190 кВт/год), а тертя і гальмування сировини об чашу і кришку є вагомим чинником нагріву сировини.

Висока кінетична енергія відрізаних шарів сировини дозволяє реалізувати додаткове її подрібнення нерухомими різальними елементами, які розташовані по напрямку руху сировини. Завдяки цьому процес кутерування інтенсифікується без додаткових витрат енергії.

Статичний пристрій (рис. 1, а) передбачає систему стаціонарних ножів 1, які розміщені в чаші 2 навпроти руху сировини, яка відрізана обертовим ножом 3 ножової головки. Ножі 1 можуть приймати різне положення за допомогою приводу. Динамічний пристрій (рис. 1, б) передбачає державку 4, що встановлена на ножовому валу і в якій закріплені змінні леза 5, вони подрібнюють сировину, яка відкидається обертовим ножом 6.

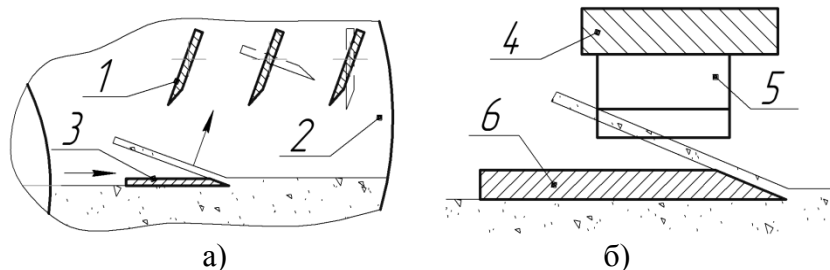


Рис. 1 – Принципові схеми пристроїв для підвищення продуктивності кутера:  
а) –статичного (вид зверху); б) – динамічного

*Висновки.* Запропоновано використати негативні фактори, а саме означені особливості гідродинаміки сировини, для отримання позитивних ефектів.

Науковий керівник

**Батраченко О. В., к.т.н., доц.**

Література:

4. Максимов Д. А. Конструкции современных куттеров / Д. А. Максимов, О. И. Якушев // Мясные технологии. – 2010. – № 9. – С. 20–24.
5. Hammer G. F. Kutmesser – unterschiedliche anschliff- und gleitwinkel / G. F. Hammer, S. Stoyanov // Mitteilungsblatt fleischforschung Kulmbach. – 2010. – 49. – P. 183–195.
6. Гаммер Г. Ф. Куттерование двумя ножами – температура фарша и мощность куттера / Г. Ф. Гаммер, С. Стоянов // Мясной Бизнес. – 2009. – № 1. – С. 64–69.

## СТВОРЕННЯ ПЕРЕДУМОВ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОБОТИ ЗЕРНОВИХ ЕКСТРУДЕРІВ

Лупинос С. А. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Недоліком відомих конструкцій екструдера є: високі втрати сировини та значні витрати праці оператора, які обумовлені тим, що під час пуску екструдера на протязі значного проміжку часу сировина не нагрівається до заданої температури екструдювання внаслідок інтенсивного відведення тепла, яке виділяється при роботі шнека, в об'єм деталей робочої камери та в оточуюче середовище, через що стає необхідним або чекати поки екструдер вийде на робочу температуру (втрати сировини) або зміщувати вручну фільтеру у напрямку до конусного наконечника, чим збільшується опір руху сировини із фільтери і, як наслідок, проводиться тривалий нагрів однієї порції сировини в робочій камері екструдера (втрати праці оператора).

*Мета і завдання дослідження.* Зменшення втрат сировини та зменшення витрат праці оператора при роботі зернових екструдерів.

*Об'єкт дослідження.* Зерновий екструдер марки Е-1000.

*Предмет дослідження.* Порядок експлуатації зернового екструдера та переналаштування режимів його роботи.

*Методи дослідження.* Функціонально-вартісний аналіз, теорія вирішення винахідницьких задач.

*Результати дослідження.* Екструдер складається (рис. 1, 2) з циліндра 1, в якому розташовані гільзи 2 (гільзи найчастіше є швидкозношуваними змінними деталями) та шнек 3. Шнек 3 складається із гвинтів 4, що насаджені на вал 5, шайб 6, що розміщені між гвинтами 4, та конусного наконечника 7. На виході із циліндра 1 встановлено фільтеру 8, яка може рухатись в нарізці 9. Шнек 3 приводиться в рух від електроприводу 10. В циліндрі 1 встановлено термодатчик нагріву сировини 11, який своєю робочою поверхнею 12 контактує із зовнішньою поверхнею гільзи 2, що дозволяє вимірювати температуру сировини із максимальною точністю при максимальній захищеності термодатчика. На циліндрі 1 також встановлено термодатчик нагріву циліндра 13, який своєю робочою поверхнею 14 контактує із зовнішньою поверхнею циліндра 1. На штанзі 15 (рис. 1) або на циліндрі 1 (рис. 2) встановлено електродвигун приводу фільтери 16, який призначений для обертання фільтери 8 в нарізці 9 за допомогою передаточного механізму 17, що складається із веденого зубчастого колеса 18, яке закріплене на фільтері 8, та ведучого зубчастого колеса 19, яке з'єднано із валом електродвигуна приводу фільтери 16. Екструдер автоматизований також має термодатчик нагріву повітря 20, який контактує із повітрям, що оточує екструдер, та блок керування 21. Блок керування 21 призначений для приймання сигналів від термодатчика нагріву сировини 11 термодатчику нагріву циліндра 13 і термодатчику нагріву повітря 20 та керування роботою електродвигуна приводу фільтери 16. Встановлення електродвигуна приводу фільтери 6 на штанзі 15 дозволяє зменшити навантаження на циліндр 1.

Під час пуску екструдера вмикається блок керування 21 і оператор задає вид сировини, що обробляється (різному виду сировини відповідатимуть різні значення температури екструдювання). Після цього блок керування 21 видає керуючий сигнал на електродвигун приводу фільтери 16, внаслідок чого вал електродвигуна 16 починає обертатись, що призводить до обертання фільтери 8 в нарізці 9. Обертання фільтери 8 призводить до її зміщення в осьовому напрямку і продовжується до моменту її найбільшого наближення до конусного наконечнику 7 (мінімальна відстань між фільтерою 8 та конусним наконечником 7 встановлюється емпірично). Після цього вмикається електропривод 10, що приводить в дію шнек 3. Сировина подається до циліндра 1, в якому вона захоплюється шнеком 3 і транспортується вздовж його вісі. Одночасно із транспортуванням сировина подрібнюється, перемішується та нагрівається, що

відбувається внаслідок дії гвинтів 4, шайб 6 та конусного наконечника 7. По виході із фільтри 8 сировина різко збільшується в об'ємі, набуваючи свого готового вигляду.

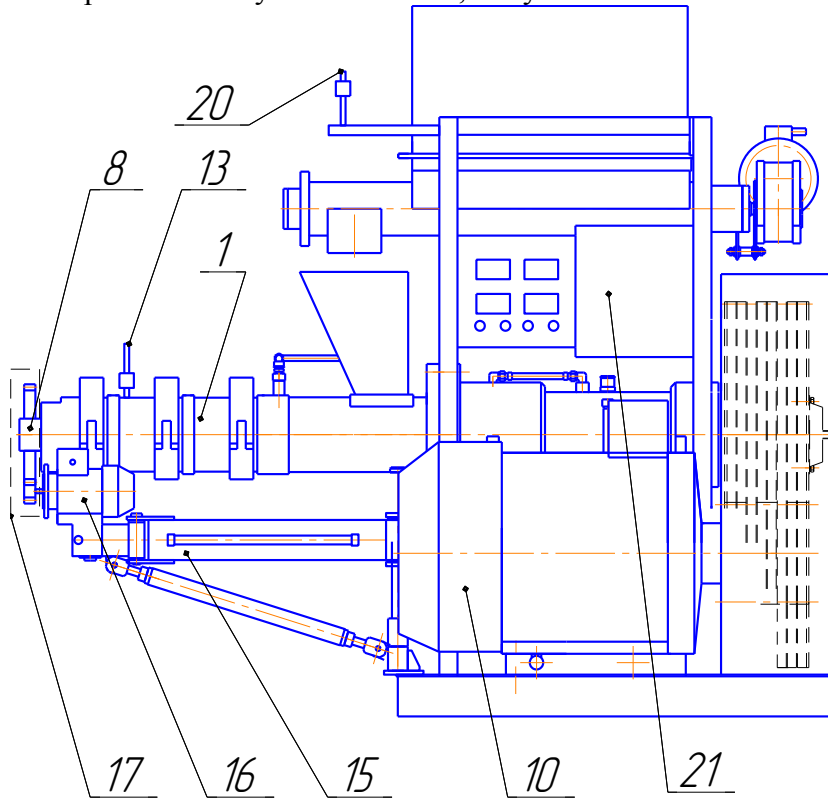


Рис. 1 – Загальний вид екструдера

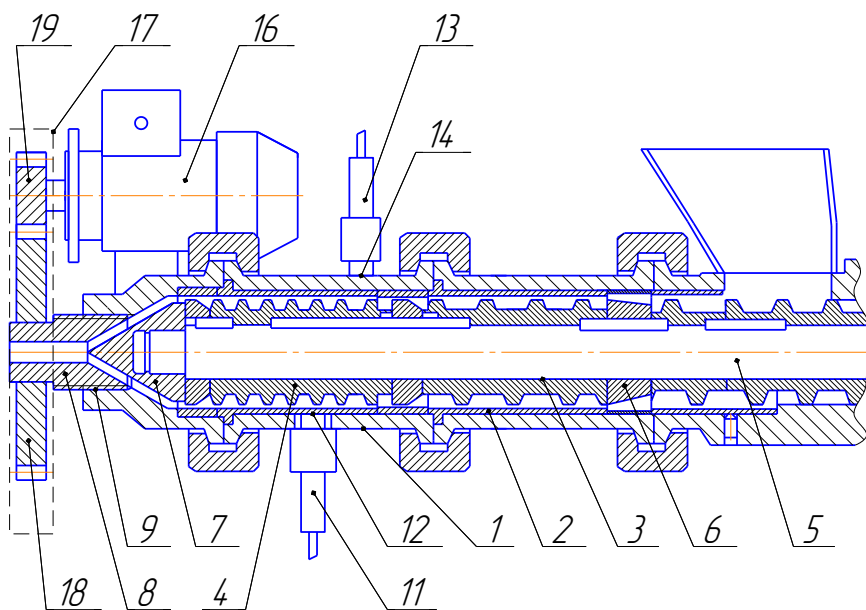


Рис. 2 – Поперечний переріз робочої камери екструдера

Внаслідок того, що між фільтрою 8 та конусним наконечником 7 забезпечено мінімальний робочий зазор, створюється максимальний гідравлічний опір руху сировини із циліндра 1 крізь фільтру 8. Завдяки цьому під час терміну, протягом якого усі деталі циліндра 1 та шнеку 3 нагріваються до сталої робочої температури, відбувається мінімальна витрата оброблюваної сировини з екструдера. Тобто, забезпечується мінімізація кількості бракованої сировини під час пуску екструдера. В момент часу, коли деталі циліндра 1 та шнеку 3 нагріються до сталого значення температури (цей момент часу визначається за даними сигналів термодатчиків 11, 13 та 20, тобто визначається



момент коли інтенсивність нагріву деталей циліндра 1 під дією тепла від оброблюваної сировини буде врівноважено її охолодженням внаслідок контакту із повітрям, що оточує циліндр 1; термодатчик нагріву циліндра 13 видає сигнал на блок керування 21, який видає керуючий сигнал на електродвигун приводу фільери 16. Внаслідок цього фільера 8 зміщується по напрямку від конусного наконечника 7, забезпечуючи між ним робочий зазор, який дозволяє досягти максимальної продуктивності екструдера при заданій температурі екструдування оброблюваної сировини.

*Висновки.* Використання розробленої конструкції екструдера дозволяє суттєво зменшити втрати сировини під час пуску екструдера при одночасному зменшенні витрат праці оператора, а також створити передумови для широкої автоматизації роботи машини.

Науковий керівник

**Батраченко О. В.**, к.т.н., доц.

Література:

1. Ковбаса В. М. Наукове обґрунтування високотемпературної екструзії природних біополімерів та розроблення раціональних технологій харчоконцентратів і хлібопродуктів підвищеної якості : автореф. дис. на здоб. наук. ступ. докт. техн. наук : 05.18.01 / В. М. Ковбаса. – Київ, УДУХТ, 1998. – 46 с.
2. Мишанин А. Л. Повышение эффективности приготовления экструдированного корма с обоснованием параметров матрицы пресс-экструдера : автореф. дис. на соиск. науч. степ. канд. техн. наук : 05.20.01 / А. Л. Мишанин. – Пенза, 2010. – 158 с.
3. Экструдер для зерна Е-1000 BRONTO : руководство по эксплуатации. – Черкассы : ЧеркассыЭлеваторМаш, 2010. – 31 с.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ НОВОГО СПОСОБУ ПІДВИЩЕННЯ ПИТОМОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ КУТЕРІВ**

**Чудов В. В.** (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Близько 70 % операцій технологічного процесу виготовлення ковбасних виробів займають операції подрібнення м'ясної сировини. Вони в значній мірі визначають якість та вихід готового продукту. Одним з основних видів подрібнювального обладнання м'ясопереробних виробництв були і залишаються кутери.

Проведений аналіз дозволив висунути гіпотезу про те, що особливості гідродинаміки сировини в робочій зоні цих машин істотно знижують їх максимально досягну питому продуктивність.

Дослідження та належне врахування цих явищ дасть змогу підвищити випуск м'ясної продукції без збільшення капітальних і експлуатаційних витрат та покращити якість обробки сировини.

*Мета і завдання дослідження.* Метою наукової роботи є підвищення питомої продуктивності кутерів на основі взаємоузгодження гідродинаміки сировини та процесу її подрібнення.

*Об'єкт дослідження.* В якості об'єкту дослідження використовувався вакуумний кутер Laska KR-330-2V, об'єм чаші – 330 л, ножова головка складається із 6-ти серповидних ножів, частоти обертання ножової головки – до 2 950 хв<sup>-1</sup>, частоти обертання чаші – до 18 хв<sup>-1</sup>.

*Предмет дослідження.* Гідродинаміка сировини в зоні подрібнення.

*Методи дослідження.* Чисельне моделювання руху сировини за допомогою програмного комплексу SolidWorks FlowSimulation.

*Результати дослідження.* Встановлено (рис. 1, 2), що потік сировини, який нагнітається ножами № 1 і № 2 ножової головки виходить із зони подрібнення під кутом 20–35° до вісі обертання ножів залежно від частоти їх обертання. Таке значення кута

відповідає куту заточування ножів кутера. Далі означений потік сировини вдаряється о стінку чаші та рухається вздовж її стінок чаші та вздовж кришки чаші. Поля розподілення тиску відповідають описаним особливостям гідродинаміки сировини.

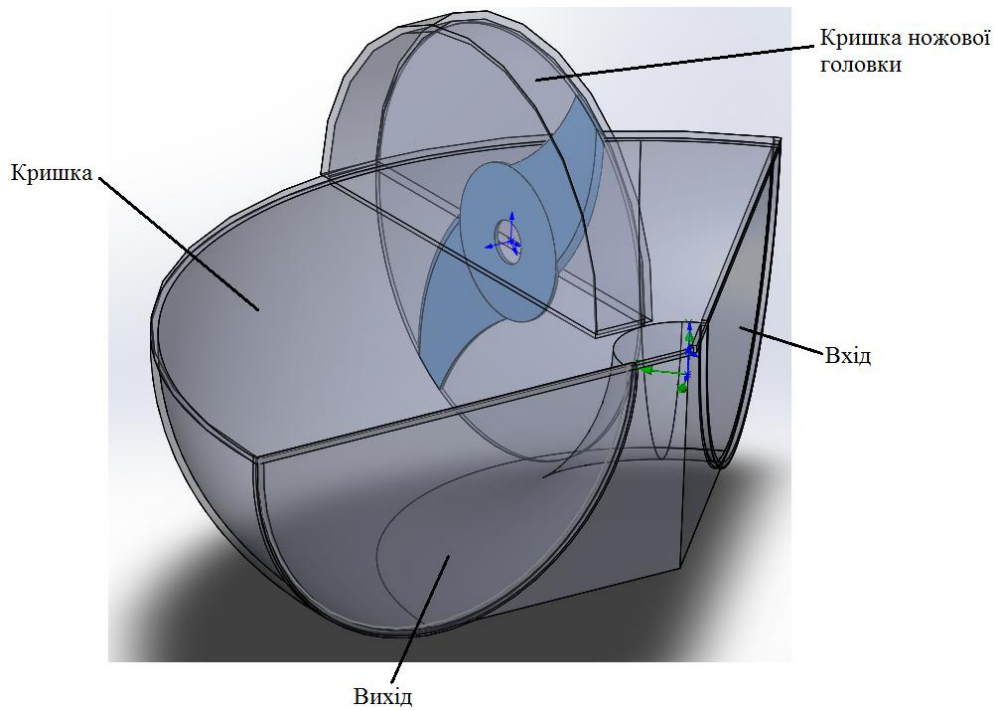
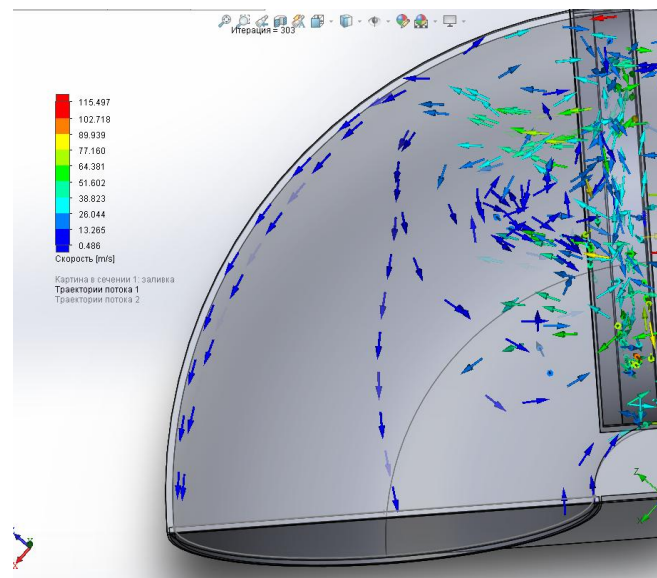


Рис. 1 – 3D-модель розрахункової зони процесу кутерування



а)

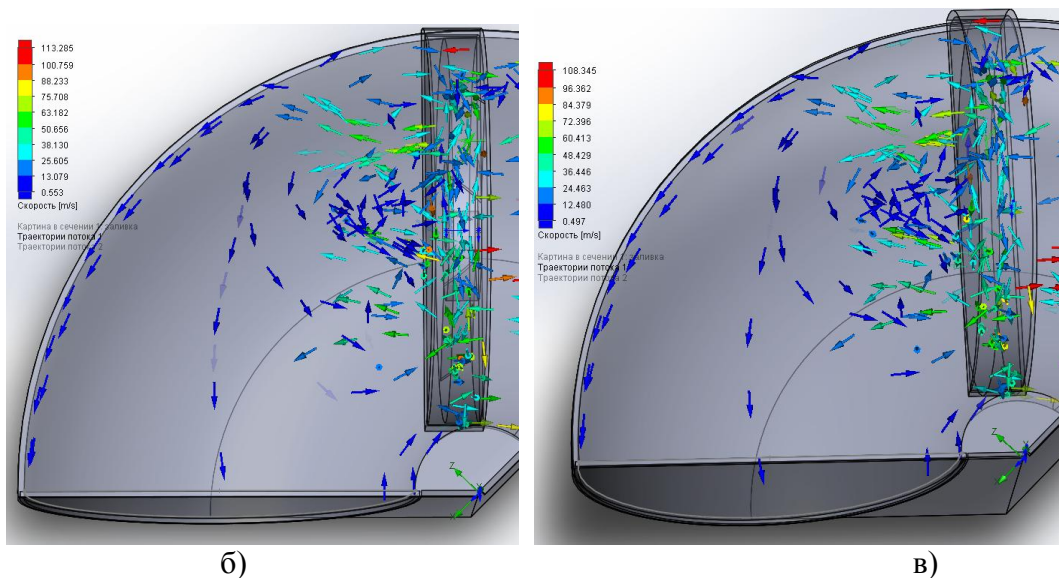


Рис. 2 – Результати визначення напрямку та значень швидкості м'ясної сировини в об'ємі чаші за допомогою чисельного моделювання: а) при частоті обертання ножів  $50 \text{ c}^{-1}$ ; б) при частоті обертання ножів  $25 \text{ c}^{-1}$ ; в) при частоті обертання ножів  $12,50 \text{ c}^{-1}$

Виявлено, що висока кінетична енергія шарів, що відрізаються ножами № 1 і № 2, призводить до того, що на виході із зони подрібнення утворюється швидкісний потік сировини, який рухається вздовж стінок чаші, а також вгору у вільний об'єм кришки ножової головки.

У відомих моделях кутерів кінетична енергія даного потоку корисно не використовується, більш того, на нашу думку означена особливість руху сировини є додатковим фактором нагріву сировини. Як відомо, саме для компенсації нагріву сировини при кутеруванні додається лід або крижана вода, що, в свою чергу, є додатковим фактором збільшення собівартості виробництва ковбасних виробів.

Отримані в роботі результати дозволяють запропонувати інтенсифікацію процесу кутерування шляхом корисного використання кінетичної енергії сировини. Завдяки цьому процес кутерування інтенсифікується без додаткових витрат енергії.

Пристрій статичного типу для підвищення питомої продуктивності кутера складається з щонайменше одного ножа, який розміщений після ножової головки кутера по напрямку обертання чаші. Кожен ніж розташований переважно перпендикулярно до заточуваних поверхонь лез ножів обертової ножової головки при їх русі в чаші.

Пристрій обладнаний щонайменше одним тримачем, корпусом, передаточним механізмом та приводом. При цьому кожен ніж закріплений з можливістю обертання навколо вертикальної осі. Обертання кожного ножа здійснюється під дією приводу за допомогою передаточного механізму. Робота приводу керується системою керування кутера.

При обертанні ножової головки кутера ножі ножової головки інтенсивно відкидають відрізані пласти сировини в напрямку, наближеному до перпендикуляру до поверхонь заточок ножів. Відрізані пласти сировини наштовхуються на ножі і за рахунок своєї високої кінетичної енергії подрібнюються на них (швидкість руху пластів сировини наближена до лінійної швидкості руху точок ножа,  $100\text{--}160 \text{ м/с}$ ).

*Висновки.* Описана модифікація забезпечує додаткове інтенсивне подрібнення сировини без використання надлишкової енергії і шкідливого надлишкового нагріву, що призводить до підвищення продуктивності кутера при одночасному зменшенні його енергоспоживання та підвищенні якості обробки сировини.

Література:

1. Промисловий каталог фірми Maschinenfabrik Laska GmbH. – Австрія, 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <[www.laska.at](http://www.laska.at)>.
2. Hammer G. F. Kuttermesser – unterschiedliche anschliff- und gleitwinkel / G. F. Hammer, S. Stoyanov // Mitteilungsblatt fleischforschung Kulmbach. – 2010. – 49. – P. 183–195.
3. Hammer G. Uber das Kattern von Bruhwurstbrat / G. Hammer, S. Stoyanov // Mitteilungsblatt der Fleisch forschung Kulmbach. – 2008. – № 47. – P. 243–251.

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВАЛКІВ ДЛЯ РОЗКАЧУВАННЯ ТІСТА В ФОРМУВАЛЬНІЙ МАШИНІ**

**Маляр О.В. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* Недостатнє висвітлення питань, пов'язаних з науковим обґрунтуванням визначення раціональних параметрів валкових робочих органів формувальних машин значною мірою стримує їх технічний розвиток і призводить до появи технічно недосконалого обладнання та зайвих витрат на його конструювання, виготовлення й експлуатацію. Тому існує потреба у доповненні знань взаємодії обертових валків із в'язким середовищем й розробленні нагнітального вузла в формувальних машинах. Це розроблення повинно базуватися на основі гідродинамічних та конструктивних підходів до геометрії й параметрів валкового робочого органу. Такий підхід дозволить не лише забезпечити вимоги надійності з функціональності, продуктивності й якості продукції, а й дасть можливість мінімізувати виробничі та експлуатаційні витрати.

Саме тому потреба у пошуку нових методик та обґрунтування раціональних параметрів валкових робочих органів при дії на в'язкі маси зумовлює вибір їх оптимального компонування та конструктивного виконання й визначає актуальність даної роботи.

*Мета і завдання роботи.* Підвищення функціональних можливостей валкових робочих органів формувальної машини шляхом розроблення та удосконалення конструктивно-технологічних параметрів процесу нагнітання.

*Об'єкт роботи (дослідження).* Технологічний процес нагнітання тіста.

*Предмет роботи.* Конструктивні параметри процесу нагнітання дріжджового тіста між обертовими валками.

*Методи дослідження.* Дослідження базуються на основних положеннях технології дріжджового борошняного виробництва, математичного моделювання та реології.

*Результати роботи (дослідження).* Визначення руху середовища в зазорі між валками є досить складною і в той же час важливою проблемою, що пов'язана з необхідністю проведення розрахунків формуючих робочих валків, в даному випадку визначення їх дії на середовище. Встановлено, що маса тіста, потрапляючи в зону дії валків, отримує деформації з моменту утворення течії між валками. Форму течії розглянуто як розкачування пружно-в'язкого еластичного шару тіста по несучій поверхні валків, який багаторазово проходить через усі ділянки робочої камери вузла нагнітання та піддається деформаціям, які відповідають цим ділянкам. Деформаційні впливи служать вихідними даними для розрахунку конструктивних параметрів і технологічного процесу. Для аналітичного дослідження умов їх контактування, а також для розв'язування задач, пов'язаних із оцінюванням пружно-деформованого стану зони контакту, розроблено реологічну модель, математичний опис якої потрібен не лише для об'єктивного оцінювання консистенції тіста за короткий процес, а й для можливості оцінити його поведінку на всіх стадіях деформації відповідно до тіл Максвелла, Бінгама, Шведова.

Для вирішення такої задачі необхідно залучити алгебру логіки і теорію. При виборі кращого варіанта визначення впливу конструктивних параметрів валків вибрано метод розставлення пріоритету – якісної оцінки варіантів. Вирішення поставлених завдань можливе на основі ретельного вивчення суті процесу, що відбувається під час розкачування. Вивчення праць [1; 2;] показало, що нерівномірність швидкості руху середовища (бубличного, дріжджового, пшеничного тіста) обумовлена характером течії. Тому суттєвим фактором збільшення ефективності інтенсивної дії валків на середовище є рівномірність розкачування його елементарних об'ємів, що надходять із робочої камери машини. Виходячи із допущень, що питома подача середовища є однаковою для всіх елементарних об'ємів маси, що знаходяться в зазорі між валками, в'язкість залишається постійною, тому при розрахунках її не враховували.

Відзначено, що до важливих конструктивних параметрів валка відноситься вимога мінімізації витрат енергоресурсів та матеріалу на його виготовлення, дотримання температурних режимів усього процесу. При цьому очевидно, що мінімальним витратам матеріалу й температурних режимів тіста має відповідати мінімальна площа поверхні за інших рівних умов і при дотриманні заданої умови якісного нагнітання. Врахувавши корисну робочу площу валка, отримано очікуваний висновок про те, що поверхня валка пропорційна квадрату його розміру, а об'єм – кубу цього ж розміру у формі.

$$S_b/V_b=1.5/d \quad (1)$$

Запропоновано методику визначення оптимальних параметрів валкового нагнітання із центром маси завантаженого шматка тіста в бункер G. Така функція має вигляд.

$$J(\text{Par},A,B)=e^{A(B-\text{Par})^2}, \text{ кг/с} \quad (2)$$

Аналіз отриманих результатів свідчить, що біля поверхонь валків відбувається найбільший рух середовища, який змінюється по параметру зазору  $h$  в бік зменшення центральної міжвалкової осі. Цей особливий рух середовища можна розділити на дві стадії. Перша – це адгезійний контакт середовища із поверхнею валків з одержання валкової обертової швидкості. Вона змінюється з віддалю від валкової поверхні. На цій стадії руху визначальним фактором є діаметри валків. Друга стадія руху – міжвалковий змінний рух кількості середовища. На цій стадії утворюється своєрідний рух, де наявна досить велика впадина, і рух має частково протилежний характер. Визначальним параметром є зазор.

*Висновки.* Використання запропонованої методики визначення характеру руху середовища можна використовувати при проектуванні валкового нагнітача при подачі маси тіста (тістоподільні машини, формувачні машини), при дозуванні, замішуванні тощо.

Науковий керівник

**Мізнiк Л. М., к.т.н., доц.**

Література:

1. Стадник І. Я. Моделювання руху змішуваних компонентів у камері безлопатевої тістомісильної машини / І. Я. Стадник, М. М. Луців // Хранение и переработка зерна. – 2011. – № 2. – С. 58–60.
2. Мачихин Ю. А. Формование пищевых масс [Текст] / Ю. А. Мачихин, Г. К. Берман, Ю. В. Клаповский. – Москва : Колос, 1992. – 272 с.
3. Мачихин Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов [Текст] / Ю. А. Мачихин, С. А. Мачихин. – Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 216 с.

## ПОДРІБНЕННЯ ФРУКТОВИХ ПЛОДІВ У ДРОБАРЦІ

Бурков Д. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* У консервному виробництві фрукти використовують для виробництва соків з м'якоттю, нектарів, повидла, пюреподібних продуктів для дитячого харчування. Технологія виробництва таких продуктів передбачає подрібнення фруктів, теплову обробку нагріванням до температури від 80 °С до 100 °С і протирання. Під час перероблення плоди та кісточка піддаються механічній дії ножів дробарки, скребачок та шнеків, апаратів для теплової обробки, бил протиральної машини. Відокремлені кісточка висушують і використовують як вторинну сировину для виробництва активованого вугілля, для вилучення олії з ядер кісточок та як паливо. Основною вимогою до технологічних операцій первинної переробки персикових фруктів є збереження цілісності кісточок, якісне відділення м'якоті від кісточок. У зв'язку із цим актуальною науковою проблемою є обґрунтування режимів роботи дробарок, протиральних машин та іншого обладнання, при яких зберігаються кісточка персика.

*Мета і завдання роботи.* Виявити характер руйнування шкаралупи та умови, за яких кісточка зберігаються.

*Об'єкт дослідження.* Процес подрібнення кісточкових плодів.

*Предмет дослідження.* Кісточкові плоди абрикоса, персика та сливи з добре відокремлюваною кісточкою, роторна дробарка для кісточкових плодів.

*Методи дослідження.* Аналітичне моделювання процесу подрібнення кісточкових плодів проводили з використанням теорії подібності.

*Результати дослідження.* Серед кісточкових культур слід виділити абрикоси, сливи і персики, які мають крупні плоди і переробляються промисловістю в значних кількостях. Плоди абрикосу використовують для виробництва соків, нектарів, повидла та пюреподібних консервів дитячого харчування. Промислова переробка цих плодів включає технологічні операції подрібнення, бланшування та протирання отриманої маси. Для подрібнення фруктів кісточкових культур використовують плющильну машину. Важливими вимогами до цих операцій є подрібнення м'якоті та збереження при цьому цілісності шкаралупи кісточок. Відокремлені кісточка висушують і використовують як вторинну сировину для виробництва кондитерських виробів або рослинної олії, в косметології, медицині.

Розроблення дробарок для кісточкових культур потребує обґрунтування режимів, при яких отримують продукт високої якості. У дробарках для фруктів кісточкових культур спостерігаються механізми пошкодження шкаралупи кісточок у результаті защемлення кісточок між ножами або зіткнення кісточка з твердим робочим органом. Для обґрунтування режиму промислової переробки кісточкових культур проводилися досліджування міцності шкаралупи фруктових кісточок на ударне навантаження молотком. Розглядався також стан персикових та сливових кісточок, які вільно рухаються у просторі, після зіткнення з жорстким робочим органом і виявлено, що для збереження їх шкаралупи необхідно зменшити колову швидкість обладнання. Результати дослідження, лінійний характер залежності частки дрібниць від швидкості робочих органів дозволяє стверджувати, що існує гранична швидкість 8,6 м/с, нижче якої виколупування частинок шкаралупи персикових кісточок не спостерігається. Міцність дрібних частинок шкаралупи кісточка, які утворюються при зіткненні з робочими органами, наближається до міцності деревини, а їх розміри порівнянні з розмірами отворів протиральної машини. Ось чому такі частинки здатні закупорювати отвори ситового полотна протиральної машини. Між тим зменшення швидкості робочих органів дробарки та збільшення зазорів між ножами може привести до того, що окремі плоди проскакуватимуть через робочу зону без жодного подрібнення.

*Висновки.* Проведені дослідження дозволяють обґрунтувати швидкість робочих органів технологічних машин, при якій можна уникнути виколупування частинок шкаралупи або зберегти цілісність кісточок.

Науковий керівник

**Мізнiк Л. М., к.т.н., доц.**

Література:

1. Гуртовой М. В. Шляхи поліпшення якості подрібнення кісточкових плодів / М. В. Гуртовой, О. В. Гаврилов. – Холодильна техніка і технологія. – 2005. – № 5. – С. 93–96.

2. Гаврилов О. В. Дослідження якості подрібнення кісточкових плодів у роторній дробарці / О. В. Гаврилов // Энергосберегающие технологии переработки с/х продукции (технич. науки) ЮФ «Крымский агротехнологический ун-тет» НАУ. Научн. труды. Вып. 93. – Симферополь, 2005. – С. 120–128.

## **ПРОЦЕС ПРОРОЩУВАННЯ СОЛОДУ ЗА ДОПОМОГОЮ КОНДИЦІОНОВАНОГО ПОВІТРЯ**

**Нерух О. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* Забезпечення конкурентоспроможності продукції пивоварної галузі України на внутрішньому та зовнішньому ринках є невідкладним завданням, вирішення якого лежить на шляху підвищення якості солоду та пива з одночасним зменшенням матеріальних та енергетичних витрат.

*Мета і завдання роботи.* Удосконалення схем кондиціонування повітря і підвищення рівня рекуперації повітря в системах аерації солоду при пророщуванні.

*Об'єкт роботи (дослідження).* Системи підготовки повітря, пророщування та сушіння солоду.

*Предмет роботи (дослідження).* Гравітаційні платформи та окремі елементи систем.

*Методи дослідження.* Експериментальна перевірка окремих положень, що стосуються динаміки висушування солоду.

*Результати роботи (дослідження).* Проблеми підготовки повітря стосуються літніх і зимових сезонів роботи. Традиційні камери кондиціонування за рахунок вологонасичення в літній час дозволяють охолоджувати повітря приблизно на 6°C. У результаті виникає необхідність використання холодильних установок підприємств. Оцінка потужностей теплових потоків, які необхідно відводити від повітря, показує, що в більшості випадків вони співрозмірні з загальною потужністю холодильних установок. Ця обставина і необхідність капіталовкладень на одержання додаткових поверхонь теплопередачі для багатьох підприємств такий напрям робить проблематичним.

Відомо, що температура повітря, яке подається на аерацію пророщуваного солоду, повинна складати 10–15°C в залежності від часу пророщування. Другою важливою вимогою є відносна вологість, яка повинна бути близькою до 100 %. За контактування з зерновою масою різниця температур повітря на вході і на виході солодовирощувального пристрою складає ~ 2°C. Таким чином на виході з різних пристроїв одержують повітря з температурами від 12 до 17 С. Звідси витікає можливість використання рециркуляції відпрацьованого повітря, що на деяких підприємствах знаходить використання.

Зовнішнє повітря рідко відповідає заданим температурним режимам пророщування солоду, тому взимку воно підігрівається, а в літній сезон охолоджується. Теплові витрати на нагрівання і охолодження можуть бути зменшені за рахунок часткової рециркуляції відпрацьованого повітря. Нагрівання повітря доцільно здійснювати відкритою гострою

парою, бо при цьому має місце одночасно підвищення відносної вологості і суттєве зменшення загальних енергетичних витрат.

Зволоження і догрівання повітря в сучасних умовах вирішується наявністю відповідного обладнання і не викликає труднощів на виробництвах. В цих умовах з точки зору інтересів енергокористування раціональною є рециркуляція до 2/3 відпрацьованого повітря.

Для оцінки важливості режимів рециркуляції в інтересах енергозбереження наведемо дані, які відповідають ЗАТ "Пивзавод на Подолі" (м. Київ). Пророщування солоду тут здійснюється у 8 барабанах і одержують з кожного біля 8 000 кг зеленого солоду. При аерації на кожен з них подається біля 10 000 м<sup>3</sup> повітря за годину.

Оскільки аерація солоду забезпечує вирішення задач доставки кисню, охолодження і відведення діоксиду вуглецю, то рівень рециркуляції визначають з урахування можливості виконання трьох задач.

Підкреслимо, що нагрівання повітря на 2°C за проходження через шар солоду супроводжується зниженням його відносної вологості до 90–92 %. Це означає, що на частині свого транспортування через зернову масу повітря підсушує солод. Між тим існує категорична заборона на зниження вологості солоду нижче 46 %. Поновлення кількісного складу вологості солоду досягають його зрошенням, а рециркуляційна частина повітря повинна бути донасичена до 100 % відносної вологості.

Рівень рециркуляції повітря, таким чином, визначається кількістю накопиченого в ньому діоксиду вуглецю. Зазвичай рециркуляційну частину повітря змішують зі свіжим повітрям і після цього насичують вологою в камерах кондиціонування. Стабілізація температури всієї маси солоду має принципове значення і така стабілізація однозначно пов'язана з рівномірністю аерації по всій поверхні опорної решітки. Рівномірність аерації пов'язують з рівномірним розподілом маси солоду по опорній площині та однаковою її щільністю. Поза увагою спеціалістів, однак, залишається конструктивне влаштування повітропроводу підситового простору.

*Висновок.* Для зменшення енергетичних втрат, пов'язаних з підготовкою свіжого повітря до аерації пророщуваного солоду, доцільно його нагрівання здійснювати відкритою гострою парою. За таких умов підвищення температури і відносної вологості відбуваються в одному процесі.

Науковий керівник

**Мізнік Л. М., к.т.н., доц.**

#### **Література**

1. Нарцис Л. Технология солода / Л. Нарцис ; пер. с нем. – М. : Пищ. пром-сть, 1990. – 503 с.
2. Гинзбург А. С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности / А. С. Гинзбург. – М. : Агропромиздат, 1995. – 336 с.

### **ЗАСТОСУВАННЯ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ СМАЖЕННЯ СІЧЕНИХ КОТЛЕТ Почтовий М. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* Повсякденну діяльність підприємств ресторанного господарства складно уявити без використання цілого арсеналу універсального теплового обладнання, за допомогою якого вдається швидко та ефективно виробляти різноманітні за асортиментом страви, при цьому раціонально спланувавши робочий час виробничих працівників.

*Мета і завдання роботи.* Дослідження процесу смаження котлет січених з використанням ІЧ-випромінювання.



*Об'єкт роботи.* Комбіновані процеси та обладнання для виробництва жарених котлет січених.

*Предмет роботи (дослідження).* М'ясні вироби.

*Методи дослідження.* Теоретичні методи дослідження тепло- і масоперенесення.

*Результати роботи (дослідження).* З результатів аналізу літературних даних видно, що вирішення важливої проблеми, пов'язаної зі зниженням витрат енергетичних і матеріальних ресурсів під час виробництва жарених котлет, має бути досягнуто шляхом розробки нових високоефективних процесів та обладнання. Як відомо, інтенсифікація теплової обробки визначається швидкістю досягнення певної температури в центральних шарах виробу. Складний механізм передачі теплоти від джерела нагріву до центрального шару виробу, необхідність переборювання термічного опору на окремих його етапах і настановлюють на ідею створення раціональних штучних умов для ланцюжкової передачі теплоти з метою зменшення величини загального термічного опору та забезпечення найменших її втрат. Інтенсифікації зовнішнього теплоперенесення можна досягти за рахунок підвищення ефективності використання енергії нагрівачів шляхом використання регулюємого за складом газового середовища, зокрема газове середовище з підвищеним вмістом двоокису вуглецю та пароповітряне середовище, теплотехнічні властивості яких підвищуються за певних умов ІЧ-випромінювання. Інтенсифікацію внутрішнього теплоперенесення можна забезпечити утворенням умов для підвищення надмірного тиску водяної пари усередині виробу, використанням теплової енергії додаткового теплоносія, що має подаватися усередину виробу, а також цілеспрямованим регулюванням складу компонентів напівфабрикатів з урахування їх оптичних і теплофізичних властивостей, ступеня масивності під час розробки технологічних процесів виробництва багатокомпонентних кулінарних виробів.

Зменшити витрати маси можна через скорочення тривалості теплової обробки, утворення умов для механічного стримування масоперенесення і примусової конденсації усередині виробів водяної пари, що утворюється, використання наповнювачів з високими адсорбційними властивостями.

З аналізу основних теоретичних положень, який приведено у розділі 1, випливає, що інтенсифікувати нагрів внутрішніх шарів кулінарних виробів під час смаження можна за рахунок збільшення кількості поглинаємої теплоти. В свою чергу це залежить від величин коефіцієнта теплопередачі, площі поверхні теплообміну, температурного перепаду. Але за надмірного збільшення останнього чинника поверхневі шари, як правило, перегріваються, що негативно впливає на показники якості виробів. Досягнути високої якості виробів можна лише створивши такі умови, за яких відбувається відносно рівномірний нагрів за їх об'ємом; за досягнення температури у центральних шарах 90°C температура поверхневих шарів не повинна перевищувати 120...130°C, завдяки чому попереджається їх перегрів.

Такі умови можуть бути створені при розміщенні виробів у ФЗС, які утворюються заглибинами двох геометрично подібних нагрівальних поверхонь за їх щільного контакту. Температура останніх має бути однаковою і відповідати звичайним умовам смаження, тобто 160°C, чим забезпечується рівність значень теплового потоку, що передається нижній та верхній поверхням виробу відповідно (таким самим буде також тепловий потік і до бокових поверхонь).

При реалізації процесу смаження у функціональному замкненому середовищі на величину температурного чинника позитивно має вплинути зменшення величини нормалі до ізотермічної поверхні, що зумовлено одночасним підведенням теплоти до виробу з двох протилежних боків. Останнє також сприятиме збільшенню площі поверхні теплообміну.

Підвищення коефіцієнту теплопередачі є можливим внаслідок щільного контакту виробу з нагрівальними поверхнями та відсутності між ними повітряного прошарку, що внаслідок деформації поверхні виробу має місце за традиційних умов смаження. Окрім

того, механічна перешкода видаленню водяної пари з поверхні виробу має стримувати швидкість зменшення вологовмісту як поверхневих, так і центральних шарів, а також негативні зміни їх теплопровідних властивостей. Вагомого значення тут набуває також зростання тиску водяної пари усередині виробів. Це дає підставу вважати, що за таких умов виникає додатковий ланцюжок передачі теплової енергії, що, поряд з низкою інших чинників, сприятиме збільшенню кількості корисно використаної теплоти та інтенсифікації нагріву виробів.

*Висновок.* Запропоновано напрямки вирішення проблеми зниження витрат енергетичних і матеріальних ресурсів під час виробництва жарених січених котлет. Скорочення споживання енергетичних ресурсів можливе за рахунок підвищення ККД процесу внаслідок інтенсифікації зовнішнього і внутрішнього теплоперенесення шляхом використання регулюємого за складом газового середовища.

Науковий керівник

**Мізнік Л. М., к.т.н., доц.**

Література:

1. Дейниченко Г. В. Обладнання підприємств харчування : довідник : у 3 ч. / Г. В. Дейниченко, В. О. Єфімова, Г. М. Постнов ; Харків : Мир Техники и Технологий. – 2003. – Ч. 2. – 380 с.
2. Беляев М. И. Тепловое оборудование / М. И. Беляев // Оборудование предприятий общественного питания : в 3-х т. – М.: Экономика, 1990. – Т. 3. – 559 с.
3. Способ производства мясных рубленых полуфабрикатов // АгроНИИТЭИММП, НТИС, сер. Мясная и холодильная промышленность, 1989. – № 3. – 32 с.

## **СУШІННЯ ОЛІЄВМІСНОЇ СИРОВИНИ МЕТОДОМ ІЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ** **Іщенко С. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* При зневоложенні оліємісткої сировини як сипкої маси набувають зростаючого попиту процеси інфрачервоного сушіння. Метод інфрачервоного опромінювання є одним із перспективних фізичних методів обробки харчових продуктів. Завдяки перевагам перед традиційними способами теплової обробки його все більше застосовують у різних галузях харчової промисловості та ресторанному господарстві.

*Мета і завдання роботи.* Інтенсифікація інфрачервоного сушіння оліємісткої сировини.

*Об'єкт роботи (дослідження).* Процес інфрачервоного сушіння сипкої оліємісткої сировини в умовах нерухомого, рухомого шару.

*Предмет роботи (дослідження).* Установки з рухомим та нерухомим шаром сировини.

*Методи дослідження.* Теоретичні.

*Результати роботи (дослідження).* Останнім часом велика увага приділяється термообробці олієвмісної сировини за допомогою інфрачервоного енергопідведення. Такий метод є екологічно чистим, який значно інтенсифікує процеси кондиціонування зерна і підвищує його поживні властивості. Термообработка зерна ІЧ-опроміненням дозволяє швидко нагріти зерно. Вважають, що глибина проникнення в продукт інфрачервоних променів тим більша, чим менша величина довжини хвилі випромінювання. Особливістю передачі тепла матеріалам, що нагріваються інфрачервоним випромінюванням, порівняно з конвективною передачею, є можливість створення у багато разів більшої щільності потоку тепла. Це дозволяє досягти значно більших швидкостей прогріву матеріалу. Волога, що знаходиться в зерні або на його

поверхні, починає переміщатися до його центру. Поверхневі шари зернівки завдяки високій температурі звільняються від вологи і спікаються, утворюючи щільну оболонку без пор і капілярів. Волога, перемістившись в центр зернівки, перетворюється в пару, градієнт загального тиску якого по мірі підвищення температури зернівки різко збільшується. При досягненні температури 140–160°C градієнт загального тиску пари настільки збільшується, що відбувається «вибух» зернівки і градієнт загального тиску релаксує. Перед цим об'єм зернівки збільшується приблизно в 1,5–2 рази, відбувається розтріскування, зниження міцності продукту, зміна біохімічних і фізико-технологічних показників. Щоб не допустити означених технологічних показників в процесі сушіння олієвмісної сировини необхідно провести дослідження та встановити оптимальні режими процесу.

До недоліків використання відомих ІЧ-випромінювачів належать металоємність, інерційність, фіксовані геометричні розміри та висока температура робочих поверхонь. Саме це призводить до експлуатаційних ускладнень сушарного устаткування та нерівномірності нагріву олієвмісного матеріалу. Причиною цього є недостатня кількість досліджень, які пов'язані із взаємодією спектральних властивостей ІЧ-випромінювача і сировини, що висушується так і товщини шару зерна. З метою зменшення локального перегріву олієвмісного зерна запропоновано проводити процес сушіння з ІЧ-енергопідведенням у вібраційних сушарках. Запропонована віброконвеєрна сушарка з інфрачервоним опромінюванням продукції являє собою поєднання стрічкового транспортера та вібраційної технологічної машини з комбінованим кінематичним способом генерації коливань, створюючи умови для безперервної обробки продукції, забезпечення її зваженого стану та зменшення коливних мас віброприводу. Розпушення маси продукції під дією знакозмінних навантажень призводить як до зменшення внутрішнього тертя та в'язкості у технологічному середовищі, так і до забезпечення рівномірної теплової обробки сипкої продукції.

*Висновок.* На основі огляду літератури, теоретичного аналізу запропоновано проводити процес сушіння оліємісткої сировини з ІЧ-енергопідведенням у вібраційних сушарках.

Науковий керівник

**Мізнюк Л. М., к.т.н., доц.**

Література:

1. Топольник В. Г. Оцінка якості ІЧ-обладнання з відкритою робочою зоною для закладів ресторанного господарства / В. Г. Топольник, Ю. М. Коренець // Обладн. та технології харч. вир-в. – 2007. – Вип. 16. – С. 87–93.
2. Бурдо О. Г. Эволюция сушильных установок / О. Г. Бурдо // Одесса : Полиграф, 2010. – 368 с.
3. Снежкин Ю. Ф. Пути интенсификации процессов сушки / Ю. Ф. Снежкин // Промышленная теплотехника. – 2009. – Т. 31. – № 7. – С. 89–90.

## **ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ ВУЗЛІВ ОБЛАДНАННЯ**

**Гордієнко В. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* Одним з найбільш поширених процесів подрібнення харчової сировини є процеси отримання фаршевої продукції. Незважаючи на традиційність цих процесів та обладнання для їх реалізації, їм притаманний ряд недоліків: по-перше, неефективно подрібнюються деякі види м'ясної сировини, які містять велику кількість жорсткої з'єднувальної тканини, що призводить до зниження якості фаршів і збільшення енергоємності та трудомісткості процесів подрібнення; по-друге, обладнання, яке реалізує дані процеси, має обмежений діапазон функціональних можливостей [1, 2].

*Мета дослідження.* Підвищення ефективності процесу подрібнення харчової сировини та вдосконалення обладнання для його реалізації на підприємствах харчування.

*Об'єкт дослідження.* Процес подрібнення м'ясної сировини на підприємствах харчування

*Предмет дослідження.* Закономірності процесів взаємодії ріжучих та транспортуючих робочих органів м'ясорубок з сировиною.

*Методи дослідження.* Для визначення раціональних геометричних параметрів ріжучих робочих органів була використана експериментальна установка, схема якої представлена на рис. 1. Питому роботу різання ріжучої пари ніж-решітка розраховували за наступною формулою:

$$A_{\text{пит}} = \frac{N_{\text{різ}}}{F_{\text{отв}} \cdot \psi \cdot z \cdot n}, \quad (1)$$

де:  $A_{\text{пит}}$  – питома робота різання ріжучою парою ніж-решітка, Дж/м<sup>2</sup>;  $F_{\text{отв}}$  – сумарна площа отворів ножевої решітки, м<sup>2</sup>;  $\psi$  – кількість площин різання ріжучого механізму, шт;  $z$  – кількість пер ножа, шт.

Кути заточення країв отворів експериментальних решіток і ріжучих країв лез ножів склали 15°, 30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 150°.

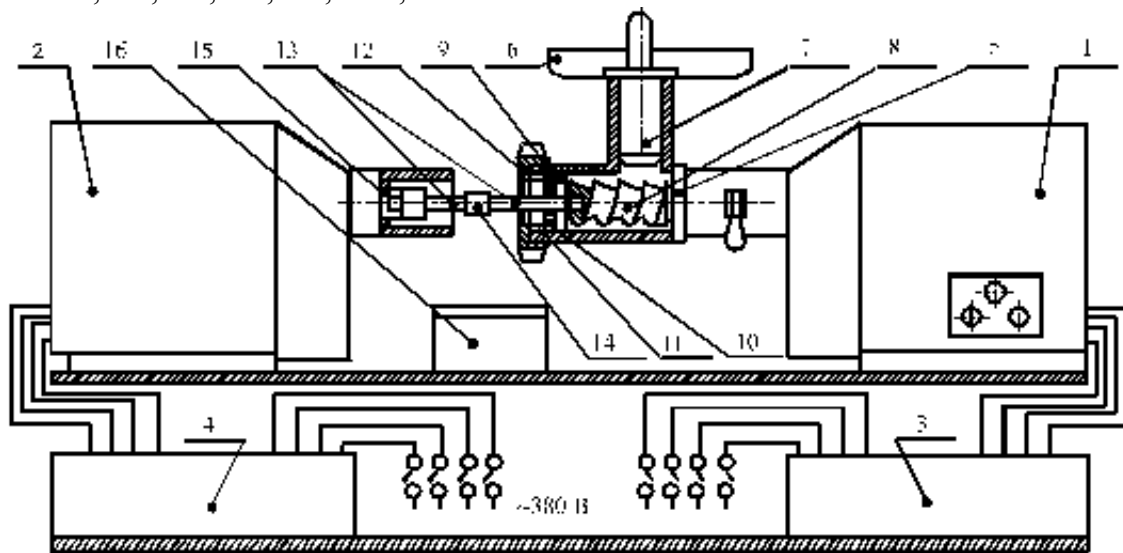


Рис. 1 – Експериментальна установка для дослідження енергетичних характеристик процесу подрібнення м'яса: 1, 2 – привід ПІІ-1; 3, 4 – вимірювальний комплект К – 50; 5 – корпус м'ясорубки МП ІІ-1; 6 – завантажувальна чаша; 7 – штовхач; 8 – шнек; 9 – ніж; 10 – решітка; 11 – упорне кільце; 12 – затискна гайка; 13 – вал-палець, що рознімається; 14 – муфта; 15 – вал приводу 2; 16 – приймальна тара

*Результати дослідження.* Для вибору раціональних кутів заточення країв отворів ножових решіток і ріжучих країв лез ножів, нами був проведений комплекс досліджень спрямованих на визначення залежностей між конструктивними й енергетичними показниками. Результати досліджень спрямованих на визначення залежності питомої роботи різання різних харчових продуктів від кутів заточення країв отворів ножових решіток і лез ножів представлені на рис. 2.

Аналізуючи дані результатів досліджень, можна відзначити, що для різних харчових продуктів дані залежності істотно відрізняються. Вищевідзначене обумовлено різними структурно-механічними характеристиками досліджуваних продуктів.

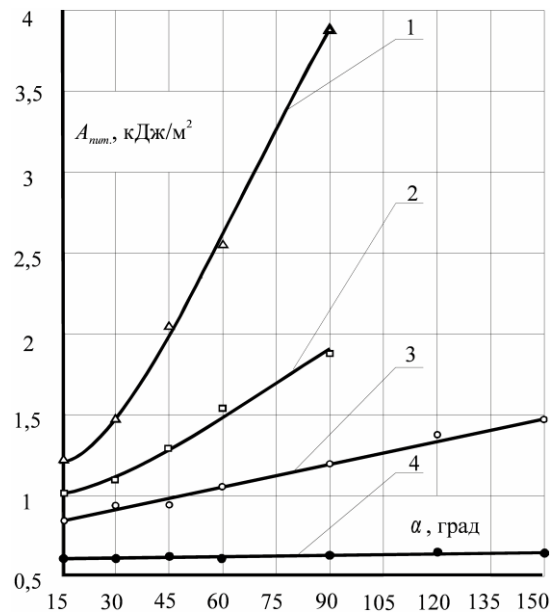


Рис. 2 – Залежність питомої роботи різання ( $A_{num}$ ) від кута заточення країв отворів решітки та кута заточення лез ножа ( $\alpha$ ): 1 – м'ясний обріз (яловичина); 2 – м'ясо (яловичина); 3 – овочі сири; 4 – овочі варені

Так при подрібненні варених овочів кут заточення  $\alpha$  практично не впливає на питому роботу різання, що зумовлено низькими характеристиками міцності даного виду сировини. При подрібненні сирих овочів спостерігається ріст роботи різання уже практично вдвічі при зміні кута заточення від 15° до 150°. Подібний відносний приріст (в 1,7...2,3 рази) спостерігається і при подрібненні котлетного м'яса, але вже в більш вузькому діапазоні кутів заточення від 15° до 90°. Особливо істотний вплив кута заточення країв отворів ножових решіток і ріжучих країв лез ножів при подрібненні м'ясного обрізу, що зумовлено, як відзначалося вище, значними показниками міцності даного виду сировини. При зміні кута заточення країв отворів решіток і лез ножів від 15° до 90° значення питомої роботи різання збільшується в 3..3,5 рази.

*Висновки.* Аналізуючи результати досліджень, можна рекомендувати застосування ріжучих робочих органів з гострими кутами заточень ріжучих країв, для здійснення процесу подрібнення продуктів з високими показниками міцності, тому що в цьому випадку спостерігається ефект значного зменшення роботи різання. Так, наприклад, під час подрібнення різних видів яловичини при зменшенні кута заточення ріжучих країв лез від 90° до 15° питома робота різання зменшується в 1,7...3,5 рази.

Науковий керівник

Осипенко В. І., д.т.н., проф.

Література:

1. Клименко М. Н. Развитие теории процесса резания мяса и совершенствование машин для измельчения сырья в производстве колбасных изделий : дис. на соиск. уч. степ. д-ра техн. Наук : 05.18.12. – Киев, 1990. – 394 с.
2. Дейниченко Г. В. Модернизация и конструирование оборудования / Г. В. Дейниченко, А. А. Простаков, В. В. Дуб, О. Г. Терешкин // Питание и общество. – 2001. – № 7. – С. 24–25.

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ЕНЕРГО- ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОГО ПРОЦЕСУ СМАЖЕННЯ М'ЯСА

Пасічніченко Б. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Останнім часом в підприємствах харчування, особливо швидкого обслуговування, зростає попит на смажені м'ясні вироби. Однак, сам процес смаження м'ясних натуральних кулінарних виробів є тривалим у часі, матеріаломістким і енергоємним, наслідком чого є втрати маси до 35...40 %, і виконується в основному у сковородах або на плитах в наплитному посуді. Таким чином, розробка процесу смаження натуральних м'ясних виробів, за якого збільшиться вихід готового продукту, скоротиться тривалість теплової обробки і попередить утворення шкідливих речовин ендогенної природи, а також розробка спеціалізованих апаратів для смаження є актуальною науково-технічною проблемою, оскільки їх широкомасштабне впровадження на підприємствах харчування України дасть значний економічний та соціальний ефект [1, 2].

*Мета дослідження.* Розробка високоефективного енерго- та ресурсозберігаючого процесу та прогресивного обладнання для двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском з поліпшеними показниками енергоекономічності.

*Об'єкт дослідження.* Властивості м'яса в умовах осьового стиснення.

*Предмет дослідження.* Закономірності зміни граничного осьового тиску м'яса в експериментальних зразках обладнання для проведення процесу двостороннього жаріння м'яса під осьовим тиском.

*Методи дослідження.* У зв'язку з відсутністю необхідного апарата чи пристрою, які відповідали б висунутим вимогам, було розроблено конструкцію апарата для вимірювання величини граничного тиску  $P_{гр}$ , при якому починає руйнуватись структура з'єднувальної тканини м'яса (рис. 1).

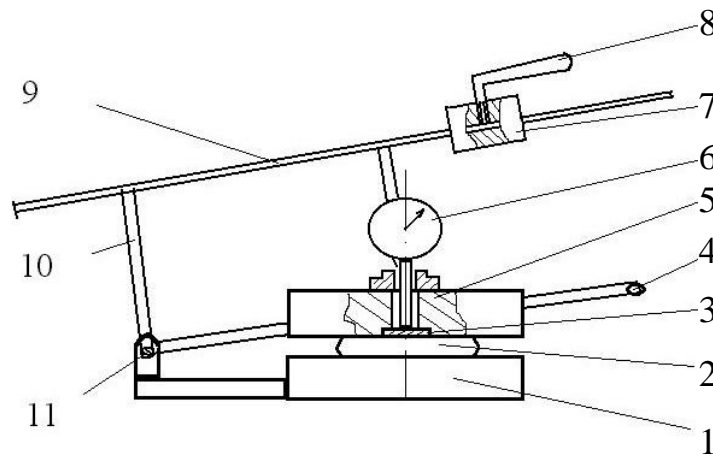


Рис.1 – Апарат для визначення величини граничного осьового тиску, який викликає напруги в м'ясі поблизу граничних: 1 – нижня платформа; 2 – дослідний зразок м'яса; 3 – діафрагма; 4 – важіль перекидний; 5 – верхня платформа; 6 – мікрометр; 7 – пересувний вантаж; 8 – фіксатор вантажу; 9 – напрямна; 10 – стійка; 11 – шарнір.

Складається апарат з нижньої 1 і верхньої 2 платформ, поєднаних через шарнір 11. У верхній платформі 2 зачekanено діафрагму 3 з нержавіючої сталі товщиною  $5 \cdot 10^{-4}$  м, яка в умовах навантаження на шматок м'яса працює на прогин, що фіксується датчиком – мікрометром 6, шкала якого проградуєвана в  $10^3$  Па. Верхня платформа 2 навантажується пересувним вантажем 7, який рухається по напрямній 9, і створює тиск на м'ясо, що розміщується між платформами 1 і 2. При перебільшенні зовнішнім прикладеним тиском величини граничного тиску деформація за напрямком прикладання зусилля у м'ясі стає меншою завдяки збільшенню бокової деформації і цей момент

фіксується на датчику, стрілка якого відхиляється вліво через зменшення величини прогину діафрагми.

*Результати дослідження.* Проводилось дослідження величини граничного осьового тиску на зразках, виготовлених зі свинини від самки віком 12 місяців з терміном зберігання 3 доби при температурі 4°C. Результати експериментальних досліджень представлені на рис. 2.

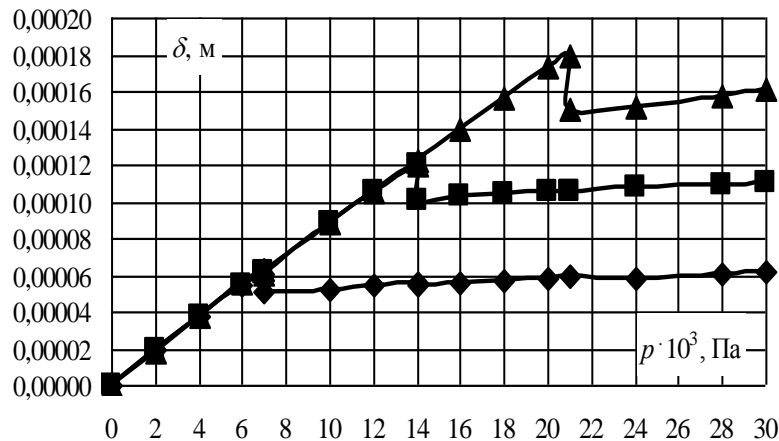


Рис.2 – Результати експериментальних досліджень граничного осьового тиску зразків, виготовлених зі свинини від самки віком 12 місяців з терміном зберігання 3 доби при температурі 4°C:

- ◆ – товщиною 0,005 м;
- – товщиною 0,010 м;
- ▲ – товщиною 0,015 м.

З рис. 2 видно, що при збільшенні величини осьового тиску до певної межі прогин діафрагми лінійно збільшується незалежно від товщини дослідного зразка, що свідчить про лінійність абсолютної деформації за напрямком прикладання зусилля (осьової) і бокової деформації. При досяганні певної межі – граничного осьового тиску  $P_{gp}$  (Па) – структура з'єднувальної тканини руйнувалась, що фіксувалось по зменшенню прогину діафрагми, тобто бокова абсолютна деформація ставала більшою за осьову.

*Висновки.* Залежність величини граничного осьового тиску (Па) від товщини дослідного зразка  $h$  (м) має лінійний вигляд, тобто величина граничного осьового тиску прямопропорційно залежить від товщини дослідного зразка.

Науковий керівник

Осипенко В. І. *д.т.н., проф.*

Література:

1. Туменов С. Н. Обработка мясных продуктов давлением / С. Н. Туменов, А. В. Горбатов, В. Д. Косой. – М. : Агропромиздат, 1991. – 207 с.
2. Михайлов В. М. Удосконалення процесу смаження м'ясних січених виробів : автореф. дис... канд. техн. наук : 05.18.12 / В. М. Михайлов ; Харк. ін-т гр. хар-ня. – Харків, 1994. – 19 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАРТОПЛЕЧИСТОК ТА ПОЛІПШЕННЯ САНІТАРНО-ГІГІЄНИЧНИХ УМОВ ПРАЦІ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧУВАННЯ

Троян Р. (*студент ФКТМД*)

*Актуальність.* В процесі експлуатації обладнання харчових виробництв його віброакустичні характеристики (ВАХ) з часом погіршуються, і настає момент, коли рівень

випромінюваного звуку починає перевищувати допустимі норми, – виникає «шумова відмова». Обладнання ще можна використовувати за експлуатаційними характеристиками, але не можна за санітарно-гігієнічними [1]. Це, у свою чергу, приводить до зменшення терміну експлуатації даного обладнання в порівнянні з гарантійним по ТУ і відповідно обумовлює актуальність досліджень.

*Мета дослідження.* Покращення віброакустичних характеристик (ВАХ) картоплечисток та підвищення терміну їх експлуатації.

*Об'єкт дослідження.* Процеси еволюції ВАХ картоплечисток.

*Предмет дослідження.* Закономірності впливу конструктивних особливостей та часу експлуатації картоплечисток на їх ВАХ.

*Методи дослідження.* Дослідження еволюції ВАХ картоплечистки МОК-350 проводилося методом послідовного відключення джерел шуму і з застосуванням методу прискорених випробувань. У її електричний ланцюг було підключено переносний вимірювальний комплект К-505 (поз. 3, рис. 1) за допомогою якого контролювалася вживана потужність картоплечистки. Для визначення частоти обертання робочого вала використовувався електронний тахометр «Multitronic» (поз. 2, рис. 1). Кількість оборотів вала зчитувалася підключенням до нього мікроперемикачем. Вимірювання ВАХ проводилися атестованим шумоміром 00023 «Роботрон» (поз. 1, рис. 1). За вимірювальну поверхню був прийнятий паралелепіпед, що обгинає картоплечистку на відстані  $d=1\text{м}$  (рис. 1, б). Мікрофон установлювався на спеціальній стійці з двома фіксованими положеннями траверси. Акустичне й електричне калібрування шумоміра проводилося до і після проведення кожного виміру ВАХ [2].

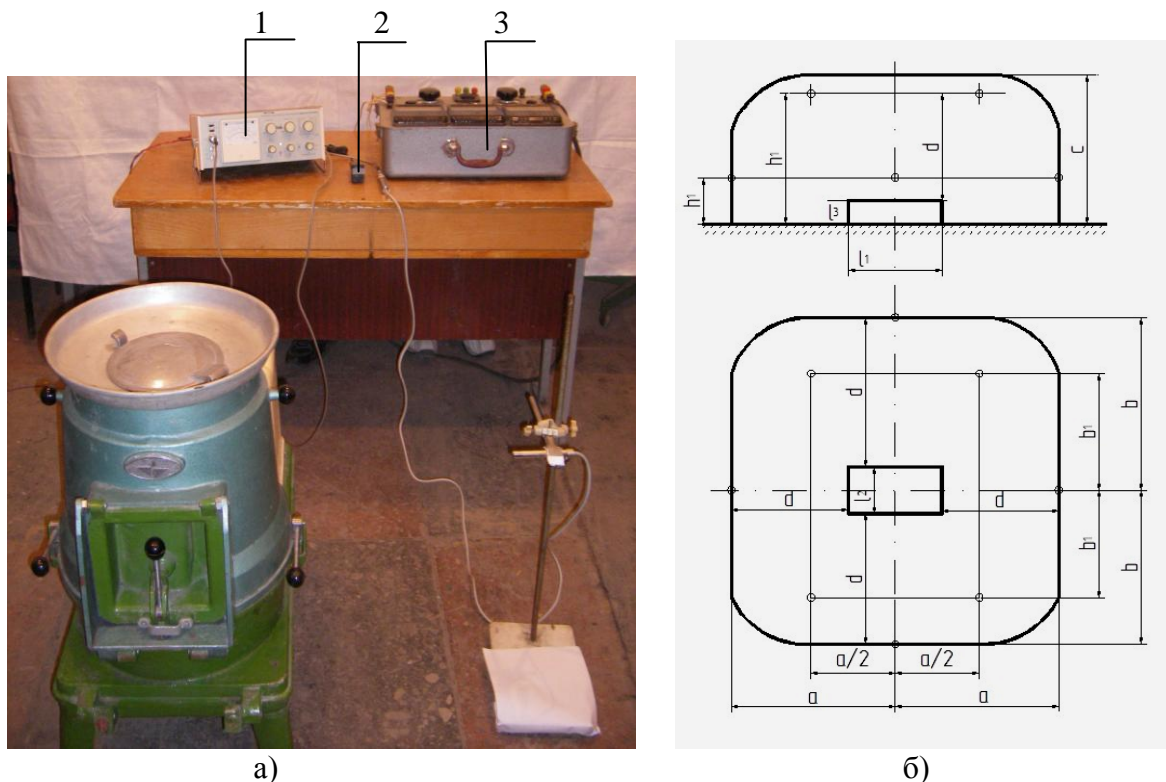


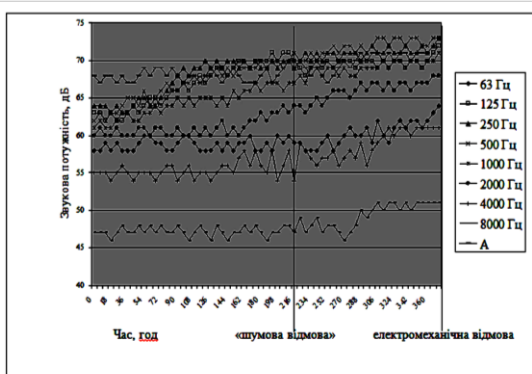
Рис. 1 – Обладнання (а) та схема досліджень (б) віброакустичних характеристик картоплечистки МОК-350

*Результати дослідження.* Результати вимірів ВАХ картоплечистки за методикою послідовного відключення джерел шуму, проведені до початку прискорених випробувань і після 50 циклів цих випробувань показані в таблиці 1 та рис. 2.

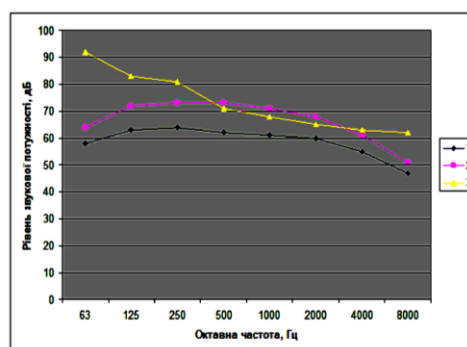


Таблиця 1 – Рівні звукової потужності картоплечистки МОК-350 та її елементів

Найменування		Рівень звукової потужності, дБ								Коректований рівень звукової потужності, дБ
		65 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
МОК-350 без продукту	До випробування	58	63	64	62	61	60	55	47	68
	Після 50 циклів випробувань	59	70	72	72	69	67	58	50	71
МОК-350 без робочого органа	До випробування	57	64	66	65	62	60	55	44	68
	Після 50 циклів випробувань	58	69	71	70	68	66	58	50	70
Електродвигун МЦК-350	До випробування	50	59	61	64	61	59	53	44	66
	Після 50 циклів випробувань	53	64	67	68	66	64	54	46	68



а)



б)

Рис. 2 – Графік зміни ВАХ картоплечистки МОК-350 у часі (а) та віброакустична характеристика картоплечистки МОК-350 (б); 1 – до проведення прискорених випробувань; 2 – після проведення прискорених випробувань; 3 – допустимі значення за ТУ 27-51-3829-87

Після 372 годин загального часу роботи в навантаженому режимі відбулася електромеханічна відмова, тобто картоплечистка вийшла з робочого стану. Це відбулося внаслідок виходу з ладу верхнього підшипника, встановленого на валу робочого органа. Порівнюючи отримані значення часу виникнення «шумової відмови» з часом виходу з працездатного стану можна сказати, що 39 % від загального часу роботи картоплечистка працювала в режимі «шумової відмови»

*Висновки.* Проведені прискорені випробування картоплечистки МОК-350 дали можливість установити, що погіршення ВАХ картоплечисток настає раніше встановленого по ТУ часу безвідмовної роботи даного обладнання. Як видно з рисунку 2 а «шумова відмова» виникла на октавних частотах 500Гц, 1000 Гц та 2000 Гц.

Науковий керівник

Осипенко В. І. д.т.н., проф.

Література:

1. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : ДСН 3.3.6. 037-99. – К. : МОЗ України, 1999. – 29 с.

2. Топольник В. Г. Технический уровень и сертификация оборудования пищевых производств : учеб. пособ. / В. Г. Топольник. – Донецк : ДонГУЭТ, 2003. – 208 с.

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ РОЗЧИННОЇ КАВИ

Владов Д. (студент ФКТМД)

*Актуальність дослідження.* В останні роки на Українському ринку спостерігається зростання попиту на кавові продукти, зокрема на розчинну каву. Актуальність дослідження полягає в розробці нових методів екстрагування кави з використанням електромагнітного підведення енергії в умовах організації протитечійного руху екстрагенту та твердої фази в умовах дії мікрохвильового поля (МХП).

*Мета і завдання досліджень.* Мета: розробити ресурсо- та енергоефективний апарат безперервної дії для екстрагування зерна кави в умовах дії МХП, визначити доцільні режими експлуатації. Завдання досліджень: розробити методики та стенди для експериментального моделювання гідравлічних та масообмінних процесів; провести обчислювальний експеримент; випробувати експериментальний зразок МХ апарату безперервної дії в умовах виробництва.

*Об'єкт досліджень.* Механізм, кінетика й апарати для екстрагування в умовах дії МХП.

*Предмет досліджень.* Подрібнені зерна кави різного дисперсного складу, процеси екстрагування з кавової сировини в умовах МХП.

*Методи досліджень.* Теорія подібності та методика аналізу розмірностей використані для отримання математичних моделей гідродинамічних та масообмінних процесів у мікрохвильовому апараті безперервної дії; узагальнення результатів експериментів, експериментальні дослідження з використанням контрольно-виміральної апаратури; математичне моделювання з використанням комп'ютерної техніки і прикладних програмних пакетів.

*Результати дослідження.* В роботі сформульовані і доведені положення:

1. Реалізація послідовних стадій: промивка виснаженого кавового зерна вихідним екстрагентом; вичерпання цільових компонентів з капілярної структури зерна і зміцнення екстракту дозволить створити ефективний МХП апарат безперервної дії.

2. Використання на стадії зміцнення екстракту та вичерпання цільових компонентів МХП енергії дозволить ініціювати потужний бародифузійний потік цільових компонентів з об'єму зерна, що дасть можливість при температурах процесу до 100°C забезпечити практично повне вилучення цільових компонентів, знизити енергоємність апарату, підвищити його продуктивність, забезпечити безперервність технології екстрагування і підвищити якість готового продукту.

Чай і кави – найулюбленіші напої людства. Кава більш популярна у країнах заходу та на близькому сході, проте успішно завойовує популярність і в Україні. Починаючи з початку ХХ сторіччя розчинна кави знаходить свого споживача завдяки легкості у приготуванні, можливості тривалого зберігання, тонізуючим властивостям. Щорічно попит на цей продукт зростає. Це пов'язано не лише зі збільшенням кількості населення у світі, а й з популяризацією культури вживання кави. Цей напій без сумніву можна назвати “модним” напоєм.

Лідерами продажів в Україні залишаються імпортні виробники розчинної кави. Пояснюється це тим, що рівень технологій вітчизняних виробників значно поступається зарубіжним конкурентам. Неспроможність українських виробників забезпечити високу якість товару при цінах нижчих або рівних аналогічному імпортному продукту може спричинити спочатку закриття нерентабельних підприємств з виробництва розчинної кави, а згодом – монополізацію вітчизняного ринку імпортними корпораціями та зовнішнє регулювання ціни на продукт.

На даний момент виробляють розчинну каву чотири українських компанії. На даних підприємствах використовуються класичні технології виробництва порошкової розчинної кави. Екстрагування з кавового зерна здійснюється методом баротермічного водного екстрагування у багатоступінчастих апаратах. Температура у екстракційних апаратах становить близько 180°C, відбуваються процеси гідролізу і продукт набуває

неприємного присмаку, окрім того під впливом високої температури руйнуються біологічно-активні компоненти, що визначають тонізуючі якості кави. При використанні такого методу екстрагування до 15–20 % екстрактивних речовин, від кількості, що можливо вилучити, залишаються у кавовому шламi, що робить його непридатним для згодовування тваринам, птиці, тощо. Накопичення значної кількості органічних відходів становить біологічну небезпеку, підприємства витрачають значні кошти на їхню утилізацію. Для вирішення низки технологічних, економічних та екологічних проблем необхідне подальше вивчення процесів екстрагування з рослинної сировини, зокрема кавового зерна, а також розвиток наукових підходів до створення новітніх апаратів для екстрагування.

У доповіді розглядалося наукове обґрунтування процесу екстрагування розчинної кави з використання МХП. При виробництві кави екстрагування є одним з ключових, а також одним з проблематичних у технологічному та енергетичному плані етапів. На більшості вітчизняних підприємств використовуються методи термобаричного екстрагування. Альтернативним методом екстрагування є мікрохвильове, що дозволяє впливати вибірково на молекули розчинника. Ефективність такого способу екстрагування підтверджують дослідження екстрагування з рослинної сировини, викладені у літературі. Дослідження дозволило дати наукове обґрунтування доцільності використання МХП при екстрагуванні з капілярно-пористих структур. При впливі МХ випромінювання на дипольні молекули розчинника, наприклад, води, відбувається їхнє швидке нагрівання та утворення парових бульбашок всередині капілярів. Потік, утворений підвищеним тиском, виштовхується назовні, що дозволяє отримати концентрацію сухих речовин у розчині вище, ніж за традиційною методикою. Моделювання та оптимізація за допомогою пакету програм EX-TRACTOR дозволили запропонувати типорозмірний ряд екстракторів.

*Висновки.* Незважаючи на успішні дослідження в галузі використання мікрохвильового МХП для виробництва продуктів, поки не створені апарати для промислового використання, не до кінця відпрацьовані режими роботи апаратів. Недостатньо вивчені процеси у МХ екстракторах безперервної дії, відсутній математичний опис для таких процесів при екстрагуванні кави. Випробування підтвердили ефективність конструкції мікрохвильового апарату безперервної дії за виходом готового продукту та підтверджують його високі смакові і ароматичні властивості та якість.

Науковий керівник

**Осипенко В. І., д.т.н., проф.**

Література:

1. Левтринська Ю. О. Математичне моделювання та оптимізація мікрохвильового протитечійного екстрактора / Ю. О. Левтринська, О. В. Зиков, С. Г. Терзієв // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2017. – Т. 81. – Вип. 1. – С. 157–163.
2. Терзієв С. Г. Дослідження гідравлічних і масообмінних процесів при мікрохвильовому екстрагуванні кави / С. Г. Терзієв, Ю. О. Левтринська // Харчова промисловість. – 2017. – № 21. – С. 127–134.
3. Левтринская Ю. О. Микроволновые технологии интенсификации массообменных и тепловых процессов при переработке растительного сырья / Ю. О. Левтринская та ін. // Наук. пр. / Одес. нац. акад. харч. технологій. – Одеса, 2016. – Т. 80. – Вип. 1. – С. 67–73.

## РОЗРОБКА УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШІННЯ ВАРЕНОГО ГОРОХУ

Захаренко В. (студент ФКТМД)

*Актуальність дослідження.* Для сучасного сушіння зерна характерні дві проблеми: високі енерговитрати і забруднення зерна продуктами згоряння. Витрати енергії на сушіння зернових продуктів вищі, ніж інші енерговитрати разом узяті. Тому доцільність пошуку резервів зниження енергетичних витрат при сушінні зерна наявна. В Україні в якості сушильного агенту використовують суміш топкових газів і повітря, до 48 % виробників використовують шахтні сушарки для сушіння зерна. Безпосередній контакт продуктів згоряння з зерном погіршує його якість. Напрямом удосконалення сушильних технологій є: зниження енергетичних витрат на видалення вологи, забезпечення екологічної безпеки продукту, що сушиться та розробка високоефективної зерносушильної техніки.

*Мета і завдання досліджень.* Метою роботи є дослідження комбінованих процесів сушіння зернових продуктів, створення сушильної установки на базі роторного термосифона (РТС), розробка методів її розрахунку.

*Об'єкт досліджень.* Процес сушіння дисперсних зернових продуктів.

*Предмет досліджень.* Сушарки, в яких використовують комбіновані способи сушіння.

*Методи досліджень.* Комплекс традиційних і сучасних фізичних і математичних методів досліджень процесів гідродинаміки, теплообміну і масообміну, визначення фракційного складу дисперсного харчового продукту. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: розробити моделі для розрахунку процесів тепло-масообміну в сушарці на базі РТС і НВЧ; дослідити кінетику сушіння дисперсних харчових продуктів комбінованими методами; встановити вплив режимних параметрів на кінетику сушіння зернових продуктів в апараті з РТС; встановити вплив режимних параметрів на кінетику сушіння зернових продуктів в сушарці з НВЧ енергопідводом; узагальнити експериментальні дані; визначити питомі енерговитрати розроблених сушарок; розробити інженерну методику розрахунку сушарки на базі РТС; провести обчислювальний експеримент і оптимізувати конструкцію; виготовити до випробування експериментальний зразок зерносушильної установки; провести стендові випробування інноваційних зразків сушарок.

*Результати дослідження.* В роботі вперше сформульовані і доведені наукові положення:

1. Застосування комбінованої обробки зернових продуктів в полі НВЧ при узгодженні режимних параметрів процесу і властивостей сировини сприяє виникненню бародифузійного потоку пароводяної суміші на поверхню зернівки, а наступне механічне знімання вологи за допомогою фільтрації його повітрям призведе до зниження енерговитрат на сушку зернових продуктів.

2. Рекуперативний спосіб підводу енергії при сушінні дисперсних продуктів, заснований на застосуванні РТС, сприяє активному перемішуванню, зменшенню дифузійного шару, рівномірному прогріванню зернового об'єму, за рахунок чого інтенсифікується тепломасообмін.

На ринку України представлений широкий спектр сушених продуктів. Процес сушіння [2] є одним з найбільш важливих, що потребує великих енергетичних затрат для ведення технологічних процесів. Широко застосовуються різні сушарки, які повинні бути ефективними, компактними, мати невелику металоємність і не впливати негативно на якість продуктів. Відповідальним і вирішальним етапом технологічного процесу переробки зернової сировини є процес сушіння, що визначає якість готового продукту, його збереження і витрати енергії на його виробництво.

Характер розвитку сушильної техніки, аналіз літературних джерел показують, що енергетичному аналізу зерносушильної техніки не приділялося належної уваги. Підбір

раціонального способу сушіння, або комбінація способів має суттєвий вплив на енерговитрати і якість готового продукту.

У доповіді розглядалося наукове обґрунтування процесу сушіння зерна і вареного гороху з застосуванням комбінованої обробки продуктів в надвисокочастотному полі для харчоконцентратної промисловості. Запропонована методика при узгодженні режимних параметрів процесу і властивостей сировини сприяє виникненню бародифузійного потоку пароводяної суміші на поверхню зернівки, а наступне механічне знімання вологи за допомогою фільтрації його повітрям призведе до зниження енерговитрат на сушку зернових продуктів. Також запропонований рекуперативний спосіб підводу енергії при сушінні дисперсних продуктів, заснований на застосуванні роторного термосифона (РТС), що сприяє активному перемішуванню, зменшенню дифузійного шару, рівномірному прогріванню зернового об'єму, за рахунок чого інтенсифікується тепломасопереніс. Проведений обчислювальний експеримент і узагальнення експериментальних даних по кінетиці сушіння в апаратах з РТС показує, що важливий вплив на коефіцієнт масовіддачі має частота обертання і температура поверхні РТС. Розроблений проект сушильної установки на базі РТС для сушіння вареного гороху на підприємстві ПАТ "Enni Foods". Застосування розробленого апарату з РТС для сушіння і плющення дає істотне зниження енерговитрат технологічної лінії. Значення отриманих результатів: ефективність розробленої конструкції сушарки на базі РТС при сушінні зернових продуктів; коректність розробленої інженерної методики та комп'ютерної програми для розрахунку сушарки на базі РТС; можливість значного зниження енерговитрат сушарок за рахунок використання комбінованих способів сушіння.

*Висновки.* Недоліки існуючих конвективних зерносушарок: невисокий ККД (до 40 %); мале питоме знімання вологи; нерівномірність сушіння; високі витрати сушильного агенту, високі енерговитрати. Рішення проблеми – використання комбінованих технологій сушіння, рекуператорів теплоти, термосифонів, теплових труб в технологіях сушіння, утилізація теплоти відхідних газів зерносушильних установок. Використання схем на ТС дасть можливість економії до 30 % енергії. Пропонуються експериментальні дослідження процесу сушки в розроблених комбінованих сушарках проводити при режимах, наближених до рекомендованих. Для розробки моделі розрахунку процесів в комбінованих зерносушарках, глибокого теоретичного аналізу процесу необхідно застосувати методи сучасного моделювання – теорію подібності, метод аналізу розмірності, експериментальні дослідження. Теоретичними і експериментальними дослідженнями та виробничими випробуваннями розроблено, встановлено і практично підтверджено: ефективність розробленої конструкції сушарки на базі РТС при сушінні зернових продуктів; коректність розробленої інженерної методики та комп'ютерної програми для розрахунку сушарки на базі РТС; можливість значного зниження енерговитрат сушарок за рахунок використання комбінованих способів сушіння. Промислова апробація сушарки на базі РТС проведена на ПАТ "Enni Foods".

Науковий керівник

**Осипенко В. І., д.т.н., проф.**

Література:

1. Безбах И. В. Процессы термообработки дисперсных продуктов в аппаратах на базе термосифонов / И. В. Безбах, Е. В. Латанский, В. И. Донкоглов // Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. «Проблеми енергетичної ефективності харчових та хімічних виробництв», Одеса, 9-11 верес. 2009 р. / ОНАХТ. – Одеса, 2009. – С. 276–278.

2. Воскресенская Е. В. Применение термосифонов в энергоэффективных сушильных технологиях / Е. В. Воскресенская // Матеріали науково-практичної конференції «Енергія. Бізнес. Комфорт» 20 листопада 2014 р. ОНАХТ. Тези доп. – Одеса, 2014. – 40 с.

3. Безбах И. В. Моделирование процесса сушки дисперсных пищевых продуктов в аппарате с вращающимся термосифоном / И. В. Безбах, Е. В. Воскресенская // Матеріали МНПК «Інноваційні енерготехнології» ОНАХТ. Тези доп. – Одеса, 2015. – 235 с.

## **ТРАНСПОРТУВАННЯ ШТУЧНИХ ВАНТАЖІВ В ВЕРТИКАЛЬНОМУ НАПРЯМКУ**

**Коваленко В. (студент ФКТМД)**

*Актуальність роботи.* Актуальність роботи полягає в науковому обґрунтуванні процесу транспортування штучних вантажів в вертикальному напрямку відділення для варіння цеху виробництва ікри кабачкової та баклажанної.

*Мета дослідження.* Дослідження процесу переміщення вантажів в вертикальному напрямку і розробка поличного елеватора в лінії виробництва ікри кабачкової та баклажанної.

*Задачі дослідження.* Зробити розрахунок конструктивних та кінематичних параметрів поличного елеватора для транспортування штучних вантажів в вертикальному напрямку; розробка технічної пропозиції та технічної документації для проектування поличного елеватора; зробити дослідження залежності продуктивності поличного елеватора від швидкості руху поличок, маси вантажу та кроку поличок.

*Об'єкт роботи.* Процес транспортування штучних вантажів в вертикальному напрямку.

*Предмет роботи.* Вирішення науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтуванні технологічного процесу транспортування штучних вантажів в вертикальному напрямку

*Методи досліджень.* Дослідження виконані методами фізичного експерименту та теоретичних досліджень.

*Результати дослідження.* В роботі: вирішено комплекс науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтування процесу транспортування вантажів; запропонована розробка та виготовлення поличного елеватора для подачі вантажів на площадку вакуум-випарних апаратів МЗС-320;

Підйомно-транспортні машини – основа комплексної механізації та автоматизації виробництва. Технологічний процес виробництва нерозривно пов'язаний з переміщенням великої кількості вантажів, починаючи від подавання сировини до видання готової продукції. На 1 т готової продукції різні види виробництва потребують до 10 тон сировини, які транспортуються і складаються комплексами підйомно-транспортної техніки. Тому від правильного вибору раціональних типів машин залежить продуктивна робота окремих цехів, дільниць і підприємств в цілому. Але досі в різних галузях виробництва на допоміжних транспортних, вантажно-розвантажувальних і складських роботах використовується ручна праця, витрати на яку становлять 10–60 % загальних втрат на виробництво. Підйомно-транспортна техніка дає можливість здійснювати комплексну механізацію транспортних, вантажно-розвантажувальних робіт і складських операцій у промисловості, підвищити продуктивність праці на цих роботах і вивільнити значну кількість працівників.

Останніми роками спостерігається значне технічне переозброєння підприємств консервної промисловості: упроваджуються високопродуктивні механізовані і автоматизовані технологічні лінії в основне виробництво, росте рівень механізації допоміжного виробництва, вводяться в дію нові великі заводи, реконструюються ті, що існують. Основними видами устаткування на сучасному консервному заводі є технологічне і транспортне.

До транспортної групи відносяться установки і машини, що переміщують сировину, напівфабрикати і готову продукцію, наприклад пневмотранспорт, транспортери, підйомники, насоси і т. д. Для удосконалення схеми транспортування вантажів

пропонується спроектувати та виготовити поличний елеватор для транспортування вантажів (бочок з томатною пастою, мішків з цукром і сіллю та різними спеціями) на площадку висотою 3 метри на якій встановлені вакуум-випарні апарати для варіння ікри МЗС-320. Встановлення поличного елеватора дозволяє вивільнити вільний навантажувач.

Поличний елеватор відноситься до нестандартного обладнання та виготовляється безпосередньо в цеху при допомозі ремонтно механічного цеху (РМЦ). Для виготовлення поличного елеватора використовується: стандартні прокатні матеріали (кутник, швелер, листовий метал); покупні вироби (тягові та привідні ланцюги, редуктор, електродвигун, болти, гайки, шайби та ін.) та нестандартні деталі виготовлені в ремонтно-механічному цеху підприємства.

У доповіді розглядалося наукове обґрунтування процесу транспортування штучних вантажів в вертикальному напрямку. В науково-дослідній роботі (НДР) розглянуто дослідження залежності продуктивності поличного елеватора від різних параметрів. Використовуючи формулу продуктивності поличного елеватора:

$$G = Vmn$$

була досліджена теоретично залежність продуктивності поличного елеватора в залежності від швидкості руху поличок елеватора, маси вантажу та кроку поличок. На основі розрахунків були побудовані графіки залежності продуктивності поличного елеватора від різних параметрів. Згідно побудованих графіків по заданій продуктивності вибираємо технічну характеристику поличного елеватора. По технічній характеристиці проведені конструкторські розрахунки елеватора. На основі проведеної НДР та розрахунків розроблена технічна документація: складальне креслення поличного елеватора; складальне креслення приводу поличного елеватора; складальне креслення привідного валу поличного елеватора; складальне креслення кріплення поличок до ланцюга; робочі креслення деталей поличного елеватора. Маркетингове обґрунтування свідчить, що процес транспортування вантажів є складовою виробництва консервів овочевих і потребує певного обладнання. На сучасному етапі виробництва є необхідним впровадження якісно нових способів транспортування вантажів. Задача ускладнюється тим, що транспортне обладнання є нестандартним і проектується та виготовляється на консервних заводах. Для транспортування вантажів нами розроблено поличний елеватор. Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні спроектованого та виготовленого поличного елеватора в лінії виробництва ікри овочевої на ЧВП ТОВ "Пономар", що входить до складу ГК "Верес".

*Висновки.* Важливе значення в консервній промисловості при виробництві якісної кабачкової, баклажанної, гарбузової та овочевої ікри відіграє процес транспортування сировини, матеріалів та готової продукції. В роботі вирішено комплекс науково-практичних завдань, спрямованих на обґрунтування технологічного процесу транспортування при виробництві кабачкової, баклажанної, гарбузової та овочевої ікри. Проаналізувавши літературні джерела зроблено аналітичний огляд процесу транспортування вантажів продукції. Маркетингове обґрунтування свідчить, що процес транспортування вантажів є складовою виробництва консервів овочевих і потребує певного обладнання. На сучасному етапі виробництва є необхідним впровадження якісно нових способів транспортування вантажів. Задача ускладнюється тим, що транспортне обладнання є нестандартним і проектується та виготовляється на консервних заводах. Для транспортування вантажів розроблено поличний елеватор.

Науковий керівник

**Хандюк М. В., ст. викл.**

Література:

1. Аминов М. С. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов / М. С. Аминов, М. С. Муратов, Э. М. Аминов. – М. : Колос, 1996. – 430 с.

2. Панфилов В. А. Технологические линии пищевых производств / В. А. Панфилов. – М. : Колос, 1993. – 288 с.
3. Панфилов В. А. Машины и аппараты пищевых производств (1 і 2 том) / В. А. Панфилов. – М. : Высшая школа, 2001. – 1384 с.

## **ВІДДІЛЕННЯ ВІДХОДІВ ОВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ ВІД ВОДИ**

**Носков С. (студент ФКТМД)**

*Актуальність роботи.* Актуальність роботи полягає в науковому обґрунтуванні процесу відділення відходів сировини від води підготовчого відділення виробництва ікри кабачкової та баклажанної.

*Мета дослідження.* Дослідження процесу відділення відходів сировини від води, що утворюються при чищенні овочів для виробництва напівфабрикатів для виробництва ікри кабачкової, баклажанної, гарбузової та овочевої підготовчого відділення.

*Задачі дослідження.* Зробити розрахунок технологічних, конструктивних та кінематичних параметрів елеватора для відділення води від відходів; розробка технічної пропозиції та технічної документації для проектування елеватора; зробити дослідження залежності продуктивності елеватора від швидкості руху скребків, насипної маси вантажу та кроку скребків; виконати експериментальні дослідження.

*Об'єкт роботи.* Процес відділення відходів сировини від води, що утворюються при чищенні овочів для виробництва напівфабрикатів.

*Предмет роботи.* Вирішення науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтування технологічного процесу відділення відходів сировини від води.

*Методи досліджень.* Дослідження виконані методами фізичного експерименту та теоретичних досліджень. Експеримент здійснювався на дільниці підготовчого відділення виробництва напівфабрикатів.

*Результати дослідження.* В роботі: вирішено комплекс науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтування процесу відділення відходів сировини від води; запропонована розробка та виготовлення елеватора водовідділювача.

Елеватор-водовідділювач відноситься більш до транспортного обладнання, так як головним робочим органом являється стрічковий транспортер. Підйомно-транспортні машини – основа комплексної механізації та автоматизації виробництва. Технологічний процес виробництва нерозривно пов'язаний з переміщенням великої кількості вантажів, починаючи від подавання сировини до транспортування готової продукції. Тому від правильного вибору машин залежить продуктивна робота ліній в цілому. Підйомно-транспортна техніка дає можливість здійснювати комплексну механізацію транспортних, вантажно-розвантажувальних робіт і складських операцій у промисловості, підвищити продуктивність праці на цих роботах і вивільнити значну кількість працівників.

До транспортної групи відносяться установки і машини, що переміщують сировину, напівфабрикати і готову продукцію, наприклад пневмотранспорт, транспортери, підйомники, насоси і т. д. Для удосконалення схеми відділення відходів пропонується спроектувати та виготовити водовідділювач і встановити його в лінію видалення відходів з підготовчого відділення. Елеватор-водовідділювач відноситься до нестандартного обладнання та виготовляється безпосередньо в цеху при допомозі ремонтно механічного цеху (РМЦ). Для виготовлення елеватора-водовідділювача використовується: стандартні прокатні матеріали (кутник, швелер, листовий метал); покупні вироби (тягові та привідні ланцюги, редуктор, електродвигун, болти, гайки, шайби та ін.) та нестандартні деталі виготовлені в ремонтно механічному-механічному цеху підприємства.

Наша робота є частиною процесу покращення роботи технологічного обладнання підприємства. Об'єктом проектування являється елеватор-водовідділювач. Так як ми



проживаємо в світі в якому потреби споживачів постійно зростають, а ресурси стають обмеженими, робота націлена на економію ресурсів та зменшення собівартості продукції.

У доповіді розглядалося наукове обґрунтування процесу відділення відходів сировини від води підготовчого відділення виробництва ікри кабачкової та баклажанної. В науково-дослідній роботі (НДР) розглянуто дослідження залежності продуктивності елеватора-водовідділювача від швидкості руху скребків, від насипної маси вантажу та площі перерізу вантажу перед скребком використовуючи формулу продуктивності елеватора-водовідділювача:

$$Q = 3600VF\gamma$$

де:  $Q$  – продуктивність, т/год;  $V$  – швидкість руху стрічки зі скребками, м/с;  $\gamma$  – насипна маса чищених початків, т/м<sup>3</sup>;  $F$  – розрахункова площа перерізу вантажу перед скребком, м<sup>2</sup>. На основі розрахунків були побудовані графіки залежності продуктивності елеватора-водовідділювача від різних параметрів. Згідно побудованих графіків по заданій продуктивності вибираємо технічну характеристику поличного елеватора. По технічній характеристиці проведені технологічні та кінематичні розрахунки елеватора. На основі проведеної НДР та розрахунків розроблена технічна документація: складальне креслення елеватора-водовідділювача; складальне креслення приводу елеватора-водовідділювача; складальне креслення натяжної станції елеватора-водовідділювача; робочі креслення деталей елеватора-водовідділювача. На сучасному етапі виробництва є необхідним впровадження якісно нових способів відділення відходів від води. Для відділення відходів від води нами розроблено елеватор-водовідділювач.

*Висновки.* Наукова новизна одержаних результатів полягає в науковому обґрунтуванні покращення якості відділення води від відходів рослинної сировини підготовчого відділення виробництва ікри кабачкової та баклажанної.

Практичне значення одержаних результатів полягає у впровадженні спроектованого та виготовленого елеватора-водовідділювача в лінії виробництва ікри овочевої на ЧВП ТОВ “Пономар”, що входить до складу ГК “Верес”.

Науковий керівник

**Хандюк М. В., ст. викл.**

Література:

1. Аминов М. С. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов / М. С. Аминов, М. С. Муратов, Э. М. Аминов. – М. : Колос, 1996. – 430 с.
2. Панфилов В. А. Технологические линии пищевых производств / В. А. Панфилов. – М. : Колос, 1993. – 288 с.
3. Панфилов В. А. Машины и аппараты пищевых производств (1 і 2 том) / В. А. Панфилов. – М. : Высшая школа, 2001. – 1384 с.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ МАШИННО-АПАРАТУРНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ МЕТОДОМ ЕКСТРУЗІЇ**

**Дудник В. (студент ФКТМД)**

*Актуальність дослідження.* Актуальністю наукового дослідження є обґрунтування напрямків вдосконалення процесу виробництва хлібобулочних виробів методом екструзії з метою зниження енергоємності та трудомісткості процесу, розширення функціональних можливостей обладнання та підвищення показників якості. Незважаючи на велику кількість теоретичних та експериментальних матеріалів по реології тіста, одна з його властивостей – стискуваність, досліджена недостатньо. З особливістю тіста змінювати свій об'єм під дією тиску пов'язані такі важливі аспекти як: точність ділення, транспортування по трубопроводам різної довжини, дозування густих опар. Також, не володіючи достатніми експериментальними даними про реологічні властивості тіста під

час стиснення, не можна впевнено проводити його екстрагування (безперервний технологічний процес, що полягає в продавлюванні матеріалу, котрий володіє високою в'язкістю в рідкому стані, через формуючий інструмент (екструзійну головку, фільтру), з метою отримання виробу з поперечним перерізом потрібної форми) – досить поширений спосіб виробництва харчової продукції, однак в науковій літературі недостатньо відомостей про процеси, які відбуваються при формуванні пшеничного дріжджового тіста. Ще й досі завдання одержання продуктів екструзійної технології із заданими властивостями вирішується шляхом емпіричного підбору режимів обробки і співвідношення рецептурних компонентів. Такий стан речей пояснюється насамперед складністю урахування факторів, що впливають на виробництво, а також розбіжностями значень структурно-механічних характеристик тістових напівфабрикатів, наведених у науковій літературі. Таким чином, розробка нових видів продукції і вдосконалення екструзійного устаткування вимагає поглибленого теоретичного дослідження процесів, що відбуваються при екструзійній обробці природних біополімерів.

*Мета і задачі дослідження.* Метою досліджень є визначення інтервалу тиску, в межах якого варто проводити формування джгутів та транспортування тіста по трубопроводах, побудова експериментальних кривих течій для газонаповненого тіста, а також розрахування відсоткового вмісту газової фази в тісті та представлення залежності розчинності CO<sub>2</sub> від прикладеного навантаження.

*Об'єкт дослідження.* Процес екстрагування вибродженого пшеничного тіста.

*Предмет дослідження.* Вплив надлишкового тиску на дріжджове пшеничне тісто, щоб визначити оптимальний інтервал тисків для процесу екструджування, надати рекомендації щодо конструктивних змін вже існуючих бродильно-формувальних агрегатів або запропонувати нові.

*Методи дослідження.* Дослідження проводили на експериментальній установці з пневматичним нагнітачем, в якій тиск на тісто створюється стисненим повітрям.

*Результати дослідження.* Результатом роботи стало отримання адекватної математичної моделі процесу екструзії, завдяки якій ми детально дослідили процеси що відбуваються в порожнині бродильно-формувального агрегату. За допомогою математичної моделі було досліджено залежність характеру течії від конструкції та конфігурації робочої камери бродильно-формувального агрегату.

В сучасних умовах виробництва одним з основних завдань розвитку харчової промисловості є інтенсифікація технологічних процесів, у тому числі зміна фізико-хімічних якостей природної сировини при впливанні на неї різними методами, та забезпечення при цьому якісної продукції. Так для вирішення цього завдання широкого застосування знаходить екструзія, яка забезпечує інтенсифікацію і поглиблену обробку крохмалемісткої сировини при виробництві продуктів харчування. Сьогодні на екструдерах переробляється до 12 % сировини і спостерігається тенденція до подальшого збільшення продукції. В зв'язку з цим в наукових роботах значна увага приділяється екструзійній обробці, яка має ряд переваг.

В теперішній час процес виробництва хлібобулочних виробів включає в себе такі операції як поділ тіста на шматки, надання їм певної форми та вистоювання тістових заготовок. Всі ці операції виконуються на окремих одиницях обладнання, які мають досить складну будову, складні в експлуатації, мають високу ціну та займають виробничу площу.

Виходячи з цього доцільно спробувати впровадити в лінію виробництва хлібобулочних виробів екструдер, який би поєднував в собі операції поділу, вистоювання та формування виробів з тіста, крім того він значно простіший за будовою, дешевший в експлуатації, займає малі виробничі площі та може легко встановлюватися в автоматизовану потокову лінію. В сучасних ринкових умовах велику увагу приділяють виготовленню якісної продукції з якомога меншими витратами часу та енергії, тому дана науково-дослідна робота присвячена дослідженню процесу екструджування дріжджового

тіста, а саме впливу надлишкового тиску на процеси в робочій камері бродильно-формуального агрегату.

В нашому випадку цікаво дослідити вплив надлишкового тиску на дріжджове пшеничне тісто, щоб визначити оптимальний інтервал тисків для процесу екструзування, та надати рекомендації щодо конструктивних змін вже існуючих бродильно-формуальних агрегатів або запропонувати нові.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в науковому обґрунтуванні і експериментальному підтвердженні конструкції, режимів роботи продуктивності бродильно-формуального агрегату для випуску широкого асортименту хлібобулочної продукції.

Практичне значення отриманих у роботі результатів полягає у використанні розробленого бродильно-формуального агрегату для виробництва хлібобулочних виробів нагнітачем в якому є пластинчастий насос однократної дії, що дає змогу створювати тиски необхідної величини, що зумовлено технологічними умовами, та запропонована робоча камера овальної форми з розділюючим елементом.

*Висновки.* Досліджено залежність об'єму дріжджового тіста від тиску при його стискуванні та розвантаженні. Досліджена зміна об'єму тістової заготовки після дії на неї різних значень надлишкових тисків. Визначений інтервал тисків, в межах яких варто проводити формування та транспортування дріжджового тіста.

Науковий керівник

**Хандюк М. В., ст. викл.**

Література:

1. Ковбаса В. М. Застосування екструзії у виробництві нових харчових продуктів / В. М. Ковбаса, А. М. Дорохович, Б. І. Хіврич. – К. : УкрІНТЕІ, 1995 – 64 с. – (Нове у науці, техніці та виробництві : Огляд. інформ. сер. пром. Переробка та зберігання харчових продуктів. Вип. 1).

2. Основи розрахунку і конструювання елементів машин та апаратів харчових виробництв : метод. вказівки до викон. розрахунк. – графіч. роботи “Аналіз напруженого стану складених тонкостінних оболонок” для студ. спец. 7,090221 “Обладнання харчових і переробних виробництв” ден. та заоч. форм навчання / уклад. А. С. Диченко. – К. : УДУХТ, 2001. – 20 с.

3. Ковбаса В. М. Використання продуктів екструзії і методів екструзійної обробки у хлібопекарському виробництві / В. М. Ковбаса, Н. Г. Миронова, О. В. Ковальов, Н. В. Шепеля. – К. : УкрІНТЕІ, 1996. – 17 с.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ФАРШМІШАЛКИ ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ ІНГРЕДІЄНТІВ ОВОЧЕВИХ САЛАТІВ**

**Ситник Я. (студент ФКТМД)**

*Актуальність роботи.* Актуальність роботи полягає в науковому обґрунтуванні процесу перемішування інгредієнтів овочевих салатів.

*Мета дослідження.* Дослідження процесу та вдосконалення фаршмішалки для перемішування інгредієнтів овочевих салатів.

*Задачі дослідження.* З огляду на те що машина буде застосована для перемішування овочевої маси, тобто опір перемішуванню буде менший, ніж при перемішування м'ясного фаршу, пропоную провести модернізацію, шляхом зміни кінематики, а саме позбутися черв'ячної передачі, приєднавши головний вал машини безпосередньо до вихідного валу циліндричного редуктора, який має більший к.к.д.

Зміна кінематики дозволить використати менш потужний двигун, як наслідок отримаємо економію електроенергії.

*Об'єкт роботи.* Процес перемішування інгредієнтів овочевих салатів.

*Предмет роботи.* Вирішення науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтуванні технологічного процесу перемішування інгредієнтів овочевих салатів.

*Методи досліджень.* Дослідження виконані методами фізичного експерименту та теоретичних досліджень.

*Результати дослідження.* В роботі вирішено комплекс науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтування процесу перемішування інгредієнтів овочевих салатів.

Фаршмішалка Л5-ФМ2-У-335 призначена для перемішування м'ясного фаршу до необхідної консистенції зі всіма компонентами, що передбачені рецептурою та технологічним процесом виготовлення. Фаршмішалка успішно застосовується для перемішування овочевих салатів на консервних підприємствах.

Машина має ряд переваг. Процес завантаження та вивантаження фаршу механізований. Діжа в якій проходить перемішування фаршу місильними шнеками, закрита решітчастою кришкою. Для забезпечення умов безпеки роботи передбачене блокування місильних гвинтів при відкриванні кришки. Також слід відмітити високу продуктивність машини, низьку собівартість обладнання, можливість модернізації при необхідності.

Технічні характеристики:

Геометричний об'єм діжі, м <sup>3</sup>	0,335
Продуктивність технічна, кг/год	3200
Частота обертання гвинтів, хв. <sup>-1</sup>	31
Встановлена потужність, кВт	7
Габаритні розміри, мм	3200x980x1375
Маса, кг	920

Склад машини. Станина, діжа, два шнеки, редуктор приводу гвинтів, двигун приводу, завантажувальний пристрій, пульт керування, шафа електрична змонтована на станині.

Станина являє собою зварну металеву конструкцію. Станина закрита металевими облицювальними листами з гумовими прокладками.

Кришки являють собою зварну конструкцію решітчастого типу з нержавіючої сталі.

Корито місильне виготовлено із нержавіючої сталі, всередині розташовано два місильні гвинта. Обертання гвинтів здійснюється від електродвигуна через черв'ячний редуктор спеціальної конструкції. Місильне корито кріпиться до корпусу приводу гвинтів.

Пульт керування являє собою панель з кнопками керування. Силові апарати та елементи захисту електрообладнання розташовані на панелі керування в ніші станини.

Механізм завантаження складається із теліжки, призначеної для транспортування продукту до фаршмішалки та механізму її перекидання, що змонтований на чавунній станині. Механізм перекидання являє собою систему важелів, що отримують обертання від спеціального черв'ячного редуктора.

Фаршмішалка оснащена чотирма вібраційними опорами, що полегшують встановлення обладнання. Спіральні гвинти можуть оснащуватись за бажанням замовника додатковими перемичками, що дозволяють інтенсифікувати процес перемішування. Виключена можливість сходу гвинтів з опорної осі.

Машина виготовляється в двох модифікаціях: комбіноване, коли станина виготовляється з чорного металу, а діжа та гвинти з нержавіючої сталі та нержавіюче виконання усіх складових. Можливе застосування в електричній схемі частотного регулятора, що дозволяє урізноманітнити варіанти режимів перемішування, задаючи час та швидкість перемішування продукту.

Практичне значення одержаних результатів полягає у вдосконаленні фаршмішалки технологічної лінії виготовлення овочевих салатів з грибами на ЧВП ТОВ "Пономар", що входить до складу ГК "Верес".

Література:

1. Малевич І. Ф. Процеси та апарати харчових виробництв / І. Ф. Малевич. – К. : НУХТ, 2003. – 400 с.
2. Методичний посібник з вибору і проектування заготовок для студентів напряму 6.050502 „Інженерна механіка” денної та заочної форми навчання / уклад. А. І. Боровик, Н. Г. Москаленко. – Черкаси : ЧДТУ, 2009 – 126 с.;
3. Остриков А.Н., Абрамов О. В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств : учеб. для вузов / А. Н. Остриков., О. В. Абрамов. – СПб. : ГЧОРД, 2003, – 352 с.

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИПІКАННЯ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ** **Кириченко А. (студент ФКТМД)**

*Актуальність дослідження.* В останні роки на українському ринку спостерігається зростання попиту на хлібобулочні вироби. Актуальність дослідження полягає у вдосконаленні процесу та обладнання при випіканні хлібобулочних виробів.

*Мета і завдання досліджень.* Мета: розробити енергоефективний апарат безперервної дії для випіканні хлібобулочних виробів, визначити доцільні режими експлуатації. Завдання досліджень: модернізувати хлібопекарську піч ПХС-25М, яка використовується для випічки хлібобулочних виробів.

*Об'єкт досліджень.* Процес випіканні хлібобулочних виробів.

*Предмет досліджень.* Вирішення науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтуванні технологічного процесу випікання хлібобулочних виробів.

*Методи досліджень.* Дослідження виконані методами фізичного експерименту та теоретичних досліджень.

*Результати дослідження.* В роботі вирішено комплекс науково-практичних завдань спрямованих на обґрунтування процесу випікання хлібобулочних виробів. Для утилізації тепла було розроблено парогенератор. Парогенератор використовує вихідне з печі тепло, і виробляє пар, який необхідний при випічці хліба, тоді як піч – використовує пар, який виробляється в заводській котельні.

Приготування хліба можна розділити на наступні стадії:

- підготовка сировини до виробництва: зберігання, змішування, аерація, просіювання і дозування муки; підготовка питної води; приготування і темперування розчинів солі і цукру, жирових емульсій і дріжджових суспензій;
- дозування рецептурних компонентів, заміс і бродіння опари і тіста;
- оброблення – розподіл доспілого тесту на порції однакової маси;
- формування – механічна обробка тістових заготовок з метою надання їм певної форми: кулястої, циліндрової, сигароподібної і ін.;
- розстойка – бродіння сформованих тістових заготовок. Після розстойки тістові заготовки можуть піддаватися надрізці (батони, булки і ін.);
- гідротермічна обробка тістових заготовок і випічка хліба;
- охолодження, відбракування і зберігання хліба.

Велика кількість теплової енергії на хлібопекарських підприємствах витрачається для виробництва пари, яка використовується в технологічному процесі гідротермічної обробки тістових заготовок у печах при випіканні більшості хлібобулочних виробів.

Швидкість і характер протікання процесу випічки в значній мірі залежать від ступеню зволоження середовища в першій стадії процесу випічки та інтенсивності конденсації пару на поверхні тістової заготовки. Практично в усіх хлібопекарських печах для гідротермічної обробки тістових заготовок використовують пару яку

виробляють централізовано в спеціальних парових котлах. При цьому параметри пари (тиск, температура, вологість) не завжди відповідають вимогам технологічного процесу гіротермічної обробки тістових заготовок в печах. Тиск пари в котлах піднімається, як правило, до 0,4–0,6 Мпа. При цьому значно підвищується рівень її сухості та температура за рахунок витрат великої кількості теплової енергії.

Інтенсивність та тривалість сорбції пари, що конденсується на поверхні і в поверхневих шарах тіста, залежать від вологості пароповітряної суміші пекарної камери, її температури та від температури поверхневих шарів тіста. Конденсація пари на поверхні тіста припиняється, як тільки температура поверхні стає вище температури точки роси. В зв'язку з цим на початковому етапі випічки необхідно створити такі умови, які забезпечили б протікання процесу сорбції при достатньому контакті між паром і поверхнею тіста. Крім того, пар не повинен перегріватися.

Конденсація пари, сорбція в початковій фазі і максимально можливе підвищення температури середовища пекарної камери в наступній фазі процесу випічки інтенсифікують прогрівання поверхневих шарів і створюють достатню різницю між температурами шарів, що підсилює переміщення вологи від кірки всередину виробу. Одночасно з цим тепло сорбції, що виділяється, також в значній мірі сприяє закріпленню форми хліба за рахунок процесів клейстеризації крохмалю і коагуляції білків в масі виробу, а пара, що конденсується, розчиняючи цукор, готує процес карамелізації, що забезпечує отримання тонкої хрусткої кірки. Якісний ефект від процесу конденсації в початковій стадії процесу випічки забезпечується, якщо температура поверхні тіста рівна температурі клейстеризації або дещо вища.

При розробці хлібопекарських печей особлива увага приділяється розв'язанню проблем, від яких значною мірою залежить економічність роботи печі. Це, в першу чергу, зменшення витрат теплової енергії за рахунок:

- Якісного спалювання пального;
- Зменшення викидів тепла в атмосферу з вихідними газами;
- Зниження виділень тепла зовнішніми поверхнями печі;
- Зменшення нераціональних витрат тепла в пекарній камері;
- Раціоналізація автоматизованої системи управління пиччу;
- Скорочення витрат пари на гіротермічну обробку тістових заготовок і тепла на одержання цієї пари.

*Висновки.* Визначено, що для даної печі актуальним є вирішення питання ефективного використання вторинних енергоресурсів. Під час роботи печі в атмосферу викидається разом із вихідними газами багато тепла. Для утилізації цього тепла було розроблено парогенератор. Парогенератор використовує вихідне з печі тепло, і виробляє пар, який необхідний при випічці хліба, тоді як пич – використовує пар, який виробляється в заводській котельні.

Загалом можна відмітити, що дане рішення дозволить ефективніше використовувати енергоресурси та підвищить ефективність використання самої печі, що і буде відображено в дипломному проекті.

Науковий керівник

**Філімонова Н. В.**, к.т.н., ст. викл.

Література:

1. Михелев А. А. Расчет и проектирование печей хлебопекарного и кондитерского производств / А. А. Михелев, Н. М. Цикович. – М. : Пищевая промышленность, 1968.
2. Стабников З. Н. Использование вторичного тепла в пищевой промышленности / З. Н. Стабников, Н. Г. Бойченко. – М. : Пищевая промышленность, 1972.

3. Машины и аппараты пищевых производств : в 2-х книгах : учеб. для вузов. Книга 1, 2 / под ред. В. А. Панфилова. – М. : Высшая школа, 2001.

## **ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ ВОВЧКА МОДЕЛІ АЛ – 130 ПРИ ПЕРЕРОБЦІ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ**

**Бабій В.** (студент ФКТМД)

*Актуальність теми.* Необхідною умовою успішного розвитку харчової промисловості є безупинне вдосконалення технологічного обладнання з метою підвищення ефективності обробки сировини та зменшення експлуатаційних витрат.

*Мета роботи.* Підвищення ефективності вовчків шляхом узгодження способів подачі до різального вузла та процесу подрібнення м'ясної сировини.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- провести аналіз основних закономірностей подачі та процесу подрібнення м'ясної сировини у вовчках;
- уточнити кількісні значення структурно-механічних властивостей різних видів м'яса;
- визначити вплив напружено-деформованого стану м'ясної сировини на гідродинамічні характеристики її подачі крізь елементи різального вузла.

*Об'єкт дослідження.* Процес подрібнення м'ясної сировини в різальному вузлі та його взаємозв'язки з параметрами її подачі.

*Предмет дослідження.* Конструктивні та експлуатаційні характеристики пристроїв для подачі сировини і різального комплекту, структурно-механічні властивості м'ясної сировини, закономірності їх взаємовпливу на ефективність роботи вовчків.

*Методи досліджень.* Положення механіки суцільного середовища, сучасні методи математичного моделювання складних технічних систем та процесів, експериментальні дослідження на спеціалізованому обладнанні з використанням відповідної вимірювальної та реєструючої апаратури, експериментальні методи вимірювання структурно-механічних властивостей сировини, методи математичного планування експериментів та статистичної обробки отриманих результатів.

*Результати роботи.* Для проведення досліджень було обрано вовчки АЛ-130, МП-160, VVS-180, К6-ФВЗП-200, їх різальні комплекти, а також установку для подрібнення м'ясної сировини на базі вакуумного шприца марки Handtmann VF 628. Дослідження продуктивності вовчків проводилось за допомогою натурних активних експериментів у виробничих умовах.

Процес дослідження інтенсивності подачі сировини здійснювався шляхом виконання відеозйомки процесу виходу м'ясної сировини з різального вузла вовчка при її подачі шнеком. Використовувалась цифрова відеокамера SONY Cyber-Shot DSC-S3000, отриманий відеофайл перетворювався на низку покадрових фотозображень за допомогою програмного пакета «Free video to jpg converter 5.0.99.823». Отримані фотозображення аналізувались, і встановлювався характер подачі м'ясної сировини останнім витком шнека.

Вплив положення лез ножа в коловому напрямку відносно кінця витка робочого шнека на ефективність їх роботи визначали шляхом вимірювання затуплення різальних кромок лез. Затуплення різальних кромок оцінювалось за радіусом їх заокруглення методом відбитків за допомогою подвійного мікроскопа «МБС-9». Отримані цифрові фотознімки відбитків аналізувались за допомогою персонального комп'ютера та графічної програми КОМПАС-3D V13.

Планування експериментів проводилось за допомогою програмного пакета STATISTIC 10. Обробку експериментальних даних і визначення рівнянь регресії, залишків та коефіцієнта кореляції проводили із використанням програмного пакета Curve Expert 1.3.

*Висновки.* У результаті проведеного аналізу основних закономірностей подачі та процесу подрібнення м'ясної сировини у вовчках встановлено, що існуючі уявлення про зазначені процеси не повною мірою пояснюють їх реальний перебіг, зокрема ефект подачі сировини лише частиною останнього витка шнека.

Уточнено значення структурно-механічних властивостей м'ясної сировини, яка найчастіше переробляється у вовчках. Встановлено, що найбільший модуль осьового стискання властивий яловичині (456 кПа), для свинини та м'яса курки він набуває менших значень (144 та 108 кПа відповідно). Найбільше напруження стандартної пенетрації спостерігається для свинини (172 кПа), тоді як для яловичини та м'яса курки – 83 та 48 кПа відповідно. Аналогічним чином, найбільше напруження зрізу при різанні лезом з кутом загострення 90° спостерігається для свинини (467 кПа), тоді як для яловичини – 277 кПа, а для м'яса курки – 141 кПа.

Виявлено характер впливу напружено-деформованого стану м'ясної сировини на ефективність її подачі крізь решітки різального вузла. Отримані результати свідчать про те, що при виборі типу фаршевого насосу вовчка доцільно віддавати перевагу тому, в якому буде забезпечено найменшу відстань від нагнітального елемента до різального вузла. Це дозволить зменшити енергоємність процесу подачі сировини та покращити якість продукту, не піддаючи сировину надмірному стисканню.

Науковий керівник

**Філімонова Н. В., к.т.н., ст. викл.**

Література:

1. Філімонова Н. В. Підвищення ефективності роботи вовчків шляхом узгодження подачі та процесу подрібнення м'ясної сировини : дис. на здоб. ступ. канд. техн. наук : 05.18.12 / Н. В. Філімонова. – Харків, 2017. – 216 с.
2. Некоз О. І. Зменшення металоємності ножів м'ясорізальних вовчків / О. І. Некоз, Н. В. Філімонова, С. О. Філімонов та ін. // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2013. – № 3. – С. 154–161.
3. Некоз О. І. Дослідження інтенсивності зношування лез ножа вовчка / О. І. Некоз, Н. В. Філімонова, С. О. Філімонов та ін. // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2013. – № 2. – С. 128–132.
4. Некоз О. І. Гідравлічний опір різального вузла вовчків / О. І. Некоз, В. І. Осипенко, Н. В. Філімонова, О. В. Батраченко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2015. – № 3. – С. 13–18.

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЯКОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЮ ЦІВКОВОГО КОЛЕСА**

**Ремінець І. (студент ФКТМД)**

*Актуальність теми.* Підвищення якісних характеристик зубчатих коліс є надважливою науково-практичною задачею. Колеса, які утворюють внутрішнє зачеплення героторної пари, яка широко використовується в гідравлічних, транспортних та бурових машинах, роботах. Тому актуальним є якісне виготовлення профілів цівкових коліс героторної пари.

*Мета і задачі дослідження.* Метою роботи є покращення фінішної обробки профілю цівкового колеса.

Досягнення поставленої мети вимагає вирішення низки задач:

1. Визначити шляхи покращення фінішної обробки цівкового колеса.
2. Розробити методика проектування ріжучого інструменту.



3. Виконати експериментальні дослідження фінішної обробки цівкового колеса.

*Об'єкт дослідження.* Процес фінішної обробки профілю цівкового колеса.

*Предмет дослідження.* Конструктивні та експлуатаційні характеристики інструменту і профілю цівкового колеса.

*Методи досліджень.* Базовий метод шліфування цівкового колеса передбачає ведення обробки за допомогою круга, який має профіль на основі ОДДЕ. Опуклий профіль інструменту і дуга цівки мають кривизну різних знаків. Взаємодія цих профілів характеризується малими довжинами задіяних в роботі ділянок, та великими значеннями висоти гребінців мікронерівностей. Натомість взаємодія опуклого і увігнутого профілю характеризується значно більшими довжинами задіяних в роботі ділянок і меншим значенням висот мікронерівностей.

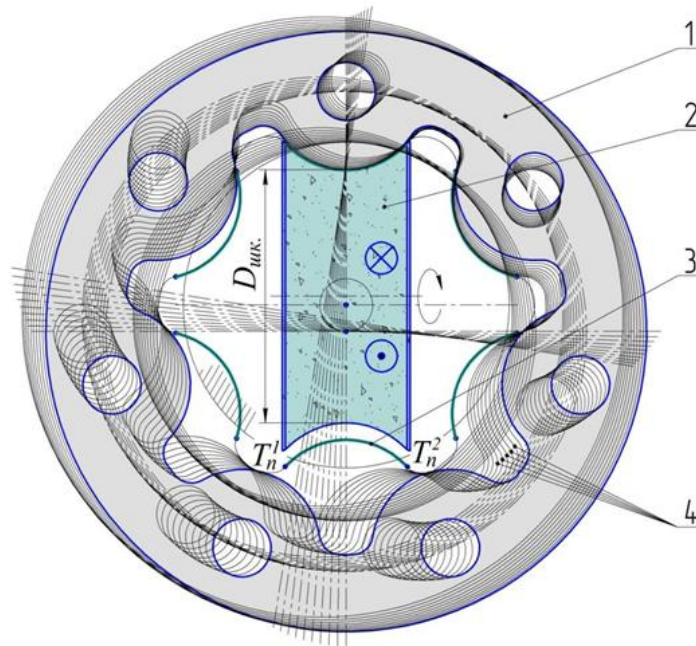


Рис. 1 – Схема шліфування профілю цівкового колеса в умовах обкату дисковим кругом, формований профіль якого окреслено УДДЕ: 1 – цівкове колесо; 2 – шліфувальний круг; 3 – увігнута ділянка  $T_n^1-T_n^2$  еквідистанти до вкороченої епіциклоїди (УДДЕ); 4 – положення цівкового колеса в процесі обкату;  $D_{шк}$  – діаметр круга

Для зменшення висоти мікронерівностей під час шліфування згідно базового методу пропонується застосовувати для профілювання інструменту увігнуту ділянку до епіциклоїди. Дане технічне рішення дозволяє досягти кращих показників точності і шорсткості обробки, за рахунок можливості диференціації процесу обробки на чорнове та чистове шліфування.

*Результати досліджень.* Для експериментальних досліджень було розроблено та виготовлено спеціальне оснащення адаптоване до вертикального фрезерного оброблюваного центру. Оснащення включає в себе пристрій для профільного шліфування внутрішніх поверхонь з виносним шпинделем і пристрій для надання цівковому колесу руху обкату. Перший пристрій кріпиться до пінолі шпинделя фрезерного оброблюваного центру, другий встановлюється на двокоординатному столі. Обидва пристрої мають власні приводи з можливістю регулювання частот.

Фрагменти обробки цівкового колеса в різних фазах представлені на рис. 2.

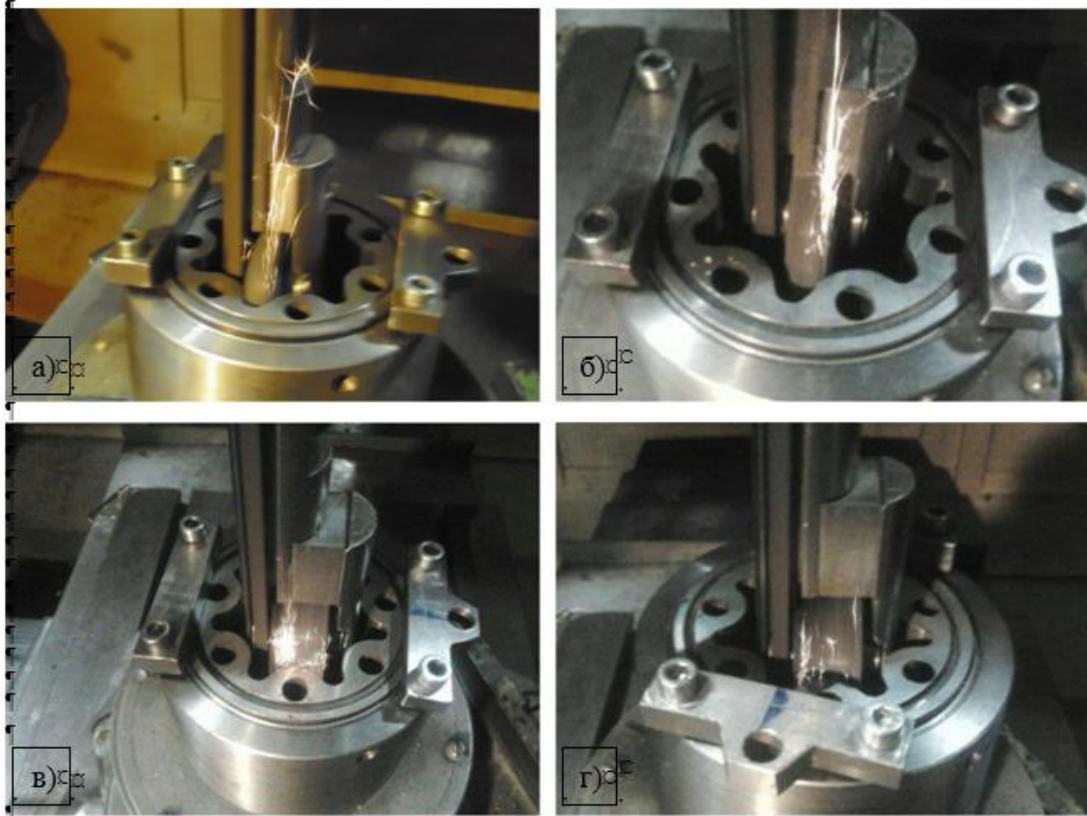


Рис. 2 – Фрагменти обробки профілю цівкового колеса в умовах обкату кругами з профілем на основі ОДЕЕ (а, б) і УДЕЕ (в, г)

*Висновки.* З метою вдосконалення обраного базового методу фінішної обробки профілю цівкового колеса в умовах обкату, запропоновано та обґрунтовано доцільність застосування УДЕЕ в якості формотворного профілю шліфувального круга. В умовах моделювання, застосування увігнутої ділянки дозволяє досягти шорсткості в 2,5–2,8 рази меншої у порівнянні з опуклою, при однакових значеннях дискретності побудови і меншій в  $z_1$  разів кількості врізань. Така перевага пояснюється тим, що дуга цівки і УДЕЕ мають кривизну одного знаку, що забезпечує значно більші довжини задіяних в роботі ділянок взаємодіючих профілів.

Науковий керівник

**Філімонова Н. В.**, к.т.н., ст. викл.

#### Література

1. Гнатюк В. І. Удосконалення процесу фінішної обробки профілю цівкового колеса героторної пари : дис. на здоб. ступ. канд. техн. наук : 05.03.01 / В. І. Гнатюк–Кропивницький, 2019. – 174 с.
2. Скібінський О. І. Дослідження умов існування робочого профілю деталей позацентрідних епіциклоїдальних цівкових передач внутрішнього зачеплення / О. І. Скібінський, В. І. Гуцул, А. О. Гнатюк // Збірник наукових праць КНТУ. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація : зб. наук. пр. – Кіровоград : КНТУ, 2012. – Вип. 25. – Ч. 1. – С. 238–241.
3. Скібінський О. І. Визначення умов існування спряженої огинаючої сімейства еквідистант до вкорочених епіциклоїд в циклоїдальній передачі внутрішнього зачеплення / О. І. Скібінський, В. І. Гуцул, А. О. Гнатюк // Вісник НТУУ «КПІ». Серія : Машинобудування. – Київ : НТУУ «КПІ», 2014. – № 70. – 159–165.

## ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАПРЯМНИХ МЕТАЛООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

Рябокоть І. (студент ФКТМД)

*Актуальність теми* полягає в підвищенні важливих експлуатаційних характеристик металообробних верстатів, зокрема характеристик напрямних таких як: зменшення коефіцієнта тертя, демпфування вібраційних навантажень, зниження інтенсивності зношування напрямних, забезпечення плавності руху каретки по напрямних верстата.

*Мета роботи.* Покращення технічних параметрів напрямних металообробних верстатів шляхом використання напрямних із композитних полімерних матеріалів.

*Завдання досліджень:*

- 1) визначити коефіцієнт тертя ковзання та коефіцієнт тертя спокою пар тертя полімер-чавун, полімер-сталь в умовах додавання мастильного матеріалу;
- 2) дослідити механічні властивості полімерних матеріалів, які використовуються для виготовлення напрямних металорізальних верстатів;
- 3) шляхом математичного та експериментального моделювання встановити закономірності підвищення якості нанесеного полімерного покриття під час використання різноманітних технологічних прийомів.

*Об'єкт дослідження.* Процес руху каретки супорта по напрямних ковзання металообробного верстата.

*Предмет дослідження.* Конструктивні та експлуатаційні характеристики вузлів металообробних верстатів.

*Методи дослідження.* Використано методи математичного моделювання процесу тертя пари метал-полімер в робочих умовах, методи оцінки пружності та хімічної стійкості полімерів; експериментальні дослідження на спеціалізованому обладнанні з використанням відповідної вимірювальної та реєструючої апаратури. Математична обробка результатів дослідження виконувалась використанням наявного прикладного програмного забезпечення.

*Результати роботи.* Вдосконалена технологія та обладнання для визначення коефіцієнта тертя ковзання пар чавун-полімер та сталь-полімер, яке представлено на рис. 1.

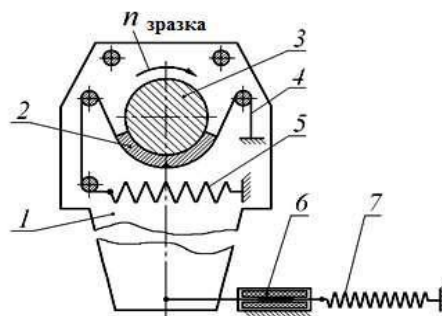
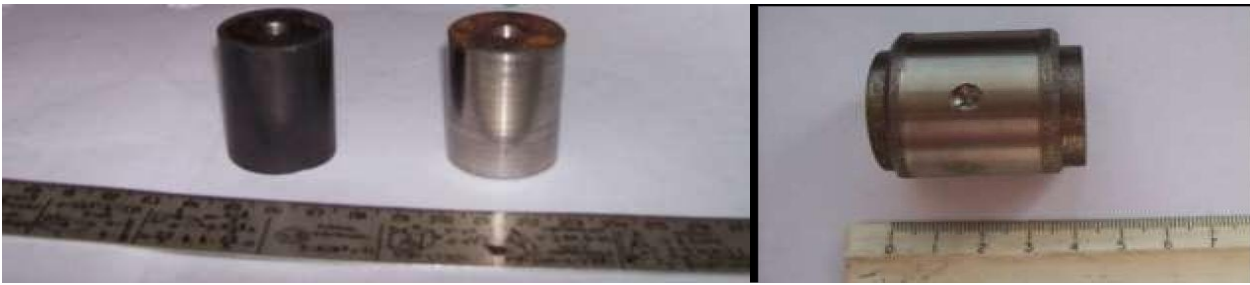


Рис. 1 – Схема встановлення чавунного вкладиша: 1 – каретка трибометра; 2 – вкладиш; 3 – зразок; 4 – сталева стрічка; 5 – пружина натягу стрічки; 6 – датчик кута повороту каретки; 7 – пружина повороту каретки.

Для проведення експерименту також були виготовлені циліндричні зразки (рис. 2), ( $D=30$  мм,  $h=40$  мм). Один з яких був сталевий, а інший – із полімерного матеріалу «моглайс». У цьому та в подальшому експериментах були використані дві модифікації матеріалу «моглайс» німецької фірми «Diamant metallplastic GMBH».

Наведено результати дослідження механічних та інших характеристик полімерного матеріалу на прикладі матеріалу «моглайс», від яких залежать експлуатаційні показники роботи виготовлених із застосуванням цього матеріалу напрямних. Зокрема, визначено



а) б) в)

Рис. 2 – Експериментальні зразки:  
а) зразок із матеріалу «моглайс», б) сталевий зразок, в) чавунний вкладиш

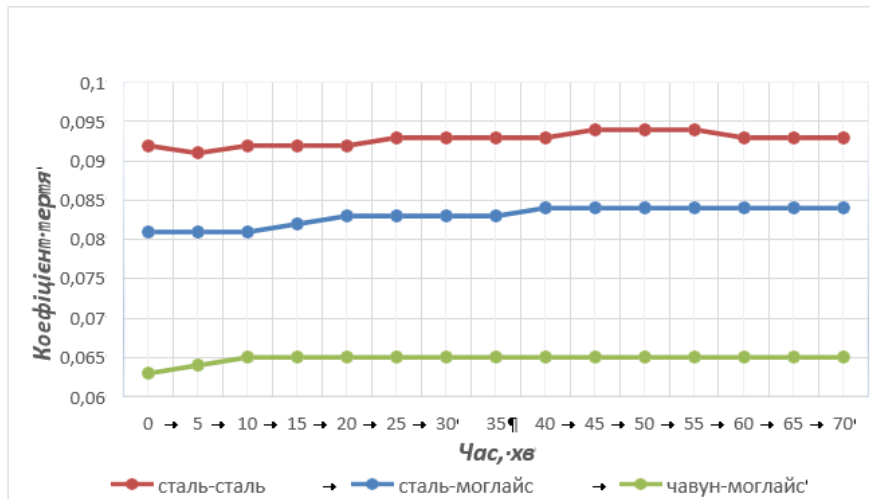


Рис. 3 – Графік залежності коефіцієнта тертя пар сталь-сталь, сталь-«моглайс» та чавун-«моглайс» від часу роботи за умови швидкості ковзання 940 мм/хв та тиску  $P=0,5$  МПа.

коефіцієнти тертя ковзання пар сталь-полімер і чавун-полімер та проведено їх порівняння з парами сталь-сталь та сталь-чавун для діапазону швидкостей від 940 мм/хв до 3770 мм/хв. Зокрема, на рис.3 наведено графік залежності співвідношення коефіцієнтів тертя від часу для пар ковзання.

*Висновки.* За допомогою спеціального експериментального обладнання встановлено, що із зменшеннями швидкості ковзання переваги полімерного матеріалу за коефіцієнтом тертя в порівнянні з чавуном поступово зростають таким чином, що при швидкості 940 мм/хв коефіцієнт тертя ковзання становить 0,063...0,065, що може сприяти перенесенню межі появи релаксаційних автоколивань у менший діапазон швидкостей.

Науковий керівник

**Філімонова Н. В.**, к.т.н., ст. викл.

Література:

1. Іщенко О. А. Підвищення експлуатаційних характеристик напрямних ковзання металорізальних верстатів : дис. на здоб. ступ. канд. техн. наук : 05.03.01 / О. А. Іщенко. – Краматорськ, 2019. – 170 с.
2. Ковальов В. Д. Розробка систем управління якістю роботи важких верстатів і інструментів / В. Д. Ковальов, Я. В. Васильченко // Сборник научных трудов. Качество, стандартизация. – Киев, 2014.
3. Металлорежущие станки / под ред. В. В. Бушуева. – М. : Машиностроение, 2012. – Т. 1. – 608 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ

Шиятий Р. (студент ФКТМД)

*Актуальність теми.* Розробка способів вдосконалення робочого процесу ступеневого подрібнювача, спрямованих на зниження енергоємності подрібнення і підвищення якості готового продукту, є актуальним завданням, що дозволяє сформулювати наукову гіпотезу подальших досліджень.

*Мета роботи.* Удосконалення конструктивних параметрів молоткової дробарки шляхом покращення способу подрібнення зернової сировини.

*Завдання досліджень:*

1. Провести аналіз основних закономірностей процесу подрібнення;
2. Уточнити кількісні значення структурно-механічних характеристик зернової сировини;
3. На основі результатів досліджень обґрунтувати і запропонувати найбільш ефективні параметри молоткової дробарки.

*Об'єкт дослідження.* Процес подрібнення зернової сировини в робочому вузлі дробарки.

*Предмет дослідження.* Конструктивні та експлуатаційні характеристики робочих органів дробарки.

*Методи досліджень.* Аналітичні, теоретичні, експериментальні.

*Результати роботи.* Найважливішою умовою отримання комбікормів високої якості залишається подрібнення вихідних компонентів відповідно до вимог, від яких залежать всі наступні операції – дозування, змішування, збагачення, які в кінцевому підсумку і вирішують задачу ефективного застосування найважливішого ресурсу, керуючого продуктивною і репродукційною функціями тварин і птиці та отримання додаткової продукції.

Експериментальні дослідження проводилися згідно комплексної методики, що включає відомі і адаптовані методики по визначенню фізико-механічних властивостей зерна, якісних і енергетичних показників процесів, що забезпечують необхідну точність, достовірність, відтворюваність і адекватність результатів.

Двоступеневий подрібнювач кормового зерна працює наступним чином: матеріал, що подрібнюється з бункера 1, пройшовши магнітний уловлювач 10 при відкритій заслонці 9, самопливом надходить в вальцеву секцію 2 (рис. 1).

Зазор між вальцями 1 і 2 механізмом регулювання 6, 7 підбирається таким чином, що зернина, пройшовши вальцеву секцію, отримує мікропошкодження структури, а отримані напруги перевищують тільки границю пружних складових міцності.

Різниця кутових швидкостей вальців забезпечує так званий ефект «прокатування» зерна, в результаті якого відбувається розшарування поверхневого шару і верхнього шару ендосперму, в результаті чого зернина «розкривається» для безперешкодного удару робочими органами молоткового барабана 3 (рис. 1).

Для повного руйнування потрібна швидкість, рівна 40–60 % від руйнуючої.

Слід відзначити, що швидкість відскоку зерна з отриманими дефектами міцності оболонки і його частин від деки може бути руйнівною. Крім того, під час перебування досить великих частинок матеріалу, що подрібнюється в зазорі між секціями дек і молотками можливо додаткове подрібнення сколюванням. Експериментальна установка дозволяє в необхідних межах варіювати значеннями факторів, що впливають на досліджуваний процес.

У процесі дослідження вимірювалися і визначалися наступні величини:

- тривалість досліджу;
- маса продукту, що подрібнюється за час проведення дослідів;
- модуль помелу;

- потужність на привод установки.

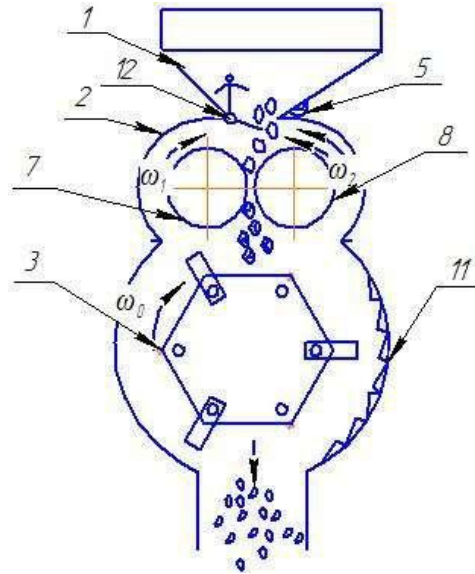


Рис. 1 – Схема робочого процесу подрібнення зерна. Після прокатування зернин їх міцність знижується на 30–37 %.

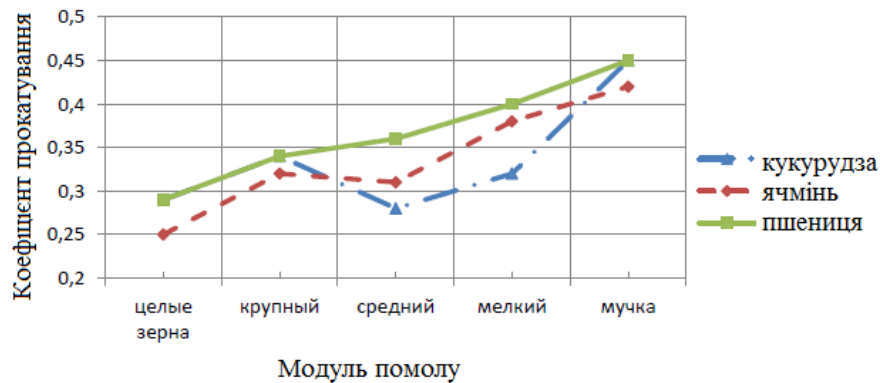


Рис. 2 – Графік експериментальної залежності руйнівної швидкості зернин від відносної деформації прокатування

Дані графіка дозволяють зробити висновок про необхідність установки зазору між вальцями, що відповідає мінімальному значенню коефіцієнта прокатування цілих зерен, тобто в області  $(0,3 \pm 0,05) d_z$ .

*Висновки.* Проведено аналіз основних закономірностей процесу подрібнення. Уточнено кількісні значення структурно-механічних характеристик зернової сировини. На основі результатів досліджень обґрунтовано і запропоновано найбільш ефективні параметри молоткової дробарки.

Науковий керівник

**Філімонова Н. В.**, к.т.н., ст. викл.

Література:

1. Вовченко С. А. Дослідження конструктивно-режимних параметрів дробарки молоткового типу: дис. на здоб. ступ. канд. техн. наук: 05.18.12. / С. А. Вовченко. – Вінниця, 2018. – 120 с.
2. Островский Э. В. Краткий справочник конструктора продовольственных машин / Э. В. Островский, Е. В. Эйдельман. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 621 с.
3. Орлов П. И. Основы конструирования: справ.-метод. пособ. в 2 кн. Изд. 3-е, испр. / П. И. Орлов. – Москва: Машиностроение, 1988. – 560 с.

## ВИЗНАЧЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В ЗОНІ РІЗАННЯ ЗАГОТОВКИ ПРОХІДНИМ РІЗЦЕМ

Загородній О. М. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Технічний прогрес у машинобудуванні характеризується не тільки поліпшенням конструкцій виробів, але й безперервним удосконалюванням технології їхнього виробництва. У цей час важливо якісно, при мінімальних витратах і в заданий термін, виготовити виріб, застосувавши сучасне високопродуктивне устаткування, технологічне оснащення, засоби механізації та автоматизації виробничих процесів. Від прийнятої технології виробництва багато в чому залежать довговічність і надійність виробів, які випускають, а також витрати при їх експлуатацію [1].

У цей час суттєво (75 % від загального обсягу машинобудівних виробів) доводиться на частку дрібно- та середньосерійного виробництва. Таке положення обумовлене як безперервним розширенням області діяльності людини, так і швидкою зміною попиту різних груп споживачів. Створювані машини характеризуються підвищенням їхньої продуктивності, швидкохідності, питомій потужності та надійності, при зниженні вагових та габаритних показників. Це зумовлює використання нових високоміцних (із спеціальними властивостями) конструкційних матеріалів, які в більшості випадків є важкооброблюваними. Однак технічний прогрес визначається не тільки поліпшенням конструкцій машин, але й безперервним удосконалюванням технології їхнього виробництва. Розробка технологічних процесів виготовлення деталей представляє собою один з відповідальних етапів підготовки виробництва. Технологічні процеси повинні забезпечувати високу якість виробів відповідно до технічних умов експлуатації при мінімальних витратах часу та засобів.

*Мета і завдання дослідження.* Підвищення ефективності роботи горизонтального оброблювального центру моделі IP500ПМФ4 за рахунок інтеграції у технологічний процес засобів автоматизації та контролю на багатоцільових верстатах, зокрема схеми автоматичного контролю точності деталі «Корпус» на верстаті IP500ПМФ4.

*Об'єкт дослідження.* Процес механічної обробки із застосуванням системи автоматизації та контролю за станом технологічного процесу.

*Предмет дослідження.* Закономірності електричних показників термопари із технологічними показниками обробки матеріалів.

*Методи дослідження.* Чисельне математичне моделювання за допомогою програмного комплексу MathCad із застосуванням логіко-аналітичного програмного модуля.

*Результати дослідження.* Температура різання – один із основних фізичних показників процесу різання, оскільки вона визначає допустимі значення швидкості різання, стійкість інструменту, точність обробки та ін. Експериментально встановлено, що майже вся робота деформації, яка виникає при різанні, переходить у тепло. Причинами утворення теплоти є напружено-пластичні деформації в зоні стружкоутворення, тертя стружки з інструментом та інструмента з поверхнею заготовки.

Рівняння теплового балансу має такий вигляд:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (1)$$

де  $Q_1$  – тепло, яке виділяється в результаті пластичної деформації і руйнування металу в зоні стружкоутворення (генерується в площині сколювання),

$Q_2$  – робота сил тертя стружки на передній поверхні леза різця,

$Q_3$  – робота сил тертя заготовки по задній поверхні леза інструмента,

$Q_4$  – робота, витрачена на пластичну деформацію матеріалу перед площиною сколювання.

Кількість тепла, що виділяється за одиницю часу:

$$Q = P_z V, \quad (2)$$

де  $P_z$  – сила різання;

$V$  – швидкість різання.

Витрата тепла:

$q_1$  – теплота, що відводиться зі стружкою;

$q_2$  – нагрівання металу ріжучої частини різця;

$q_3$  – нагрівання заготовки.

$q_4$  – відведення тепла в навколишнє середовище.

Відносна величина складових теплового балансу залежить від умов різання і особливо від швидкості різання. У середньому ( $Q_1$  складає 75–80 % усієї доходної частини балансу,  $Q_2$  – 18...22 %,  $Q_3$  – 2...3,5 %,  $Q_4$  – близько 0,5 %. Із витратної частини  $q_1$  становить 68...75 %,  $q_2$  – 2...5 %,  $q_3$  – 2...8 %,  $q_4$  – 9...24 %.

Способи вимірювання температури різання, за допомогою термопар (натуральних та природних), термокольорів, кольорів мінливості, оптичний тощо. Найбільш повним та поширеним є спосіб вимірювання температури за допомогою термопари.

Проте дана, загальновідома схема вимірювання температури була суттєво вдосконалена шляхом введення в неї в якості достатньо точного реєструючого елемента – блоку аналогово-цифровий перетворювач (АЦП)-комп'ютер (рис. 1).

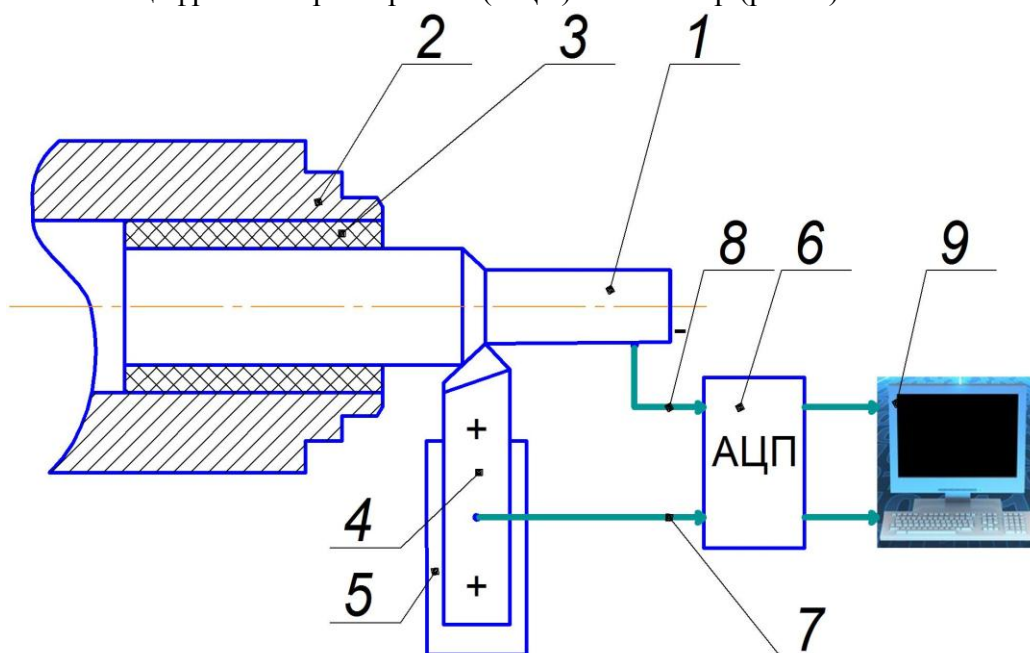


Рис. 1 – Удосконалена схема вимірювання температури у зоні різання методом природної термопари

Суть природної термопари полягає в тому, що різномірним сплавом термопари і матеріали різця та заготовки, яка обробляється.

За способом природної термопари заготовка 1 із вуглецевої сталі ізолюється від патрона 2 прокладкою 3. Різець 4 з напайкою із твердого сплаву також ізолюється різцеутримуючою прокладкою 5.

Вимірювальний прилад 6 (аналогово-цифровий перетворювач сигналів – АЦП) провідниками 7 та 8 з'єднаний з тілом різця та заготовкою, яка обробляється. Для забезпечення електричного контакту провідника 8 із заготовкою, яка обертається, застосовується струмознімач із вугільними щітками. Показання приладів (дані зчитування аналогових сигналів із термопари в процесі проведення технологічного експерименту) транслюються в обробленому вигляді через спеціальну шину на комп'ютер і через програму обробки масиву інформації виводяться на екран в готовому відкорельованому графічно-табличному вигляді (табл. 1 та рис. 1 (а, б, в)).

Теплоутворення негативно впливає на процес різання. Нагрівання інструмента до високих температур (800...1 000°C) викликає структурні перетворення в його матеріалі,



зниження твердості та втрату ріжучої здатності. При нагріванні відбуваються зміни геометричних розмірів інструмента та заготовки, що викликає відхилення розмірів і форми поверхні, яка обробляється. Шляхи зниження температури різання, подання в зону різання мастильно-охолоджуючих рідин (або газів), поліпшення відведення тепла від лека інструмента шляхом збільшення перерізу тіла різця та підвищення теплопровідності його матеріалу (легування Mo, Co, Ti), застосування інструменту з водоохолоджуючими каналами.

### Вплив різних факторів на температуру різання

1. Швидкість різання. З її прискоренням збільшується робота різання і збільшується загальна кількість тепла, яке виділяється. Зі збільшенням швидкості різання - зменшується кількість тепла за рахунок пластичної деформації, але збільшується за рахунок роботи сил тертя.

2. Глибина різання  $t$  і подача  $S$ . Зі збільшенням подачі, температура в зоні різання збільшується, але менш інтенсивно чим при збільшенні швидкості. Ще менший вплив на температуру різання здійснює глибина різання, що пояснюється тим, що зі збільшення глибини різання також збільшується довжина активної частини ріжучої кромки інструмента, що в свою чергу збільшує тепловідведення.

3. Передній кут  $\gamma$ . З його збільшенням робота деформації зменшується і як наслідок зменшується кількість тепла, яке виділяється, але одночасно погіршуються умови відведення тепла так як зменшується маса самого різця. Тому спочатку зі збільшенням у температура різання зменшується до оптимального значення, а потім починає збільшуватися.

4. Головний кут у плані  $\phi_i$ . Зі збільшенням кута  $\phi_i$  тепло, що виділяється дещо зменшується так як зменшується усадка стружки і робота сили різання, але одночасно погіршуються умови відводу тепла, так як зменшується довжина робочої частини і ріжучої кромки. В наслідок цього температура збільшується зі збільшенням кута  $\phi_i$ .

5. Радіус при вершині різця  $r$ . З його збільшенням зростає усадка стружки, робота деформації і тепловідведення. Однак при цьому покращується відведення тепла у зв'язку зі збільшенням ширини активної частини ріжучої кромки.

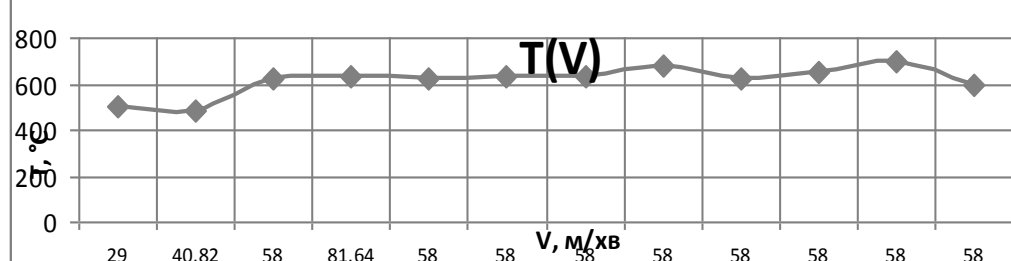
Результати вимірювань занесені в табл. 1.

Таблиця 1. Результати вимірювання температури у зоні різання

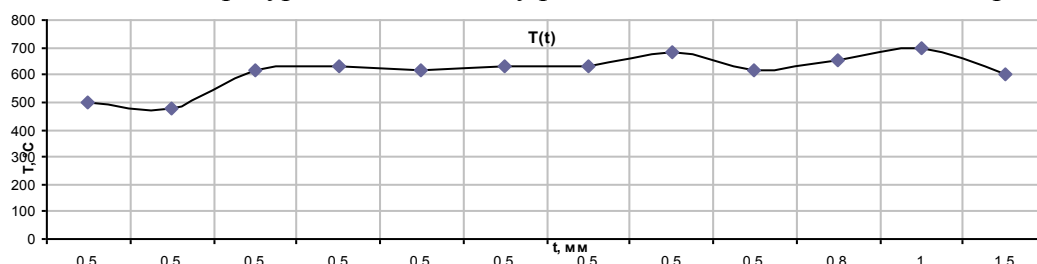
Режими різання				Апроксимовані в середовищі MathCad результати розрахунків та вимірювань		
n, об/хв	V, м/хв	t, мм	S, мм/об	Прилад (реєструючий чутливий датчик)	E, mV	T, °C
1	2	3	4	5	6	7
355	29	0,5	0,09	82	8,2	500
500	40,82	0,5	0,09	80	8,0	480
710	58	0,5	0,09	102	10,2	620
1000	81,64	0,5	0,09	104	10,4	630
710	58	0,5	0,09	102	10,2	620
710	58	0,5	0,1	104	10,4	630
710	58	0,5	0,12	104	10,4	630
710	58	0,5	0,14	106	10,6	680
710	58	0,5	0,09	102	10,2	620
710	58	0,8	0,09	105	10,5	650
710	58	1,0	0,09	110	11,0	700
1	2	3	4	5	6	7
710	58	1,5	0,09	100	10,0	600

Діаметр заготовки  $d_1=26$  мм.

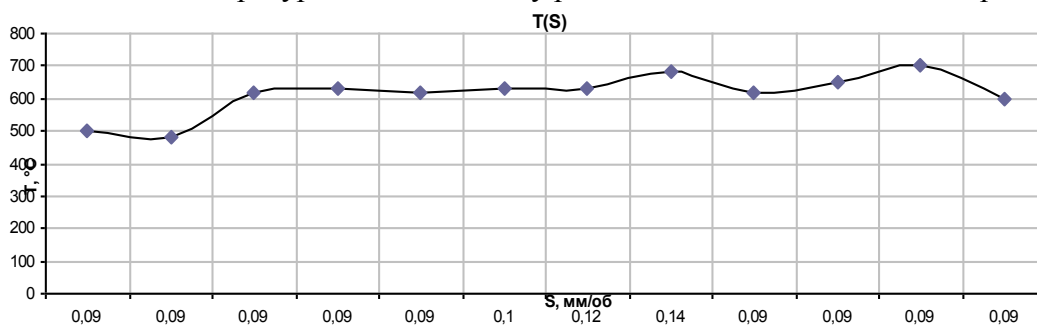
Графічні результати експерименту представлені на рис. 1.



а) залежність температури в зоні контакту різця та заготовки від швидкості різання;



б) залежність температури в зоні контакту різця та заготовки від глибини різання;



в) залежність температури в зоні контакту різця та заготовки від повздовжньої подачі при різанні

Рис. 1 – Графічні залежності визначення температури у зоні різання від технологічних параметрів різання

*Висновки:*

- 1) був розглянутий вплив різних факторів на температуру різання;
- 2) був проведений технологічний експеримент по вимірюванню температури у зоні різання методом природної термопари з математичною обробкою його результатів.

Науковий керівник

**Пономаренко А. М., к.т.н., доц.**

Література:

1. Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnyy-tokarnyy-rezets-s-priborami-aktivnogo-kontrolya-temperatury-zony-rezaniya-razmerov-izdeliya-i-parametrov-formy-ego>
2. Режим доступу : <https://www.dissercat.com/content/razvitie-teorii-iznashivaniya-tverdospлавnykh-instrumentov-na-osnove-termomekhaniki-povedeni> (електронна бібліотека дисертацій).
3. Режим доступу : <http://lib.usue.ru/prer/111-prep/res/572-res1-1> (Зарубіжні ресурси відкритого доступу).

## ОПТИМІЗАЦІЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ COSMOS WORKS (1)

Гапоненко Б. В. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Застосування систем CAD/CAM для максимального якісної обробки результатів технологічного експерименту впливу температури на якість різання на токарному верстаті являється на сучасному етапі достатньо перспективним.

*Мета і завдання дослідження.* Встановити математичні залежності (графічного характеру) основних технологічних показників процесу токарної обробки деталі від їх температурних значень у зоні різання шляхом комп'ютерного моделювання результату експерименту.

*Об'єкт дослідження.* Процес експрес-контролю за якісним температурним станом шпинделя під час токарної обробки виробу з використанням цифрової електроніки.

*Предмет дослідження.* Шпиндель токарного верстата.

*Методи дослідження.* Проведення серії чисельних експериментів з використанням CAD/CAM системи «COSMOS WORKS».

*Результати дослідження.* Вибір матеріалу: для необхідного розрахунку потрібно визначити матеріал деталі; для цього вибираємо закладку «COSMOS WORKS» у якій вибираємо «матеріал» і потім вибираємо опцію «застосувати для всіх». У вікні, яке з'явилося, вибираємо потрібний матеріал.

Якщо необхідного матеріалу немає в списку бібліотечних файлів, то матеріал можна задати вручну, нажавши на кнопку «змінити», далі ввівши хімічні та фізичні властивості матеріалу, після чого так само натискаємо «ОК».

*Задання границь:*

У цьому пункті потрібно накласти обмеження на розрахунок шпинделя, тобто визначити ті поверхні, де шпиндель має контакт з підшипниками.

Для цього вибираємо закладку «COSMOS WORKS», далі пункт «Навантаження/Обмеження», а там вибираємо пункт «Обмеження». Ліворуч з'являється меню, що пропонує задати поверхні обмеження. Обрані грані міняють свої кольори на зелений, що дозволяє легше орієнтуватися при їхньому виборі.

*Розрахунок.* У цьому пункті проводиться розрахунок деталі методом кінцевих елементів. Спочатку розрахунку виконується побудова сітки на твердому тілі, а потім і сам розрахунок безпосередньо.

Після виконання розрахунку у вікні «COSMOS Works manager» з'являться результати розрахунків у вигляді епюр переміщень, напружень, зусилля стиску, деформації та перевірки проектування, а, отже, розрахунок виконаний успішно.

*Результати:*

Напруження (рис. 1): мінімальне:  $176,021 \text{ Н/м}^2$  (213,421 мм; 9,83465 мм; 11,7205 мм); максимальне:  $194229 \text{ Н/м}^2$  (354,438 мм; 21,6506 мм; -12,5 мм).

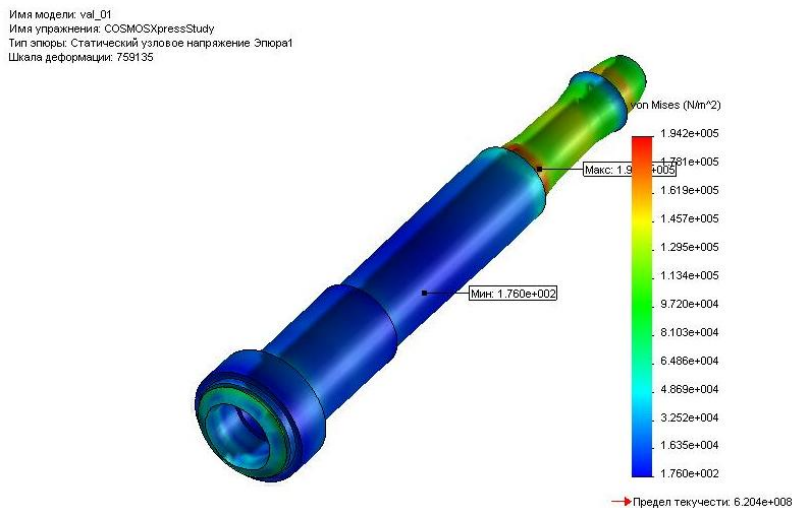


Рис. 1 – Еюра 1 – Напруження

Переміщення (рис. 2): мінімальне: (249,5 мм, -21,6506 мм, -12,5 мм); максимальне: 6,0262e-008 м (454 мм, 0 мм, 21 мм).

Имя модели: val\_01  
Имя упражнения: COSMOSXpressStudy  
Тип эпюры: Статическое перемещение Эпюра2  
Шкала деформации: 759135

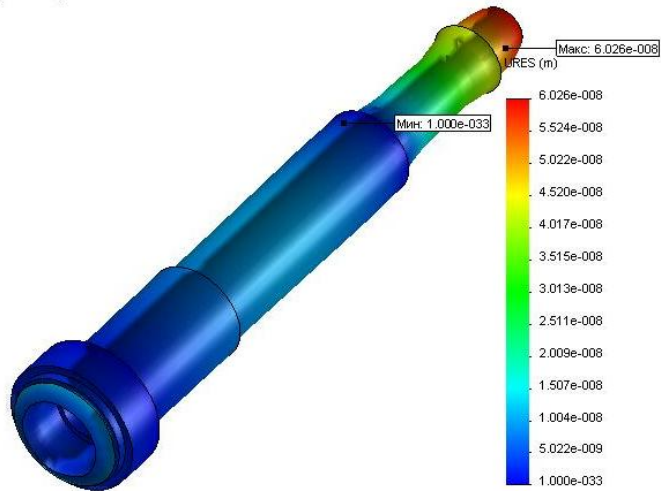


Рис. 2 – Епюра 2 – Переміщення

Имя модели: val\_01  
Имя упражнения: COSMOSXpressStudy  
Тип эпюры: Деформированная форма Эпюра3  
Шкала деформации: 759135



Рис. 3 – Епюра 3 – Деформація

Имя модели: val\_01  
Имя упражнения: COSMOSXpressStudy  
Тип эпюры: Проверка проектирования Эпюра4  
Критерий : Максимальное напряжение von Mises  
Красный < Коэффициент запаса прочности = 1 < Синий



Рис. 4 – Епюра 4 – Перевірка проектування

*Висновки.* Отримані результати моделювання підтвердили адекватність і правильність прийнятих конструктивних і технологічних підходів.

Науковий керівник

**Пономаренко А. М., к.т.н., доц.**

Література:

1. Режим доступу : <http://www.cadcamcae.lv/hot/sw-csm.pdf>.
2. Режим доступу : <https://etu.ru/ru/fakultety/ifio/sostav-instituta/kafedra-prikladnoy-mehaniki-i-inzhenernoy-grafiki/nauchno-issledovatel'skaya-rabota>.
3. Режим доступу : <https://www.dissercat.com/content/issledovanie-udarozashchishchennykh-polimernymi-kompaundami-konstruktsii-radiotekhnicheskikh>.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА В ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ COSMOS WORKS (2)**

**Марченко Р. Ю. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* Твердість деталей та вузлів верстатів є однією з характеристик якості, тому що поряд з геометричною та кінематичною точністю, обумовлюється також і точність оброблених деталей.

Значна номенклатура деталей виготовлена з важкооброблюваних матеріалів. У зв'язку із чим питома вага похибок обробки, викликаних недостатньою твердістю в балансі точності верстата, зростає.

Визначення показника твердості є також актуальним завданням при вхідному контролі металорізального устаткування. Воно повинно мати найвищу оцінку якості верстатів після їх ремонту та їх модернізації.

*Мета і завдання дослідження.* Розробка вихідних даних на проектування гнучкого різцетримача стосовно до адаптивної системи керування модернізованого верстата.

*Об'єкт дослідження.* Процес визначення показника твердості оправки в шпинделі та револьверній головці верстата.

*Предмет дослідження.* Шпиндель із оправкою.

*Методи дослідження.* Проведення серії технологічних експериментів із подальшою обробкою їх результатів у математичному середовищі MathCad.

*Результати дослідження.* Вузли працюючого верстата піддаються впливу сил різання, тертя, інерції; сил, викликаних вагою оброблюваних заготовок і технологічного оснащення; сил, що виникають при закріпленні заготовок. Під дією цих сил виникають пружні деформації деталей, що входять у вузол, і деформації стиків. Відповідно до цього розрізняють власну та контактну твердість.

Вузли верстата, що несуть заготовку та інструмент, – є основними вузлами, що визначають їхнє взаємне розташування в процесі обробки під дією вищевказаних сил, і визначають точність оброблених деталей. Тому твердість основних вузлів визначає твердість верстата в цілому.

Для верстатів токарної групи із ЧПК ДСТУ 8417-92 встановлено показник твердості – це відносне переміщення під навантаженням закріпленої на шпинделі оправки щодо револьверної головки.

При статичному методі випробування на твердість навантаження, що діють на оправку в шпинделі та револьверній головці, імітуються приблизно, тому що при цьому не створюється крутий момент і осьова складова сили різання.

Навантаження системи силою  $P$  проводиться в площині, перпендикулярній осі обертання шпинделя, під кутом  $60^\circ$  до напрямку поперечної подачі.

*Метод визначення твердості.* При випробуваннях токарних верстатів на твердість, роблять штучне навантаження, що імітує результуючі складові сил різання  $P_z$ ,  $P_y$ ,  $P_x$ .

Статичне навантаження створюють спеціальним пристроєм, конструкція та технічна характеристика якого повинна відповідати типу та розміру верстата.

Відносні переміщення вимірюють індикатором годинникового типу («МИГ») із ціною поділки 1 мкм і діапазоном виміру, що перевищує в 1.5–2 рази гранично припустиме значення цих переміщень.

*Порядок проведення випробування на твердість.* На шпинделі верстата (див. рис. 1) жорстко закріплюють оправку, основні розміри якої дані в табл. 1. При перевірці в отворі головки закріплюють пристрій для створення сил, що навантажують,  $P_1$  і  $P_2$ . Для вимірювання сил використовують робочі динамометри.

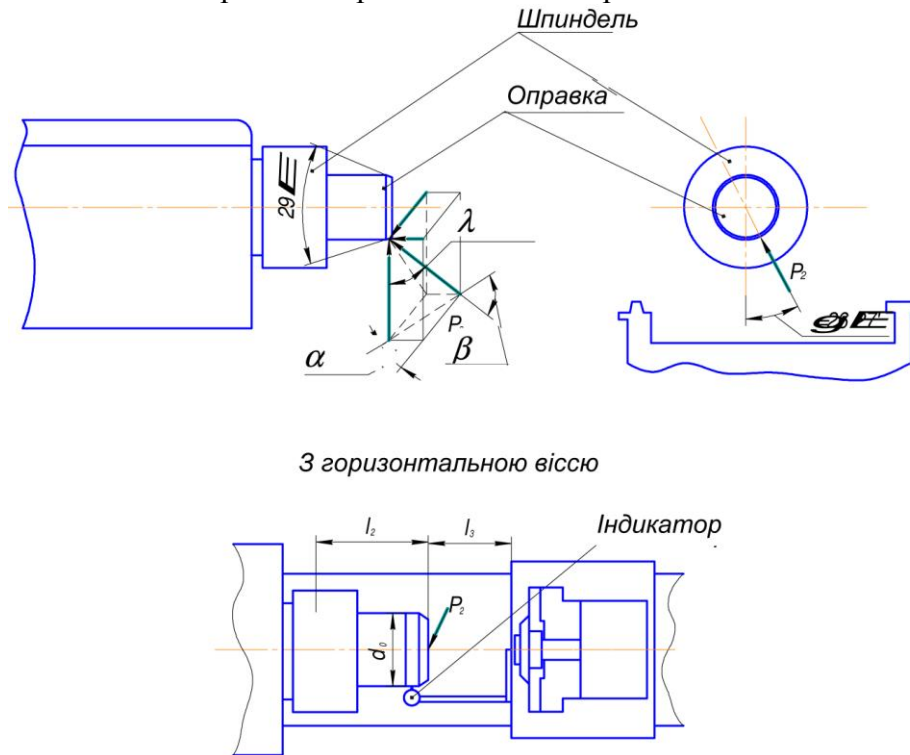


Рис. 1 – Схема випробування

Перед кожним випробуванням револьверну головку переміщують з наступною установкою (рухом до шпинделя) у задане положення, а шпинделю – поворот. При перевірці револьверну головку закріплюють.

Між оправкою, закріпленою на шпинделі, і револьверною головкою утворюються плавно зростаючі сили  $P_1$  і  $P_2$ , напрямком яких проходить через вісь оправки та становить у першому випадку кут  $60^\circ$  з напрямком поперечної подачі та у другому випадку – кут  $\alpha=30^\circ$  між напрямком поперечної подачі та проекцією сили  $P_2$  на горизонтальну площину та кут  $\beta=60^\circ$  між цією проекцією та самою силою, що навантажує.

Одночасно з навантаження вимірюється переміщення в напрямку поперечної подачі оправки, закріпленої на шпинделі, щодо револьверної головки.

Індикаторний пристрій закріплюють на револьверній головці. При цьому вимірювальний наконечник індикатора встановлюють так, щоб він доторкався бічного утворюючого паска оправки, а його вісь була б горизонтальною та перпендикулярною до осі оправки.

За величину відносних переміщень приймають середнє арифметичне результатів двох вимірювань.

Перевірку розташування револьверної головки роблять не менше, ніж у двох її позиціях. Параметри розташування вузлів при випробуванні токарних верстатів на твердість зазначені в табл. 1. Значення сил  $P_1$  і  $P_2$  зазначені в таблиці 1 для верстатів з різними діаметрами оброблюваної заготовки.

Згідно паспортним даним прийнятого типорозміру верстата токарної групи, зокрема верстата моделі 16К20Т1 твердість передньої бабки становить  $3 \text{кН/мм}^2$ , задньої бабки  $1,5 \text{кН/мм}^2$  і супорта  $1,5 \text{кН/мм}^2$ .

*Розрахунки з проектування конструкції гнучкого різцетримача*

В основі складання математичної моделі лежить динамічний баланс пружних переміщень і сил, що виникають в зоні різання, і пружні переміщення та сили протидії, передбачені в конструкції оправки.

$$\frac{1}{J_{\text{РММС min}}} = \frac{1}{J_{\text{шпин}}} + \frac{1}{J_{\text{суп}}} + \frac{1}{J_{\text{опр min}}} + \frac{1}{J_{3,6}}, \text{ - рівняння динамічного балансу}$$

пружних переміщень механічної системи верстата,

де:  $J_{\text{РММС min}}$  – результуючий мінімальний момент сили механічної системи верстата;

$$j_{\text{шпин}} = 30 \text{кН/мм} \text{ - момент сили шпинделя};$$

$$j_{\text{суп}} = 15 \text{кН/мм} \text{ - момент сили супорта};$$

$$j_{3,6} = 15 \text{кН/мм} \text{ - момент сили задньої бабки.}$$

$$j_{\text{опр min}} = \frac{48EI_1}{l_1^3} + \frac{48EI_2}{l_{2\text{max}}^3} \text{ - мінімальний момент сили оправки}$$

( $l_2=l_1=120 \text{мм}$ ;  $I_1 = 853 \text{мм}^4$ ,  $I_2 = 45 \text{мм}^4$ ,  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{МПа}$  – модуль пружності)

$$\frac{1}{J_{\text{РММС min}}} = \frac{1}{30} + \frac{1}{15} + \frac{1}{17,6790} + \frac{1}{15} = 4,479666 \text{кН/мм}$$

$$y_{\text{max}} = \frac{P_{y\text{max}}}{J_{\text{РММС min}}} = \frac{5755,187}{479,666} = 1,284736 \text{мм}$$

Серцевину виконуємо із сталі ХВГ.

$$\sigma = \frac{\Delta H}{H} E \leq [\sigma];$$

$$\frac{P_y}{S} = \frac{\Delta H}{H} E;$$

$$\text{де, } S = \frac{\pi d^2}{4};$$

$$\frac{4P_y}{\pi d^2} = \frac{\Delta H}{H} E$$

$$d = \sqrt{\frac{4P_y H}{\Delta H \pi E}}$$

де,  $P_{y\text{max}} = 5755,187 \text{Н}$ ,  $H = 80 \text{мм}$ ,  $\Delta H = ?$ ,  $E = 2,10^5 \text{МПа}$ ;

$$\Delta H = k \cdot y_{\text{max}}$$

$$\text{де } k = 0,001 \dots 0,01; y_{\text{max}} = \frac{P_{y\text{max}} l_{2\text{max}}^3}{48EI_2};$$

$$l_{2\text{max}} = 80 \text{мм}, P_{y\text{max}} = 5755,187 \text{Н}, I_2 = 45 \text{мм}^4;$$

$$y_{2\text{max}} = \frac{5755,187 \cdot 80^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 45} = 6,5 \text{мм}$$

Призначаємо: діаметр сердечника  $d = 20 \text{мм}$ .

З метою спостереження за пружними деформаціями встановлюємо два датчика ТД 50-450 МА.

*Висновки.* Представлена розробка вихідних даних на проектування гнучкого різцетримача стосовно адаптивної системи керування модернізованим верстатом.

Науковий керівник

**Пономаренко А. М., к.т.н., доц.**

Література:

1. Режим доступу : <https://www.dissercat.com/content/povyshenie-effektivnosti-ispolzovaniya-stankov-s-chpu-v-usloviyakh-diversifikatsii-proizvods>.
2. Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/proizvodstvennyy-sposob-opredeleniya-zhestkosti-uzlov-stankov>.
3. Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/programmnyy-kompleks-dlya-rascheta-i-issledovaniya-pogreshnosti-tokarnoy-obrabotki-nezhestkih-zagotovok>.

## **ПЕРСПЕКТИВНІ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДВЕДЕННЯ ТЕПЛА ІЗ ЗОНИ РІЗАННЯ ПРИ РОБОТІ ЗБІРНИМИ ТОКАРНИМИ РІЗЦЯМИ**

**Білоус Д. Є. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* Точіння є найбільш розповсюдженим видом обробки різанням, що широко застосовується у різних галузях машинобудування. Підвищення продуктивності та зменшення собівартості обробки різанням може бути досягнуте за рахунок інтенсифікації режимів різання і, в першу чергу, – швидкості різання. В той же час з підвищенням швидкості різання зростає температура різання, що може привести до зниження розмірної стійкості інструменту і, як наслідок, до зниження точності обробки. Особливо інтенсивним теплоутворенням і високими температурами на контактних поверхнях інструменту супроводжуються процеси обробки нержавіючих та жаростійких сталей і сплавів. В таких умовах температура різання виступає одним із основних факторів, що впливають на стійкість інструменту.

Зниження температури різання переважно здійснюють шляхом використання технологічних середовищ (ТС). Однак при точінні твердосплавними різцями з високими швидкостями різання та переривчастому різанні, безпосередня подача ТС в зону обробки може привести до нерівномірного охолодження різальних пластин та появи у твердому сплаві термічних тріщин та руйнування різального леза. Перспективними способами зменшення температури різання і підвищення стійкості різців є відведення тепла із зони різання шляхом охолодження різальних пластин знизу (теплові трубки, теплопровідні вставки, напівпровідникові вставки тощо). Разом з цим слід зауважити, що такі інструменти поряд з достатньо високою ефективністю відведення тепла із зони різання складні у виготовленні та експлуатації. Також у літературних джерелах практично відсутня інформація стосовно впливу конструктивних параметрів державок різців на стійкість різальних пластин. Все це стримує широке впровадження такого способу у реальне виробництво. Саме тому виникає потреба всебічного дослідження процесів теплопередачі в таких інструментах та пошуку перспективних шляхів удосконалення їх конструкції для підвищення стійкості різальних пластин та підвищення продуктивності обробки. Тому вирішення проблеми підвищення стійкості різального інструмента без застосування ТС є на даний час важливим науково – технічним завданням.

*Мета і завдання дослідження.* Підвищення стійкості збірних токарних різців з механічним кріпленням різальних пластин за рахунок інтенсифікації відведення тепла із зони різання без застосування технологічних середовищ.

*Об'єкт дослідження.* Об'єктом дослідження є процес токарної обробки збірними різцями з механічним кріпленням ЗНП.



*Предмет дослідження.* Умови та закономірності протікання процесів теплопередачі у збірних різцях з механічним кріпленням ЗНП.

*Методи дослідження.* Робота базується на наукових положеннях теорії різання та закономірностях теплопередачі в твердих тілах. Математичне моделювання використовувалося для оцінки термічного опору каналу внутрішнього відведення тепла у збірних токарних різцях. Експериментальні дослідження температури різання виконувалися на токарно-гвинторізному верстаті мод. 16К20 із використанням досвідчених різців та вимірювального обладнання лабораторії «Різального інструменту» кафедри ПХВ та ВНП. Результати, висновки та рекомендації підтверджені натурними експериментами та комп'ютерними розрахунками з використанням алгоритмів та моделей, розроблених магістрантом.

*Результати дослідження.* Одним із перспективних напрямків удосконалення різців із ЗНП є створення конструкцій різців та різальних пластин, які дозволяють зменшити рівень температур різання та забезпечити підвищення стійкості інструменту за рахунок інтенсифікації відведення тепла із зони різання. З підвищенням швидкості різання зростає температура різання та знижується стійкість інструменту. Особливо інтенсивним теплоутворенням і високими температурами на контактних поверхнях інструменту супроводжуються процеси обробки нержавіючих та жаростійких сталей і сплавів. В таких умовах температура різання виступає одним із основних факторів, що впливають на стійкість інструменту.

Проведений аналіз існуючих методологічних підходів до вивчення та удосконалення процесу точіння збірними різцями з механічним кріпленням ЗНП показав, що при роботі без МОТС інтенсивність тепловідведення із зони різання у найбільшій мірі залежить від контактного теплового опору стику між різальною пластиною та державкою.

Проведене теоретичне дослідження контактного теплового опору у збірних різцях з механічним кріпленням ЗНП на основі якого була розроблена комп'ютерна програма для розрахунку теплового опору у збірних різцях з механічним кріпленням ЗНП із врахуванням конструктивно-технологічних параметрів. Також були отримані графічні залежності впливу конструктивно-технологічних параметрів на тепловий опір збірних різців з механічним кріпленням ЗНП.

Для перевірки теоретичних розрахунків були проведені експериментальні дослідження впливу контактного теплового опору у збірних різцях з механічним кріпленням ЗНП на інтенсивність тепловідведення із зони різання. Отримані графічні залежності впливу теплового опору на температуру різання при точінні збірними різцями з механічним кріпленням ЗНП.

*Висновки:*

1. Теоретично встановлено, що тепловий опір збірних токарних різців у найбільшій мірі залежить від теплопровідності матеріалу державки та шорсткості опорної поверхні пазу державки.

2. Експериментально доведено, що зменшення контактного теплового опору стику та збільшення теплопровідності матеріалу державки приводить до зменшення температури різання і може позитивно впливати на стійкість різальних пластин збірних різців з механічним кріпленням ЗНП. Такий вплив може проявлятися особливо при обробці конструкційних матеріалів, теплопровідність яких нижча за теплопровідність різальної пластини.

3. Отримані результати досліджень можна у подальшому використати при розробці та удосконаленні конструкцій збірних інструментів.

Науковий керівник

Юрченко Ю. Д., к.т.н., доц.

Література:

- 1 Кушнер В. С. Влияние температуры на основные физические характеристики процесса резания / В. С. Кушнер // Физика и химия обработки материалов. – 1985. – № 4. – С. 45–50.
- 2 Drawish S. Investigation of the heat flow through bounded and brased metal cutting tools / S. Drawish, R. Daviest // Int. J. Mach. Tools and Manuf. – 1989. – 29. – № 2. – P. 229–237.
- 3 Шлыков Ю. П. Контактное термическое сопротивление / Ю. П. Шлыков, Е. А. Ганин, С. Н. Царевский. – М. : Энергия, 1977. – 328 с.
- 4 Кальченко В. В. Моделювання теплового поля збірних токарних різців з оптимально-орієнтованими непереточуваними пластинками в T-FLEX CAD 3D / В. В. Кальченко, Ю. Д. Юрченко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету : зб. наук. праць. – Чернігів : ЧДТУ, 2011. – № 3(51). – С. 48–52.

## **ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ЧИСТОВОМУ ТОЧІННІ АУСТЕНІТНИХ СТАЛЕЙ РІЗЦЯМИ З ВНУТРІШНІМ ТЕПЛОВІДВЕДЕННЯМ**

**Брижатиї Р. А. (студент ФКТМД)**

*Актуальність.* Ефективне застосування збірних токарних різців з внутрішнім тепловідведенням для обробки нержавіючих та жаростійких сталей аустенітного класу може бути досягнуте за умови їх роботи на оптимальних режимах різання, що забезпечують максимальну продуктивність обробки для заданих умов і вимог до точності та якості оброблених поверхонь. Відповідно до цього розробка математичних моделей та оптимізація режимів різання є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого сприяє інтенсифікації процесу точіння, дозволяє підвищити продуктивність та точність токарної обробки аустенітних сталей.

*Мета і завдання дослідження.* Підвищення ефективності токарної обробки аустенітних сталей шляхом застосування різців з внутрішнім тепловідведенням з розробкою математичних моделей процесу різання та оптимізацією режимів різання з допомогою методів математичного програмування.

*Об`єкт дослідження.* Об`єктом дослідження є процес токарної обробки збірними різцями з внутрішнім тепловідведенням.

*Предмет роботи (дослідження).* У роботі проводиться дослідження умов, закономірностей та оптимізації процесів різання аустенітних сталей збірними різцями з внутрішнім тепловідведенням.

*Методи дослідження.* Робота базується на наукових положеннях теорії різання та закономірностях теплопередачі в твердих тілах. Математичне моделювання використовувалося для дослідження температури різання та прогнозуванні оптимальних режимів різання при точінні аустенітних сталей збірними різцями з внутрішнім тепловідведенням.

*Результати дослідження.* На основі аналізу літературних джерел було встановлено, що визначальними в процесі обробки різанням нержавіючих та жаростійких сталей являються як температурно-силовий фактор, так і фізико-механічні характеристики інструментальних та оброблюваних матеріалів.

В умовах точіння нержавіючих та жаростійких сталей і сплавів збірними твердосплавними різцями без використання МОТС та додаткових джерел енергії зменшення температури різання, підвищення продуктивності обробки та стійкості різальних пластин може здійснюватись за рахунок внутрішнього відведення тепла із зони різання.

Виконане планування повного факторного експерименту з трьома факторами і підтверджена значимість коефіцієнтів регресії. Аналіз рівняння регресії показав, що найбільший вплив на температуру різання при обробці різцями з внутрішнім тепловідведенням створюють швидкість різання та подача. Отримані аналітичні

залежності для розрахунку температури різання та встановлені температурні обмеження при обробці сталі 12X18H9T різцями з внутрішнім тепловідведенням.

Сформульована задача розробки математичної моделі процесу різання, яка б враховувала особливості обробки аустенітних сталей різцями з внутрішнім тепловідведенням і дозволяла визначати оптимальні режими різання при чистовій токарній обробці такими інструментами. За цільову функцію була прийнята продуктивність обробки, максимум якої досягається при мінімумі основного часу, або максимумі добутку  $n \cdot s \rightarrow \max$ . В результаті лінеаризації цільової функції і обмежень шляхом логарифмування і ввівши позначення  $x_1 = \ln 100S$ ,  $x_2 = \ln n$ , була отримана математична модель процесу різання, виражена системою лінійних нерівностей. Наведене також графічне представлення математичної моделі, визначені область можливих рішень та оптимальні значення подачі і частоти обертання шпинделя токарного верстата. На основі даної математичної моделі в середовищі MathCAD була розроблена прикладна програма, що дозволила з мінімальними витратами часу визначати оптимальні режими різання. Використання вказаної програми дозволило розробити практичні рекомендації для призначення режимів різання при обробці аустенітних сталей різцями з внутрішнім тепловідведенням.

#### *Висновки:*

1 Розроблені алгоритми та програми в середовищі MathCAD дозволяють з мінімальними витратами часу проводити розрахунки оптимальних режимів різання при обробці аустенітних сталей різцями з внутрішнім тепловідведенням, що можуть бути використані як у навчальному процесі, так і на виробництві.

2 При обробці деталей із жароміцних та корозійностійких сталей на рекомендованих режимах різання можна досягнути підвищення зносостійкості багатогранних твердосплавних пластин в 1,5...1,8 рази та продуктивності обробки деталей на 30...50% у порівнянні з різцями стандартизованих конструкцій. Разом з цим можна забезпечити задану точність та якість обробки поверхонь деталей.

3 Встановлено, що при чистовій обробці аустенітних сталей різцями з внутрішнім тепловідведенням кращі результати можуть бути отримані при використанні сплаву Т15К6, оптимальні швидкості різання для якого були більшими на 25...30% ніж для сплаву ВК6.

Науковий керівник

**Юрченко Ю. Д., к.т.н., доц.**

Література:

1. Старков В. К. Физика и оптимизация резания материалов / В. К. Старков. – М. : Машиностроение, 2009. – 630 с.
2. Юрченко Ю. Д. Різець збірний / Ю. Д. Юрченко, В. В. Мироненко // Патент України на корисну модель № 67609 МПК В23В 27/16 (2006.01) заявл. 05.09.2011, опубл. 27.02.2012, бюл. № 4.
3. Кальченко В. В. Обработка аустенітних сталей токарними різцями з внутрішнім тепловідведенням / В. В. Кальченко, Ю. Д. Юрченко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету : зб. наук. праць. – Чернігів : ЧДТУ, 2011. – № 4(53). – С. 79–85.
4. Зантур С. Оптимизация режимов резания при точении труднообрабатываемых материалов с учетом температурных ограничений / С. Зантур, В. А. Богуславский, Т. Г. Ивченко // Прогрессивные технологии и системы машиностроения : Международный сб. науч. трудов. – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2010. – Вып. 39. – С. 77–84.

## СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ РОЗТОЧУВАЛЬНИХ РІЗЦІВ З ВНУТРІШНІМ ТЕПЛОВІДВЕДЕННЯМ В «T-FLEX CAD 3D»

Капустін О. В. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Процес токарної обробки отворів у нержавіючих та жаростійких сталях супроводжується інтенсивним теплоутворенням і високою температурою на поверхнях контакту з інструментом, значними силами різання та підвищеним рівнем вібрацій. Усе це призводить до швидкого зносу інструменту, неможливості застосування продуктивних режимів різання та багатократного збільшення часу обробки деталей.

Одним із перспективних шляхів вирішення даної проблеми є застосування збірних розточувальних різців з внутрішнім тепловідведенням, що забезпечують значне підвищення продуктивності обробки таких сталей та зменшення інтенсивності зносу багатогранних твердосплавних пластин шляхом інтенсифікації відведення тепла із зони різання. Невід'ємною умовою підвищення продуктивності обробки таких сталей є встановлення оптимальних режимів різання.

Важливим етапом розробки математичних моделей процесів різання є визначення обмежуючих факторів. Одним із таких факторів, у даному випадку, являється міцнісний критерій. Він визначається міцністю різальної пластини, тіла та опорної поверхні державки різця, що обмежують значення подачі в процесі обробки. Такі дані для збірних розточувальних різців з внутрішнім тепловідведенням на даний час у довідниковій літературі відсутні, що не дозволяє провести оптимізацію режимів різання для таких інструментів. Тому для вирішення вказаної проблеми виникає необхідність проведення міцнісних досліджень такого інструмента і встановлення відповідних критеріїв.

*Мета і завдання роботи (дослідження).* Встановлення міцнісних критеріїв розточувального різця з внутрішнім тепловідведенням шляхом комп'ютерного моделювання в системі «T-FLEX CAD 3D».

*Об'єкт роботи (дослідження).* Об'єктом дослідження є процес токарної обробки збірними розточувальними різцями з внутрішнім тепловідведенням.

*Предмет роботи (дослідження).* Методики та процедури статичного аналізу розточувального різця з внутрішнім тепловідведенням з використанням комп'ютерних моделей.

*Методи дослідження.* Робота базується на наукових положеннях та методах комп'ютерного моделювання. Комп'ютерне моделювання використовувалося для дослідження міцності різальних пластин та опорних поверхонь розточувального різця з внутрішнім тепловідведенням та отримання міцнісних обмежень при точінні аустенітних сталей збірними розточувальними різцями з внутрішнім тепловідведенням.

*Результати роботи (дослідження).* Для встановлення числових значень вказаних критеріїв були проведені комп'ютерні дослідження з використанням програмного комплексу «T-FLEX CAD 3D». Об'єктом досліджень був вибраний збірний розточувальний різець з внутрішнім відведенням тепла із зони різання. Були розроблені 3Д моделі різця, різцетримача та верхніх саночок супорта верстата (рис. 1), була розроблена методика і проведені дослідження з визначення запасу міцності та переміщення вершини різальної кромки інструмента під дією сил різання.

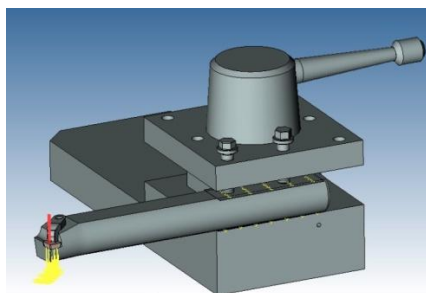


Рис. 1 – Накладення граничних умов та прикладення зовнішніх сил

Комп'ютерні дослідження проводились при значеннях режимів різання в діапазоні: глибина різання  $t = 2$  мм., подача  $S = 0,25 \dots 0,6$  мм/об., сила різання  $P = 500 \dots 2500$  Н. Фрагменти результатів досліджень наведені на рис. 2 та рис. 3.

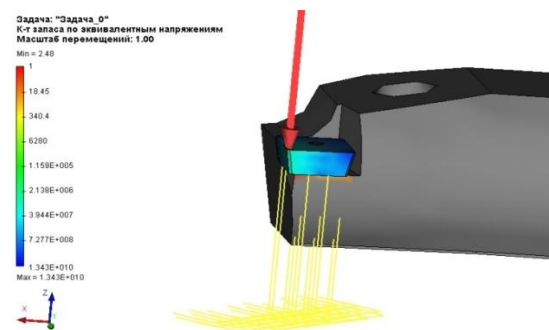


Рис. 2 – Результати досліджень запасу міцності на змінання опорної поверхні державки ( $P = 1500$  Н, різальна пластина – твердий сплав ВК6)

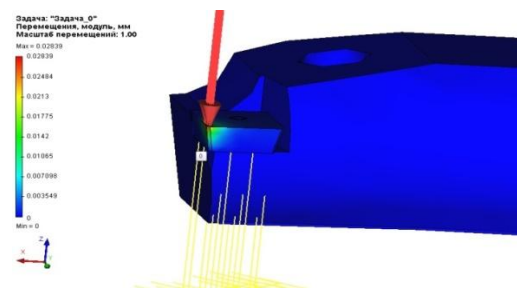


Рис. 3 – Результати досліджень переміщення вершини різця ( $P = 1500$  Н, різальна пластина – твердий сплав ВК6)

**Висновки.** Розроблені комп'ютерні моделі та методики статичного аналізу різця з внутрішнім тепловідведенням з використанням програмного комплексу «T-FLEX CAD 3D», що дозволили визначити переміщення вершини інструмента, розрахувати напруги та запас міцності опорних поверхонь пазу державки, а також обґрунтувати критерії, що обмежують силові навантаження на різальну пластину та державку різця при проведенні оптимізації режимів різання при обробці аустенітних сталей.

Науковий керівник

**Юрченко Ю. Д., к.т.н., доц.**

Література:

1. Мазур М. П. Основи теорії різання матеріалів: підруч. для вищ. навч. закл. / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков та інш. – Львів : Новий світ. – 2000, 2010. – 422 с.
2. Зубкова Н. В. Удосконалювання 3D моделювання різальних інструментів і елементів припуску шляхом уніфікації структур багато параметричних відображень простору : автореф. дис. канд.техн. наук / Н. В. Зубкова. – Харків, 2002. – 20 с.
3. Кроль О. С. Оптимизация и управление процессом резания / О. С. Кроль, Г. Л. Хмеловский. – К. : УМК ВО, 1991. – 140 с.
4. Кальченко В. В. Моделювання теплового поля збірних токарних різців з оптимально-орієнтованими непереточуваними пластинками в T-FLEX CAD 3D / В. В. Кальченко, Ю. Д. Юрченко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету : зб. наук. праць. – Чернігів : ЧДТУ, 2011. – №3(51). – С. 48–52.

# ЛІНІЙНИЙ СТАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

## В «SOLID WORKS SIMULATION»

Скородід В. В. (студент ФКТМД)

*Актуальність.* Верстатні пристрої являються найбільш складною і трудомісткою частиною технологічного оснащення. Застосування досконалих верстатних пристроїв дозволяє усунути розмітку заготовок перед обробкою, підвищити точність обробки, збільшити продуктивність праці, зменшити собівартість продукції, полегшити умови праці робітників та розширити технологічні можливості обладнання.

Високі технічні та економічні вимоги, що висуваються до сучасних конструкцій верстатних пристроїв, ставлять перед проєктувальниками цілий комплекс завдань, які можуть бути вирішені шляхом використання новітніх систем автоматизованого проєктування, таких як КОМПАС-3Д, T-FLEX, «SolidWorks» та інші.

Найбільш відповідальною та складною у виготовленні деталлю верстатного пристрою є корпус. Тому одним із найбільш важливих критеріїв оптимізації конструкції пристрою є забезпечення необхідної жорсткості та міцності корпусу при мінімальній його масі. В умовах серійного виробництва, корпуси пристроїв найчастіше виготовляють зварними із сталю прокату. При розрахунках статичних навантажень корпусів пристроїв, виготовлених із конструкційних вуглецевих сталей рекомендованих у довідниках коефіцієнт запасу міцності становить не менше  $K = 3 \dots 5$ , оскільки при їх конструюванні точні розрахунки міцності, як правило, не проводять. Це обумовлено тим, що розрахунок напружено-деформованого стану корпусу класичними методами з використанням загальновідомих методик з дисциплін „Опір матеріалів” та „Теоретична механіка” – є дуже об’ємною роботою, що вимагає багато часу. Тому виникає потреба у розробці та застосуванні нових методик, що дозволяють прискорити міцнісні розрахунки корпусних деталей пристроїв та встановити оптимальні їх розміри.

Одним із перспективних шляхів вирішення такої проблеми є застосування сучасних САПР, що дозволяють суттєво зменшити витрати часу на проєктні розрахунки та забезпечити потрібні міцність та жорсткість конструкцій пристроїв при мінімальних витратах матеріалів.

*Мета і завдання роботи (дослідження):* полягає у оптимізації конструкції спеціальних верстатних пристроїв шляхом застосування сучасних комп’ютерних технологій.

*Об’єкт роботи (дослідження).* Об’єктом дослідження є процес проєктування спеціальних верстатних пристроїв.

*Предмет роботи (дослідження).* Методики та процедури лінійного статичного аналізу спеціальних верстатних пристроїв з використанням комп’ютерних моделей.

*Методи дослідження.* Робота базується на наукових положеннях та методах комп’ютерного моделювання. Комп’ютерне моделювання використовувалося для лінійного статичного аналізу спеціальних верстатних пристроїв.

*Результати роботи (дослідження).* При проєктуванні корпусів верстатних пристроїв такі їх конструктивні параметри як товщина верхньої та нижньої плит, конфігурація та товщина стійок і ребер жорсткості приймаються конструктивно згідно рекомендацій довідникової літератури, із урахуванням габаритних розмірів пристрою та силових навантажень. Тому ефективність таких рішень в більшості випадків залежить від досвіду та кваліфікації конструктора.

Для визначення раціонального співвідношення металоємкості та жорсткості корпусу верстатного пристрою були проведені дослідження його конструкції за допомогою спеціалізованого модуля «SolidWorks simulation». При цьому крім запасу міцності також враховувалася величина деформацій корпусу. Такий підхід обумовлений значним впливом деформації верхньої плити корпусу на точність обробки заготовки у пристрої.

При товщині верхньої плити корпусу 25 мм та товщини бокової стінки 20 мм максимальне переміщення корпусу пристрою складає 21 мкм, що менше допустимого значення ( $[\Delta_n] = 30$  мкм) у 1,43 рази.

Мінімальний коефіцієнт запасу міцності має поверхня фланцю деталі, де здійснюється розточування. Він складає  $K=2,19$ , що є прийнятним значенням.

Таким чином, застосування модуля «SolidWorks simulation» дозволило провести статичний аналіз усієї конструкції і отримати повний набір показників, що характеризують міцність та жорсткість проектного пристрою та оброблюваної деталі у процесі обробки. Проведені дослідження свідчать про надійність конструкції спроектованого пристрою і з високою ймовірністю гарантують його працездатність після виготовлення та налагодження, суттєво зменшують витрати часу та матеріалів на доопрацювання конструкції після виробничих випробувань.

#### *Висновки:*

1. Проведені комп'ютерні дослідження дозволили встановити раціональні товщини корпусу спроектованого пристрою, забезпечивши при цьому необхідний запас міцності та задану точність.

2. Використання отриманих даних дозволяє удосконалити конструкцію корпусів, змодельовавши декілька їх варіантів, перевірити їх на міцність і вибрати найкращий варіант, що значно скорочує час проектування виробів та усуває необхідність випробувань шляхом проведення виробничих експериментів та виготовлення дослідних зразків.

3. Використання розробленої методики розрахунку з використанням модуля «SolidWorks simulation» дозволяє отримати також інформацію про стан заготовки, що усуває можливість деформацій та змінання її поверхонь, що контактують із затискними елементами та опорами пристрою.

Науковий керівник

**Юрченко Ю. Д., к.т.н., доц.**

#### *Література:*

1. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва : підруч. для студ. вищ. навч. закладів / А. І. Боровик. –К. : Кондор, 2008. – 726 с.

2. Андреев Г. Н., Новиков В. Ю., Схиртладзе А. Г. Проектирование технологической оснастки машиностроительного производства : учеб. пособ. для машиностроит. спец. вузов / Г. Н. Андреев, В. Ю. Новиков, А. Г. Схиртладзе ; под ред. Ю. М. Соломенцева. – М. : Высшая школа, 1999. – 415 с.

3. Алямовский А. А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский и др. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 800 с. : ил.

4. Абашев О. А. Комплексный инженерный анализ с использованием семейства программных продуктов COSMOS / О. А. Абашев // САПР и графика. – 2005. – № 1. – с. 51–55.

## **ВІТРОГЕНЕРУЮЧІ УСТАНОВКИ**

**Головченко І. В.** (учень Кам'янського еколого-економічного ліцею)

*Актуальність.* Серед численних напрямів використання поновлюваних джерел енергії вітроенергетика займає одне з провідних місць. Це пояснюється багатьма чинниками, серед яких найбільш важливими є: безшумність у роботі, екологічна чистота перетвореної енергії, відсутність викидів та побічних продуктів виробництва енергії тощо. Вітрова енергетика завжди буде впливати на резерви енергетичної системи, величина яких залежатиме від розміру енергосистеми, виду генерації, коливальних, управління попиту і ступенем інтеграції з іншими системами. При цьому великі енергосистеми можуть використовувати перевагу, що полягає у різноманітності джерел генерації. Таким чином, дослідження роботи вітроенергетичних установок в Україні є актуальним питанням.

*Мета і завдання роботи.* Метою роботи є дослідження роботи вітроагрегату в побутових умовах. Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання: а саме проведений аналіз існуючих вітрогенеруючих установок; розроблена методика дослідження роботи вітроагрегату; отримані параметри вітрогенеруючого агрегата горизонтального типу з трьома лопатями.

*Об'єкт дослідження.* Вітроагрегати різного типу.

*Предмет дослідження.* Основні параметри вітрогенеруючих установок.

*Методи дослідження.* Теоретичні дослідження проводились на основі загальноприйнятих методик випробувань вітрових установок.

*Наукова новизна і практичне застосування.* В результаті аналітико-експериментальних досліджень буде розроблений вітрогенеруючий генератор для побутових потреб.

У загальному випадку вітроенергетична установка (ВЕУ) представляє собою комплекс взаємопов'язаного обладнання та споруд, призначений для перетворення енергії вітру в інші види енергії (електричну, механічну, теплову та ін.) і включає в себе вітроагрегат і вітродвигун.

Вітроагрегат, будучи основною частиною ВЕУ, складається з вітродвигуна, системи передачі вітрової потужності на навантаження (споживача) і самого споживача вітрової енергії (якого-небудь пристрою: електромашинного генератора, водяного насоса, нагрівача і т. п.).

Вітродвигун є пристроєм для перетворення кінетичної енергії вітру в механічну енергію робочого руху вітродвигуна. Робочі рухи, які робить вітродвигун, можуть бути різними. На існуючих сьогодні вітродвигунах в якості робочого руху використовується круговий обертальний рух. Разом з тим відомі численні пропозиції (іноді навіть реалізовані) по використанню інших видів робочого руху, наприклад коливального.

Основними функціональними елементами вітрових електроустановок є: вітровий двигун, електрогенератор, механічна (є також системи без передачі) передача, пристрої автоматичного управління та регулювання, допоміжні пристрої (рис. 1).

Вітровий двигун є проточним двигуном, що перетворює кінетичну енергію вітру в механічну. Вітровий двигун з горизонтальною віссю складається з:

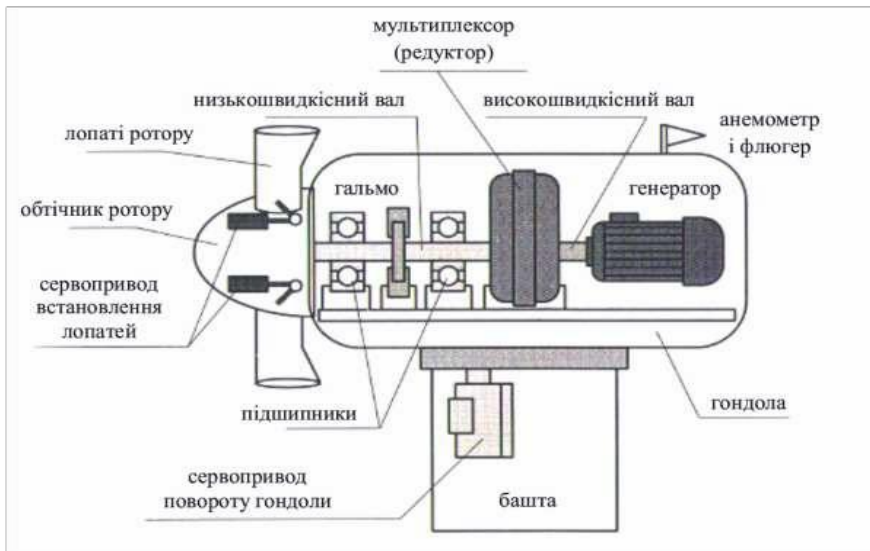
- ротора, сформованого з комплексу закріплених променевих лопатей в маточині розташованого на горизонтальному валу;
- основного корпусу (башти або гондоли), розташованого на рухомому (обертовому) наконечнику на вежі або щоглі відповідної висоти;
- направляючих пристроїв, що призначені для підстроювання ротору під вітер, тобто віссю паралельно до напрямку вітру;
- регулювальних і керуючих пристроїв;
- комплексу зняття і видачі електричної енергії.

В залежності від значення коефіцієнта швидкохідності, вітрові двигуни поділяють на:

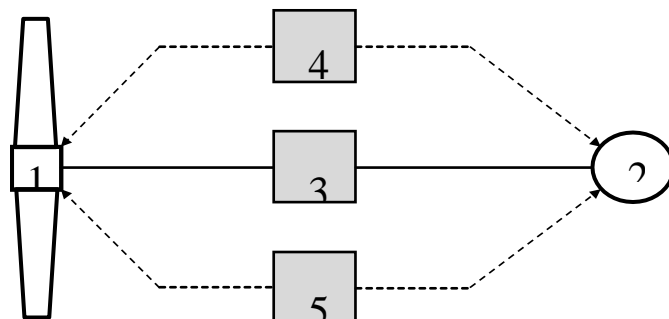
- тихохідні, що називають також вітровими турбінами, з коефіцієнтом швидкохідності  $Z \leq 1.5$ ; вони мають ротор з великою кількістю лопатей (12...40) і відрізняються великим пусковим моментом;
- з середньою швидкістю, коефіцієнтом швидкохідності:  
 $1.5 < Z < 3.5$  з 4...7 лопатями;
- швидкохідні з  $Z \geq 3.5$ , що мають ротори у вигляді авіаційного пропелера з трьома, двома або однією лопаттю; вони мають найбільшу аеродинамічну підготовленість, але невеликий пусковий момент.

Найбільшого поширення в даний час має поки ще класична схема ВЕУ, що має в своєму складі ротор, мультиплікатор з передавальним відношенням від 50 до 100 і швидкохідний генератор з частотою обертання 1000...1500 об/хв.





а) функціональна схема вітрової установки



б) розріз вітрової установки

Рис. 1 – Основні елементи вітрової електроенергетичної установки:

1 – вітровий двигун, 2 – електрогенератор, 3 – механічна передача,  
4 – пристрої автоматичного регулювання і управління, 5 – допоміжні пристрої

Вітровий двигун характеризується через коефіцієнт швидкохідності, який виражено залежністю:

$$Z = \frac{u_z}{v} = \frac{\pi R \omega}{30v} \quad (1)$$

де:  $u_z$  – окружна (обводова) швидкість кінців лопатей [м/с],  $v$  – швидкість вітру [м/с],  $R$  – відстань від кінця лопаті до вісі обертання ротора [м],  $\omega$  – кутова швидкість ротора [хв<sup>-1</sup>].

Крім цього для забезпечення високого коефіцієнта корисної дії (ККД) ротора практично для всіх ВЕУ мегаватного класу застосовується інвертор (перетворювач частоти), що забезпечує можливість роботи ротора з оптимальними змінними оборотами залежно від швидкості вітру.

Вартість мультиплікатора становить 12...15 % вартості ВЕУ, а ціна перетворювача частоти складає ~ 20 % від вартості ВЕУ.

Вітротурбіни з горизонтальною віссю обертання можуть використовувати для перетворення енергії вітру підйомну силу або силу опору (рис. 2). Вони можуть бути виконані з різним числом лопатей: від однолопатевої пристроїв з контрвантажками до багатолопатевої. Система, на якій укріплена вітротурбіна, виконується поворотною, яка за напрямком вітру за допомогою хвостового оперення або віндрози. Для обмеження частоти обертання вітроколеса при великій швидкості вітру застосовується спосіб установки лопатей у флюгерне положення, а також пристрої для виведення вітроколеса з-

під вітру. Лопаті можуть бути безпосередньо закріплені на валу вітроколеса або ж обертовий момент може передаватися від його обода через вторинний вал до генератора або іншої робочій машині. Вітроприймальні пристрої 1–3 використовують для своєї роботи підйомну силу профілів, а 4, 5 – силу опору.

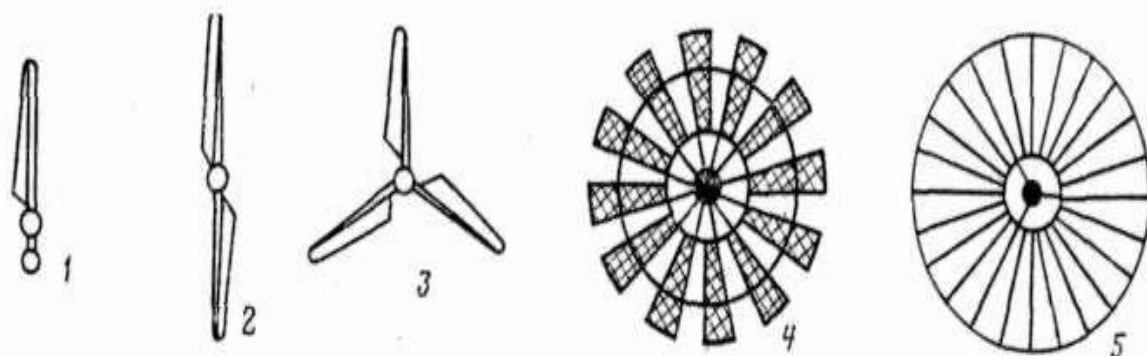


Рис. 2 – Вітроприймальні пристрої з горизонтальною віссю обертання:  
 1 – однолопатеве вітроколесо; 2 – дволопатеве; 3 – трилопатеве;  
 4 – багатолопатеве; 5 – багатолопатеве велосипедного типу.

В основному у горизонтально-осьових ВЕУ вітрове колесо має крилоподібну форму і обертається у вертикальній площині, перпендикулярно напрямку вітру, а вісь вітроколеса паралельна потоку. Основною обертальною силою у коліс цього типу є підйомна сила лопатей.

*Висновки:*

1. Аналітичний огляд існуючих вітрових агрегатів показує, що в побутових умовах найдоцільніше використання агрегатів комбінованого типу з трьохлопатевою конструкцією.

2. Важливою характеристикою є вертикальний профіль вітру, тобто зміни його швидкості по висоті в приземному шарі. Вплив земної поверхні на швидкість і напрям вітру зменшується в міру збільшення висоти. Тому швидкість зазвичай зростає, а поривчастість і прискорення потоку знижуються. Градієнт швидкостей влітку, як правило, менше, ніж взимку, коли вертикальний перепад температур відносно невеликий.

3. На підставі даних спостереження швидкостей вітру по висоті виведено узагальнюючі формули для визначення швидкості вітру по висоті. З них найбільш проста залежність для висоти від 5 м і вище має наступний вираз:

$$v = v_{\frac{h}{h_{\Phi}}} \cdot \frac{1}{5}$$

4. В горизонтально-осьових ВЕУ вітрове колесо має крилоподібну форму і обертається у вертикальній площині, перпендикулярно напрямку вітру, а вісь вітроколеса паралельна потоку. Основною обертальною силою у коліс цього типу є підйомна сила лопатей.

Науковий керівник

**Жиленко О. О., ст. викл.**

*Література:*

1. Источник энергии – ветер [Электронный ресурс]. – Режим доступа к данным: <http://www.bellona.ru/>
2. Кривцов В. С. Ветроэлектрогенераторы. Неисчерпаемая энергия : учебник / В. С. Кривцов, А. М. Олейников, А. И. Яковлев ; Харьк. нац. аэрокосм. ун-т. – Х. : – С. : Севаст. нац. техн. ун-т, 2003. – 400 с.

3. Перспективы мировой ветроэнергетики. Доклад GWEC, Greenpeace International, DLR и Ecofys Spnsultancy / [под ред. Crispin Aubrey, Angelika Pullen, Arthouros Zervos, Sven Teske]. – Berlin, 2007. – 31 с.

4. Харитонов В. П. Автономные ветроэлектрические установки / В. П. Харитонов. – М. : ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.

## ТВЕРДОФАЗНА ФЕРМЕНТАЦІЯ ОРГАНІЧНОЇ МАСИ

Гудзима Д. Р. (учень Кам'янської загальноосвітньої школи I-III ступенів №1)

*Актуальність досліджень.* На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу все більшої популярності набирають біогазові установки, які одночасно вирішують низку екологічних, соціально-економічних і енергетичних задач. Розроблені реактори з різними принципами змішування біомаси, кращою ізоляцією, конструктивними особливостями, що сприяють ефективному розпаду біомаси і зниженню споживаної енергії, хоча й виконують свої функції, але не достатньо ефективні для широкого їх впровадження в сільськогосподарське виробництво. Отже, науково-практичні пошуки ефективних технологій, зокрема біоконверсії органічної маси, та забезпечення їх ефективним обладнанням, зокрема біореактором, на сьогоднішній день є актуальним питанням.

*Мета і завдання досліджень.* Метою роботи є удосконалення біогазової установки для твердофазної ферментації. Для досягнення поставленої мети були визначені наступні завдання: провести аналіз існуючих типів біогазових установок; визначити методик оцінки роботи біогазових установок; удосконалити біореактор для твердофазної ферментації органічної маси; провести серію експериментальних досліджень роботи модернізованої експериментальної установки та визначення її ефективності.

*Об'єкт досліджень.* Біогазові установки та технології їх використання.

*Предмет досліджень.* Основні параметри твердофазної ферментації органічної маси.

*Методи досліджень.* Теоретичні дослідження проводились на основі загально-прийнятих методик випробування біогазових установок.

*Наукова новизна і практичне застосування.* В результаті аналітико-експериментальних досліджень буде розроблений біореактор нового покоління, який забезпечує твердофазну ферментацію органічної маси.

З метою уточнення технологічних показників твердофазного збродження гною ВРХ в анаеробних умовах, які необхідні для вибору режимів ферментації гною конструктивно-технологічних параметрів ферментера, проведені експериментальні дослідження на базі фермерського господарства «Тимошівське» Черкаської області.

Свіжий підстилковий гній завантажувався у ферментер дискретно чотири рази на добу через 6 годин відповідно до експозиції збродження.

Основним критерієм оцінки роботи ферментера при проведенні експериментальних досліджень був визначений показник питомого виходу біогазу з кілограма сухої речовини. Вихід біогазу контролювався щодобово газовим лічильником, показники якого заносились в журнал випробувань ферментера.

В результаті експериментальних досліджень отримано рівняння регресії залежності питомого виходу біогазу від температури та експозиції збродження і вологості зброджуваної маси гною ВРХ, яке має наступний вигляд:

$$V=94,2 -2,235W - 0,6389T - 0,4358\tau + 0,0146W^2 + 0,0047T^2 + 0,0042\tau^2 + 0,0032WT + 0,0045W\tau - 0,0002T\tau \quad (1)$$

При вологості зброденої маси гною ВРХ  $W=82\%$  найбільший вихід біогазу, в межах  $2,4-3,4\text{ м}^3/(\text{кгсм}/\text{добу})$ , виділявся при температурі зброджування  $T=53^\circ\text{C}$  експозиції ферментації гною 25 діб.

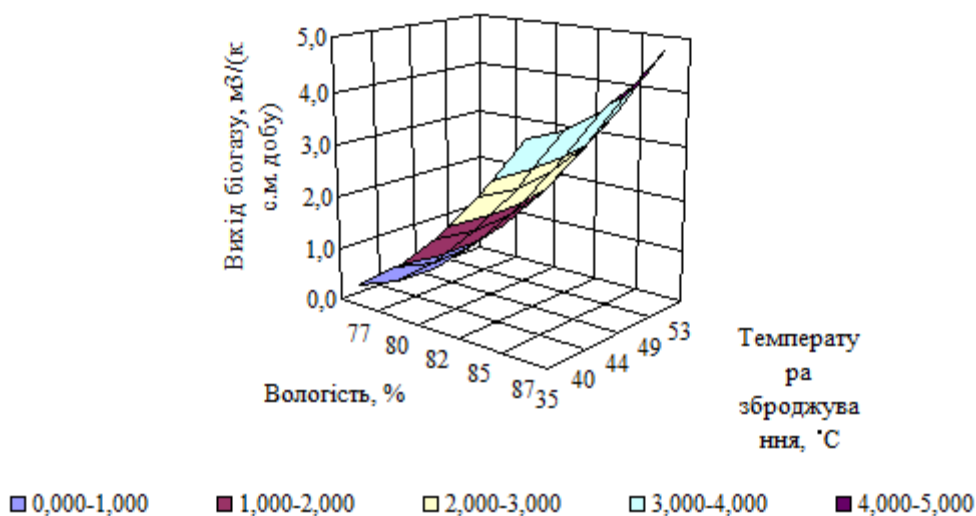


Рис. 1 – Залежність виходу біогазу від температури зброджування і вологості біомаси

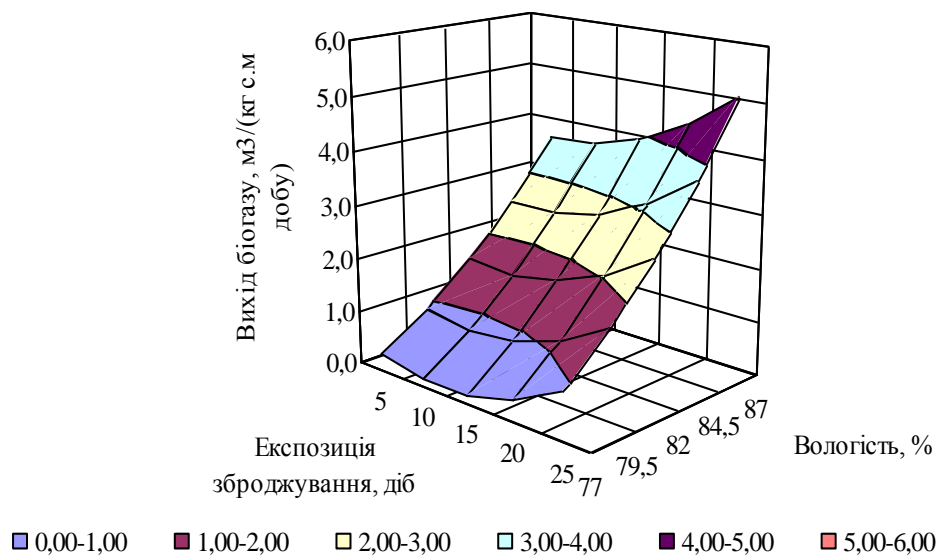


Рис. 2 – Залежність виходу біогазу вологості біомаси і експозиції зброджування.

При температурі зброджування  $T=44^\circ\text{C}$  вихід біогазу в межах  $4,0-5,0\text{ м}^3/(\text{кгсм}/\text{добу})$  виділявся при вологості  $W=87\%$  і експозиції 25 діб.

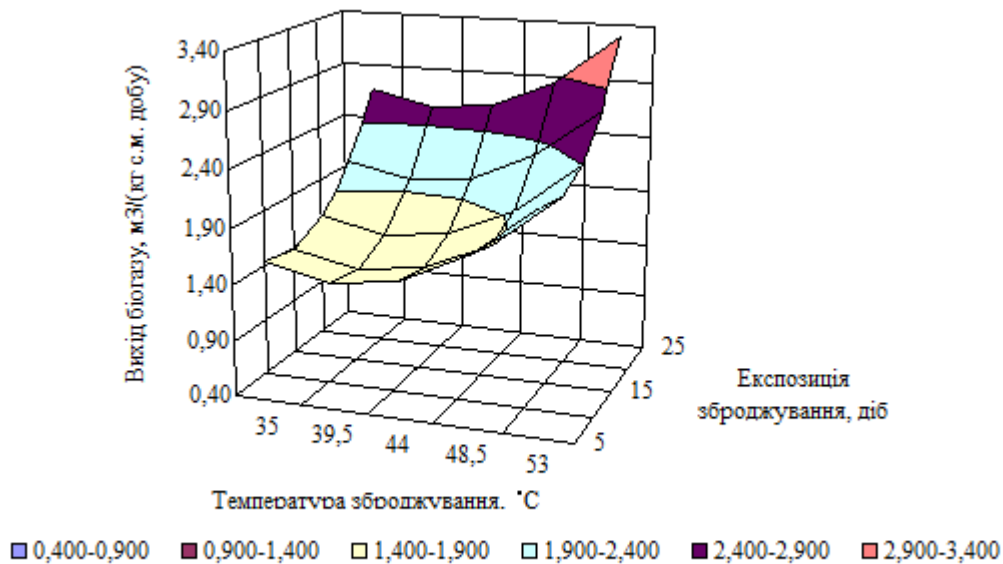


Рис. 3 – Залежність виходу біогазу температури і експозиції зброджування

Результати досліджень ферментації органічної маси при експозиції зброджування 15 діб показали, що вихід біогазу в межах 4,0–5,0 м<sup>3</sup>/(кгс м добу) виділявся при вологості W=87 % і температурі T=53°C.

Таким чином науковцям і практикам необхідно направити свій пошук, як на удосконалення мікробіологічних процесів ферментації біомаси так і на ефективні конструктивно-технологічні аспекти в розробці ферментерів і особливу увагу при цьому звернути на такі технологічні операції як стабільне завантаження біомаси, її безперервне перемішування і дотримання стабільного температурного режиму роботи ферментера.

*Висновки:*

1. Наведені методи зброджування гною дають змогу вирішити економічні, екологічні та санітарно-епідеміологічні проблеми, що виникають внаслідок накопичення великої кількості відходів тваринництва. Виробництво біогазу є однією з безвідходних технологій, яка виконує природоохоронну і ресурсо-ощадну функцію, утилізуючи відходи сільськогосподарського, спиртового, харчового виробництва тощо. І разом з тим, частково дозволяє вирішувати проблему збереження традиційних енергоносіїв.

2. Як показують дослідження з відносно низьким вмістом кисню в органічній речовині (безпідстилковий гній ВРХ та свиней) біохімічні процеси в ній протікають значно повільніше, ніж в інших органічних речовинах (підстилковий гній або компост).

3. Кількість біогазу, який виділяється із органічної речовини в результаті біохімічної ферментації, залежить від їх органічних сумішей, складу субстрату, умов проходження процесу, терміну перебування біомаси в біореакторі бактеріального складу і активності метаногенеруючих бактерій.

4. Результати експериментальних досліджень показали, що при розробці ферментерів для твердофазної ферментації органічної маси науковцям і практикам необхідно направити свої зусилля, як на удосконалення мікробіологічних процесів ферментації органічної маси і на розробку новітніх конструкцій цих установок.

Науковий керівник

**Жиленко О. О., ст. викл.**

*Література:*

1. Бекер М. Е. Биотехнология / М. Е. Бекер, Г. К. Лиепиньш, Е. П. Райпулис. – М. : Агропромиздат, 1990. – 344 с.

2. Городний Н. М. Вермикультура и ее эффективность / Н. М. Городний, В. Б. Ковалев, И. А. Мельник, М. Ф. Повхан, Н. А. Оголенко. – К., 1990. – С. 30–33. – (Сел. хоз-во. Обзор, информ. / УкрНИИТИ. – Сер. Земледелие, агрохимия, с.-х. мелиорация).

3. Виестур У. Э. Принципы создания технологии и аппаратуры для твердофазной ферментации / У. Э. Виестур // Биоконверсия растительного сырья. Т. 1. – Рига, 1982. – С. 138–139.

4. Виестур У. Э. Системы ферментации / У. Э. Виестур, А. М. Кузнецов, В. В. Савенков. – Рига : Знатне, 1986. – 174 с.

5. Гелетуха Г., Кобзар С. Сучасний стан розвитку технологій анаеробного зброджування / Г. Гелетуха, С. Кобзар // Пропозиція. – 2001. – № 10. – С. 5–7.

## ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ПОБУТІ

**Кропива О. В.** (учень Кам'янського еколого-економічного ліцею)

*Актуальність досліджень.* Одним з перспективних напрямів є поглинання сонячного випромінювання та перетворення його в електроенергію та тепло за допомогою фотоелементів та сонячних колекторів. Середньорічна кількість сумарної сонячної енергії, що надходять на один квадратний метр поверхні на території України знаходиться в межах: від 1070 кВт·год/м<sup>2</sup> в північній частині України і до 1400 кВт·год/м<sup>2</sup> в її південній частині. Наведені енергетичні показники з надходження сонячної енергії є базовими при впровадженні сонячного енергетичного обладнання і рекомендуються до використання при проектуванні об'єктів сонячної енергетики, що є актуальним питанням на сьогоднішній день.

*Мета роботи.* Дослідження роботи сонячних батарей в умовах експлуатації мережі освітлення парку та розробка рекомендацій по його ефективній експлуатації.

*Завдання досліджень.* Розглянути можливості використання фотоелементів для забезпечення приватних будівель або домашніх підприємств; провести аналітичний аналіз можливостей використання сонячної енергії; визначити потенціал сонячної енергії в Україні і можливості її використання в народному господарстві; провести дослідження роботи сонячних панелей у виробничих умовах.

*Об'єкт досліджень.* Способи та сонячні енергетичні установки перетворення сонячного випромінювання в електроенергію.

*Методи дослідження.* Теоретичні дослідження, які проводились на основі статичного опрацювання матеріалу та експериментальні дослідження сонячних панелей у виробничих умовах.

*Практичне застосування отриманих результатів.* Отримані результати можуть бути використані при експлуатації сонячних батарей.

На випробування представлено автономну систему енергозабезпечення потужністю 1,0 кВт, до складу якої входять 8 сонячних фотоелектричних батарей з кріпильними елементами, контролером заряду акумуляторної батареї та інвертор з системною панеллю.

Автономна система енергопостачання працює в автоматичному режимі на протязі усього року, її функціональна схема зображена на (рис. 1).

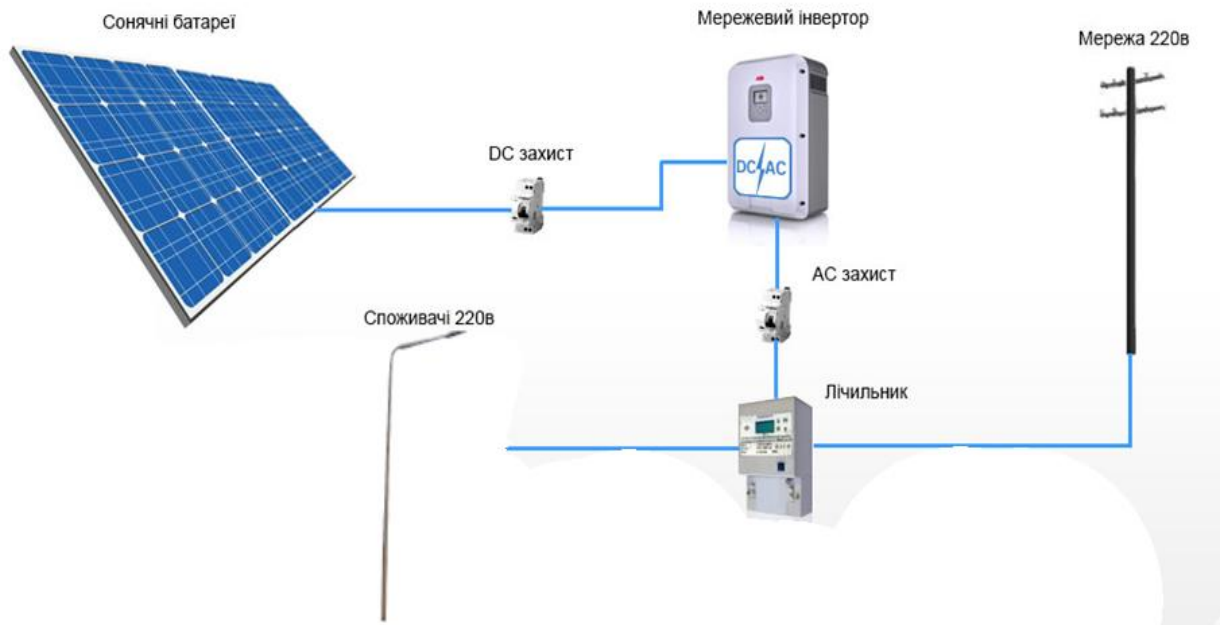


Рис. 1 – Функціональна схема з вироблення електроенергії  
1 – сонячна батарея; 2 – контролер заряду; 3 – інвертор

У системі присутнє одне джерело енергії – 2 сонячні фотомодулі. У світлий час доби, за наявності сонячної інсоляції відбувається заряджання акумуляторної батареї від фотомодулів через відповідний контролер заряду. У темний час доби, коли не заряджається акумулятор, споживання електроенергії живлення проходить за рахунок енергії, яка накопичилась в акумуляторній батареї.

Розрахунки місячної кількості енергії, яку виробляє одна панель, та їх необхідної кількості для забезпечення енергетичних потреб об'єкту при комфортному режимі автономного забезпечення та сезонною зміною кута нахилу сонячних батарей представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Зведені дані кількості необхідної електроенергії, щомісячного рівня сонячної інсоляції та кількості енергії виробленої однією панеллю, їх необхідна кількість

№	Показник	Місяці 2018											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Кількість необхідної електроенергії, кВт·год	98	88	84	68	56	54	56	70	84	84	95	98
2	Щорічна кількість електроенергії, кВт·год	8	13	22	29	37	38	34	31	22	14	7	6
3	Необхідна кількість панелей, шт	12	7	4	3	2	2	2	2	4	6	12	16
4	Кількість енергії що виробляється обраною кількістю панелей, кВт·год/м <sup>2</sup>	53	87	157	206	277	270	275	244	156	100	51	41

Згідно таблиці, необхідно використати 16 панелей, щоб повністю покрити потреби в електроенергії в комфортному режимі вибраного об'єкту енергоспоживання. Але, слід зазначити, що зменшення кількості панелей до 8 дає можливість забезпечувати енергією

об'єкт протягом 9 місяців при заданих умовах, що вдвічі знизить повну вартість енергосистеми.

Протягом 7 місяців енергосистема буде виробляти кількість енергії, яка перевищує необхідний рівень в 3–4 рази (рис. 2). В цьому випадку надлишкова електроенергія може бути продана державним установам з використанням «Зеленого тарифу», що знизить період окупності системи. Таким чином вибір меншої кількості панелей є більш раціональним з точки зору собівартості системи.

Для розміщення панелей виділено площу в  $20 \text{ м}^2$ . При розрахунку площі необхідної для розташування однієї панелі слід закласти додаткові інтервали (30 см) до висоти панелей для створення простору між ними, що дозволить проводити їх очистку.

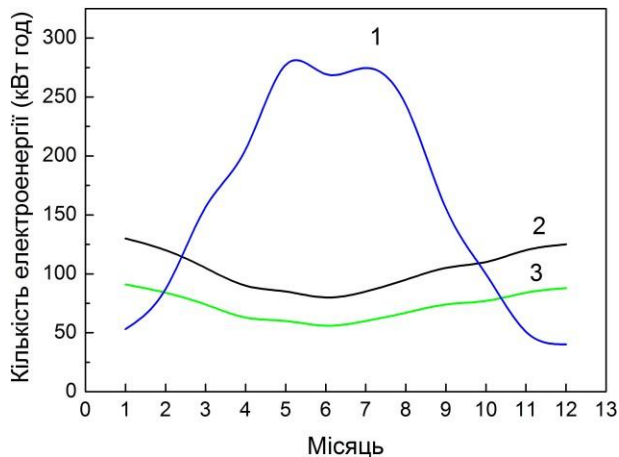


Рис. 2 – Графік вироблення електроенергії блоком сонячних батарей.

Необхідна площа для встановлення однієї панелі складає  $1,517 \text{ м}^2$ .

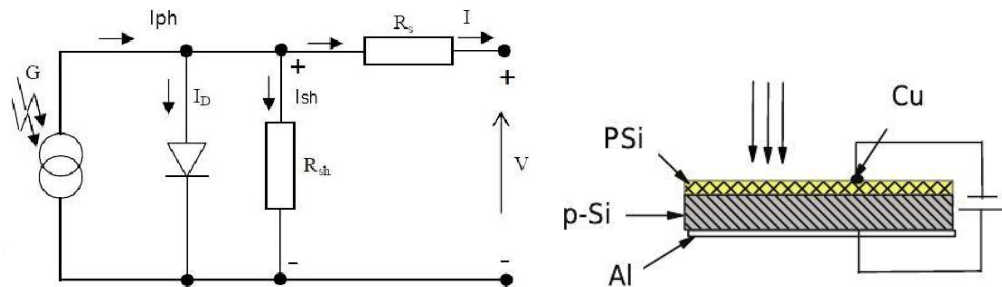


Рис. 3– Еквівалентна схема сонячного фотоелемента та його структура

Для установки нами була вибрана сонячна батарея, основні характеристики якої наведені в таблиці 1.

Для вибору величини напруги постійного струму потрібно встановити максимальну силу струму, що виробляють сонячні батареї, та максимальне значення потужності системи.

Слід відзначити, що струм в одному блоці енергосистеми, не повинен перевищувати  $100\text{--}200 \text{ А}$ , що обумовлено робочими особливостями сучасних інверторів. У блоці сонячні панелі були підключені паралельно. Сонячна панель, параметри якої представлені в таблиці 3.1, з 8 панелей, має силу струму в межах  $5,15\text{--}5,55 \text{ А}$ , яка у випадку використання блоку з 8 панелей збільшується до  $36,05\text{--}38,85 \text{ А}$ , що не перевищує максимального струму типових інверторів. Це дає можливість скомпонувати всі сонячні батареї в один електричний блок. Можна зробити висновок, що максимальне значення енергії, виробленої системою становить близько  $277,27 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ , в травні середньодобове значення  $8,94 \text{ кВт}\cdot\text{год}$ .



Користуючись рекомендаціями та враховуючи, що струм блоку сонячних батарей, який розглядається, не перевищує струму, на який розрахований типовий інвертор, можна зробити висновок, що величина напруги постійного струму енергосистеми 12 В буде оптимальним вибором.

*Висновки:*

1. Аналітичні дослідження і аналіз наукових джерел показав, що перетворення сонячної енергії в електричну в умовах України слід орієнтувати в першу чергу, на використання колекторів, це обумовлюється наявністю значних запасів сировини, промислової та науково-технічної бази для виготовлення колекторів. Це може забезпечити не лише потреби вітчизняного споживача, але й надавати для експортних поставок більше двох третин виробленої продукції.

2. Кількість енергії, що падає на одиницю площі в одиницю часу, залежить від багатьох факторів, а саме: широти місця на поверхні землі, місцевого клімату, сезону року, кута нахилу поверхні Землі по відношенню до Сонця.

3. На підставі аналізу тенденцій і темпів розвитку та впровадження різноманітного сонячного енергетичного устаткування в різних країнах світу доцільно спрямовувати вітчизняні прикладні наукові дослідження на розроблення наукових засад формування комбінованих систем використання поновлених джерел енергії.

4. За результатами експериментальних досліджень були зроблені висновки, що оптимальний період використання сонячної електростанції 9 місяців, але освітлення парку в період 3 місяців, які залишилися буде постачатися від електромережі більш раціональним буде встановлення акумулятор який накопичував енергію за ті 9 місяців.

Науковий керівник

**Жиленко О. О.**

Література:

1. Мюллер А. Г. Эффективность использования солнечной энергии на досушивание сена / А. Г. Мюллер, П. А. Чапский, А. Д. Гарькавый // Сб. науч. тр. ВИК. – 1997. – Вып. 37. – С. 27–32.

2. Рунчев М. С. Эффективность использования гелиоустановок / М. С. Рунчев, А. Н. Михальчук, О. Н. Горячев // Техника в сельском хозяйстве. – 1988. – № 1. – С. 15.

3. Стребков Д. С. Фотоэлектрическая энергетика касельского хозяйства / Д. С. Стребков, В. П. Муругов, Р. К. Алиев // Техника в сельском хозяйстве. – 1987. – № 2. – С. 20–21.

4. Сонячна мікроелектростанція // Зелена енергетика. – 2001. – № 4. – С. 13.

5. Електроенергія від сонця // Зелена енергетика. – 2001. – № 2. – С. 18–19.

### **ГРАНУЛЯТОР ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕЛЕТ**

**Лук'янчук Я. К.** (учень Кам'янської загальноосвітньої спеціалізованої школи I-III ст. № 2)

*Актуальність теми.* У зв'язку з підвищеним попитом на екологічно чисте паливо, та із постійним зростанням цін на енергоресурси, утилізація відходів рослинного походження (біомаси) стає високорентабельним способом економії енергоресурсів. Використання рослинної сировини на теплові потреби є проблематичним через їх низьку енергетичну щільність.

Тому її частіше ущільнюють у паки (брикети, гранули, рулони, тюки) на пресах і грануляторах різної конструкції. Розроблення та удосконалення конструкцій різного типу грануляторів для виробництва паливних брикетів із рослинної сировини та енергетичної деревини, соломи, а також обґрунтування раціональних режимів роботи та конструкцій машини і обладнання є актуальним питанням для вітчизняних виробників твердого біопалива, зокрема пелет.

*Об'єкт дослідження.* Прогресивні технологічні процеси та обладнання для виробництва твердого біопалива для опалювання приміщень.

*Мета і завдання дослідження.* Метою роботи є розробка і вдосконалення конструкції гранулятора для виготовлення пелетів з полови, соломи, ріпаку, стебла, лушпиння соняшнику та відходів деревини. Для досягнення поставленої мети вирішувались такі завдання: проведений аналіз існуючого обладнання для виготовлення пелет, розроблена методика визначення фізико-механічних і теплотехнічних властивостей пелетів, удосконалення конструкції гранулятора для виготовлення пелет малої потужності.

*Практичне значення одержаних результатів.* В результаті експериментальних досліджень виявлені раціональні режими роботи гранулятора, температура формування пелетів та вологість сировини матеріалу, а також дані рекомендації виробникам для використання запропонованої енергозберігаючої технології виготовлення пелетів, з використанням модернізованого гранулятора.

Виготовлення твердого біопалива з рослинних відходів відбувається шляхом з'єднання окремих елементів клітковини до стану, коли між ними починають діяти міжмолекулярні та міжатомні зв'язки. Цього стану можна досягнути шляхом пресування з використанням відносно великих тисків, при яких відбувається безперервне підвищення густини клітковини.

Для виробництва пелет з високими фізико-механічними та теплофізичними характеристиками необхідне відповідне пресове обладнання [6]. Одним з головних елементів пресового обладнання, від якого залежить якість виготовленого біопалива, є матриця. Профіль фільтри матриці, а саме зона входження матеріалу (довжина конусної частини, кут конусу), діаметр циліндричної частини і її довжина, зона виходу матеріалу впливає на властивості виготовлених гранул (густина, міцність, крихкість тощо). Окрім того, перед гранулюванням кожний вид рослинних відходів та композитів на їх основі мають свої фізико-механічні характеристики. Це фактично унеможливує на даний час розробку тільки на основі теоретичних методів рекомендацій для створення пресового обладнання з оптимальними конструкціями матриць.

Отже, проведення експериментальних досліджень виготовлення якісного біопалива з рослинних відходів та композитів на їх основі з метою отримання даних для розробки рекомендацій з вибору оптимальних конструктивних параметрів матриці є необхідним і актуальним.

Для експериментальних досліджень виготовлення пелет використовувались рослинні відходи та їх суміші, перелік та основні характеристики яких наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Види рослинних відходів, що використовувались при дослідженнях

Сировина	Листя клена	Листя дуба	Солома	Тирса	Лушпиння соняшника	Суміш тирси з соломою (1/1)	Суміш соломи з лушпинням соняшника (1/1)
Вологість, %	20-25	9; 32	9; 32	9; 32	9	9	9
Фракція, мм	1-4	0,1-1,0	1-4	0,1-1,0	2-8	-	-

При експериментальних дослідженнях виготовлення пелет з рослинних відходів та опалого листя клену застосовувалася наступна технологічна послідовність:

– збір рослинних відходів та листя, відокремлення від них металевих та сторонніх предметів;

- здрібнення рослинних відходів та використання шнекового здрібнювача;
- підсушування або зволоження рослинних відходів або листя;
- екструзія здрібнених рослинних відходів та вільним витіканням зразків у звужену матрицю.

Осіньне опале листя (рис. 1) до подрібнення неоднорідне за структурою та за ступенем зів'янення і після подрібнення (рис. 2). В ньому розрізняють плоску пелену, товщина якої не перевищує 0,1 мм і відносно тверду ніжку, діаметр якої лежить в межах від 1 до 2 мм. Відносна жорсткість листа, що характеризується відношенням найбільшої її ширини до товщини пелени, досягає 2000. На пелені листа віялоподібно відходять від ніжки затверділі капілярні потовщення (завтовшки до 0,5 мм) для постачання листів рідиною, які надають листу додаткову жорсткість.



Рис. 1 – Зібране опале листя клена

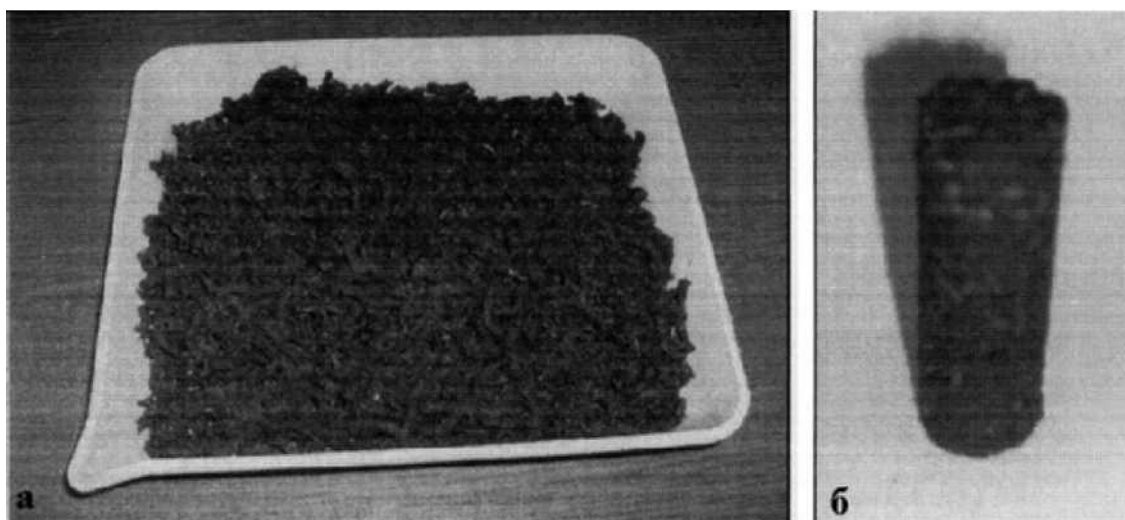


Рис. 2 – Опале листя після здрібнення (а) та заготовка з нього для вимірювання густини (б)

Для визначення густини здрібненого опалого листя, за допомогою спеціальної матриці попередньо виготовляли циліндричний зразок який вимірювали та зважували. Здрібненню піддавали також листя дубу та соломи, лущиння соняшника і тирса підлягали термічній обробці.

Вологість сировини вимірювалась за стандартною методикою [4], густина зразків біопалива визначалась за допомогою електронних вагів з ціною поділки  $1 \times 10^{-5}$  кг.

Результати досліджень по виготовленню пелет з соломи, тирси, лушпиння соняшника та їх сумішей підтвердили попередню апріорну та апостеріорну інформацію про ускладнення руху біосировини зі зниженою вологістю вздовж фільтри матриці. Так, в процесі стиснення з використанням всього переліку матриць у пресовому пристрої та всіх рослинних відходів та їх сумішей (при вологості 9%), що застосовувались в експериментах, пелетоутворення не відбувалось навіть за високих тисків (400 МПа). При цьому сировина втрачала пружні властивості, і зразок перетворювався в суцільну структуру в конусній частині матриці і корпусі преса. При значних зусиллях пресування відбувалось значне виділення лігніну, сліди якого разом з часточками біосировини спостерігались на конусній поверхні фільтри матриці після виймання зразка (рис. 3.).



Рис. 3 – Форма стисненої соломи та матриця

Дослідженнями встановлено, що при пресуванні суміші з використанням лушпиння соняшника (вологість 9%) утворюються пелети, які після виймання з корпуса пресового пристрою розшаровуються.

При пелетуванні рослинних відходів з підвищеним вмістом води, міжмолекулярні зв'язки між часточками зменшуються, що приводить до зростання пластичності біоматеріалу. Так, наприклад, при застосуванні в експериментах соломи і тирси вологістю 32%, зменшувалось внутрішнє і зовнішнє тертя в конусній частині матриці та відбувалось просування біосировини вздовж фільтри з виготовленням гранул. Але при цьому на виході зразків з фільтри матриць на них утворювались тріщини і пелети руйнувались (рис. 4, 5), що пояснюється збільшенням об'єму гранул під дією пружних сил біоматеріалу.



Рис. 4 – Зразок гранули, виготовленої з листя дуба при вологості 32%

Також результатами досліджень встановлено, що змащення машинним мастилом поверхні конуса матриці перед завантаженням біосировини, сприяє проходженню її вздовж фільтри і утворенню пелет.



Рис. 5 – Зразок гранули, виготовленої з тирси з вологістю 32%

Отже за результатами експериментальних досліджень можна зробити такі *висновки*:  
– основні конструктивні характеристики матриці по різному впливають на густину пелет, виготовлених з опалого вологого листа клену:

– збільшення кута входу біоматеріалу від 60° до 120° зменшує густину на 6 %, а збільшення довжини циліндричної її частини з 15 мм до 35 мм підвищує її на 3,5 %;

– виготовлення пелет з рослинних відходів і опалого листа низької вологості у відкритих матрицях пресового пристрою з вертикальним пуансоном, висота корпусу якого більше діаметра, не відбувається без попереднього змащення вхідної частини матриці;

– виготовлення пелет з рослинних відходів і опалого листа підвищеної вологості у відкритих матрицях зазначених пресових пристроїв здійснюється без ускладнень, але при висушуванні такі пелети значно зменшують густину і міцність та стають крихкими;

Таким чином, встановлено, що оптичний тиск пресування пелет з осіннього листа без додавання домішок лежить у межах від 200 до 400 МПа та забезпечує отримання пелет густиною 1.0 до 1.3 г/см<sup>3</sup>.

Науковий керівник

**Жиленко О. О., ст. викл.**

Література:

1. Дубровін В. О. Біоенергія в Україні – розвиток сільських територій та можливості для окремих громад : наук.-метод. реком. / В. О. Дубровін, М. Д. Мельничук, Ю. Ф. Мельник та ін. – К. : НУБіП України, 2009. – 122 с.

2. Царенко О. М. Захист довкілля в умовах заростаючого навантаження на природу / О. М. Царенко, Г. М. Олійник. – Суми : Слобожанщина, 2002. – 464 с.

3. Блюм Я. Б. Новітні технології біоенергокорверсії : монографія / Я. Б. Блюм, Г. Г. Гелетуха, І. П. Григорюк та ін. – К. : Аграр Медіа Груп, 2010. – 360 с.

4. Перспекти ведучих компаній з розробок технологій та обладнання для виробництва твердого біопалива. [Електронний ресурс]. Режим доступу : [www.bioresurs.com.ua](http://www.bioresurs.com.ua); [www.biotoplivo.ub.ua](http://www.biotoplivo.ub.ua); [www.PelletsGold.com](http://www.PelletsGold.com); [www.sck.ua](http://www.sck.ua); [www.alterenergy.com](http://www.alterenergy.com).

5. Гомонай М. В. Производство топливных брикетов. Древесное сырье, оборудование, технологии, режимы работы : монография / М. В. Гомонай. – М. : ГОУ ВПО МГУЛ, 2006. – 68 с.

6. Єременко О. І. Аналіз стану та тенденції розвитку твердопаливних виробництв / О. І. Єременко, О. В. Паянок, Д. М. Усенко // Науковий збірник «Вісник Степу». – Кіровоград : КОД, 2012. – Ч. 2. – С. 234–240.

## **ГЕОМЕТРИЧНІ НЕРІВНОСТІ ТА ЕКСТРЕМУМИ В ПОГЛИБЛЕНОМУ КУРСІ МАТЕМАТИКИ** **Жиленко О. (студент ННІ та ОТ, ЧНУ)**

*Актуальність.* У наш час геометрія для учнів основної школи є обов'язковою дисципліною. Її вивчення сприяє розвитку раціонального стилю мислення школярів із характерними для нього рисами: обґрунтованості, критичності, раціональності, алгоритмічності. Разом з тим, геометрична освіта має велике значення для розвитку уяви, інтуїції, які є основою творчої діяльності особистості. Нові вимоги сучасного суспільства, що характеризуються посиленням уваги до особистості учня, до його саморозвитку та самопізнання, разом зі змінами в умовах навчання школярів у класах різних напрямів профілізації, учнів з різним рівнем підготовки та різним рівнем мотивації, зумовлюють необхідність побудови оновленої методичної системи вивчення геометричних нерівностей та екстремумів. Актуальність проблеми вивчення геометричних нерівностей та екстремумів також зумовлена реальним станом вивчення цього розділу учнями старшої школи. Більшість учнів не можуть застосувати набуті знання та вміння під час розв'язування нових, нестандартних задач, припускаються помилок у побудові малюнків геометричних фігур. Про це свідчать результати підсумкової атестації випускників шкіл, зовнішнього сертифікаційного тестування, діагностичні тестові та контрольні роботи учнів 11 класу, анкетування вчителів, бесіди з учителями та учнями.

Таким чином, *актуальність дослідження зумовлена:*

- потребами особистості у ґрунтовних знаннях геометричних нерівностей та екстремумів для повсякденного життя та практичної діяльності;
- новими вимогами сучасного суспільства до особистості та відповідними цілями навчання;
- недостатнім рівнем засвоєння значною частиною випускників шкіл знань з розділу «Геометричні нерівності та екстремуми»;
- потребою вдосконалення методичної системи вивчення геометричних нерівностей та екстремумів;

*Мета дослідження.* Вивчити представленість теми «Геометричні нерівності та екстремуми» в шкільних підручниках та навчально-методичній літературі для учнів, студентів та вчителів. Розробити навчально-методичні матеріали до циклу занять, присвячених геометричним нерівностям та екстремумам.

*Об'єкт дослідження.* Навчання планіметрії учнів загальноосвітньої та профільної школи.

*Предмет дослідження.* Методична система вивчення геометричних нерівностей та екстремумів у загальноосвітній та профільній школі.

Відповідно до мети поставлено наступні завдання:

1. З'ясувати представленість теми «Геометричні нерівності та екстремуми» в програмах з математики, шкільних підручниках та навчально-методичних посібниках для студентів та вчителів математики.
2. Розглянути найважливіші методи одержання (доведення) геометричних нерівностей.
3. Розглянути основні методи знаходження геометричних екстремумів.
4. Розробити цикл занять математичного гуртка (факультативу), присвячених вивченню методів доведення геометричних нерівностей та знаходженню геометричних екстремумів.

5. Провести апробацію підготовлених навчально-методичних матеріалів.

Для розв'язання поставлених завдань використано такі *методи дослідження*:

➤ теоретичні – аналіз наукової, методичної, психолого-педагогічної літератури з проблеми дослідження, порівняльний аналіз різних підходів до вивчення геометричних нерівностей та екстремумів у підручниках з геометрії різних часів;

➤ емпіричні – педагогічне спостереження, анкетування, тестування, бесіди з учнями та вчителями, вивчення і узагальнення досвіду вчителів, констатуючий, пошуковий і формуючий експеримент, систематизація і узагальнення власного досвіду викладання математики учням-слухачам МАН та вихованцям гуртка «Інженерна механіка, комп'ютерне моделювання та робототехніка» ЗОШ та ліцеїв міста Кам'янки.

У процесі написання магістерської роботи усі поставлені завдання було виконано.

*Теоретичне значення* дослідження полягає в тому, що в ньому:

– проаналізовано методичні аспекти вивчення планіметрії в школі, виявлено основні підходи до подання матеріалу розділу "Геометричні нерівності та екстремуми" у підручниках різних авторів та у шкільних програмах з математики;

– виділено окремі цілі вивчення геометричних нерівностей та екстремумів у загальноосвітній школі;

– виділено методичні складові для різних етапів введення понять і доведення тверджень, а також чинники, які сприяють ефективному навчанню учнів розв'язуванню задач;

– визначено принципи відбору геометричних вправ для досягнення запрограмованих навчальних, розвиваючих та виховних цілей;

– запропоновано форми, методи і засоби навчання, які забезпечують ефективне вивчення геометричних нерівностей та екстремумів.

*Практичне значення* дослідження полягає в тому, що:

– систематизовано різні методичні підходи до вивчення розділу "Геометричні нерівності та екстремуми" та розроблено конкретні методичні рекомендації для вивчення змістових модулів цього розділу;

– запропоновано системи задач для різних етапів введення понять, доведення тверджень, розвитку конструктивних умінь, розв'язування задач;

– розроблено систему усних задач різних видів до основних змістових модулів розділу, що дає можливість розвинути вміння учнів розв'язувати задачі;

– розроблено методичні матеріали для контролю рівня навчальних досягнень учнів;

– запропоновано матеріали для виховання та розвитку учнів (тексти бесід, приклади визначних математичних задач, малюнки, схеми тощо).

Література:

1. Тихомиров В. М. Рассказы о максимумах и минимумах / В. М. Тихомиров. – М. : Наука, 1986. – 244 с.

2. Коксетер Г. С. М., Новые встречи с геометрией / Г. С. М. Коксетер, С. Л. Грейтцер. – М. : Наука, 1978. – 256 с.

3. Бляшке В. Круг и Шар / В. Бляшке. – М. : Наука, 1967. – 348 с.

4. Болтянский В. Г. Геометрические задачи на максимум и минимум. // Энциклопедия элементарной математики : кн. 5 / В. Г. Болтянский, И. М. Яглом. – М. : Наука, 1966. – с. 270-348.

5. Шклярский Д. О. Геометрические неравенства и задачи на максимум и минимум / Д. О. Шклярский, Н. Н. Ченцов, И. М. Яглом. – М. : Наука, 1970 – 336 с.

6. Рудин У. Основы математического анализа / У. Рудин ; 2-е изд. ; пер. с англ. – М. : Мир, 1976. – 320 с.

## ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

Погорілий Я. В. (учень Кам'янської загальноосвітньої школи I-III ступенів № 2)

*Актуальність досліджень.* Актуальність пошуку альтернативних джерел енергії зростає з кожним роком. Ріст цін на енергоносії змушує людство переходити до застосування нових поки, що нетрадиційних джерел енергії. Біопаливо сьогодні розглядається в Україні ,як вагома альтернатива традиційному джерелу енергії.

*Мета і завдання дослідження.* Метою роботи є дослідження технологічного процесу естерифікації рослинної олії та метанолу калію в метиловий ефір (біодизель) і гліцериновий осад.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались такі *завдання*, а саме: проведений аналіз способів виробництва біодизелю; досліджені фізичні властивості метилового ефіру, дизельного палива та сумішей дизельного палива з метиловими ефірами; проведені експериментальні дослідження гідромеханічного перемішування екстрактів.

*Об'єкт дослідження.* Технологічне обладнання для виробництва біодизелю.

*Предмет дослідження.* Загальний технологічний процес виробництва біодизельного палива.

Вибір *методів дослідження* зумовлений специфікою об'єкта, метою і завданнями наукової роботи, а саме: аналітичний огляд технологічного обладнання для виробництва біодизелю; метод проведення експериментальних досліджень

*Наукова новизна одержаних результатів.* Розроблені раціональні параметри гідромеханічної мішалки для естерифікації рослинної олії, а саме: частота обертання насоса – 700 об/хв., діаметр форсунки – 2.5 мм, кут нахилу лопаток мішалки – 30°, перемішування – 50 хв., температура процесу – 5°C.

*Практичне застосування одержаних результатів.* Запропонована технологія естерифікації рослинної олії та метанолу калію може застосовуватись при виробництві біодизеля.

Експериментальні дослідження естерифікації рослинної олії проводилися на експериментальній установці (рис. 1).



Рис. 1 – Експериментальна установка для виробництва біодизеля

За результатами експерименту отримали математичні моделі для визначення кінематичної в'язкості та температури спалаху:

$$\nu = 6,7360 - 0,0367\tau, \quad (1)$$

де  $\nu$  – кінематична в'язкість,  $\text{мм}^2/\text{с}$ ;  $\tau$  – час перемішування, хв.

$$T = 246,3173 - 0,1685T + 0,0321\tau^2, \quad (2)$$

де  $T_C$  – температура спалаху, °C;

$T$  – температура процесу естерифікації, °C.



Отримано математичну модель для визначення узагальненого показника якості дизельного біопалива, який залежить від температури процесу естерифікації та часу перемішування

$$P = -7,7013 + 0,1096T - 0,0038t \quad (3)$$

Дослідження свідчать, що, зі збільшенням температури процесу естерифікації, узагальнений показник якості дизельного біопалива збільшується (рис. 2), що пояснюється значним зменшенням температури спалаху при значному збільшенні кінематичної в'язкості. Зі збільшенням часу перемішування та зменшенням температури процесу естерифікації, узагальнений показник якості дизельного біопалива зменшується (рис. 2), що пояснюється незначним підвищенням температури спалаху та суттєвим зниженням кінематичної в'язкості.



Рис. 2 – Залежність узагальненого показника якості дизельного біопалива від температури процесу естерифікації та часу перемішування

За результатами експерименту отримано математичну модель для визначення споживаної потужності гідромеханічної мішалки:

$$P = 49,1201 - 13,9375d - 0,0847nH + 0,0001nH^2 \quad (4)$$

Аналіз взаємного впливу частоти обертання насоса і діаметра форсунок на споживану потужність насоса (рис. 3) свідчить, що зі збільшенням частоти обертання насоса та зменшенням діаметра форсунок від 2,5 до 1,5 мм споживана потужність насоса збільшується.

Мінімальна споживана потужність насоса становила 1,5 Вт за частоти обертання 700 об/хв, кута нахилу лопаток 60° та діаметра форсунок 2,5 мм [1].

Отримано також математичну модель для визначення питомої енергомісткості гідромеханічної мішалки з урахуванням узагальненого показника якості дизельного біопалива:

$$E = 0,9121 - 0,7601d + 0,0011nH + 0,018 \square \quad (5)$$

ГМ

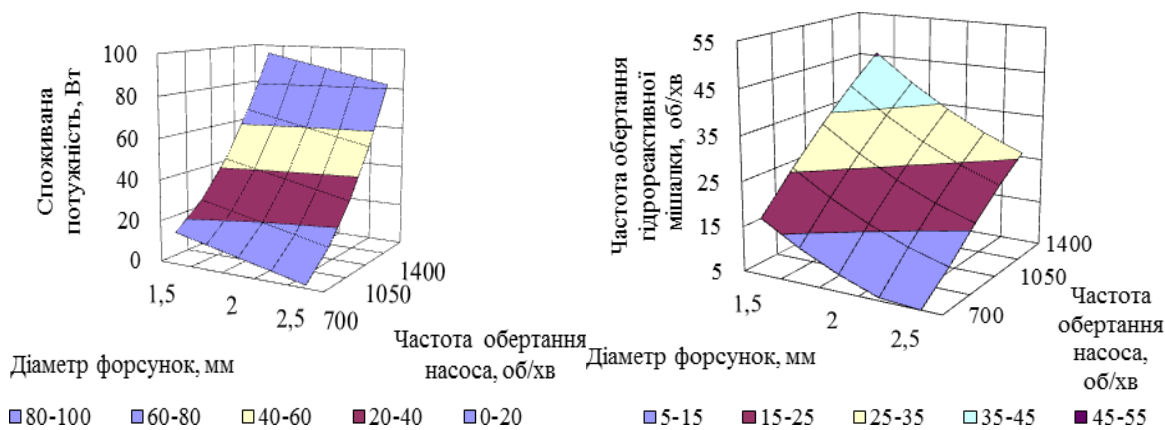


Рис. 3 – Залежність частоти обертання гідромеханічної мішалки від діаметра форсунок, кута нахилу лопаток та частоти обертання насоса

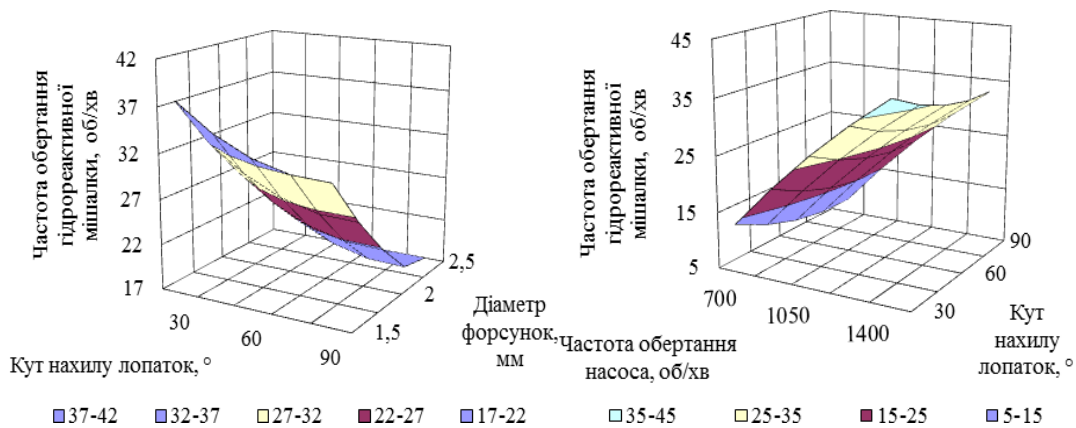


Рис. 4 – Залежність споживаної потужності від діаметра форсунок та частоти обертання насоса

Аналіз свідчить (рис. 5), що зі зменшенням діаметра форсунок питома енергомідкість гідромеханічної мішалки збільшується, завдяки зростанню споживаної потужності електродвигуна через збільшення напору насоса. Зі збільшенням часу перемішування питома енергомідкість гідромеханічної мішалки збільшується, завдяки збільшенню витрат енергії на перемішування.

*Висновки.* На основі експериментальних досліджень встановлено, що для процесу естерифікації рослинної олії узагальнений показник якості дизельного біопалива набуває мінімального значення за температури процесу естерифікації 5°C та часу перемішування 50 хв і становить від 2,4 до 3,7 %. На основі рівнянь регресії отримано такі раціональні параметри гідромеханічної мішалки: частота обертання насоса – 700 об/хв; діаметр форсунок – 2,5 мм; кут нахилу лопаток – 30°; час перемішування – 50 хв; температура процесу – не нижче за 5°C.

Науковий керівник

Жиленко О. О., ст. викл.

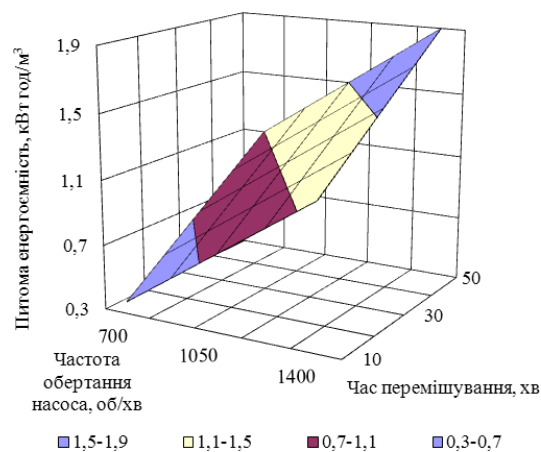
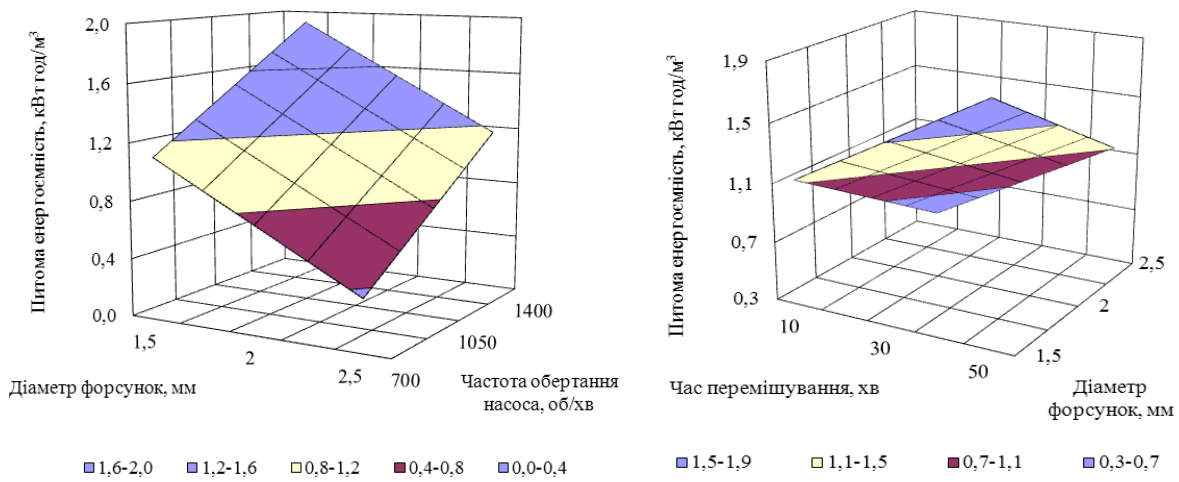


Рис. 5 – Залежність питомої енергоємності гідромеханічної мішалки від діаметра форсунок, часу перемішування та частоти обертання насоса

#### Література:

1. Голуб Г. А. Взаємозв'язок потужності насоса та параметрів гідрореактивної мішалки при перемішуванні ріпакової олії / Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК» / відп. ред. Д. О. Мельничук. – 2014. – Вип. 196. – Ч. 1. – С. 60–65.
2. Голуб Г. А. Вплив параметрів естерифікації ріпакової олії на якість дизельного біопалива / Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко // Сучасні проблеми збалансованого природокористування: зб. наук. праць ПДАТУ. Подільський державний аграрно-технічний університет, 2013. – С. 193–198.
3. Павленко М. Ю. Енергомiсткiсть гiдромеханiчного перемiшування при виробництвi дизельного бiопалива / М. Ю. Павленко, Г. А. Голуб // Вісник Сумського національного аграрного університету. Механізація та автоматизація виробничих процесів. – Суми, 2014. – Вип. 11 (26). – С. 39–42.
4. Павленко М. Ю. Обґрунтування параметрів гідромеханічної мішалки для виробництва дизельного біопалива: автореф. дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / М. Ю. Павленко. – К., 2015. – 23 с.

Наукове електронне видання

ПРОЕКТУВАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ  
ТА ВЕРСТАТІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ  
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ  
«ДНІ СТУДЕНТСЬКОЇ НАУКИ ЧДТУ-2019»

16 квітня 2019 року  
м. Черкаси

*За редакцією професора В. І. Осипенка*

*Тези подано в авторському редагуванні*

*Технічний редактор Вознюк Т.І.  
Комп'ютерна обробка Василюги І. І.*

---

Формат 60x84 1/16. Гарн. Times New Roman.  
Ум. друк. арк. 5,35.Обл.-вид. арк. 5,72. Зам. 19-154.

---

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