

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VIII Міжнародної науково-технічної конференції «ДАТЧИКИ, ПРИЛАДИ ТА СИСТЕМИ – 2019», присвяченої пам'яті професора Шарапова В.М.

Головний редактор - к.т.н., доцент **Бондаренко Ю.Ю.**

Відповідальний за випуск - к.т.н. **Куницька Л.Г.**

Редакційна колегія:

Алпатов А.П. – д.т.н., професор, член-кор. НАНУ, ІТМ НАНУ та НКАУ, Дніпро
Антонюк В.С. – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ
Беглиця В.П. - д.держ.упр., доцент, ЧНУ ім. П.Могили, Миколаїв
Бондаренко М.О. – д.т.н., доцент, ЧДТУ, Черкаси
Гальченко В.Я. – д.т.н., професор, ЧДТУ, Черкаси
Гогунський В.Д. – д.т.н., професор, ОНПУ, Одеса
Гордієнко В.І. – д.т.н., с.н.с., Черкаси
Збруцький О.В. – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ
Квасніков В.П. – д.т.н., професор, НАУ, Київ
Квстний Р.Н. – д.т.н., професор, ВНТУ, Вінниця
Кошовий М.Д. – д.т.н., професор, НАКУ «ХАІ», Харків
Мусієнко М.П. – д.т.н., професор, ЧНУ ім. П.Могили, Миколаїв
Ситніков В.С. - д.т.н, професор, ОНПУ, Одеса
Становський О.Л. – д.т.н, професор, ОНПУ, Одеса
Тимчик Г.С. – д.т.н., професор, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ
Чирик С.А. – д.т.н., професор, НАНБ, Мінськ

У НОМЕРІ:

- МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ**
- ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ**
- КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ**
- МІКРО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ**
- ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ**
- ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЧНОМУ ПРИЛАДОБУДУВАННІ**
- ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА МАРКЕТИНГ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ**
- ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ**

АДРЕСА ОРГКОМІТЕТУ:

Україна, 18006, м. Черкаси, бул.Шевченка, 460,
ЧДТУ, кафедра ПМКТ
орґкомітет
МНТК “Датчики, прилади та системи - 2018”

Збірник праць МНТК «Датчики, прилади та системи – 2019», Черкаси – Херсон - Лазурне, вересень 2019.

Мета конференції: зустріч науковців в областях точного приладобудування, мікро- та наноелектроніки, наноінженерії, фахівців з проектування та конструювання датчиків, приладів та систем, для обміну ідеями, обговорення тенденцій та перспектив розвитку даної області науки, встановлення контактів.

Статті друкуються в авторській редакції.

Точка зору редколегії не завжди збігається з позицією авторів.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за підбір та точність наведених фактів і цитат, економіко-статистичних та технічних даних, власних імен та інших поданих відомостей.

Редколегія не несе відповідальності за достовірність поданого матеріалу, проте залишає за собою право скорочувати та редагувати подані матеріали з метою кращого подання читачам.

При повному або частковому передрукуванні матеріалів посилання на збірник праць конференції є обов'язковим.

ЗМІСТ

Секція 1.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ

<i>Волошко О.В., Давидюк Л.П., Вислоух С.П.</i> Технологічне забезпечення параметрів якості поверхневого шару деталі.....	6
<i>Сторчак А. В., Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В.</i> Моделювання процесу вихрострумowego контролю циліндричних виробів із неперервним розподілом електрофізичних параметрів.....	9
<i>Трембовецька Р.В., Гальченко В.Я., Тичков В.В.</i> Застосування сурогатної оптимізації в задачах синтезу вихрострумowych давачів.....	13

Секція 2.

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

<i>Андрієнко О.І., Білокінь С.О., Андрієнко В.О., Бондаренко М.О.</i> Основні вимоги до конструкції автоматизованих систем контролю на базі атомно-силових мікроскопів.....	18
<i>Базіло К.В.</i> Застосування п'єзоелектричних трансформаторів в джерелах вторинного електроживлення.....	21
<i>Zaika M.V., Tychkov V.V., Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V.</i> Uncertainty Estimation of Measuring Control of the Soil Cover State and the Conditions for the Cultivation of Honey Plants.....	26
<i>Кісіль Т.Ю., Куницька Л.Г., Бабій О.О.</i> Аналіз методів контролю якості зварних швів та біляшовної зони ультразвуковим методом.....	28
<i>Kostogry's Ya.V., Halchenko V.Ya., Tychkov V.V., Trembovetska R.V.</i> Investigation of Physical and Chemical Quality Control of Pork Products.....	32
<i>Kotenko A.I., Trembovetska R.V., Tychkov V.V., Halchenko V.Ya.</i> Investigation of the Measuring Process of the Active Chlorine Concentration Distribution in Drinking Water	34
<i>Koshevoy N.D., Koshevaya I.I., Fesenko A.G., Kostenko O.M.</i> Bimetallic Temperature Sensors.....	37
<i>Омелян А.В., Петренко С.Ф.</i> Алгоритмічні рішення керування п'єзоелектричним двигуном в режимі мікро- та наношвидкостей.....	39
<i>Piskyn T.O., Halchenko V.Ya., Tychkov V.V., Trembovetska R.V.</i> Investigation of the Measuring Control Process of the Acid Seed Oil Number and the Amount of Crude Fiber on the Protein Content in Oilseed Crops Seeds.....	42
<i>Polishchuk S.A., Tychkov V.V., Halchenko V.Ya., Trembovetska R.V.</i> Investigation of the Measuring Control Process of Enzymes in the Feed for Poultry Farming.....	44

<i>Романов О.О., Царук О.В., Броварець О.О.</i> Пристрій для локального оперативного моніторингу «Флоратест» та ідентифікації агробіологічного стану сільськогосподарських культур.....	46
<i>Филимонов С.А., Яценко С.С., Филимонова Н.В.</i> Smart Piezoceramics в сільському господарстві.....	62

Секція 3.

КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

<i>Никольский В.В., Лысенко В.Е., Никольский М.В.</i> Исследование влияния свойств и параметров пьезокерамики на перемещение актуатора в SIMINTECH...	64
<i>Ухіна Г.В., Теплечук А.М., Кір'язов Ю.Ф., Богданова Л.О., Ситніков В.С.</i> Застосування смугових частотно-залежних компонент для комп'ютерної системи усунення детонації двигуна внутрішнього згорання.....	70

Секція 4.

МІКРО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

<i>Тичков Д.В., Бондаренко М.О.</i> Дослідження динамічних електричних полів, що виникають внаслідок зовнішніх впливів на діелектричних поверхнях мікро- та нановиробів.....	73
--	----

Секція 5.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

<i>Кривошея Б.М.</i> Розробка інформаційно-вимірювальної системи визначення товщини та однорідності нанесеного нанопокриття у вакуумі.....	76
<i>Романов О.О., Чурилович І.С., Броварець О.О.</i> Інформаційна система виокремлення та ідентифікації зон неоднорідності агробіологічного стану сільськогосподарських угідь.....	78
<i>Хлівний В.В., Базіло К.В.</i> Область застосування перетворювачів з п'єзоелектричної кераміки для інформаційно-вимірювальної техніки.....	83

Секція 6.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЧНОМУ ПРИЛАДОБУДУВАННІ

<i>Гончаренко І.А.</i> Огляд методів та пристроїв для моніторингу параметрів серцево-судинної системи.....	85
<i>Куницька Л.Г., Кісіль Т.Ю.</i> Вдосконалення ультразвукового небулайзера шляхом використання диспергатора з акустичними лінзами.....	88
<i>Рискаль В.В.</i> Аналіз методів та засобів дозування лікарських засобів.....	90

<i>Ухина А.В., Богатова О.А., Богданова Л.О., Ситникова В.А.</i> Алгоритмизация предварительной обработки информации при проведении экспериментальных медико-биологических исследований.....	91
<i>Філімонов С.О., Філімонова Н.В., Бачеріков Д.С., Мисан А.О.</i> Вдосконалення засобів реєстрації біоелектричних потенціалів людини.....	93

Секція 7.

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА МАРКЕТИНГ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

<i>Tychkova N.B., Mann R.V.</i> Effective Application of Inter-Subject Communications Based on Economic and Technical Disciplines.....	96
--	----

Секція 8.

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

<i>Bazilo C., Faure E., Bondarenko Yu., Zaika V., Lavdanskyi A., Yehorova O., Petrushko Yu., Faure K.</i> Popularization of Science Through International Youth Encounters.....	98
<i>Bondarenko Yu., Bazilo C., Faure E., Eynhorn E., Ostroverkhov D.</i> Analysis of the German-Ukrainian Experience of International Partnership and Participation in International Educational Projects.....	101
<i>Tychkov V.V., Trembovetska R.V., Halchenko V.Ya.</i> Bachelor's Training in the Field of Metrological Maintenance of Physico-Chemical Measurements.....	103

АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК.....	106
---------------------------------	------------

Секція 1
**МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДАТЧИКІВ,
ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ**

УДК 621.91

Волошко О.В., асистент,
Давидюк Л.П., магістр,
Вислоух С.П., к.т.н. доцент
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”
e-mail: leondav46@gmail.com

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО
ШАРУ ДЕТАЛІ**

***Abstract.** The issues of technological support for details' necessary performance characteristics after its machining are considered. It is suggested to use mathematical and computer simulation methods based on finite element analysis and FEMAP system.*

***Key words.** Detail's performance characteristics, elastically deformed state, finite element analysis, FEMAP system.*

Важливою характеристикою експлуатаційної надійності виробів приладо- та машинобудування є забезпечення необхідних параметрів якості поверхневого шару деталей. Цей шар деталі має дуже складну структуру, що значно відрізняється від основного матеріалу. Тому при проектуванні операцій механічного оброблення одним із ключових завдань є призначення правильних режимів різання. Від режимів різання багато в чому залежить якість оброблюваної поверхні, продуктивність і точність обробки, а також пружно - деформований стан деталі в процесі та після її оброблення.

Незважаючи на велику кількість робіт в області дослідження якості поверхневого шару і аналізу його пружно - деформованого стану, як і раніше недостатньо вивчена задача перерозподілу залишкових напружень в поверхневому шарі деталей складної просторової форми, що призводить до їх викривлення і порушення геометричної точності. Крім того, багато використовуваних методів розрахунку залишкових напружень і деформацій складні для ефективного використання в виробничих умовах або мають ряд суттєвих обмежень.

На сьогодні в теорії та практиці технології приладобудування широко використовуються різні методики для визначення раціональних режимів різання, які умовно можна розбити на кілька груп: теоретичні, що характеризуються використанням складних розрахункових співвідношень; теоретико - експериментальні, що які передбачають використання емпіричних формул і довідкових коефіцієнтів; експериментальні, що засновані на експериментальних результатах. При цьому розрахункові методики складні і громіздкі для обчислень, вони знайшли обмежене застосування в практиці виробництва. Методики, що засновані на експериментальних даних досить прості і дають прийнятний результат, проте їх головним недоліком є те, що в них використовуються коефіцієнти і інші дані, які отримано експериментальним шляхом в конкретних умовах, і вони буває важко перенести на умови, що відрізняються від вихідних. Багато деталей складної геометричної форми, виготовляють з важкооброблюваних матеріалів, тому сили і моменти різання при їх обробці можуть бути досить великими, що нерідко викликає вібрації інструменту і незадовільну якість

обробленої поверхні. Крім того, при неправильному призначенні режимів різання, надмірні напруги, викликані силами різання, можуть привести до деформації, і навіть до поломки різального інструменту [1].

Рішенням даної задачі може бути використання нових розрахункових методів, що засновані на застосуванні сучасних систем комп'ютерного моделювання і чисельного аналізу, з відповідним узагальненням відомих теоретичних і практичних розробок в даній області.

Аналіз наукової літератури дозволив встановити, що є доцільно керувати величиною залишкових деформацій і напружень за допомогою режимів різання, тобто за допомогою зміни швидкості різання, подачі і глибини різання. Основною перевагою використання цих параметрів, крім того, що вони мають найбільший вплив на формування пружно-деформованого стану деталі, є простота їх зміни технологом, що дозволяє використовувати вже існуючий технологічний процес шляхом його мінімального коригування.

Встановлено, що найбільш перспективним методом для розв'язання даної задачі є чисельний метод, а точніше метод кінцевих елементів. З його допомогою можна моделювати процес різання, здійснювати розрахунок напружень, що виникають в деталях, виконувати їх попередню оцінку, прогнозувати можливі деформації, аналізувати геометричну точність деталей і їх придатність для складання і експлуатації, розробляти рекомендації по призначенню технологічних умов обробки. Його основною перевагою є можливість моделювання процесу різання в контактній постановці для різних матеріалів із завданням складних граничних умов. При цьому є можливим спільне врахування пластичних, пружних і теплових деформацій. Взаємодію заготовки та інструменту можна змодельовати через різноманітні контактні умови. В результаті розрахунку можуть бути отримані не тільки сили різання, а картина пружно - деформованого стану як заготовки, так і інструменту (напруги, деформації, інтенсивності напружень і деформацій, контактні навантаження тощо). Причому все це можна виконати ще на етапі технологічної підготовки виробництва до того, як деталі будуть виготовлені [2].

Для операційної системи Windows створено комплекси FEMAP і MSC/NASTRAN, що засновані на методі кінцевих елементів і призначені для розрахунку статичних напруг і деформацій, стійкості, визначення власних частот і форм коливань, аналізу теплових сталей і перехідних процесів, а також задач статички і динаміки в нелінійній постановці для широкого класу машинобудівних і інших конструкцій. Дані програми поєднують в собі потужні аналітичні можливості процесора і простоту роботи з графічним інтерфейсом користувача.

Найбільш загальна блок-схема алгоритму розв'язання задачі із застосуванням комп'ютерних технологій інженерного аналізу на основі методу скінчених елементів умовно представлена трьома великими блоками: препроцесорний, аналітичний і постпроцесорний.

Препроцесорний блок включає в себе підготовку вихідних даних, тобто генерацію повної кінцево-елементної моделі об'єкта проектування в пам'яті комп'ютера. Сюди входять: формування геометричній моделі (вигляду об'єкта); завдання властивостей використовуваних матеріалів; опис властивостей кінцевих елементів; генерація звичайно-елементної сітки; завдання варіантів граничних умов, тобто опорних частин моделі; завдання варіантів зовнішнього впливу різної природи.

Аналітичний, або процесорний, блок включає безпосереднє розв'язання глобальної системи алгебраїчних рівнянь, що отримана після реалізації варіаційного підходу методу скінчених елементів для вирішення диференціального рівняння розглянутого фізичного процесу. результатом цього рішення є визначення поля невідомої величини в вузлових точках кінцево-елементної моделі об'єкта. Щодо цієї величини визначаються інші - залежні величини. Наприклад, при вирішенні задач міцності, з реалізацією варіаційно-енергетичного підходу методу переміщень теорії пружності, в якості базового невідомого

використовується вектор переміщення, на основі якого в подальшому визначаються вектора деформацій, напружень тощо.

Як приклад розв'язана задача визначення пружно-деформованого стану деталі в процесі експлуатації після її механічного оброблення з використанням системи FEMAP [3].

Результати роботи у даному програмному середовищі зображено на рис. 1.

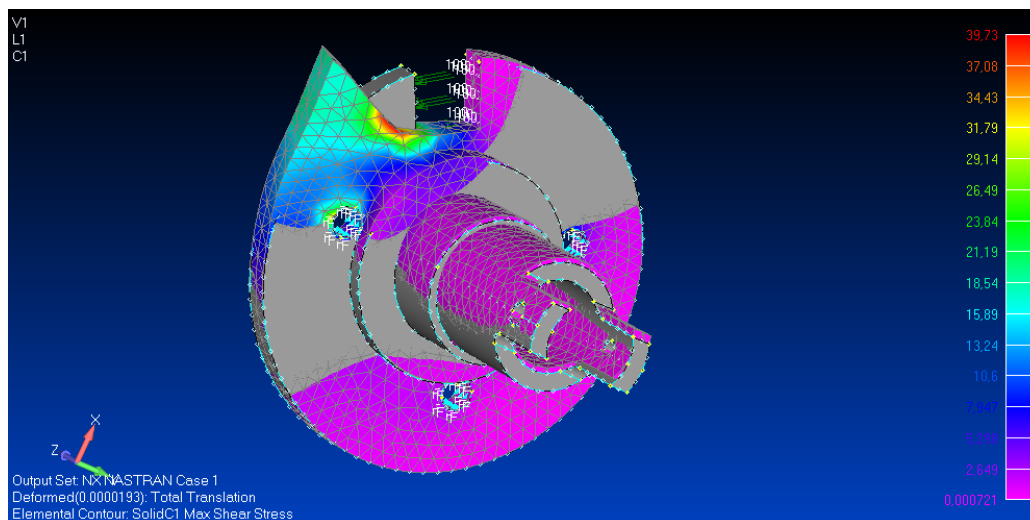


Рис.1. Вікно системи FEMAP з епюрою напружень деформованої моделі.

Справа від малюнку області знаходиться шкала кольору, за якою можна визначити фактичні значення розв'язку. В результаті розрахунку отримані епюри деформованої моделі в якій колірний діапазон залежить від рівня напружень в даному місці деталі.

Робота постпроцесорного блоку спрямована, в основному, на візуалізацію результатів розрахунку.

В результаті формуються розрахункові залежності для знаходження допустимих величин сил і моментів різання, а також необхідні залежності для визначення або коригування режимів різання для конкретних технологічних умов обробки деталей.

Висновок. Таким чином, застосовуючи запропоновану методику визначення раціональних режимів різання та і сучасні системи кінцево-елементного аналізу можна технологічно забезпечити необхідні параметри якості поверхневого шару деталі та її експлуатаційні характеристики.

Список літератури

1. Болотеин А.Н. Анализ напряжённо-деформированного состояния деталей после механической обработки средствами компьютерного моделирования [Текст] / Вестник РГАТУ имени П. А. Соловьёва. – Рыбинск: РГАТУ, 2014. –№1(28), С. 54 – 61.
2. Шинкаренко Г.А. Проекційно-сіткові методи розв'язування початково-крайових задач. - Київ: УМК ВО, 2011. – 88 с.
3. Voloshko O.V., Vysloukh S. P. Researching of detail's construction with method of final elemental analysis/ "Перспективні технології та прилади" // м. Луцьк червень 2019р.- Луцьк: Луцький НТУ, 2019.- 46-51с.;

Сторчак А. В., аспірант,
Черкаський державний технологічний університет
gumby@ukr.net

Трембовецька Р.В., к.т.н., доцент,
доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,
Черкаський державний технологічний університет
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

Гальченко В.Я., д.т.н., професор,
професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,
halchvl@gmail.com

Тичков В.В., к.т.н., доцент,
доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,
Черкаський державний технологічний університет
v.tychkov@chdtu.edu.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИХРОСТРУМОВОГО КОНТРОЛЮ ЦИЛІНДРИЧНИХ ВИРОБІВ ІЗ НЕПЕРЕРВНИМ РОЗПОДІЛОМ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ

Abstract. *The paper presents an approach to modeling eddy current testing of cylindrical products with a continuous distribution profile of electrical conductivity and magnetic permeability along the radius. The distribution functions of the electrical conductivity and magnetic permeability of the object, which can be used in modeling, are described. The convenience of the approach in setting input data for numerical calculations of the analytical solution of the direct problem when solving the inverse problem of restoring the electro physical parameters of the testing object is given.*

Key words: *eddy current testing, electrical conductivity, magnetic permeability, conductive testing object*

Значну частину металопрокату складають циліндричні вироби. Для покращення характеристик надійності, зносостійкості, антифрикційних та теплозахисних параметрів виробів, таких як вали та труби, на виробництві застосовують технології нанесення захисних покриттів, що забезпечують корозійний захист та механічну стійкість в агресивних середовищах роботи. Для зміцнення поверхневого шару цих металевих виробів часто використовують термічну обробку (закалювання, старіння) та насичення їх поверхні речовинами (цементация та покриття антикорозійними металами), що призводить до зміни електрофізичних параметрів матеріалу цих виробів. Тож термообробка та хімічний склад об'єктів контролю (ОК) не тільки впливають на їх фізико-механічні якості матеріалу, наприклад міцність, пластичність, в'язкість, теплоємність, але й на електричну провідність (ЕП) та магнітну проникність (МП). Виходячи з цього використовуючи кореляційний зв'язок параметрів ЕП та МП з механічними характеристиками матеріалу ОК можна контролювати якість виготовлення та обробки цих виробів [1].

В ідеальному випадку визначення розподілу ЕП та МП, а також в сукупності з ними радіусу циліндричного об'єкта бажано виконати в результаті одноразового вимірювання на одній частоті збудження. Вирішення зворотної задачі відновлення залежності зміни ЕП та МП в струмопровідних ОК від сигналу датчика вимагає багатократне обчислення прямої задачі визначення імпедансу для параметричного датчика, чи індукованої електрорушійної сили для трансформаторного. Моделювання вихрострумове контролю циліндричних виробів з неперервним профілем зміни ЕП та МП можливо з використанням аналітичних залежностей в досить простих випадках, але в реальності виникає необхідність врахування більш складних функціональних залежностей, що є можливим

тільки в разі чисельного моделювання. Перспективним є використання багатошарової моделі, запропонованої DoddC. V. [4], коли для досягнення адекватного результату необхідним є введення в розрахунок значної кількості шарів (50-100). Для задання необхідного профілю електрофізичних параметрів в окремих шарах ОК при умові кусково-сталого апроксимації необхідні певні засоби, які дають можливість введення в розрахунок досить складних залежностей. Даний підхід дозволяє моделювати зміну ЕП та МП з різними функціями розподілення як функції радіусу ОК[3]:

гауссіан:

$$\sigma(r) = \sigma_2 + (\sigma_1 - \sigma_2)e^{-\frac{r^2}{a^2}} \quad (1)$$

гіперболічний тангенс:

$$\sigma(r) = \sigma_2 + \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \left(1 + \tanh \frac{r+c}{2a} \right) \quad (2)$$

експоненціальна функція:

$$\sigma(r) = \sigma_2 + (\sigma_1 - \sigma_2)e^{\frac{r}{b}} \quad (3)$$

обернена лінійна та квадратична функція:

$$\sigma(r) = \sigma_2 + (\sigma_1 - \sigma_2)r^{-1} \quad (4)$$

$$\sigma(r) = \sigma_2 + (\sigma_1 - \sigma_2)r^{-2} \quad (5)$$

звичайна кусково-стала функція:

$$\begin{aligned} \sigma(r) &= \sigma_1, 0 < r \leq d, \\ \sigma(r) &= \sigma_2, r > d, \end{aligned} \quad (6)$$

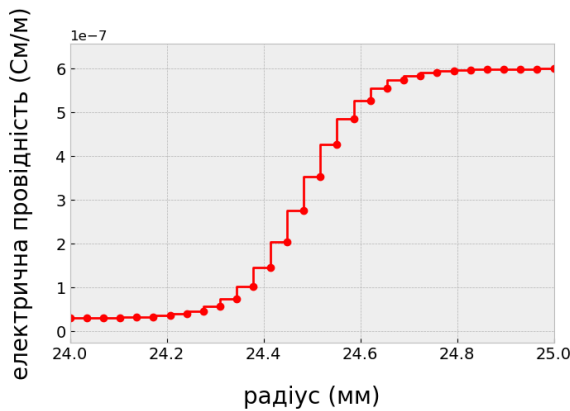


Рис. 1. Розподілення ЕП у вигляді функції гіперболічного тангенса

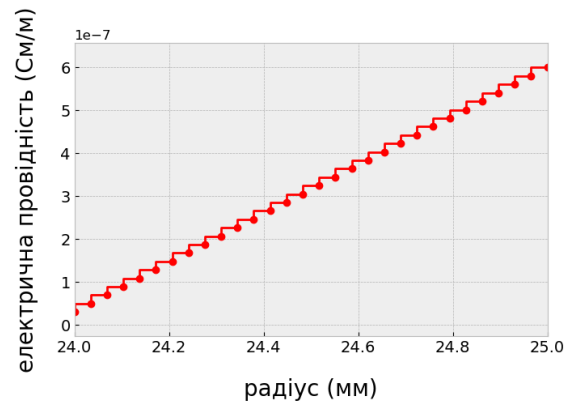


Рис. 2. Розподілення ЕП у вигляді лінійної функції

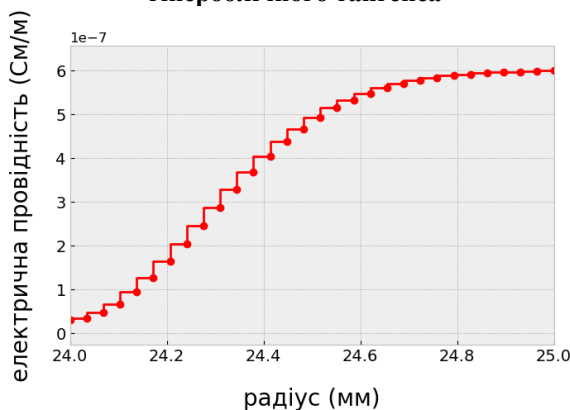


Рис. 3. Розподілення ЕП у вигляді функції гауссіана

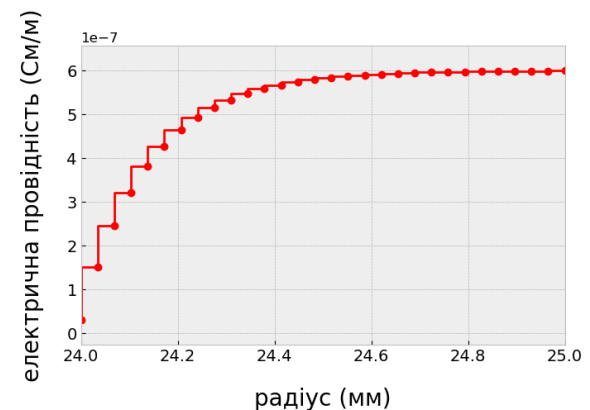


Рис. 4. Розподілення ЕП у вигляді експоненціальної функції

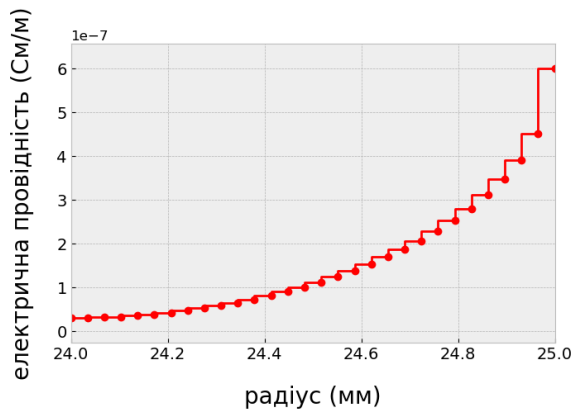


Рис. 5. Розподілення ЕП у вигляді обернено квадратичної функції

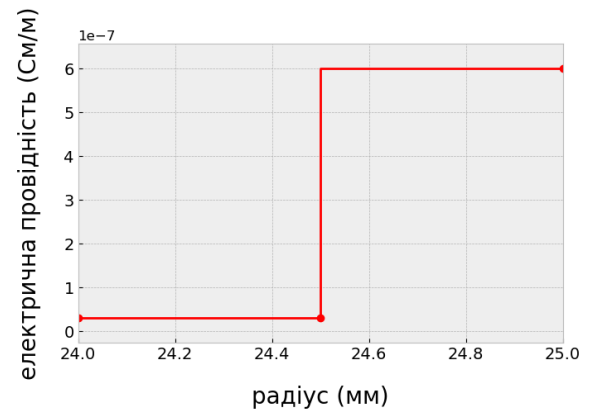


Рис. 6. Розподілення ЕП у вигляді кусково-постійної функція

МП також може бути представлена аналогічним чином.

Моделювання виконувалося на мові програмування високого рівня Python 3.

В складних випадках для досягнення універсальності в заданні розподілу ЕП та МП вздовж радіусу є необхідним певний інструментарій для зручного проведення розрахунків. Його застосування демонструється на рисунку 7.

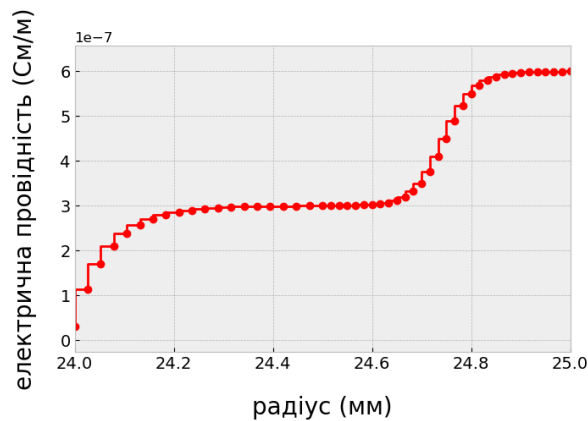


Рис. 7. Розподілення ЕП по комбінованій формі функцій експоненти та гіперболічного тангенса

Висновки.

Таким чином, з використанням запропонованої обчислювальної технології є можливим вирішення зворотних задач ідентифікації електрофізичних параметрів циліндричних об'єктів.

Список літератури

1. Беда П. И., Сапунов В. М., Поляков А. И., Путников Ю. Г. Методические рекомендации по применению вихретоковых измерителей электрической проводимости для контроля свойств материалов деталей авиационной техники. Люберцы, 13 ГНИИ Минобороны России, Выпуск №6519, 1992. - 108 с.
2. Koliskina V. Analytical and quasi-analytical solutions of direct problems in eddy current testing: doctoral thesis In Partial Fulfillment of the Requirements of the Doctor Degree in Mathematics [Sub discipline of Mathematical modeling] / Koliskina Valentina. – Riga: Riga Technical university, 2013. – 193 p.
3. Impedance of coil over layered metals with continuously conductivity and permeability: Theory and experiment [Journal of Applied Physics] 74, 2076 (1993) / Erol Uzal, John C.

Moulder, Sreeparna Mitra, and James H. Rose Received 8 February 1993; accepted for publication 19 April 1993

4. Induction coils coaxial with an arbitrary number of cylindrical conductors / C. V. Dodd, C. C. Cheng, and W. E. Deeds // *Journal of Applied Physics* 45, 638 (1974), 638 – 647p.

5. Комп'ютерне моделювання вихрострумowego контролю багатошарових циліндричних виробів [Електронний ресурс] / [Сторчак А. В., Трембовецька Р. В., Гальченко В. Я., Тичков В. В.] // *Обробка сигналів і негаусівських процесів : VII Міжнародної науково-практичної конференції, Черкаси, 23-24 травня 2019 р. : праці конференції.* – Черкаси: ЧДТУ, 2019 – С. 179-182.

6. Побудова математичної моделі прямої задачі в проблемі реконструкції електрофізичних параметрів циліндричних об'єктів контролю вихрострумовим методом [Електронний ресурс] / [А. В. Сторчак, В. В. Тичков, Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко] // *Non-Destructive Testing in Context of the Associated Membership of Ukraine in the European Union (NDT-UA 2018) : 2-nd scientific conference with international participation, Poland, Lublin, 15–19 October 2018. : Conference proceedings.* – Poland : USNDT, 2018. – № 2. – P. 50-51.

7. Нейромережеве моделювання в задачах відновлення електрофізичних параметрів циліндричних об'єктів при вихрострумовому контролі [Електронний ресурс] / [А. В. Сторчак, В. В. Тичков, В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька] // *Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно-небезпечних об'єктах : Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених, Харків, 1-2 листопада 2018 р. : матеріали конференції.* – Харків : ХНАДУ, 2018. – С. 71-73.

8. Сурогатне моделювання в задачах ідентифікації параметрів об'єктів контролю [Електронний ресурс] / [Гальченко В. Я., Тичков В. В., Трембовецька Р. В., Сторчак А. В.] // *Інформатика, математика, автоматика (ІМА-2019) : науково-практична конференція, Суми, 23-26 квітня 2019 р. : матеріали конференції.* – Суми: СДУ, 2019 – С. 189.

9. Розв'язок ресурсоемних обернених задач електротехніки методами сурогатної оптимізації [Електронний ресурс] / [Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Тичков В. В., Сторчак А. В.] // *Фізика, електроніка, електротехніка (ФЕЕ-2019) : науково-практична конференція, Суми, 23-26 квітня 2019 р. : матеріали конференції.* – Суми: СДУ, 2019 – С. 135.

10. Halchenko V. Ya. Nonlinear surrogate synthesis of the surface circular eddy current probes / V. Ya. Halchenko, R. V. Trembovetska, V. V. Tychkov, A. V. Storchak // *Przegląd elektrotechniczny.* – 2019. - № 9. –P. 76-82.

11. Трембовецька Р. В. Оцінка точності нейромережевих метамоделей кругових накладних вихрострумових перетворювачів / Р. В. Трембовецька, В. Я. Гальченко, В. В. Тичков, А. В. Сторчак // *Вісник Черкаського державного технологічного університету.* – 2019. – № 2. (друк).

Трембовецька Р.В., к.т.н., доцент,
доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,
Черкаський державний технологічний університет
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

Гальченко В.Я., д.т.н., професор,
професор кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,
halchyl@gmail.com

Тичков В.В., к.т.н., доцент,
доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій,
Черкаський державний технологічний університет
v.tychkov@chdtu.edu.ua

ЗАСТОСУВАННЯ СУРОГАТНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В ЗАДАЧАХ СИНТЕЗУ ВИХРОСТРУМОВИХ ДАВАЧІВ

***Abstract.** Using meta-heuristic algorithms for optimization of global extremum search nonlinear synthesis of surface circular eddy current probes with homogeneous sensitivity in the testing zone was performed. For this purpose, surrogate metamodels of eddy current probe using RBF neural networks are pre-created. The results of the obtained solution in the form of a linear level of eddy currents density distribution and values of absolute error of synthesis for different structures of probe excitation are presented.*

***Key words:** surface eddy current probe, metamodel, meta-heuristic algorithms, nonlinear synthesis*

Ефективне проектування нових технічних пристроїв можливе із застосуванням сучасних прогресивних способів, одним із яких є оптимальний синтез. Такий підхід проектування в більшості випадків є достатньо складний в реалізації, оскільки заздалегідь задані вихідні характеристики пристроїв представляються великою кількістю сукупності параметрів. Наприклад, при вихрострумовому контролі розподіл густини вихрових струмів (ГВС), утворений котушкою, задається в сукупності точок, що розташовані в робочому об'ємі досліджуваного зразка. Чисельними методами розв'язанням крайових задач теорії поля в диференційній чи інтегральній постановці визначають ці характеристики. Проте розв'язання їх відомими чисельними методами достатньо затратне. Тому застосування прямого підходу в задачі оптимального синтезу неможливо, оскільки необхідно багатократне розв'язання такої задачі, що відповідно вимагає збільшення ресурсів як обчислювальних, так і часових.

Сучасні біонічні метаевристичні алгоритми оптимізації хоча і мають високу швидкість збіжності, проте їх реалізація достатньо ускладнена при застосуванні чисельних методів. Ефективним є використання технології сурогатної оптимізації, що широко використовується в різноманітних галузях, наприклад, в аерокосмічному будівництві, турбінобудуванні, будівництві, машино- та приладобудуванні тощо. Ця технологія передбачає заміну цільової функції, що побудована на основі фізичних законів на цільову функцію – замітник, яка набагато простіша в обчисленні. Тоді в оптимізаційному алгоритмі в якості однієї із складових цільової функції використовують метамодель, що представляє собою модель на модель. Узагальнений алгоритм отримання метамоделі передбачає по-перше комп'ютерне заповнення багатовимірного простору пошуку точками, в яких розраховується ресурсоемна функція. По-друге, апроксимацію багатовимірної поверхні відгуку, що доцільно виконати використанням евристичного методу на базі нейронних мереж, оскільки він має ряд суттєвих переваг перед широковідомими методами. При цьому, якщо багатовимірна поверхня відгуку має просту топологію, то обмежуються одинарною нейронною мережею, яка в змозі забезпечити

прийнятне значення похибки. У випадку складної апроксимаційної залежності, що має нелінійну і нерегулярну поведінку доцільно використати декілька метамоделей. Також у таких випадках застосовують різні методи побудови нейронних мереж, чим забезпечують підвищення точності рішення у порівнянні із одиночною мережею, а саме композитну побудову та комітети мереж. Обов'язковими на цьому етапі є процедури перевірки отриманої метамоделі на адекватність та інформативність на ряді статистичних показників як на етапі навчання, так і на етапі відтворення.

В задачах комп'ютерного проектування широкого кола вихрострумів давачів використання метамоделі значно зменшує ресурсоємність обчислень, і таке зменшення в різних задачах досягає десятки, сотні разів. Завдяки високій обчислювальній ефективності сурогатної оптимізації перспективним є синтез вихрострумів давачів сучасними метаевристичними алгоритмами [1-3]. Через те, що такі обернені задачі некоректні по постановці, для розв'язку доцільно використовувати алгоритми, які добре зарекомендували себе при пошуку глобального екстремуму багатовимірних «яружних» цільових функцій, а саме, стохастичні оптимізаційні методи [4].

В роботі на модельному прикладі вирішена нелінійна задача оптимального параметричного синтезу неспіввісних вихрострумів давачів з однорідною чутливістю в зоні контролю при наступних вихідних даних: товщині струмопровідного матеріалу об'єкту контролю (ОК) d ; висоті розташування системи витків над ОК z_0 ; частоті f ; електрофізичних параметрів матеріалу σ , μ . Для реалізації задачі оптимального синтезу використовувалась метамоделі накладного вихрострумів перетворювача (НВСП), яка побудована на RBF-нейронних мережах [5].

Синтез виконувався при апріорі заданому П-подібному розподілі ГВС на поверхні ОК, що описується:

$$J_{reference} = \begin{cases} 0 & \text{при } 0 \leq r \leq 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}; r > 14,55 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\ 5000 \frac{\text{А}}{\text{м}^2} & \text{при } 4,5 \cdot 10^{-3} < r \leq 14,55 \cdot 10^{-3} \text{ м} \end{cases}$$

Нелінійний синтез здійснювався двома підходами – послідовного та змішаного сурогатного синтезу НВСП. При послідовному синтезі спочатку виконується лінійний синтез, в результаті якого визначено магніторушійну силу (МРС) Iw_k для кожної структури збудження. Надалі отримані результати використовувалися як початкові для нелінійного синтезу, в результаті якого отримано значення радіусів котушок збудження r_k . У такий спосіб здійснено нелінійний синтез НВСП із шести котушок з рівномірним розташуванням та початковими радіусами: $r_k = 4 \cdot 10^{-3}$; $6,1 \cdot 10^{-3}$; $8,2 \cdot 10^{-3}$; $10,3 \cdot 10^{-3}$; $12,4 \cdot 10^{-3}$; $14,5 \cdot 10^{-3}$ м та п'яти котушок із нерівномірним розташуванням та відповідними початковими радіусами $r_k = 4 \cdot 10^{-3}$; $6,5 \cdot 10^{-3}$; $9 \cdot 10^{-3}$; $11 \cdot 10^{-3}$; $13 \cdot 10^{-3}$; $14,5 \cdot 10^{-3}$ м. Параметричний синтез виконано із застосуванням метаевристичного алгоритму оптимізації пошуку глобального екстремуму, а саме, гібридного алгоритму на основі генетичного алгоритму з локальним пошуком симплексним методом Нелдера-Міда [3]. Результати чисельних експериментів цих прикладів представлено на рис. 1, 2, а параметри МРС котушок в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку параметрів котушок різних структур системи збудження НВСП при реалізації послідовного синтезу

Параметри k-ї котушки системи	1	2	3	4	5	6
$\frac{Iw_k}{r_k \cdot 10^{-3}}, \frac{\text{А} \times \text{turn}}{\text{м}}$	$\frac{-0,589}{3,427}$	$\frac{-0,057}{4,307}$	$\frac{1,193}{7,105}$	$\frac{-0,896}{8,664}$	$\frac{1,252}{11,541}$	$\frac{-0,181}{12,259}$
	$\frac{-1,832}{4,206}$	$\frac{1,690}{6,879}$	$\frac{-0,587}{10}$	$\frac{1}{11,678}$	$\frac{-0,0433}{2}$	-

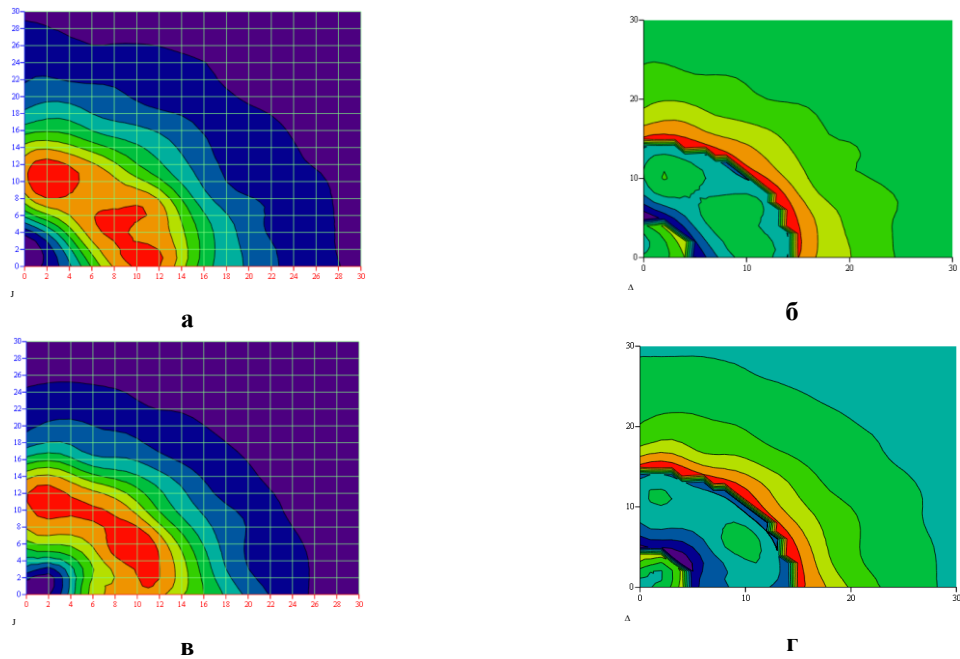


Рис. 1. Результати послідовного синтезу НВСП із шести котушок: а) лінії рівня розподілу ГВС при лінійному синтезі системи збудження НВСП; б) лінії рівня розподілу абсолютного значення похибки отриманого розв'язку; в) лінії рівня розподілу ГВС при нелінійному синтезі системи збудження НВСП; г) абсолютне значення похибки отриманого розв'язку

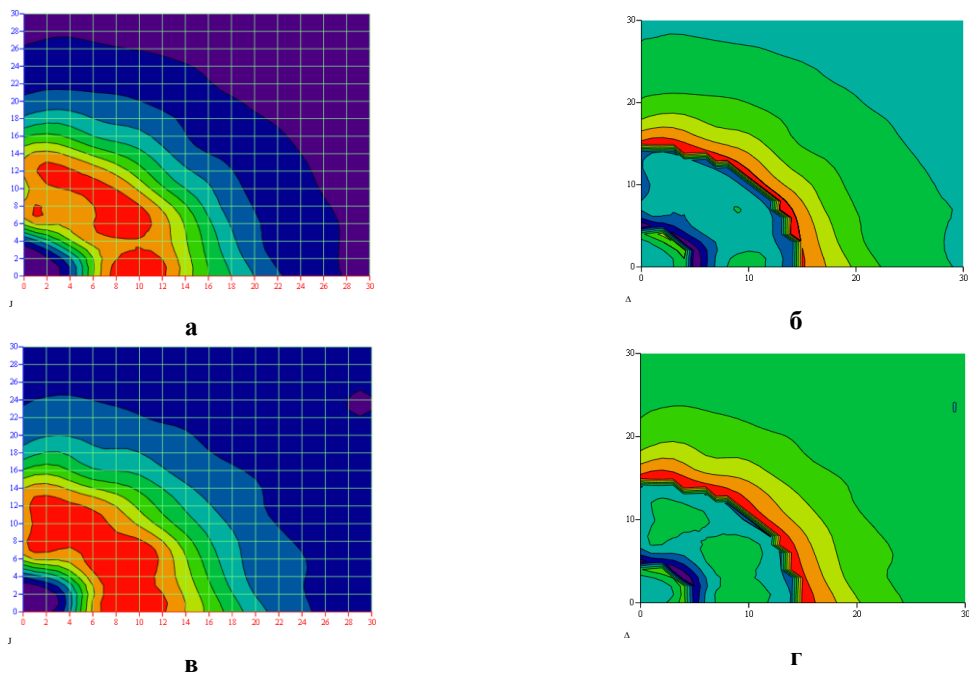


Рис. 2. Результати послідовного синтезу НВСП із п'яти котушок: а) лінії рівня розподілу ГВС при лінійному синтезі системи збудження НВСП; б) лінії рівня розподілу абсолютного значення похибки отриманого розв'язку; в) лінії рівня розподілу ГВС при нелінійному синтезі системи збудження НВСП; г) абсолютне значення похибки отриманого розв'язку

На першому етапі лінійного синтезу значення приведеної похибки в зоні контролю для різних структур складає 10,37 % (8,95 %), а для заключного нелінійного – 10,22 % (9,65 %). Абсолютне значення похибки отриманого розв'язку задачі показано на рис. 1 б, г та 2 б, г відповідно.

Результати чисельних експериментів змішаного нелінійного синтезу для структур із $M=4, 5, 6, 7$ котушок представлено на рис. 3, а параметри MPC котушок в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати розрахунку параметрів котушок різних структур системи збудження НВСП при реалізації змішаного синтезу

Параметри k-ї котушки системи	1	2	3	4	5	6	7
$\frac{I_{w_k}}{r_k \cdot 10^{-3}}, \frac{A \times \text{turn}}{\text{m}}$	$\frac{-4,492}{5,828}$	$\frac{-6,963}{2,307}$	$\frac{9,533}{3,651}$	$\frac{1,987}{9,44}$	-	-	-
	$\frac{-1,822}{4,43}$	$\frac{-1,625}{8,627}$	$\frac{1,746}{6,9}$	$\frac{1,151}{7,09}$	$\frac{1,052}{11,52}$	-	-
	$\frac{-5,605}{2,408}$	$\frac{9,99}{3,710}$	$\frac{5,164}{2,677}$	$\frac{-0,896}{8,664}$	$\frac{-5,412}{4,225}$	$\frac{-5,974}{2,42}$	-
	$\frac{-2,767}{2,565}$	$\frac{0,714}{12,826}$	$\frac{-1,052}{2,093}$	$\frac{7,859}{3,904}$	$\frac{-7,973}{4,33}$	$\frac{-2,817}{5,174}$	$\frac{-0,158}{2}$

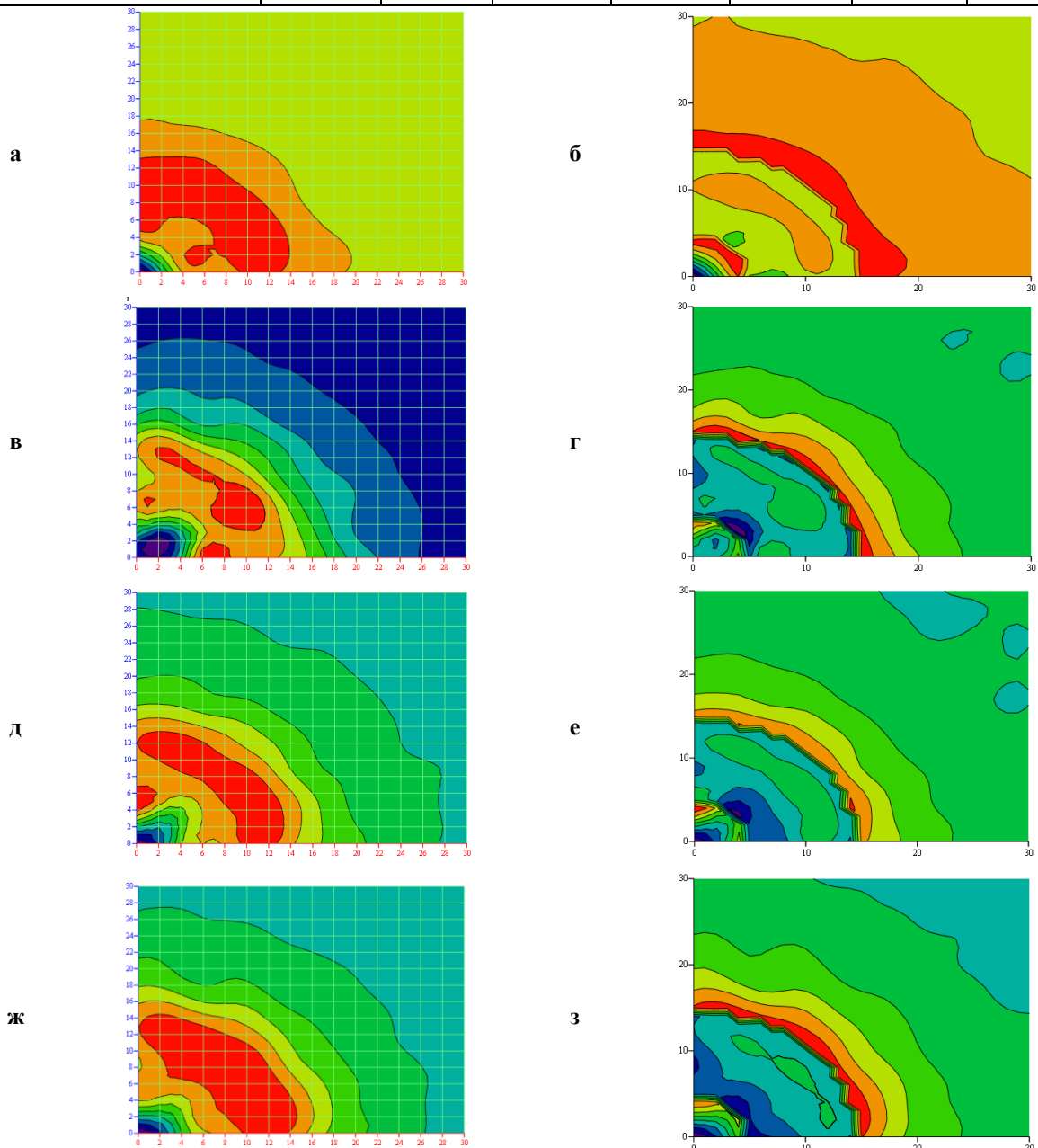


Рис. 3. Результати змішаного нелінійного синтезу НВСП : а), в), д), ж) лінії рівня розподілу ГВС системи збудження НВСП M=4, 5, 6, 7 котушок відповідно; б), г), е), з) лінії рівня розподілу абсолютного значення похибки отриманого розв'язку

Значення приведеної похибки в зоні контролю для структур збудження кількістю котушок $M=4, 5, 6, 7$ відповідно складає 13,92 %, 8,8 %, 11,61 %, 9,66 %.

Висновки.

В роботі чисельними експериментами проілюстровано ефективність розв'язку задач нелінійного сурогатного синтезу НВСП з рівномірною чутливістю. Запропоновані методи та алгоритми сурогатного оптимального параметричного синтезу дозволяють отримати прийнятну точність синтезу в зоні контролю НВСП.

Список літератури

1. Gal'chenko V. Ya., Yakimov A. N., Ostapushchenko D. L. Pareto-optimal parametric synthesis of axisymmetric magnetic systems with allowance for nonlinear properties of the ferromagnet. *Technical Physics*. 2012. Vol. 57, Iss. 7. P. 893–899.
2. Гальченко В. Я., Якимов А. Н. Популяционные метаэвристические алгоритмы оптимизации рою частиц. Черкассы: ФЛП Третяков А.Н. 2015. 160 с.
3. Гальченко В. Я., Якимов А. Н., Остапущенко Д. Л. Поиск глобального оптимума функций с использованием гибрида мультиагентной роевой оптимизации с эволюционным формированием состава популяции. *Информационные технологии*, 2010. №. 9. С. 9-16.
4. Гальченко В. Я., Трембовецкая Р. В. MathCAD: математические методы и инструментальные средства оптимизации. Черкассы: ЧП Гордиенко Е.И., 2018. 516 с.
5. Nonlinear surrogate synthesis of the surface circular eddy current probes / Halchenko V. Ya., Trembovetska R. V., Tychkov V. V., Storchak A. V. *Przegląd elektrotechniczny*, 2019. № 9. P. 76-82. Doi:10.15199/48.2019.09.15.

Секція 2.

ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДАТЧИКІВ, ПРИЛАДІВ ТА СИСТЕМ ДЛЯ РОБОТОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

УДК 681.5.03

Андрієнко О.І.,

аспірант кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаського державного технологічного університету

Білокінь С.О., к.т.н.,

старший викладач кафедри фізики та прикладного матеріалознавства
Черкаського державного технологічного університету

Андрієнко В.О., к.т.н.,

доцент кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу
Черкаського державного технологічного університету

Бондаренко М.О., д.т.н., доцент,

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаського державного технологічного університету
e-mail: maxxium23@gmail.com, tel. +38 (0472) 511 571

ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ НА БАЗІ АТОМНО-СИЛОВИХ МІКРОСКОПІВ

***Abstract.** In the work the basic requirements to the design of automated control systems based on atomic force microscopes are formulated, on the basis of which new principles of construction of such control systems are proposed, which contain certain design solutions and improvements of blocks and elements of automated control systems of material characteristics.*

***Keywords:** automated control system, atomic-force microscopy, design requirements*

Для визначення вимог до конструкції автоматизованих систем контролю на базі АСМ, а також їх впливу на точність і надійність отриманих даних та на економічність застосування засобів захисту від таких впливів, авторами проведено аналіз цих вимог та засобів захисту від негативних впливів на конструкцію таких систем, в результаті чого встановлено [1], що основними вимогами, які висуваються до конструкції пристроїв АСМ є: кліматичні вимоги, вимоги до електричної мережі, до зовнішніх механічних впливів та конструкційні вимоги. Основні параметри таких вимог і діапазони їх значень, що забезпечують дотримання надійної експлуатації пристроїв АСМ наведено в табл. 1 [1].

В той же час, шляхами підвищення стійкості виробів до зовнішнього впливу є наступні:

– застосування спеціальних конструкційних рішень, що забезпечуватимуть ефективне охолодження, герметизацію та електрозахист елементів пристроїв АСМ (застосування спеціальних захисних кожухів, першого класу чистоти у приміщенні, засобів електростабілізації та безперебійного живлення, екранів захисту від електромагнітних полів, застосування відеокамери попереднього налаштування пристрою; рознесення окремих блоків (усунення конструкційних впливів);

– раціональний вибір матеріалів елементів конструкції вимірювального комплексу та способів їх захисту (використання діелектриків, деталей конструкції, що не кородують в умовах вологого, біо- та хімічно-агресивного середовища;

– дотримання умов експлуатації, транспортування та збереження пристрою (оптимальні кліматичні умови, умови герметичності, належна вентиляція, електрозахист корпусу приладу згідно IP5, тощо).

Табл. 1. Параметри вимог до конструкції автоматизованих систем контролю на базі атомно-силового мікроскопа

Вимоги до конструкції автоматизованих систем	Параметри та діапазони їх значень
Кліматичні вимоги	- Температура, 18 – 23 °C - Вологість, $\leq 35\%$ - Швидкість руху повітря, $< 0,3$ м/с - Відсутність плісняви
Вимоги до електричної мережі	- Мережева напруга, $220 \pm 5,5$ В - Пульсації струму в мережі, $\leq 1,5\%$ - Мережева частота, 50 ± 5 Гц - Вплив електромагнітних полів: $E \leq 1$ мкА/м; $H \leq 3$ мВ/м
Вимоги до зовнішніх механічних впливів	- Вібрації, $\leq 1,1$ мм/с - Акустичні коливання ≤ 35 дБ - Механічні удари: $\leq 0,01$ кг·м/с
Конструкційні вимоги	- Ступінь захисту конструкції IP54 - Категорія пожежної небезпеки ДН - Клас електрозахисту I+

Таким чином, можна визначити основні вимоги, що висуваються до автоматизованих систем контролю на базі АСМ, табл. 2.

Табл. 2. Основні вимоги до автоматизованих систем контролю на базі АСМ

Відносна вологість, %	Температура, °C		Тривалість випробувань, годин	Витримка за нормальних умов, год
	Максимальна	Мінімальна		
Вологостійкість при тривалих дослідженнях				
95 – 100	$+ 40 \pm 2$	$+ 18 \pm 2$	7	8 – 12
Теплостійкість				
—	$+ 55 \pm 2$		10	6 – 12
Стійкість до утворення плісняви				
95 – 100	$+ 30 \pm 2$		13	12

Проведений аналіз результатів дослідження показав [2], що основний вплив на працездатність приладу, точність і надійність отриманих даних здійснюється зовнішніми механічними збуреннями (вібраціями, акустичними шумами та ударами), а найбільші економічні витрати полягають у залученні засобів захисту від кліматичних вимог (до 88% від вартості комплексу пристроїв АСМ). Загалом ступінь впливу цих вимог на точність і надійність отриманих даних та на економічність застосування засобів захисту наведено на рис. 1.



Рис. 1. Діаграми ступеню впливу вимог до конструкції автоматизованих систем АСМ-контролю на точність і надійність отриманих даних (а) та на економічність (б) застосування засобів захисту

Слід відмітити, що більшість сучасних комплексів для нанометричних досліджень виготовляються у настільному варіанті, що передбачає їх розташування в робочій зоні невеликих розмірів та в безпосередній близькості до електрокомунікаційних мереж [3].

Тому, для мінімізації габаритів вимірювального комплексу, максимального усунення перешкод, що виникають в комунікаційних вузлах, зменшення електронних вузлів управління, при розробці автоматизованої системи контролю на базі АСМ авторами вперше запропоновано поєднати в одному форм-факторі у вигляді горизонтального корпусу системного блоку ПК електронні плати, як силового блоку так і керуючого ПК.

Висновки. Таким чином, авторами сформульовані основні вимоги до конструкції автоматизованих систем контролю на базі АСМ, на основі яких запропоновано нові принципи побудови таких систем контролю, які містять певні конструкційні рішення та удосконалення блоків і елементів автоматизованих систем контролю характеристик матеріалів.

Список літератури:

1. В. С. Антонюк, Г. С. Тимчик, О. В. Верцанова, Ю. Ю. Бондаренко, С. О. Білокінь, та М. О. Бондаренко, Мікроскопія в нанотехнологіях. Київ, Україна: НТУУ "КПІ", 2014.
2. В. С. Антонюк, Г. С. Тимчик, Ю. Ю. Бондаренко, П. В. Петльований, С. О. Білокінь, та М. О. Бондаренко, Методи та засоби мікроскопії. Київ, Україна: НТУУ "КПІ", 2013.
3. А. Л. Толстихіна "Перспективы воздушной АСМ как метода нанодиагностики на примере специализированного метрологического комплекса", на XIV Междунар. симп. Нанопизика и наноелектроника, Нижний Новгород, 2010, с. 257.

Базіло К.В., к.т.н., доцент
Черкаський державний технологічний університет
вул. Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна,
b_constantine@ukr.net

ЗАСТОСУВАННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ В ДЖЕРЕЛАХ ВТОРИННОГО ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ

Abstract. *The development of innovative technologies has recently been widespread in various fields of human activity around the world. This is due, first of all, to the popularization of areas such as nanotechnology, alternative energy, bionics, functional medicine, nanoelectronics, as well as to significant investments by world leading research companies in these industries. In this regard, technologies and devices that use the direct and / or reverse piezoelectric effect in the principles of their work are promising. The paper considers the advantages and disadvantages of piezoelectric transformers, the relevance and features of their application.*

Key words: *piezoelectricity, piezoceramic transformers, secondary power sources.*

Вперше ідею використання п'єзоелектричних трансформаторів (ПТ) запропонував Розен в 60-х роках ХХ століття. П'ятдесят років по тому технологія ПТ стала однією з кращих альтернатив електромагнітним трансформаторам в тих сферах їх застосування, де необхідна висока надійність, стабільність, автономність, максимальна тривалість безвідмовної роботи [1]. Об'єктами, де необхідне застосування таких наднадійних трансформаторів напруги є:

- автоматичні міжпланетні станції («Вояджер», «Маринер», «Луна» та інші);
- автономні глибоководні плаваючі об'єкти;
- будь-які інші об'єкти, доступ до яких сильно утруднений, неможливий або надзвичайно небезпечний для людини (ядерні реактори; хімічно небезпечні об'єкти, станції в Антарктиді і Арктиці, підземні об'єкти, орбітальні супутники тощо) [2].

У ряді пристроїв автоматики і обчислювальної техніки в якості основного, базового елемента застосовуються п'єзотрансформатор з керованим або некерованим коефіцієнтом трансформації. Надзвичайно широкі можливості п'єзотрансформаторів дозволяють використовувати їх при створенні різноманітних аналогових і дискретних пристроїв перетворення сигналів.

Слід зазначити, що на основі п'єзотрансформаторів можливе створення різноманітних керуючих пристроїв, здатних виконувати різні функції перетворення сигналів. Для цього в елемент п'єзотрансформатора вводиться додаткова секція електродів і зв'язок між секціями здійснюється тільки механічним шляхом [3].

П'єзотрансформатори знайшли застосування в областях, де потрібне отримання високих напруг. Практика застосування п'єзотрансформаторів показує, що вони досить ефективно працюють на першій або на другій моді коливань в області частот від декількох десятків до сотень кілогерц. Однак при конструюванні пристроїв, що використовують п'єзотрансформатор, необхідно враховувати, що сам п'єзотрансформатор є механічною віброуючою системою і вимагає правильного закріплення. Для того, щоб не вносити додаткових втрат в механічну систему, кріплення п'єзотрансформатора необхідно здійснювати в місцях мінімальних зміщень для обраної моди коливань [4].

Різнманітність типів електронних пристроїв на основі ПТ робить необхідним використання широкого спектру п'єзокерамічних матеріалів із заданими властивостями. Пошук таких п'єзокерамічних матеріалів є самостійною задачею [5].

П'єзоелектричні трансформатори широко застосовуються в радіоелектроніці. Відсутність у ПТ обмоток і магнітної системи, можливість застосування планарної конструкції, висока економічність і надійність істотно поліпшують масогабаритні показники радіоелектронних вузлів [6], [7]. Найбільше застосування ПТ знаходять в високовольтних джерелах вторинного електроживлення (ДВЕЖ) і в пристроях, де потрібен великий коефіцієнт перетворення напруги, зокрема, в медичній техніці [5].

Озоновий стерилізатор їжі є швидким і ефективним способом для стерилізації води, фруктів і овочів, а також м'яса і морепродуктів, і тепер стерилізатори для домашнього використання продаються споживачам в якості безпечного і дешевого способу стерилізації продукту. Обсяг ринку для стерилізатора харчових продуктів складає мільйони одиниць в рік, і він став незамінним побутовим пристроєм.

Останнім часом використання імпульсного електричного поля (ІЕП) в стерилізації харчових продуктів привернуло велику увагу [8] – [10]. Основною частиною стерилізатора є іонізатор, в якому високовольтне імпульсне джерело живлення генерує імпульсне поле високої напруги [11], [12]. Високовольтні імпульси можуть генеруватися через високовольтний трансформатор, а амплітуда вихідного імпульсу становить до кількох десятків кіловольт в залежності від конкретного застосування. Маючи перевагу коефіцієнта збільшення високої напруги, ПТ може замінити магнітний трансформатор в побутовому стерилізаторі. Для домашнього стерилізатора необхідна напруга знаходиться в діапазоні від 6 кВ до 10 кВ [13].

П'єзокерамічні трансформатори застосовуються в іонізаторах і озонаторах, які можна використовувати як для знезараження приміщень, так і для очищення води і інших застосувань.

У пристроях для коагуляції крові за рахунок малопотужних високочастотних плазмових розрядів використовуються п'єзокерамічні трансформатори з їх можливостями генерації високочастотної і високовольтної напруги і здатністю зберігати працездатність при коротких замиканнях у вторинному колі [14].

Пристрій вторинного джерела живлення (ВДЖ), який є невід'ємною частиною будь-якого електронного пристрою або системи, зазвичай ґрунтується на використанні електромагнітного трансформатора. Такий спосіб має ряд істотних недоліків: подібним пристроям, як правило, властиві значна потужність розсіювання, високий рівень нагріву, низькі надійність і зносостійкість, незадовільні масогабаритні показники, створення електромагнітних завад, небезпека пробою обмоток тощо. На додаток до цього, отримання високих рівнів напруги за допомогою електромагнітного трансформатора є досить складним завданням. Тому в спектроскопії і рентгеноскопії, іонній оптиці, світлотехніці, радіолокації, електросинтезі озону, іонізації повітря [15] та інших галузях техніки, де застосовується висока напруга, для побудови ВДЖ можливе застосування альтернативних перетворюючих пристроїв – п'єзотрансформаторів. Дослідження в області використання ПТ активно проводяться за кордоном, в основному японськими й американськими вченими, в чому зацікавлені відомі світові гіганти з виробництва електронного обладнання (NEC, Canon, Panasonic тощо) [16]. Деякі розробки в цій області представлені в [17].

Дослідженням параметрів і характеристик ПТ присвячені роботи [18], аналізу можливостей застосування цих приладів у складі перетворювальних пристроїв [17], [19] – [21]. На базі раніше проведених досліджень [18] – [20], [22], враховуючи особливості роботи ПТ, в роботі [16] запропоновано структуру ВДЖ на основі ПТ.

Серед основних стримуючих чинників застосування ПТ можна відзначити відсутність вітчизняної високоякісної п'єзокераміки з необхідними електрофізичними властивостями і відсутність спеціалізованих мікросхем з великим ступенем інтеграції. Проте використання ПТ у ДВЕЖ малої і середньої потужності (до 20 Вт) дозволяє поліпшити масогабаритні показники в 4-6 разів в порівнянні з аналогічними ДВЕЖ на

основі електромагнітних трансформаторів. При необхідності створення електронних вузлів плоскої конструкції ПТ стають просто незамінними [5].

Основна складність застосування ПТ полягає в тому, що схемотехнічні принципи побудови ДВЕЖ на базі ПТ істотно відрізняються від принципів побудови ДВЕЖ на основі електромагнітного трансформатора. Так як ПТ є функціональним резонансним елементом, необхідно враховувати його специфічні особливості: вузькість резонансних амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) (добротність деяких типів ПТ може досягати 1000); зміщення АЧХ по амплітуді і частоті при впливі температури, зміні характеру і величини навантаження; висока крутизна фазочастотних характеристик (ФЧХ) на частоті резонансу; сильна зміна повних вхідних і вихідних опорів при дії збурюючих факторів (опори можуть мати ємнісний, індуктивний, активний і комбінований характер). Крім того, можна відзначити сильну залежність передавальних коефіцієнтів і параметрів передавальних функцій, а також ККД ПТ від струму навантаження. Тому ПТ можна охарактеризувати як об'єкт управління зі змінною структурою та змінними параметрами.

Перераховані вище особливості показують, що ПТ і електромагнітні трансформатори вимагають різного системотехнічного підходу до проектування радіоелектронних пристроїв на їх основі.

Наявність специфічних, порівняно з електромагнітними трансформаторами, властивостей дозволяє використовувати ПТ в областях техніки і медицини, де застосування інших аналогічних радіоелементів або утруднене, або неможливе. Здатність працювати в режимах, близьких і навіть рівних режиму короткого замикання, дозволяє використовувати ПТ в пристроях для заряду ємнісних накопичувачів. Час заряду можна зменшити в порівнянні з аналогічним по потужності пристроєм на електромагнітному трансформаторі в 2-5 разів. Наявність гальванічної розв'язки у ПТ з високою напругою пробою, компактність і економічність схем включення дає перевагу його використання в коагуляторах для косметології та стоматології потужністю до 100 Вт [5].

П'єзоелектричний трансформатор має ряд переваг в порівнянні з електромагнітним, а саме [23], [24], [25]:

- висока питома потужність;
- відсутність електромагнітних перешкод;
- висока ефективність;
- можливість мініатюризації;
- широкий частотний діапазон;
- вогнестійкість;
- проста технологія виготовлення [2].

Дослідження показали, що п'єзоелектричні трансформатори можуть конкурувати з традиційними електромагнітними як по ефективності, так і по потужності [26] – [31].

Висновки

У роботі розглянуто основні переваги та недоліки п'єзоелектричних трансформаторів у порівнянні з традиційними електромагнітними трансформаторами, актуальність та особливості застосування п'єзоелектричних трансформаторів у високовольтних джерелах вторинного електроживлення і в пристроях, де потрібен великий коефіцієнт перетворення напруги, зокрема, в медичній техніці.

Література

[1] Богдан А.В., Петрищев О.Н., Якименко Ю.И., и Яновская Ю.Ю., «Математическое моделирование колебаний тонких пьезокерамических дисков для создания функциональных элементов пьезоэлектроники», *Электроника и связь. Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии»*, Ч. 2, сс. 35–42, 2009.

- [2] Заболотный А.М., «Исследование характеристик пьезоэлектрического трансформатора совместимого с микросистемными технологиями», *Збірник наукових праць SWorld*, т. 8, сс. 6–10, 2012.
- [3] Сенюк Н.А., «Моделирование и расчет электроупругих полей пьезокерамических оболочек и пластин», Москва, 1984.
- [4] Паэрланд Ю.Э., Охрименко П.В. и Филоненко К.Ю., «Влияние места закрепления пьезотрансформатора на эффективность его работы», представлено на МНПК «Современные информационные и электронные технологии», 2014, сс. 69–70.
- [5] Бочкарев С.Г., Педько Б.Б., и Каменцев В.П., «Амплитудный и частотный способы управления работой пьезотрансформаторов в радиоэлектронных устройствах», *Вестник ТвГУ. Серия «Физика»*, № 4(6), сс. 110–114, 2004.
- [6] Ерофеев А.А., Данов Г.А., и Фролов В.Н., *Пьезокерамические трансформаторы и их применение в радиоэлектронике*. М.: Радио и связь, 1988.
- [7] Ладик А.И. и Сташкевич А.И., *Изделия электронной техники. Пьезоэлектрические и электромеханические приборы*. М.: Радио и связь, 1993.
- [8] Dunn, J.E. and Pearlman, J.S., «Methods and apparatus for extending the shelf life of fluid food products», Free Patent Online, 4695472, 1987.
- [9] K. H. Schoenbach, S. Katsuki, R. H. Stark, E. S. Buescher, and S. J. Beebe, «Bioelectrics-new applications for pulsed power technology», *IEEE Trans. Plasma Sci.*, vol. 30, issue 1, pp. 293–300, фев. 2002.
- [10] Xiangxiao Qiu, L. Tuhela, and Q. H. Zhang, «Application of pulsed power technology in nonthermal food processing and system optimization», 1997, vol. 1, pp. 85–90.
- [11] F. Espino-Cortes, A. El-hag, O. Adedayo, S. Jayaram, and W. Anderson, «Water Processing by High Intensity Pulsed Electric Fields», 2006, pp. 684–687.
- [12] S. Katsuki, K. Moreira, F. Dobbs, R. P. Joshi, and K. H. Schoenbach, «Bacterial decontamination with nanosecond pulsed electric fields», 2002, pp. 648–651.
- [13] Do Manh Cuong, «Piezoelectric Transformer Integration Possibility in High Power Density Applications», PhD thesis, Techn. Univ., Dresden, 2008.
- [14] Головнин В.А., Каплунов И.А., Малышкина О.В., и др., *Физические основы, методы исследования и практическое применение пьезоматериалов*. Москва: Техносфера, 2016.
- [15] «Универсальный очиститель воздуха „ФотоИон“». URL: <http://photoion.ru/>
- [16] Кривошей Д.А., «Дослідження характеристик вторинного джерела живлення на основі п'єзотрансформатора».
- [17] Кривошей Д.А., «Преобразователи электрической энергии на основе пьезотрансформаторов», *Технічна електродинаміка. Тем. вип. Силова електроніка та енергоефективність: у 4-х ч. – Ч. 3*, сс. 5–10, 2012.
- [18] Паэрланд Ю.Э. и Кривошей Д.А., «Дослідження характеристик п'єзоелектричних трансформаторів», *Електроніка та зв'язок. Тем. вип. Електроніка і нанотехнології*, № 5, сс. 28–34, 2010.
- [19] Паэрланд Ю.Э. и Кривошей Д.А., «Вторичные источники питания с пьезоэлектрическими трансформаторами», *Електроніка та зв'язок. Тем. вип. Електроніка і нанотехнології*, № 3, сс. 121–125, 2011.
- [20] Кривошей Д.А., «Дослідження впливу технологічного розкиду параметрів компонентів на характеристики джерела живлення з п'єзотрансформатором», *Технічна електродинаміка*, № 2, сс. 139–140, 2012.
- [21] Паэрланд Ю.Э. и Кривошей Д.А., «Розробка та дослідження електронного перетворювального пристрою на основі п'єзоелектричного трансформатора: звіт про НДР: № 33-К, № ДР 0110U007767», Донбаський державний технічний університет, Алчевськ, 2012.

- [22] Kryvoshei D. and Paerand Yu., «High-Voltage Power Supply Based on Piezoelectric Transformer», in *Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science*, Lviv, 2012, p. 498.
- [23] Лавриненко В.В., *Пьезоэлектрические трансформаторы*. М.: Энергия, 1975.
- [24] Yu-Hsiang Hsu, Chih-Kung Lee, and Wen-Hsin Hsiao, «Electrical and mechanical fully coupled theory and experimental verification of Rosen-type piezoelectric transformers», *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 52, issue 10, pp. 1829–1839, 2005.
- [25] A. M. Flynn and S. R. Sanders, «Fundamental limits on energy transfer and circuit considerations for piezoelectric transformers», *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 17, issue 1, pp. 8–14, 2002.
- [26] Andersen T. and Andersen M.A.E., «Simulation of Piezoelectric Transformers with COMSOL», in *Proceedings of the 2012 COMSOL Conference in Milan*.
- [27] Wei Wei Shao, Li Juan Chen, Cheng Liang Pan, Yong Bin Liu, and Zhi Hua Feng, «Power density of piezoelectric transformers improved using a contact heat transfer structure», *IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control*, vol. 59, issue 1, pp. 73–81, 2012.
- [28] G. Ivensky, I. Zafrany, and S. Ben-Yaakov, «Generic operational characteristics of piezoelectric transformers», 2000, vol. 3, pp. 1657–1662.
- [29] S. Ben-Yaakov and S. Lineykin, «Frequency tracking to maximum power of piezoelectric transformer HV converters under load variations», 2002, vol. 2, pp. 657–662.
- [30] R. Prieto, M. Sanz, J. A. Cobos, P. Alou, O. Garcia, and J. Uceda, «Design considerations of multi-layer piezoelectric transformers», 2001, vol. 2, pp. 1258–1263.
- [31] Junhui Hu, «Temperature field of the piezoelectric transformer operating in longitudinal vibration mode», 2002, pp. 1003–1006.

Zaika M.V., Master Degree Student,
Cherkasy State Technological University,
Tychkov V.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies

Cherkasy State Technological University,

v.tychkov@chdtu.edu.ua

Halchenko V.Ya., Dr.Sc. (Eng), Professor,
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies
Cherkasy State Technological University,

halchvl@gmail.com

Trembovetska R.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies

Cherkasy State Technological University,

r.trembovetska@chdtu.edu.ua

UNCERTAINTY ESTIMATION OF MEASURING CONTROL OF THE SOIL COVER STATE AND THE CONDITIONS FOR THE CULTIVATION OF HONEY PLANTS

***Abstract.** Honey plants are found almost everywhere in the Cherkasy region, but different wild lands are far from being of equal value for their cultivation. The richness of melliferous pastures is determined by the species composition and the number of melliferous plants growing on them. To successfully organize the use of honey pastures and identify the right ways to improve them, we need to know the characteristics of melliferous growing on different types of land, and on this basis to be able to determine the value of the land in the honey bearing and the possibility of its use and improvement. The need to constantly control the condition of the soil cover of planted honey-bearing lands and to measure its qualitative parameters will make it possible to assess the influential components of the total uncertainty of the measurement control.*

***Key words:** measuring control, soil cover, honey plants, uncertainty*

According to physical, geographical, climatic and soil characteristics, the territory of Cherkasy region belongs to the forest-steppe natural and climatic zone. Under favorable climatic conditions, the Cherkasy region is rich in vegetation, famous for valuable beautiful forests. Cherkasy region forests, by their ecological and socio-economic importance and location, perform mainly protective, climate-regulating, water-protection, sanitary-hygienic and health-improving functions and have limited operational significance. They play a significant role in the development of the regional economy and the improvement of the environment [1].

Plants are constantly exposed to various environmental conditions that affect the release of nectar - weather conditions, temperature, sunlight, humidity, soil character, etc. Most plants in the Cherkasy region begin to secrete nectar at a temperature of 10-12 °C, and early spring ones produce nectar well at a temperature 22-27 °C and relative air humidity of 50-60 %, sunny, calm weather (or weak south-westerly wind) with short rains (especially at night) and the absence of strong night cooling.

The **aim** of the work - ecological and metrological assessment of the influence of climatic conditions, soil cover, as well as mineral base for growing honey plants.

For realization, we need to:

- determine the natural-climatic and general conditions of the area and give them an assessment from the standpoint of beekeeping;

- determine the species and quantitative composition of the main honey plants, establish their honey productivity and flowering time, provide information on their botanical features;
- assess the uncertainty of measuring control of the state of the soil cover and the growing conditions of honey plants based on monitoring and measuring the pH, moisture content and illumination of the soil cover.

The soil analyzer uses moisture measurement and control at the root level of the plant, and also shows the light level and pH level without any problems. It is especially important to measure the pH level, since many honey plants are very demanding on a certain pH of the soil.

The device is non-volatile (does not require connecting power sources), is equipped with two rigidly - fixed probes and a photocell built into the case. The device allows you to measure and adjust indicators of acidity, moisture and soil illumination in individual areas of the cultivation of honey plants, such as phacelia, burkun and donnik.

The moisture content of the soil cover is controlled by a color indicator:

- red zone (1-3) - dry or slightly moist soil. Suitable for moisture-loving plants;
- green zone (3-8) - slightly moist or moist soil. Suitable for most plants;
- blue zone (8-10) - very moist soil. Do not water the plants until the moisture level drops.

Main characteristics of the analyzer:

- measuring range pH: 3.5 ÷ 8.0
- humidity measurement scale: 0 ÷ 10
- range of measurement of light intensity: 0 ÷ 2000 lm

Conclusions. The territory of the sovereign enterprise “Cherkasy Forestry” has rich and diverse natural vegetation, but its honey resource is little used. For the effective use of the melliferous base of the area (phacelia, burkun, donnik), it is necessary to take into account the melliferous lands, determine their honey productivity, and the honey collection conditions of the terrain. It is important in difficult market conditions to ensure the production of beekeeping products with the most efficient use of bees, to make commercial beekeeping profitable.

The main conditions for growing honey plants that affect the content of bees can be attributed to: plant (the presence of a honey base); environmental conditions affecting the release of nectar (climate and soil conditions); environmental conditions; availability of melliferous areas.

References

1. https://lis-ck.gov.ua/?page_id=93
2. Bodnarchuk L. I. Atlas of honey plants / L. I. Bodnarchuk, T. D. Solomakha, A. M. Ilyash [and others]. - K. : Harvest, 1993. - 270 p.
3. Petrenko S. O. Feed beekeeping base: textbook. Tool. S. Petrenko, I. Petrenko. - Kiev: Condor, 2018. - 236 p.

Кісіль Т.Ю., к.т.н., доцент

Черкаський державний технологічний університет
kisiltetyana@ukr.net

Куницька Л.Г., к.т.н., доцент

Черкаський державний технологічний університет
l_kunytska@ukr.net

Бабій О.О., магістр

Alexander9904@ukr.net

Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЗВАРНИХ ШВІВ ТА БІЛЯШОВНОЇ ЗОНИ УЛЬТРАЗВУКОВИМ МЕТОДОМ

***Abstract.** The paper deals with the actual issue of defect in material (metal) by ultrasonic method. One of the most important tasks is to study not only the welded joint but also near the suture area of the welded joints using an ultrasonic method.*

***Key words:** non-destructive testing, ultrasonic flaw detection, weld, defect*

У наш час до дефектів зварних з'єднань привернуто увагу фахівців різних галузей, що обумовлено потребами безпеки і строку експлуатації зварних елементів та конструкцій. Поняття «дефектоскопія» (від лат. defectus - недолік sbopeo - дивитись) комплекс методів і засобів неруйнівного контролю матеріалів і виробів з метою виявлення дефектів [1].

Методи дефектоскопії зазвичай класифікують залежно від фізичного ефекту, що його використовують для контролю. Найпростіший - візуальний метод ґрунтується на неоднаковому відбиванні світла від бездефектної поверхні й від дефектів. Методи магнітної дефектоскопії ґрунтуються на реєстрації магнітних полів розсіювання на дефектах або магнітних властивостей досліджуваних виробів. Серед численних методів неруйнівного контролю, що використовують різні фізичні поля, які взаємодіють з об'єктом контролю, широке розповсюдження отримали акустичні (ультразвукові) методи [2].

Основою акустичної дефектоскопії є контроль параметрів пружних коливань, збуджених у контрольованих виробках. У неруйнівному контролі (НК) застосовують багато типів ультразвукових хвиль, що не володіють дисперсією швидкості: об'ємні поздовжні і поперечні (зсувні) хвилі, поверхневі, поздовжні та інші [3].

Ультразвукова дефектоскопія - пошук дефектів у матеріалі виробів ультразвуковим методом, тобто шляхом випромінювання та прийняття ультразвукових коливань, і подальшого аналізу їх амплітуди, часу приходу, форми за допомогою спеціального обладнання – ультразвукового дефектоскопа (УЗ) [2]. Поширення ультразвукових хвиль залежить від якості підготовки досліджуваних поверхонь і властивостей меж розділу середовищ.

Основний принцип роботи всіх УЗ дефектоскопів заснований на відображенні хвиль від граничних поверхонь і неоднорідностей, до яких відносяться дефекти металу. Найбільш поширений метод НК - ехо-метод. Один прилад генерує і приймає коливання за допомогою п'єзоелектричних перетворювачів (ПЕП), що дозволяє визначати наявність дефектів, встановлювати їх положення і розміри. Однак, необхідно відзначити, що достовірність результату вимірювання залежить від якості підготовки поверхні контакту, а визначати характер і тип дефекту необхідно фахівцеві в ручному режимі [4].

Дефекти зварних з'єднань бувають зовнішні і внутрішні. До зовнішніх дефектів при дуговому і газовому зварюванні належать: нерівномірність поперечного перерізу по

довжині швів, незаплавлені кратери, підрізи основного металу, зовнішні тріщини, відкриті пори тощо. Внутрішні дефекти: непроварення кромки або несплавлення окремих шарів при багат шаровому зварюванні, внутрішні пори і тріщини, шлакові включення тощо.

Дефекти в зварних з'єднаннях утворюються з різних причин. При дуговому і газовому зварюванні переріз швів буде нерівномірним, якщо порушено режим зварювання або низька кваліфікація зварювальника.

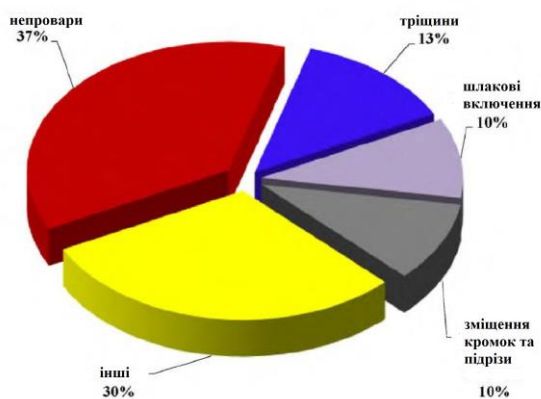


Рисунок 1 – Розподіл дефектів в зварних з'єднаннях

В процесі багаторічної експлуатації трубопроводів з кожним роком частіше відзначаються випадки крихкого руйнування металу труб в біляшовній зоні кільцевих зварних з'єднань. Розміри цих зон концентрації напружень становлять від декількох мікрон до декількох міліметрів [5]. Тому, дуже важливо вже на етапі експлуатації трубопроводу проводити його детальну дефектоскопію наявності напруги в тілі труби. Напруження в біляшовній зоні є результатом наявності внутрішніх напружень, які можуть бути викликані різними причинами. До основних причин їх

появи відносять нерівномірність нагріву і усадки зварного шва, структурні зміни металу і біляшовної зони, застосування невідповідної техніки і технології зварювання (невірно обраний діаметр електрода, не дотримання режимів зварювання), низька кваліфікація зварювальника, порушення розмірів зварних швів.

Мета роботи – зварні з'єднання завжди були і залишаються найбільш слабкою ланкою в будь-якій конструкції, тому одним з найважливіших завдань є дослідження не тільки зварного з'єднання, а й біляшовної зони (БШЗ) зварних стиків за допомогою ультразвукового методу.

Аналіз сучасних методів неруйнівного контролю для визначення наявності напруги в біляшовній зоні показав, що в даний момент для визначення наявності напруги в БШЗ, існує тільки один інструментальний безконтактний метод контролю, заснований на магнітній пам'яті металу [5].

З практичного застосування можна виділити недоліки методу:

- мала глибина можливого контролю (інформація надходить тільки від поверхневих шарів);
- великий вплив стану поверхні;
- необхідність впливу на трубопроводи, що змінюються магнітним полем.

У зв'язку з цим пропонується методика перевірки напруженості біляшовних зон за допомогою ультразвукового методу. Основою запропонованого методу є швидкість поширення ультразвукової хвилі в тілі металу БШЗ. При наявності напруги метал БШЗ матиме неоднорідну структуру. Від однорідності структури металу БШЗ безпосередньо залежить швидкість проходження ультразвукової хвилі через стінку трубопроводу. За зміною швидкості ультразвукової хвилі можна судити про неоднорідність структури металу, і як наслідок про наявність або відсутність напруги.

Виявлення дефектів і контроль пористості покриттів можливі завдяки природі звуку. Такі параметри, як частота і довжина звукової хвилі в однаковому середовищі тотожні, але в новому середовищі або при зіткненні зі стороннім вкрапленням змінюються. На цій властивості звуку заснована робота УЗ дефектоскопа [3].

Протягом декількох десятиліть дефектоскопи удосконалювалися в рамках поліпшення визначення перерахованих параметрів. Габарити і вага дефектоскопів зменшувалися, з'являлися додаткові сервісні функції: здатність запам'ятовувати налаштування; запам'ятовування результатів контролю; регулювання чутливості в процесі

вимірювань. Впроваджувалися нові схеми проникання, наприклад, застосування хордових перетворювачів. Проте, рішення про відповідність зварного з'єднання вимогам приймається за результатами аналізу амплітуди сигналу, координат розташування дефекту і розмірів дефекту. Подальший крок - створення приладів з розгорненнями *B* (*B-scan*) і *C* (*C-scan*). У розгортках *B* прийняті ехо-сигнали формують зображення на площині, в розгортці *C* зображення формується об'ємне [5]. Зображення дефектів краще сприймається і аналізується людиною, ніж ехо-сигнал. Для подальшого поліпшення зображення застосували багатоеlementні ультразвукові перетворювачі спільно з методами синтезованої апертури.

Змодельовано процес дослідження зварних з'єднань зазначеним методом (рис. 2-5). Застосовувалось просвічування двома акустичними блоками. Товщина деталей 12 мм. Як видно з рисунку, права деталь відносно лівої, зміщена вниз на 3 мм і повернута на 4°. Область зварного шва обведена пунктиром. [3]

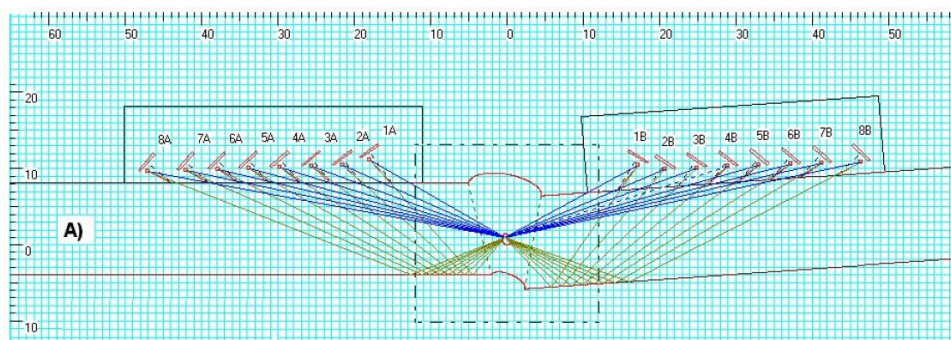


Рисунок 2 - Виявлення дефекту всередині наплавленого металу прямими і одноразово відбитими променями перетворювачів

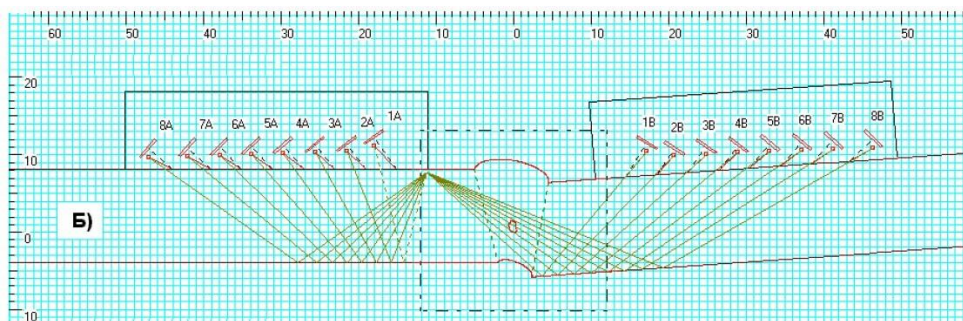


Рисунок 3 - Прозвучування верхньої межі деталі одноразово відбитими променями

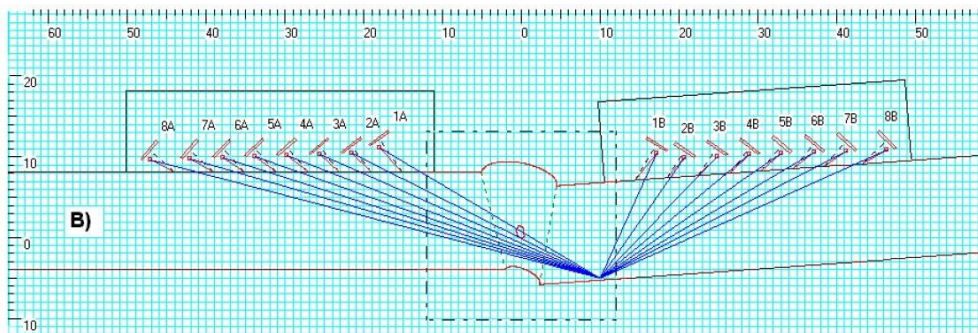


Рисунок 4 – Прозвучування донної поверхні деталі

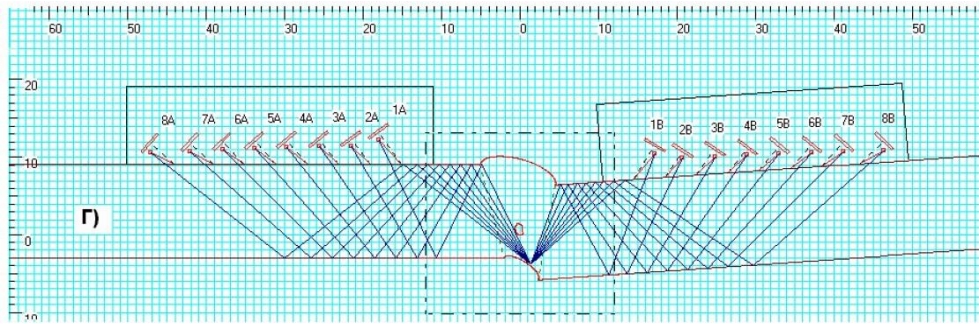


Рисунок 5 - Прозвучування кореня зварного з'єднання двічі відбитими променями

Як видно з рисунків забезпечується прозвучування всіх зон зварного з'єднання і біляшовної зони.

Висновки. Таким чином, з рисунків видно, що метод дозволяє перевірити на наявність дефектів не тільки зварний шов, а й біляшовну зону (при наявності напруги метал БШЗ матиме неоднорідну структуру. Від однорідності структури металу БШЗ безпосередньо залежить швидкість проходження ультразвукової хвилі через стінку трубопроводу. За зміною швидкості ультразвукової хвилі можна судити про неоднорідність структури металу, і як наслідок про наявність або відсутність напруги),

Список літератури

1. <https://studopedia.org/5-37517.html> (активний станом на 11.08.2019)
2. Пьезоэлектрические преобразователи / В.М. Шарапов, И.Г. Минаев, Ю.Ю. Бондаренко, Т.Ю. Кисиль, М.П. Мусиенко, С.В. Ротте, И.Б. Чудаева / под ред. В.М. Шарапова. – Черкассы: ЧГТУ, 2004, 405 с.:ил.
3. Ермолов И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля. – М.:Машиностроение, 1981. – 240 с.
4. Антонов И.В., Соколов С.С., Кузовников Е.В., Тарасенко А.А., Чепур П.В. // Технологические аспекты применения ультразвуковых дефектоскопов на фазированных решетках с роликовым датчиком/ Фундаментальные исследования №5, 2015 – 241-246 с.
5. Самокрутов А.А., Шевалдыкин В.Г., Зверев Е.А., Велиюлин И.И., Касьянов А.Н. Комплекс средств дефектоскопии трубопроводов больших диаметров // С-Пб.: В мире неразрушающего контроля, ежеквартальное журнальное обозрение. - №1 (43). - 2009. - С. 18-21.

Kostogryns Ya.V., Master Degree Student,
Cherkasy State Technological University,
Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

Halchenko V.Ya., Dr.Sc. (Eng), Professor,
Cherkasy State Technological University,
Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine,
halchvl@gmail.com

Tychkov V.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Cherkasy State Technological University,
Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

Trembovetska R.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Cherkasy State Technological University,
Blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND CHEMICAL QUALITY CONTROL OF PORK PRODUCTS

Abstract. *Meat quality is understood as a combination of properties that demonstrate the suitability of meat for consumption, they include indicators of usefulness (food and biological) and sanitary and veterinary safety (good quality and safety). By benignity, we understand the absence of spoilage processes in meat (rotting, oxidation, bitterness, mold, etc.). Safety indicators - the absence of bacteriological, chemical, mechanical pathogens in the meat (pathogenic microbes, fungi, helminths, toxins, mechanical impurities, etc.). The identification of all these indicators during the examination of meat and especially physico-chemical indicators are a veterinary and sanitary assessment of livestock products.*

Key words: *measuring control, pork, potentiometric method, physico-chemical control, feed, product quality*

According to modern international requirements for the quality and safety of pork food products due to the need for the production and sale of veterinary-sanitary products of animal origin, the State Service for Food Safety and Consumer Protection of Ukraine approved a mandatory minimum of research on raw materials, animal products, which should be carried out in laboratories of veterinary medicine.

The main indicators of the quality of meat is its taste and aroma, formed due to the content and a certain ratio of extractives in the meat, which are easily oxidized, as unstable to high temperatures. Taste and aroma depend on the age, sex of the animals, the ratio of tissues, the amount and distribution of fat, etc. In the meat of young animals, these qualitative indicators are less pronounced compared to meat of adult animals. The taste of meat obtained from overworked animals is deteriorating. The nutritional value of meat is its chemical composition in accordance with the balanced nutrition formula (protein 1, fats 1.2, carbohydrates 4.6).

The nutritional value of meat is found in its content of proteins, fats, vitamins, mineral, extractive and other biologically active substances.

Organoleptic and physico-chemical studies include: moisture content; fat content in meat products; ash content; salt content; the content of one toxic element (lead, cadmium, copper, zinc, iron) the content of chlorides; pH value dry residue, etc.

The **purpose** of the work is to conduct a study of the physicochemical quality control of pork products by potentiometric analysis method.

The most important methods are determining the pH of meat and meat products and water-holding ability. The pH of meat and meat products was determined by potentiometric method. It is based on the use of a pH meter.

The ability of meat and meat products to bind moisture depends on many factors, the most important of which are: the properties of proteins, the molar concentration of dissolved substances, the pH value and structure of products. We used the most common method - pressing.

The pH value of meat is an important indicator of the quality of meat from the standpoint of technologies for its processing and storage. The water-binding ability of meat (OBC) depends on the concentration of hydrogen ions in muscle tissue, which affects the yield of the product, weight loss during storage, as well as the stability of the product in relation to the development of putrefactive microflora. In connection with the peculiarities of the technology of growing, fattening animals, their genetic indicators, there are differences in the meat of different groups of animals that are sent for processing. In accordance with this, pork is classified according to quality groups with the allocation of normal meat and meat with signs of PSE and DFD.

To determine the total mass of moisture in the sample, we dry the crushed sample in a pre-weighed box in an oven at a temperature of 105 °C to a constant weight. The drying temperature can be increased to 150 °C.

Calibration in pH measurement modes was performed daily before the start of measurements.

Selected for calibration standard solutions (comparison solutions), taking into account the following recommendations:

- at least two comparison solutions are required for calibration;
- preparation of comparison solutions is carried out in accordance with the methodology.
- the expected measurement result should be in the range between the pH values of the selected comparison solutions.
- if the expected value of the measured pH is unknown, calibration should be carried out on all four comparison solutions.

Conclusion. Improving the quality of carcasses and products of slaughter of pigs is achieved by the following breeding methods: by inbreeding, interbreeding, as well as interline and breed-linear hybridization. Feeding is the main factor that ensures the growth and development of pigs, their productivity, adaptation to the effects of the environment and ultimately affects the quality of carcasses and the chemical composition of the tissues. By adjusting the level and mode of feeding pigs, it is possible to achieve a significant change in the chemical composition of their body.

References

1. Methods of quality control of food products: textbook. manual / O. I. Cherevko, L. M. Krayniuk, L. O. Kosilov and others; Hark. state. food and trade. - Kharkiv: CDHDT, 2005. - 230 p.
2. Commodity characteristics of pork slaughter products: monograph / G. O. Birta; Poltava University of Economics and Trade. - Poltava: RVV PUET, 2011. - 118 p.

Kotenko A.I., Master Degree Student,
Cherkasy State Technological University,
Trembovetska R.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological University,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua
Tychkov V.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological University,
v.tychkov@chdtu.edu.ua
Halchenko V.Ya., Dr.Sc. (Eng), Professor,
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies
Cherkasy State Technological University,
halchvl@gmail.com

INVESTIGATION OF THE MEASURING PROCESS OF THE ACTIVE CHLORINE CONCENTRATION DISTRIBUTION IN DRINKING WATER

Abstract. In the practice of drinking water production in our country, as well as all over the world, chlorination is still the main method of water disinfection, because today it is the most affordable, economical and effective method of disinfection. Chlorination allows the microbiological safety of water in the distribution network throughout the water movement at any time due to the effect of prolonged chlorine action. The use of flow-injection method of analysis allows automating the process of measuring control of residual active chlorine in drinking water.

Key words: *measuring control, water disinfection, active chlorine, drinking water, water quality and suitability*

Introduction. Water is the most important component of the life of all living organisms. It is an integral indicator for flora and fauna as well as for humans. Water quality is determined by the complex of its chemical, biological components and physical properties that determine the suitability of water for certain types of water use.

The most important stage of water purification is the disinfection of drinking water. Among the technological processes of water treatment of decontamination is the most important from the point of view of prevention of epidemics.

Today there are many alternative methods of disinfection in the world (UV-irradiation, ozonation, ammonization of water with chlorination, use of chlorine dioxide, use of sodium hypochlorite, combined methods, etc.). Each of them has both advantages and disadvantages. Each country should conduct state-level surveys to identify opportunities for the use of different methods and technologies for water disinfection.

The purpose of the study is to determine the residual active chlorine in drinking water and to determine its suitability for consumption by this indicator using ionometric flow-injection method of analysis, and as a sensitive element iodide-selective electrode.

To investigate the selectivity and sensitivity of an iodide-selective electrode, we used it as an electrode paired with a glass-carbon and platinum electrode sensitive to the redox pair I_2 / I^- . Solutions KI 10⁻³ M (hc) and I₂ were prepared as simulation calibration solutions for the presence of active chlorine ions in process solutions.

The iodometric method is based on the ability of active chlorine to displace iodine from its compounds.

The method based on the iodometric method has become widespread in laboratory analytical practice, which is also facilitated by the production of a standard sample of potassium iodate (simulator of residual active chlorine), which is used to metrological provide this method of measurement.

In Fig. shows a method for introducing corrections into the indications of ion-selective electrodes having incomplete a specific ion selectivity. This method involves the addition of a specific reagent to the process solution stream before this solution is analyzed by an ion-selective electrode.

For example, pH constantly limits the use of an ion-selective electrode. The introduction of an appropriate buffer solution in such an amount that there was no significant dilution of the sample will allow the application of many electrodes to be expanded. In Fig. shows the flow ratio controller used to maintain a specific ratio of the reagent and solution flow rates, measured individually by flowmeters.

The main shortcoming of these methods of measuring control can be attributed to the complexity of technical implementation to ensure sustainable development environmental safety.

With the using of measurement control injection methods, it is possible to achieve acceptable accuracy, reliability and most importantly technological processes environmental safety.

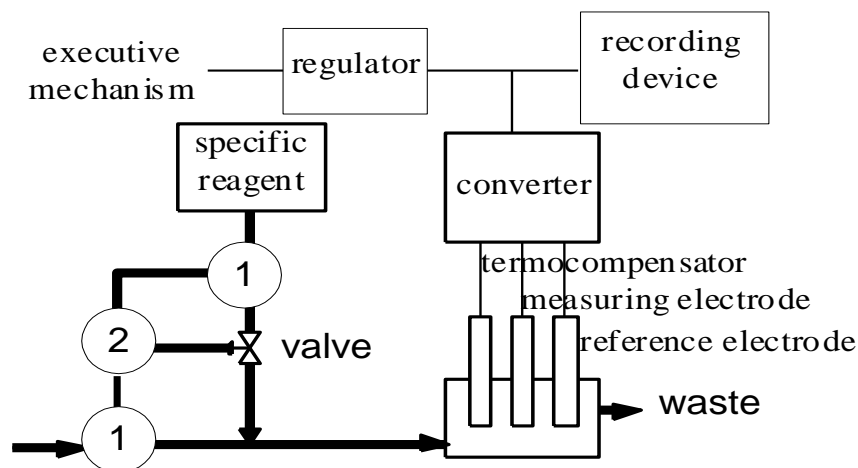


Fig. Measuring control method with the reagent addition

For each calibration solution, we carry out three parallel measurements of the potential and take the arithmetic mean as a result. The calibration dependence is calculated by the least squares method in coordinates: pI_2 values of calibration solutions are the corresponding potential values in millivolts.

The measurement is visible in pairs: the measuring electrode is carbon-glass and platinum. In both cases, the iodide-selective electrode of laboratory manufacture was used as the reference electrode.

The determination began immediately after the selection of the calibration solutions. During the analysis, the effects on the calibration solution of bright light, mixing, heating were avoided.

Conclusions. The use of flow-injection method of analysis allowed to extend the range of measurement of the concentration of active chlorine ions in simulation solutions by applying the developed iodide-selective electrode and hydrodynamic parameters of flow measuring transducers by 2%.

The readings of the iodide-selective electrode paired with the glassy carbon electrode are almost indistinguishable from those of the platinum electrode, and therefore, the platinum

electrode can be replaced by a cheaper and more reliable glassy carbon electrode for the measurement of active chlorine ions in the chemical industry of Ukraine.

References

1. Tychkov V. V., Trembovetskaya R. V., Kisil T. Yu. The Flow-Injection Device for Remaining Chlorine in Technological Water // CTC «Informatics, Mathematics, Automation. IMA: 2016 ». - April 18 - 22, 2016, Sumy, SSU. - P. 139.
2. Tychkov V. V. Criteria for the Selecting Parameters Anode Polarization Process of Substances on the Ion-Selective Electrodes Surface [Text] / V. V. Tychkov, R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko // Environmental Sciences. - 2018. - № 1 (20). - Vol 2 - R. 107-117.
2. Regression Analysis Application for the Uncertainty Estimation of the Ionometric Converters Graduation [Text] / [V. V. Tychkov, R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko et al.] // Information Technologies in Education, Science and Technology "(ITEST-2018): IV International Scientific-Practical Conference, Cherkasy, 17-18 May, 2018: proceedings. - Cherkasy: ChSTU, 2018. - R. 143-146.
3. Tychkov V. V. Technical and technological bases for achieving environmental safety of sustainable development [Text] / V. V. Tychkov, V. Ya. Galchenko, R. V. Trembovetskaya / Global Partnership for Local Sustainable Development: Modern Trends and Best Practices: monograph / [ed. by L. O Petkova, O. Yu. Berezina, Andrzej Kryński] - Czestochowa, 2018. - P. 160-171. DOI:10.23856 / W1708.

Koshevoy N.D., Professor, the head of intellectual measuring systems and quality engineering department,

Koshevaya I.I., the post graduate student,

Fesenko A.G., the student,

National Aerospace University named after M.E. Zhukovskoho «Kharkiv Aviation Institute», Ukraine, 61000, Kharkiv, Chkalova St, 17
e-mail: kafedraapi@ukr.net, phone: 8-057-788-43-03

Kostenko O.M., Associate Professor, Poltava State Agrarian Academy, Ukraine, 36000, Poltava, Skovorody St, 1/3, e-mail: kostenko@pdaa.com.ua

BIMETALLIC TEMPERATURE SENSORS

Abstract. For the purpose of sensitivity and accuracy of temperature measurement, also simplifying the construction and manufacturing process of proposed bimetallic sensors of temperature. Furthermore, the sensitive element is cantilevered bimetallic plate, which free end connected by transmission mechanism with axle of acapacitor with a variable capacitance (or with magnetic core inductors), which turn on in the loop of the auto-oscillator of electricity oscillations.

Key words: temperature, bimetallic plate, capacitor, inductor, generator of electricity oscillation.

Known Bimetallic sensors of temperature [1,2] have next disadvantages: lack of sensitivity and accuracy of measurement, complexity of a construction and manufacture of the sensitive element, relatively large cost coating of a spring.

For the purpose of sensitivity and accuracy of temperature measurement, simplifying the construction and manufacturing process of proposed bimetallic a sensor of temperature (Fig.1).

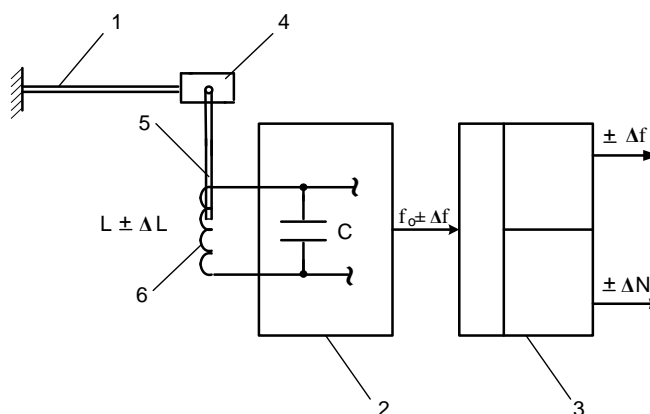


Fig. 1 – Bimetallic temperature sensor, made of inductance change

Bimetallic sensor of temperature contains sensitive element 1, auto-oscillator of electricity oscillation 2 and microcontroller 3. Sensitive element 1 is cantilevered bimetallic plate 1, which free end connected with magnetic core 3 of inductor 6 by transmission mechanism 4. Inductor 6 turn on in the loop of the auto-oscillator of electricity oscillations 2, which connected with microcontroller 3.

Sensor functions as follows.

At the start value of temperature T_0 (for example $T_0=0^\circ\text{C}$) is set such a position of magnetic core 5 in inductor 6, at which it will have inductance L_0 . The initial frequency value of the

$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_0C}}$ auto-oscillator frequency of electric oscillations 2 is applied to the microcontroller,

which is programmed to compensate for this value of frequency and the formation of informative parameters of the sensor - the frequency Δf and the digital code ΔN , proportional to the value of temperature measurement. Thus, the outputs of the microcontroller 3 set the initial values of the output signals of the sensor $\Delta f = 0$, $\Delta N = 0$. Changing the temperature by a value ΔT (for example, an increase) leads to the deformation of the bimetal plate 1, the free end of which through the transfer mechanism 4 leads to the movement of the magnetic core 5 inside the coil of inductance 6. This induces a change in the inductance L_0 by the value ΔL and frequency f_0 of the auto-oscillator of electric oscillations 2 by the value Δf . Thus, the frequency and digital outputs of the microcontroller 3 set the values Δf and ΔN , which are proportional to the value of the measured temperature ΔT .

Another possible embodiment of the bimetallic temperature sensor (Fig. 2), in which the sensitive element 1 is made in the form of a console-mounted bimetal flat plate (or plate twisted in the form of a spiral), the free end of which the transmission mechanism 4 is connected to the variable capacitor shaft 5, activated in the LC loop - auto-oscillator of electrical oscillations 2, serially connected to an analog-to-digital converter 3 [3].

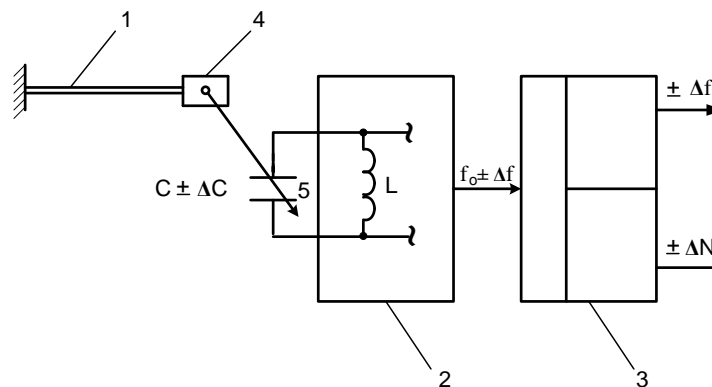


Fig. 2 – Bimetallic temperature sensor, based on capacitor capacity change

Changing the temperature by a value ΔT (for example, an increase) leads to the deformation of the bimetal plate. The deflection of the bimetal plate 1 through the transfer mechanism 4 causes the turn of variable capacitor shaft of the variable capacitance 5 which changes the capacity of C_0 to ΔC and the frequency f_0 to Δf . In this case, frequency and digital outputs of microcontroller 3 have set values of frequency Δf and digital code ΔN , which are proportional to the value of the measured temperature ΔT .

Conclusion. The proposed bimetallic temperature sensors can increase the accuracy, sensitivity of measurement and have a simple and reliable construction.

Bibliography

1. Пат. № 55106, Україна, МПК G01K 7/01, G01K5/00. Біметалевий датчик температури / В.К. Гусельніков, О.В. Гусельніков (Україна). – U201004949; заявл. 26.04.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. №23. – 2с.
2. Пат. № 101576, Україна, МПК G01K 7/34, G01R5/00. Біметалевий датчик температури / І.Г. Грабар, С.В. Бушма, О.В. Коновалов, Г.П. Водяницький (Україна). – а201201141; заявл.06.02.2012; опубл. 10.04.2013, Бюл. №7. – 2с.
3. Пат. № 128271, Україна, МПК G01K 7/34, G01R5/00. Біметалевий датчик температури / М.Д. Кошовий, А.А. Беляєва, В.А. Дергачов, О.М. Костенко (Україна). – U201803152; заявл. 26.03.2018; опубл. 10.09.2018, Бюл. №17. – 2с.

Омелян А.В.,

аспірант, Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея»
e-mail: 31master91@gmail.com, тел. 8 (066) 300-62-67

Петренко С.Ф., д.т.н., професор,

Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея»,
e-mail: tyll@naverex.kiev.ua, тел. 8 (067) 918-32-68

АЛГОРИТМІЧНІ РІШЕННЯ КЕРУВАННЯ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНИМ ДВИГУНОМ В РЕЖИМІ МІКРО- ТА НАНОШВИДКОСТЕЙ

Abstract. This work is devoted to improvement of methods for controlling the speed of piezoelectric motors in the micro and nano-range. Proposed speed control algorithms, which ensured a decrease of 2...5 times the shock-vibration effect in comparison with PWM.

Key words: piezoelectric motor, velocity, vibration, nano-range.

Перспективи використання лінійних п'єзоелектричних двигунів в мікроманіпуляційних системах робить актуальною проблему керування їх швидкістю в мікро- та нанодіапазонах [1].

В роботі проведено порівняльний аналіз різних алгоритмічних рішень керування п'єзоелектричним двигуном в режимі мікро- та наношвидкостей в порівнянні з традиційним методом – ШІМом. Головним порівняльним критерієм був рівень супутнього ударно-вібраційного шуму.

Дослідження виконувалися на лінійному мікродвигуні класу LPM-5 [2]. Цей клас серійного лінійного п'єзоелектричного двигуна з безпосереднім контактом і прямокутним плоским резонатором квазірезонансного типу на стоячих акустичних хвилях.

Схема такого п'єзоелектричного двигуна представлена на рис.1.

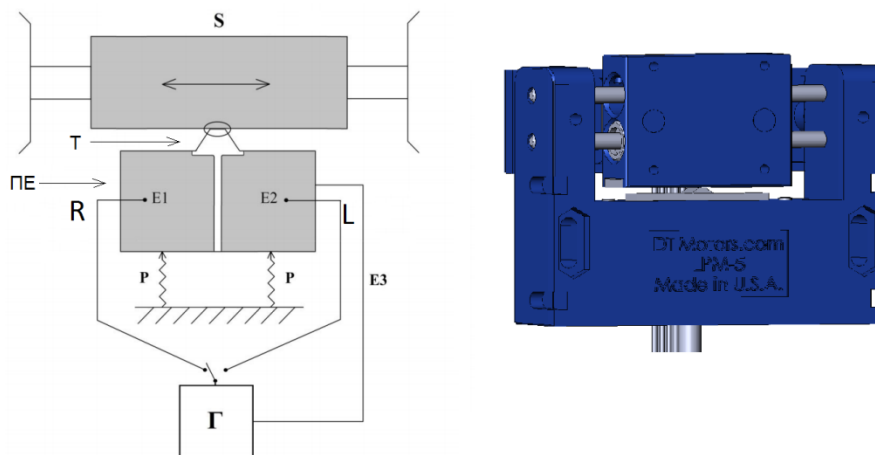


Рис. 1. Схема лінійного п'єзоелектричного двигуна LPM-5 з прямокутним резонатором квазірезонансного типу: *S* – слайдер; *PE* -п'єзоелемент; *E1, E2, E3*- електроди п'єзоелемента; *T* – штовхач; *P* – пружина; *G* – генератор збудження.

Структурна схема стенду для вимірювання параметрів двигуна в процесі дослідження представлена на рис.2.

Стенд включав послідовно з'єднані персональний комп'ютер, перетворювач USB-UART, мікроконтролер, підсилювач сигналів генератора збудження, досліджуваний двигун, п'єзоелектричний датчик ударно-вібраційного шуму, вимірювач швидкості двигуна. Вимірювач швидкості оптично зв'язаний з рухомою кареткою двигуна і електрично з контролером.

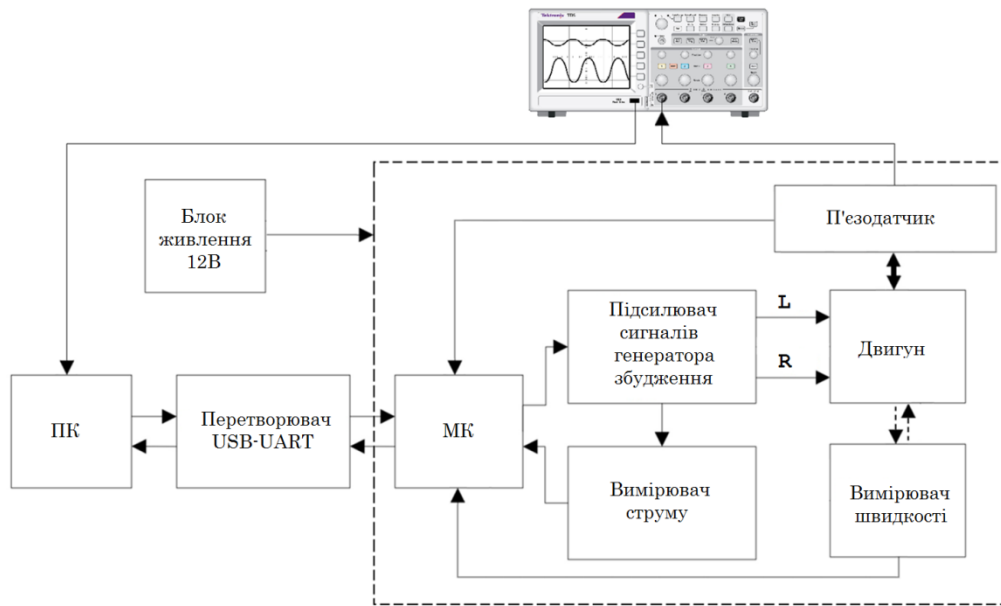


Рис.2. Структурна схема стенду для вимірювання параметрів п'єзоелектричного двигуна: ПК- персональний комп'ютер, МК- мікроконтролер

П'єзоелектричний датчик ударно-вібраційного шуму жорстко був встановлений на корпусі двигуна і електрично зв'язаний з цифровим осцилографом типу Tektronix, вихід якого під'єднано до персонального комп'ютера. Амплітуда вібрацій оцінювалася виходячи з чутливості п'єзодатчика (20мВ/мкм). В процесі вимірювань додатково контролювали струм п'єзодвигуна за допомогою вимірювача струму, а весь стенд живився від джерела постійного струму 12В.

Для різних швидкісних інтервалів досліджувалися різні алгоритми керування швидкістю.

Порівняльний аналіз супутнього ударно-вібраційного ефекту для різних методів керування представлено на рис.3.

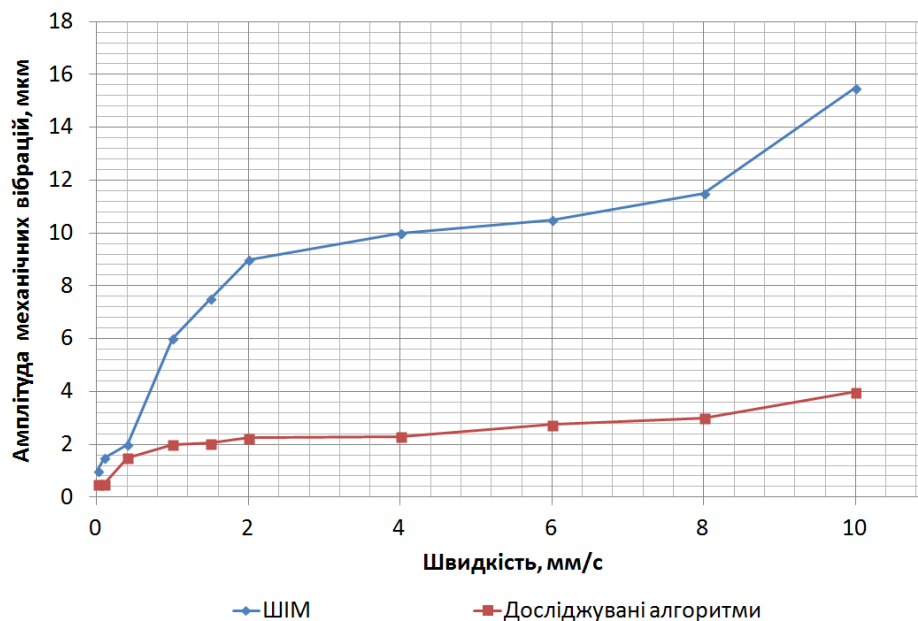


Рис.3. Амплітуда супутніх вібрацій при різних алгоритмах керування та ШИМом в діапазоні швидкостей 10 мкм/с...10 мм/с

Інтервал 10 мм/с....1 мм/с. Найбільш ефективним в цьому діапазоні швидкостей виявився (умовно названий) частотно-безперервний алгоритм, який базувався на налаштуванні швидкості за сигналом датчика швидкості шляхом зміни частоти на правому схилі частотної характеристики п'єзоелектричного двигуна [3].

В такому алгоритмі крок квантування частоти збудження – дискрет зміни частоти за сигналом помилки підбирався з умови крутизни самої частотної характеристики, а сигнал помилки формувався по інтегральному (накопичувальному) принципу прийнятих імпульсів з енкодера. Амплітуду вібрацій в цьому діапазоні в порівнянні з широтно-імпульсною модуляцією вдалося зменшити в 3-5 разів. При цьому практично повністю вдалося виключити акустичний шумовий ефект, супутній ударно-вібраційному.

Інтервал 1 мм/с....0.1 мм/с. Для роботи в цьому інтервалі швидкостей найбільш ефективним виявився імпульсно-гармонійний алгоритм з “пакетами” збудження і фіксованій частоті їх слідування. Частота збудження двигуна в самих “пакетах” змінювалася за гармонійним законом (принцип частотної “гармошки”), а підстроювання швидкості здійснювалося за сигналом помилки швидкості шляхом зсуву всього “пакету” збудження на фіксований крок квантування по правому контуру частотної характеристики двигуна [3].

При цьому частотна ширина “пакету”, швидкість зміни частоти збудження в “пакеті”, частота слідування “пакетів”, сигнал формування помилки і т.д. підбиралися експериментально з врахуванням мінімізації ударно-вібраційного ефекту.

Амплітуду вібрацій в даному діапазоні порівняно з широтно-імпульсною модуляцією вдалося зменшити в 2-3 рази.

Інтервал 100 мкм/с....10 мкм/с. Для роботи в цьому інтервалі досліджувався частотно-імпульсний алгоритм з “пакетами” збудження (за аналогією з попереднім алгоритмом), але в якому частота слідування “пакетів” змінна (зменшувалася пропорційно зменшенню швидкості).

В області ~10 мкм/с рівень ударно-вібраційного шуму як для даного алгоритму, так і для широтно-імпульсної модуляції був близький до власного шуму вібродатчика (~0,3 мкм), що вказувало на можливість керування в режимі ШІМу в області як мікрошвидкостей, так і наношвидкостей.

Список літератури

1. Петренко С.Ф. Пьезоэлектрический двигатель в приборостроении / С.Ф. Петренко. — Корнійчук, 2002.— 96 с.
2. Digital International Technology [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – USA: Digital International Technology, 2019. – Режим доступу: www.dtimotors.com (дата звернення 1.08.2019) – Назва з екрана.
3. Петренко С. Ф., Омелян А. В., Антонюк В. С., Новаковський О. Г Система керування п'єзоелектричним двигуном / Вісник НТУУ “КПІ”. Серія Приладобудування. – 2018. – Вип. 55, с.5-10. DOI: [10.20535/1970.55\(1\).2018.135857](https://doi.org/10.20535/1970.55(1).2018.135857)

Piskyn T.O., Master Degree Student,
Cherkasy State Technological University,
Halchenko V.Ya., Dr.Sc. (Eng), Professor,
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies
Cherkasy State Technological University,
halchvl@gmail.com

Tychkov V.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological University,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

Trembovetska R.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological University,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

INVESTIGATION OF THE MEASURING CONTROL PROCESS OF THE ACID SEED OIL NUMBER AND THE AMOUNT OF CRUDE FIBER ON THE PROTEIN CONTENT IN OILSEED CROPS SEEDS

***Abstract.** Currently, there is a problem of instability of the protein content in the original seeds of oil crops and products of its processing. There is a different quality of oilseeds coming to food industry enterprises according to physicochemical parameters. Therefore, it is necessary to conduct a study in terms of producing data on the dependence of the protein content in oilseeds and its processed products on the constituent parts (huskiness, weediness) and physicochemical parameters: moisture content, crude protein, crude fiber, crude ash, nitrogen-free extractive substances and the acid number of the oil in the seeds. The result of the research is aimed at improving the quality of production meal from oilseed seeds from the point of view of further increasing its effectiveness as a source of high protein feed in poultry and animal husbandry (improving and maintaining their amino acid composition and increasing protein digestibility by the animal's body). Meal with a low fiber content (8-10%) has advantages in the production of food protein and vitamin products.*

***Key words:** measuring control, acid number, protein, crude fiber, oilseeds*

Introduction. Oilseeds include crops in which seeds or fruits contain not less than 15% of oil. Among the oilseeds are crops grown solely for the production of oil (sunflower, castor, rapeseed, sesame, mustard, red, flax oil, poppy, etc.), and plants of complex use, from which oil is obtained as a by-product in the processing process (cotton, soybean, flax, hemp, peanuts, etc.). Guarantee of stable high quality of food protein products from oil seeds in many respects is determined not only by qualitative characteristics of seeds and meal, but also by technological aspects of production. It is noted that most of the deviations in the sunflower meal were observed due to the excess temperature of its treatment. The processing temperature of sunflower meal exceeding 106 ° C should be avoided, as this leads to the destruction of the major part of lysine, methionine, phenylalanine and tyrosine, the main limiting amino acids in the production of compound feeds.

The chemical composition of sunflower seeds mainly depends on the variety, climatic conditions, soil and cultivation.

The aim of the work - estimation of the process of the measuring control of the acid number and the number of viral clits in combination with the most recent infrared analyzer for recording reflection spectra in the near infrared region (from 800 to 2500 nm) with an indication

of the results personal computer or device display and with the provided printout of the results on the built-in printer.

The problem associated with a high protein content in sunflower meal is primarily associated with a high level of fiber, as a rule it is 11-18 %, in comparison with other oilseed meal (soybean meal – 3 %). Fiber includes all non-starchy substances consisting of polysaccharides, beta-glucans, xylans, arabans, pectins, oligosaccharides and related substances, such as resins, which resist digestive enzymes. Sunflower meal with a high fiber level of more than 12% can create excess feed, weakening nutrients and, as a result, can cause the feed to swell and linger in the intestinal tract, which can be a problem for the bird, because their digestive system has a limited volume. The measurement method is based on recording the reflection spectra of the analyzed samples in the near infrared region (from 800 to 2500 nm) and determining the mass fractions of moisture and volatile substances, fat, protein and fiber in them. Calculation of the values of indicators is carried out according to pre-created calibration models.

Calibration models are calculated by multivariate analysis on the spectra of calibration samples with known values of the determined parameters. To calibrate the IR analyzer for each indicator, we use at least 50 calibration samples. We select the samples in such a way that the mass fractions of the analyzed indicator in the calibration set are evenly distributed over the entire measurement range. The correlation coefficient of the calibration model is at least 0.8.

Conclusions.

An advantageous characteristic of oilcake and oilseed meal is the absence of anti-nutritional factors that are present in soybean, rapeseed, flaxseed and cotton cake and meal and set limits on their use in feed. Soya contains: urease, lectins, oligosaccharides and estrogen components. In cottonseed - gossypol, in rapeseed - glucosinolates. Processing meal, at a temperature of 100-120 °C, destroys about 43% of chlorogenic acid. To avoid damage to sunflower seeds, cleaning, drying and cooling of seeds should be carried out before laying them for storage. The best option is to store seeds with weediness not exceeding 1 % and humidity not exceeding 6-7 %.

References

1. Methods of conducting qualitative examination of plant varieties for suitability for distribution in Ukraine. Methods for determining the quality of crop production. Order of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine December 12, 2016, № 540.
2. Osieko M. I. Vegetable oil technology [Text] / M. I. Osieko. - K. : Warta, 2006. - 280 p.
3. Peshuk L. V., Nosenko T. T. Biochemistry and technology of oil-fat raw materials: Educ. - K. : NUKHT, 2008. - 295 p.

Polishchuk S.A., Master Degree Student,
Cherkasy State Technological University,
Tychkov V.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies

Cherkasy State Technological University,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

Halchenko V.Ya., Dr.Sc. (Eng), Professor,
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies
Cherkasy State Technological University,
halchvl@gmail.com

Trembovetska R.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological University,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

INVESTIGATION OF THE MEASURING CONTROL PROCESS OF ENZYMES IN THE FEED FOR POULTRY FARMING

Abstract. *More efficient of using nutrients feed is one of the important tasks of poultry. Maximize the genetic potential of embedded suppliers of poultry feed will be impossible without the new technology in nursing. Today, the common practice is to use enzymes to improve the nutritional value of the diet and mitigate variability in nutrient composition of feed components. The need to control content measuring enzymes in feed for fattening poultry - the main task is to reduce the cost of feeding poultry and productivity at the same cost of production.*

Key words: *measuring control, an enzyme feed, poultry, uncertainty, modeling approach*

In forming, the feed enzymes should take into account the type and age of the bird. In general, most known positive effects of feed enzymes with the introduction of a feed for poultry, is as follows [1-2]:

- destruction of the walls of plant cells, thus increasing the availability of existing starch, protein and fat of enzymes for the digestive tract;
- increasing the digestibility of nutrients and facilitating their absorption in the small intestine;
- reduce the negative impact non-starch polysaccharides, especially soluble fractions;
- compensation own deficiency of digestive enzymes, especially in young animals, and in stressful situations;
- improvement of microflora in the small intestine by reducing the viscosity of the chyme and improve monosaccharides.

These functions feed enzymes, accompanied by changes in these parameters in poultry production:

- feed rations value increases by 5-10 % due to more complete extraction of nutrients and release energy with their digestibility increased by 6-10 %;
- reduced feed consumption per unit of production on 5-14 %;
- increasing productivity poultry 5-12 %;
- it is possible to replace expensive components such as feed corn and soybean meal, cheaper (wheat, barley, oats, rye, sunflower meal and cake) with a high content of fiber, without reducing productivity;
- decreases the amount of moisture and litter moisture and consequently litter;

- improving the environmental situation of the environment through better assimilation of nitrogen and phosphorus organism poultry and reduce the release of these substances into the environment by 20-40 %.

The **aim** of the work - to study process measurement control enzymes in feed for poultry using modeling approach using liquid chromatography. The study is to estimate the total uncertainty of sampling used when assessing the average content of enzymes in each batch of feed. For the target object is taken initial sample weight of 500 g bag weighing 25 kg.

The assumption - and no gross error is negligible errors from improper sampling using the rules of correct sampling of the target object.

Material samples of primary crushed fraction to less than 0,5 mm. Subsequently, the sample was extracted from the primary sample weighing no more than 2 g using solvent and enzyme concentrations were determined by liquid chromatography. The relative standard deviation of measurement control by 5 %.

To assess the uncertainty sampling using a model approach and the theory of sampling must use two primary and secondary test and know:

- a lot of both tests;
- mass of the target object which are taken both tests;
- particle size;
- distribution parameter estimation on the size;
- mass average share of enzyme a facility;
- mass fate of the enzyme in the particles of enzyme;
- enzyme particle density;
- particle density matrix taken shape factor value for spherical particles.

It was found that the largest source of uncertainty in measurement process control enzymes in feed for poultry is the primary sample preparation for extraction of the enzyme.

Conclusions.

Proper selection and use of enzymes in fodder makes it possible to reduce the cost of feeding birds and increase productivity at the same cost of production.

The measurement values for each batch of enzymes target object to be presented no more than 25 %. To confirm the possibility of using feeds must conduct periodic monitoring of feed in the workplace.

References

1. Burlaka V. A., Borschenko V. V. Cryvyj M. M. Biological productivity of farm animals. - Zhytomyr: Printed Franko University, 2012. - 191 p.
2. Kostenko V. M., Panko V. V., Stryvatko K. M. Workshop on feeding farm animals. Part I "Chemical composition, nutritional assessment and feed quality." - Vinnitsa: RIO VSAU, 2008.-141 p.

Романов О.О., д.т.н, проф.,
відділ перетворювачів інформації
Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Царук О.В.,
аспірант за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

Броварець О.О., к.т.н., доц.,
Завідувач кафедри інформаційно-технічних та природничих дисциплін
Київського кооперативного інституту бізнесу і права

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ «ФЛОРАТЕСТ» ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Abstract. *With the rapid growth of our planet's population and the emergence of food crises in individual countries, land is turning into a strategic resource that ensures the economic security and independence of any state. For Ukraine, where land is the guarantor of economic stability and the greatest national wealth, its rational use and preservation for future generations is one of the highest priority areas of activity. In recent years, the integration of organic, biological, biodynamic, extensive, intensive and no-till agriculture with modern technologies, in particular with digital information and technical systems of local operational monitoring of agricultural land. The latter direction is relevant and promising for the natural and climatic zones of Ukraine.*

One of the main approaches in the application of digital farming technologies is to optimize the yield of crops to ensure the environmental component of the quality of agricultural products. As part of our research, we propose to study and investigate the method of chlorophyll induction of chlorophyll (IFH) as the most expeditious and expressive to study and analyze vegetation status for industrial farming conditions.

Combining this method with digital information and technology forecasting will help you manage your planned yield. Therefore, the main purpose of the work is to study and study the most intensive and expressive method of induction of chlorophyll fluorescence in order to assess the condition of crops in industrial farming and to combine this method with innovative digital farming, aimed at forecasting and ultimately to final management.

Comprehensive leaf diagnosis is recommended for use not only for fruits and berries, but also for cereals, vegetables, fodder and ornamental crops. The use of the proposed technology will allow the operational monitoring of the agrobiological state of agricultural land immediately before performing the technological operation.

Keywords: *Information system, identification, agrobiological status, agricultural land, fluorescence induction of native chlorophyll, ground monitoring.*

Сучасні технології агропромислового виробництва вимагають використання експрес методів для аналізу вмісту поживних речовин у рослині для визначення загального оперативного агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. Існує велика кількість приладів для проведення експрес аналізу вмісту поживних речовин у ґрунті та рослині. Проте найбільш точним є визначення параметрів поживних речовин лише лабораторним методом. Також варто відзначити що при проведенні технологічної операції сівби, аналіз необхідно попередньо проводити аналіз ґрунту (для забезпечення диференційованого внесення технологічного матеріалу у ґрунт), а у період вегетації – рослини (для забезпечення диференційованого внесення технологічного матеріалу на рослину).

Про те, якщо при визначенні вмісту поживних речовин у ґрунт, ми можемо мати запас часу для їх визначення та прийняття рішення, оскільки від моменту збору врожаю

до моменту прийняття рішення, як правило, проходить від двох до дев'яти місяців до проведення наступної технологічної операції, чого цілком достатньо для проведення аналізу поживних речовин у ґрунті лабораторним методом протягом десяти днів. При визначенні вмісту поживних речовин у рослині у період вегетації, лабораторний метод є малоефективним, оскільки ми значно обмежені у часі, оскільки від моменту забору проб до прийняття рішень та виконання технологічної операції часом проходить навіть декілька годин. Тому ми обмежені у часі аналізу проб рослину, тому за цих умов лабораторний аналіз є мало дієвим, незважаючи на їх точність. Оскільки при проведенні аналізу вмісту поживних речовин у рослині у період вегетації ми не маємо запасу часу, так як при проведенні аналізу інформації про агробіологічний стан рослинності нам потрібно оперативно отримувати інформацію відразу перед виконанням технологічної операції по внесенню поживних речовин у ґрунті.

Тому виникає необхідність для розробки пристрою для локального оперативного моніторингу та ідентифікації агробіологічного стану сільськогосподарських культур. Найбільшу ефективність у цьому напрямку мають пристрою побудовані на методу індукції флуоресценції нативного хлорофілу (ІФХ).

Проведемо аналіз пристроїв для локального оперативного моніторингу та ідентифікації агробіологічного стану сільськогосподарських культур методом індукції флуоресценції нативного хлорофілу. У 2014 було опубліковано статтю у форматі запитань і відповідей на серію флуоресцентних тематик індукції флуоресценції нативного хлорофілу [1]. Проте залишилося достатньо питань при практичному впровадженні у сучасних технологіях аграрного виробництва, зокрема у рослинництві для оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. У даній роботі [1] ми розглядаємо питання про взаємозв'язок між швидкою флуоресценцією, вимірюваною з використанням флуориметрів, таких як PAM і HandyPEA, і затримкою флуоресценції, набагато слабшого кузену PF, що випромінюється у відповідь на реакції рекомбінації в PSII ; розподіл енергії; qP проти qL; аналіз декількох форм стресу з використанням Chl флуоресценції; область параметрів випробування JP і FJ; наслідки флуоресценції, що випускається PSI для параметрів, таких як FV / FM; міркування при відборі дерев; призначення смуг флуоресценції; QTL досліджує на Chl флуоресцентно-пов'язані ознаки з точки зору флуоресценції і кілька інших тем.

Що ж таке флуоресценція хлорофілу і чому ми його вивчаємо? Флуоресценція (Chl) може бути визначена як червоне до далекого червоного світла, випромінюваного фотосинтетичними тканинами / організмами при освітленні світлом приблизно 400–700 нм (фотосинтетично активне випромінювання або PAR) [2]. У цьому спектрі синє і червоне світло збуджують хлорофіл ефективніше, ніж зелене світло. Хоча флуоресценція Chl являє собою лише невелику частку поглиненої енергії [приблизно 0,5–10%], її інтенсивність становить обернено пропорційна частці енергії, що використовується для фотосинтезу (окисно-відновний ефект) [3]. З цієї причини сигнал флуоресценції Chl може бути використаний в якості зонда для фотосинтетичної активності. У той же час, флуоресценція Chl також обернено пропорційна змінам дисипативного тепловиділення (ефект виходу, тобто збільшення виходу теплового випромінювання призводить до зменшення виходу випромінювання флуоресценції) [4], і, отже, Chl флуоресценція може бути використана також для моніторингу регуляторних процесів, що впливають на агробіологічний стан сільськогосподарських рослин та залежать від вмісту поживних речовин у рослині у певну фазу росту та розвитку рослин. Також на індукцію флуоресценції нативного хлорофілу у рослині впливають хвороби та шкідники, які сприяють її пригніченню, тому на це також потрібно звертати увагу.

Всі ці фактори, взяті разом, можуть перетворити Chl на флуоресценцію в нерозбірливий сигнал, але завдяки розробці специфічних протоколів, і за допомогою допоміжних методів, різні ефекти можуть розділятися, перетворюючи Chl флуоресценцію

в потужний інструмент для дослідження фотосинтез: гартівний аналіз [5], ЛР тест [6; 7] тощо.

Відомий пристрій [8], який містить канал збудження і прийому флуоресценції та електронний блок. Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що пристрій аналог не дозволяє працювати з листям рослини, а також одержувати криву індукції флуоресценції, показники якої слугують діагностичними ознаками.

Найближчим по суті до запропонованого пристрою є прилад [9], який містить блок електронної обробки з цифровим індикатором на виході, клавіатурою на вході, з'єднаний з блоком живлення, який підключений до клавіатури, а також виносний оптичний датчик (сенсор), з'єднаний з входом блока електронної обробки. Датчик включає джерело освітлення у вигляді лампи розжарення, затвор, синьо-зелений та червоний світлофільтри і фотоприймач.

Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що вузли і зв'язки між ними у пристрої-прототипі обмежують його функціональні можливості: не дозволяють міняти режим освітленості, зокрема інтенсивність та імпульсне освітлення на фоні неперервного, в межах одного цикла вимірювань, не дозволяють одержати на індикаторі криву ІФХ для її аналізу, суттєво ускладнюють переорієнтацію пристрою на роботу з іншим стрес-чинником та детальний аналіз на ПЕОМ результатів багатьох циклів вимірювань.

Відомий пристрій [10], який полягає у реєстрації інфрачервоного поглинання листа рослини у спектральній області 850-1750 см у мінус першому ступені із швидкістю 160–400 см у мінус першому ступені/хв. Ураженим вважають зразок з максимальною інтенсивністю інфрачервоного поглинання в порівнянні із здоровою рослиною.

Спільними рисами аналогу і запропонованого способу є опромінення рослини, прийом та вимірювання оптичного сигналу, що взаємодіє з опроміненою областю листа. Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що спосіб-аналог не дозволяє ідентифікувати вірусну строкатість рослин.

Відомо імуно-ферментний [11], який полягає у зараженні рослин-індикаторів соком дослідних рослин з наступним визначенням ураженості рослин-індикаторів шляхом порівняння оптичних щільностей зразка і контролю. Спільними рисами аналогу і запропонованого способу є опромінення рослини, прийом та вимірювання оптичного сигналу, що взаємодіє з опроміненою областю листа. Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що спосіб-аналог потребує складного лабораторного обладнання, реактивів, багато часу (з рослиною-індикатором до 4 років) і не дозволяє здійснювати визначення *in Vivo* у польових умовах.

Відомий пристрій [12], який полягає у реєстрації інфрачервоного поглинання листа рослини у спектральній області 850-1750 см у мінус першому ступені із швидкістю 160-400 см у мінус першому ступені/хв. Ураженим вважають зразок з максимальною інтенсивністю інфрачервоного поглинання в порівнянні із здоровою рослиною.

Спільними рисами аналогу і запропонованого способу є опромінення рослини, прийом та вимірювання оптичного сигналу, що взаємодіє з опроміненою областю листа.

Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що у способі-аналогу для діагностики використовуються незворотні структурні зміни клітин листка, які визначають по інфрачервоному поглинанню. Це не дозволяє здійснювати ранню діагностику за функціональними зворотними, змінами клітин листка.

Найближчим по суті до запропонованого способу є [13]. Спосіб полягає в опроміненні листка рослини, після темпової фази, світлом в діапазоні хвиль 400,650 нм, прийом вимірювання і реєстрацію сигналів наведеної флуоресценції в діапазоні хвиль 670,770 нм, із значень яких будують індукційну криву та визначають значення стаціонарної флуоресценції в області судини листка FTS та між судинами, того ж листка FTM і порівнюють ці значення, а по величині FTS/FTM рослину вважають ураженою вірусною строкатістю.

Спільними рисами способу - прототипу та запропонованого способу є опромінення листка рослини після темпової фази світлом в діапазоні довжин хвиль 400-650 нм, прийом, вимірювання і реєстрація сигналів флуоресценції в діапазоні довжин хвиль 670-770 нм із значень яких будують індукційну криву та визначають стаціонарну флуоресценцію F_{St} .

Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що у способі - прототипу ідентифікують тільки вірусну строкатість і неможливо визначити інші вірусні ураження та загальну ураженість рослин вірусними інфекціями.

Відомо спосіб запису, інтерпретації та використання індукції флуоресценції нативного хлорофілу представлений у роботі Корнев Д.Ю. [14].

Спосіб-аналог запису кривої індукції флуоресценції хлорофілу полягає в освітленні листа рослини в діапазоні хвиль 400-650 нм після його темної адаптації, прийому та вимірюванні сигналів флуоресценції в діапазоні хвиль 670-770 нм та побудові індукційної кривої з поточних значень флуоресценції. У результаті вимірювання є реєстрація поточних значень флуоресценції з яких будують індукційну криву флуоресценції нативного хлорофілу.

Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що у способі аналогу не визначені показники, які дозволяють ідентифікувати вірусну строкатість рослин.

Найближчим по суті до запропонованого способу [15], який полягає в одержанні і електронній реєстрації індукційної кривої, визначенні двох показників кривої, зокрема початкової F_0 і максимальної F_m флуоресценції, та їх співвідношення, по якому і визначають стан рослини. Індукційну криву будують із поточних значень флуоресценції, одержаних при опроміненні листка рослини світлом у діапазоні хвиль 400, 650 нм, збуджуючим флуоресценцію хлорофілу, після попереднього опромінення коротким насичуючим спалахом, темної фази, наступного прийому, виділення і вимірювання сигналів флуоресценції у діапазоні хвиль 670, 770 нм.

Відомим аналогом є спосіб ідентифікації карбонатного хлорозу рослин, згідно з яким, після проходження темної фази листки рослини опромінують світлом з довжиною хвилі в діапазоні 400-650 нм, приймають, вимірюють і реєструють сигнали флуоресценції в діапазоні довжин 5 хвиль 670-770 нм, із значень яких будують криву індукції флуоресценції з виділенням початкового F_0 і максимального F_m значень флуоресценції, визначають ширину кривої індукції флуоресценції на рівні 0,75 ($F_m - F_0$) для дослідної t_d і контрольної t_k рослин, а одержані значення порівнюють і при значенні $t_d \geq t_k$ дослідну рослину вважають ураженою карбонатним хлорозом [16].

Найближчим відомим аналогом є спосіб визначення фізіологічного стану рослин методом індукції флуоресценції хлорофілу, відповідно до якого відбирають листки рослин, витримують у темряві, освітлюють та реєструють флуоресценцію шляхом співвідношення її інтенсивності і часу виміру, за величинами інтенсивності флуоресценції визначають нормальний або критичний фізіологічний стан рослин, значення інтенсивності флуоресценції $F > 1$ вказує на нормальний фізіологічний стан, а $F < 1$ - на критичний стан рослини [17]. Спільними ознаками відомого та запропонованого способу є відбір об'єктів досліджень, їх темнова адаптація, опромінення світлом, реєстрація флуоресценції та порівняння її значень, отриманих для рослин, що перебувають у різних екологічних умовах.

Спільними рисами аналогу і запропонованого способу є опромінення рослини, прийом та вимірювання оптичного сигналу, що взаємодіє з опроміненою областю листа. Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що спосіб-аналог не дозволяє ідентифікувати карбонатний хлороз рослин.

Відомо спосіб запису, інтерпретації та використання індукції флуоресценції нативного хлорофілу представлений у [18].

Спосіб-аналог запису кривої індукції флуоресценції хлорофілу полягає в освітленні листа рослини в діапазоні хвиль 400-650 нм після його темної адаптації, прийому та вимірюванні сигналів флуоресценції в діапазоні хвиль 670-770 нм та побудові кривої індукції флуоресценції хлорофілу з поточних значень флуоресценції.

Спільними рисами аналогу та запропонованого способу є вимірювання і реєстрація поточних значень флуоресценції з яких будують криву індукції флуоресценції нативного хлорофілу (ІФХ).

Найближчим по суті до запропонованого способу є [19].

Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що у способі аналогу не визначені показники, які дозволяють ідентифікувати карбонатний хлороз.

Про те всі описані способи не відображають реального стану рослинності, а відповідно і агробіологічного стану сільськогосподарських угідь, оскільки відсутня методика визначення і відображення вмісту у рослині поживних речовин, та не встановлено кореляційні залежності між останніми. Що і є предметом подальших досліджень.

Мета дослідження. Дослідити необхідність та доцільність розробки та використання пристрою для локального оперативного моніторингу «Флоратест» та ідентифікації агробіологічного стану сільськогосподарських культур методом проведення індукції флуоресценції нативного хлорофілу.

Пристрій відноситься до галузі сільського господарства, орієнтований на локальний оперативний моніторинг агробіологічного стану посівів сільськогосподарських культур, зокрема у рослинництві, при впровадженні сучасних вискоєфективних технологій, селекційній роботі та технологіях локального оперативного моніторингу стану ґрунтового середовища, шляхом визначення фізичних властивостей та стану, (зокрема визначення ураженості рослин карбонатним хлорозом та іншими хворобами) шляхом запису і аналізу кривої індукції флуоресценції нативного хлорофілу рослинних об'єктів, бо карбонатний хлороз є індикатором цинкового та залізного голодування рослин і підвищеного РН ґрунту.

В основу покладена задача створення такого пристрою для контролю стану нативного хлорофілу, в якому завдяки введенню нових вузлів та змін функцій відомих стало б можливим розширення функціональних можливостей приладу, а саме міняти режими роботи сенсора, виносити на індикатор криву індукції флуоресценції хлорофілу, а також підключатись до ПК.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі діагностики стійкості рослин до абіотичного стресу методом індукції флуоресценції хлорофілу, для якого відібрані листки рослин проходять стадію темної адаптації, після чого в них збуджують флуоресценцію хлорофілу шляхом опромінювання світлом та порівнюють значення інтенсивності флуоресценції.

Визначають критичну концентрацію стресового агенту, шляхом порівняння критичних концентрацій стресових агентів для різних сортів визначають їх стійкість до модельної посухи та засолення. Сорт є тим стійкішим, чим більшою для нього є критична концентрація стресового агенту, за якої максимум флуоресценції F_{max} дослідної рослини є значно меншим, ніж F_{max} контрольної рослини.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що пристрій містить сенсор блок електронної обробки, входом з'єднаний з блоком живлення, а виходом під'єднаний до індикатора, а також включає аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, блок управління та послідовний інтерфейс, причому, аналого-цифровий перетворювач з'єднано з виходом сенсора та першим входом блоку електронної обробки, цифро-аналоговий перетворювач з'єднано з управляючим входом сенсора та першим виходом блоку управління, у якого другий вихід з'єднано з блоком електронної обробки та другим входом аналого-цифрового перетворювача, перший вхід блоку управління

з'єднаний з блоком живлення, а другий вхід з'єднаний з блоком електронної обробки, у якого третій вихід з'єднано з послідовним інтерфейсом.

Відмінними ознаками запропонованого пристрою є аналого-цифровий перетворювач, цифро-аналоговий перетворювач, блок управління та послідовний інтерфейс, причому, аналого-цифровий перетворювач з'єднано з виходом сенсора та першим входом блоку електронної обробки, цифро-аналоговий перетворювач з'єднано з управляючим входом сенсора та першим виходом блоку управління, у якого другий вихід з'єднано з блоком електронної обробки та другим входом аналого-цифрового перетворювача, перший вхід блоку управління з'єднано з блоком живлення, а другий вхід з'єднано з блоком електронної обробки, у якого третій вихід з'єднано з послідовним інтерфейсом.

Введення у пристрій нових вузлів, елементів та зв'язків дозволяє розширити функціональні можливості приладу, зокрема: управляти роботою сенсора, виносити на індикатор криву індукції флуоресценції хлорофіла, а також підключати пристрій до ПК.

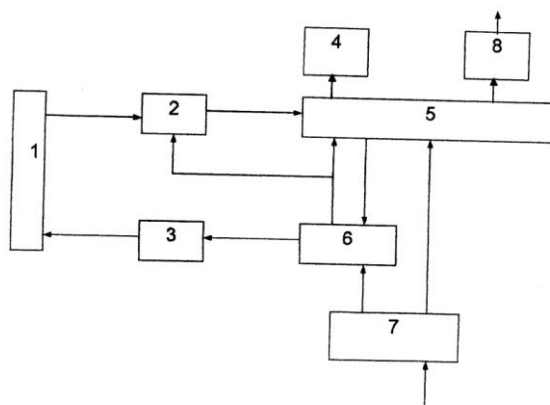


Рис. 1. Блок-схему запропонованого пристрою для локального оперативного моніторингу «Флоратест» індукції флуоресценції нативного хлорофіла

На рис. 1 зображено блок-схему запропонованого пристрою. Вона містить блок електронної обробки 5, з'єднаний через аналого-цифровий перетворювач 2 з виходом сенсора 1, другим входом з'єднаний з блоком живлення 7, а вихід під'єднано до матричного індикатора 4, цифро-аналоговий перетворювач 3 з'єднаний з управляючим входом сенсора та першим виходом блоку управління 6, у якого другий вихід з'єднано з блоком електронної обробки 5 та другим входом аналого-цифрового перетворювача 2, перший вхід блоку управління з'єднано з блоком живлення 7, а другий вхід підключено до блоку електронної обробки 5, у якого третій вихід з'єднано з послідовним інтерфейсом 8.

Пристрій, зображений на рис. 1 пристрій працює наступним чином: Сенсор 1 закріплюють на листі рослини і включають блок живлення, який подає живлення на всі блоки. Після темної адаптації блок управління вмикає джерело випромінення сенсора 1, подає команду на вимірювання до аналого-цифрового перетворювача та команду на запам'ятовування результату вимірювання до блоку електронної обробки 5. В сенсорі 1 джерело випромінення освітлює лист рослини і збуджує флуоресценцію в межах плями освітлення. Оптичний сигнал флуоресценції перетворюється фотоприймачем сенсора в електричний сигнал. Цей сигнал поступає до аналого-цифрового перетворювача 2 і перетворюється в ньому у цифровий код. Поточні значення кодів, пропорційні флуоресценції нативного хлорофіла, поетапно переносяться до блоку електронної обробки 5 і запам'ятовуються в ньому. Якщо в процесі циклу вимірювань необхідно здійснити опромінення листа імпульсами світла різної інтенсивності і тривалості то по реперним значенням сигналів флуоресценції, виділеним у блоці електронної обробки 5, блок управління 6 подає код на цифро-аналоговий перетворювач 3. Останній і змінює інтенсивність випромінення джерела сенсора 1. Блок електронної обробки виділяє

характеристичні значення флуоресценції такі як: початкове F_0 , максимальне F_{\max} та усталене F_T , а також час напівнаростання флуоресценції 0.5 , вираховує та запам'ятовує в межах цикла відношення $(F_{\max}-F_0)/F_{\max}$, $(F_{\max}-F_T)/F_{\max}$. Результати вимірювань багатьох циклів зберігаються у блоці електронної обробки 5 і при необхідності можуть бути винесені на матричний індикатор 4 пошагово у цифровій формі, або весь цикл у вигляді кривої індукції флуоресценції хлорофіла. При необхідності детального аналізу багатьох циклів вимірювань результати з пам'яті блоку електронної обробки 5 переносять через послідовний інтерфейс 8 до ПЕОМ. Переорієнтацію пристрою на другий алгоритм роботи і розрахунків здійснюють шляхом заміни програми у блоці електронної обробки 5 з допомогою ПЕОМ через послідовний інтерфейс 8. Запропонований пристрій, як видно з його опису, може бути реалізований у виробничих умовах, так як для його реалізації використовується технічна база широкого призначення.

При реалізації пристрою як блок електронної обробки використано мікроконвертор ADuC812 (U.) фірми Analog Devices, графічний дисплей типу FDCG12864 фірми Fordata, DC/DC - перетворювач живлення та AC/DC - адаптер (ADP3810) - як первинне джерело живлення. АЦП і ЦАП - серійні мікросхеми, а блок управління реалізовано на стандартних дискретних мікросхемах.

Недоліком відомого способу є те, що, застосовуючи його, неможливо встановити стійкість рослин до стресового впливу та достовірно визначити власне природу стресу, оскільки у польових умовах або й при закладанні вегетаційних досліджень на рослину впливає безліч чинників, багато з яких можуть мати подібні фізіологічні прояви. Наведений спосіб дає можливість дослідити фізіологічний стан рослин у несприятливих екологічних умовах (наприклад посухи, цинкового та залізного голодування рослин, підвищеного показника рН ґрунту, забруднення важкими металами, обробки фізіологічно активними речовинами та ін.), однак, для його застосування є необхідним закладання певної площі ділянок рослин досліджуваного сорту та сорту-еталону з відомою стійкістю до стресу, проведення постійних метеорологічних спостережень та вивчення інших факторів довкілля, які впливають на рослини, проведення фенологічних обліків; або ж альтернативою є вегетаційні дослідження, які також не завжди зручні у застосуванні.

Для створення умов штучної посухи у поживне середовище для культивування мікроклонів вносять 4-8 % осмотично-активної речовини поліетиленгліколю (ПЕГ 6000Да), пересаджують розвинені мікроклони на модифіковане середовище та на 7-8 день росту досліджують індуковану флуоресценцію хлорофілу листків. Визначення флуоресценції хлорофілу проводиться з допомогою пристрою для визначення нативного стану хлорофілу, наприклад хронофлуориметру "Флоратест" виробництва Інституту кібернетики НАН України, який використовується для дослідження індукції флуоресценції хлорофілу на живих листках рослин та фітопланктону [20]. Флуоресценцію вимірюють і сприяє підвищенню урожайності сільськогосподарських культур в середньому на 10-20 ц/га.

Спосіб прототип полягає в одержанні і електронній реєстрації індукційної кривої індукції флуоресценції хлорофілу, визначенні двох показників кривої, зокрема початкової F_0 і максимальної F_m флуоресценції, та їх співвідношення, по якому і визначають стан рослини. Криву індукції флуоресценції хлорофілу будують із поточних значень флуоресценції, одержаних при опроміненні листка рослини світлом у діапазоні хвиль 400, 650 нм, збуджуючим флуоресценцію хлорофілу, після попереднього опромінення коротким насичуючим спалахом, темної фази, наступного прийому, виділення і вимірювання сигналів флуоресценції у діапазоні хвиль 670, 770 нм.

Спільними рисами прототипу і запропонованого способу є опромінення листка рослини після темної фази світлом з довжиною хвилі 400, 650 нм, прийому, вимірюванні і реєстрації сигналів флуоресценції з довжиною хвилі 670, 770 нм, із значень яких будують

криву індукції флуоресценції з виділенням початкового F_0 і максимального F_m значень флуоресценції.

Причиною, що заважає одержанню очікуваного технічного результату є те, що у способі прототипі не визначені показники кривої індукції флуоресценції хлорофілу, які дозволяють ідентифікувати карбонатний хлороз рослин.

Задачею винаходу є вибір таких характерних ознак індукції флуоресценції хлорофілу, способу їх визначення та інтерпретації, які дозволяють ідентифікувати карбонатний хлороз рослин.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що запропонований спосіб включає опромінення листка рослини після темної фази світлом з довжиною хвилі 400, 650 нм, прийому, вимірювані і реєстрації сигналів флуоресценції з довжиною хвилі 670, 770 нм, із значень яких будують криву індукції флуоресценції з виділенням початкового F_0 і максимальної F_m значень флуоресценції, а також визначають ширину кривої індукції флуоресценції на рівні 0,75 ($F_m - F_0$) для дослідної t_d і контрольної t_k рослин, а одержані значення порівнюють і при значенні $t_d > t_k$ дослідну рослину вважають ураженою карбонатним хлорозом.

Відмінними ознаками запропонованого способу є те, що в ньому визначають ширину кривої індукції флуоресценції на рівні 0,75 ($F_m - F_0$) для дослідної t_d і контрольної t_k рослин, а одержані значення порівнюють, і призначені $t_d > t_k$ дослідну рослину вважають ураженою карбонатним хлорозом.

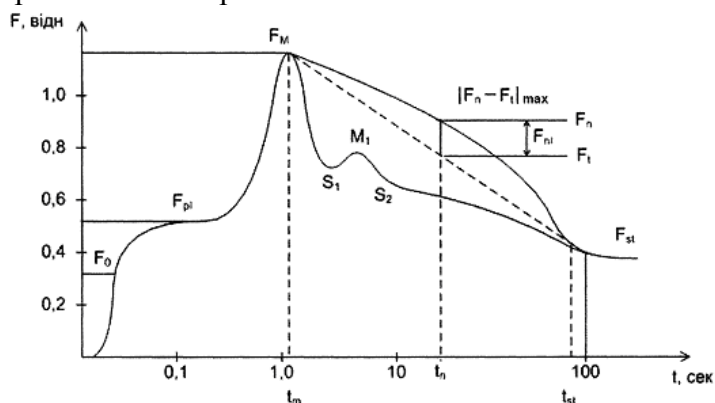


Рис. 2. Зображено загальний вигляд кривої індукції флуоресценції хлорофілу (індукційна крива, крива Каутського)

На рис. 2 зображено загальний вигляд кривої індукції флуоресценції хлорофілу (індукційна крива, крива Каутського) де значення флуоресценції представлені у відносних одиницях:

F_0 - початкове значення флуоресценції після початку опромінення;

F_m - максимальне значення флуоресценції;

$F_m - F_0$ - варіабельна флуоресценція.

t_1 - час досягнення 0,75 варіабельної флуоресценції з боку наростання кривої індукції флуоресценції хлорофілу;

t_2 - час досягнення 0,75 варіабельної флуоресценції з боку падіння кривої індукції флуоресценції хлорофілу для контрольної рослини.

t_3 - час досягнення 0,75 варіабельної флуоресценції з боку падіння кривої індукції флуоресценції хлорофілу для дослідної рослини.

t_k, t_d - ширина кривої індукції флуоресценції хлорофілу відповідно контрольної і дослідної рослини.

Введення у відомий спосіб операцій визначення ширини кривої індукції флуоресценції хлорофілу на рівні 0,75 варіабельної флуоресценції дослідної і контрольної

рослин дозволить ідентифікувати ураженість рослин карбонатним хлорозом по збільшенню ширини кривої індукції флуоресценції хлорофілу дослідної рослини в порівнянні з шириною кривої індукції флуоресценції хлорофілу контрольної рослини більш ніж вдвічі.

Проміжок часу між точками t_1 і t_2 приймають за ширину кривої індукції флуоресценції хлорофілу на рівні 0,75 варіабельної флуоресценції для контрольної рослини t_K , а проміжок часу між точками t_1 і t_2 приймають за ширину кривої індукції флуоресценції хлорофілу для дослідної рослини t_d . При ураженості рослини карбонатним хлорозом, саме цей проміжок збільшується в порівнянні дослідної і контрольної рослин.

Відомо, що певні ділянки кривої індукції флуоресценції хлорофілу є індикаторами відповідних фізіологічних процесів у ланцюгу фотосинтезу, Тому порушення окремих ланок фотосинтезу, викликані екзо- та ендогенними чинниками проявляються у характерних змінах відповідних ділянок кривої індукції флуоресценції хлорофілу. Такі зміни кривої індукції флуоресценції хлорофілу дослідної рослини, на яку діє збуджуючий чинник у порівнянні з індукцією флуоресценції хлорофілу контрольної рослини на яку чинник не діє, свідчать про вплив чинника. Ідентифікація дії чинника потребує вибору специфічного показника кривої індукції флуоресценції хлорофілу якому відповідає дія саме цього чинника. Таким показником на основі експериментальних досліджень вибрано ширину кривої індукції флуоресценції хлорофілу на рівні 0,75 різниці максимального і початкове значень флуоресценції; тобто на рівні 0,75 варіабельної флуоресценції. Саме цей показник вибрано ідентифікаційною ознакою ураженості карбонатним хлорозом.

Запропонований спосіб реалізує наступний порядок визначень: з допомогою хронофлуориметра записують криву індукції флуоресценції хлорофілу контрольної рослини шляхом освітлення листа рослини після темпової фази, прийому, вимірювання та реєстрації сигналів флуоресценції.

Листок рослини витримують без доступу світла від 2 до 15 хв у конверті з темного паперу, або з допомогою виносного оптоелектронного сенсора, який має зажим із двома пластинами, між якими розміщують листок. Далі листок, чи його фрагмент, опромінюють світлом, яке збуджує флуоресценцію.

Опромінення листка рослини вибирають у діапазоні поглинання хлорофілу 400-650 нм, який охоплює головні $\lambda=450$ нм, $\lambda=650$ нм та проміжні $\lambda=500$ нм, $\lambda=550$ нм максимуми поглинання нативного хлорофілу. Інтенсивність опромінення актинічним світлом здійснюють у діапазоні 100-2000 мкмоль фотонів $\text{м}^{-2} \text{с}^{-1}$, яка підтримує фотосинтез. Одночасно з освітленням здійснюють прийом, виділення, вимірювання і реєстрацію сигналів флуоресценції з освітленої плями листка в діапазоні довжин хвиль 670,770нм. Цей діапазон охоплює обидва максимуми флуоресценції нативного хлорофілу на $\lambda=680$ нм та $\lambda=735$ нм. Із поточних значень флуоресценції будують криву індукції флуоресценції, виділяють початкове F_0 та максимальне F_m значення флуоресценції і розраховують 0,75 варіабельної флуоресценції 0,75 ($F_m - F_0$). З кривої індукції флуоресценції з боку наростання на рівні 0,75 варіабельної флуоресценції визначають t_1 , з боку спаду кривої визначають t^2 .

Введення у відомий спосіб операцій виділення значень стаціонарної флуоресценції, визначених в області судини листка та між судинами і їх порівняння дозволить ідентифікувати ураженість рослини вірусною строкатістю по збільшенню величини стаціонарної флуоресценції хлорофілу, визначеної в області судини в порівнянні з величиною стаціонарної флуоресценції, визначеної в міжсудинній області листка.

На рис. 3 схематично зображено листок рослини з точками вимірювань наведеної флуоресценції, де точки С і М відповідно області судин і між судинами.

Ширину кривої індукції флуоресценції для контрольної рослини t визначають як $t_K = t_2 - t_1$. Аналогічно будують криву індукції флуоресценції хлорофілу з поточних значень

флуоресценції дослідної рослини з підозрою на ураження хлорозом, і теж визначають ширину кривої індукції флуоресценції хлорофілу на рівні $0,75$ варіабельної флуоресценції.

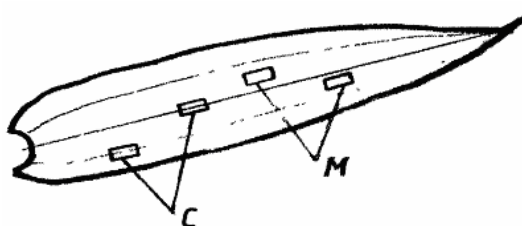


Рис. 3. Схематичне зображення листка рослини з точками вимірювань наведеної флуоресценції

Якщо ширина кривої індукції флуоресценції хлорофілу дослідної рослини більша за ширину кривої індукції флуоресценції хлорофілу контрольної рослини більше ніж вдвічі (td^32tk), то дослідну рослину вважають ураженою саме карбонатним хлорозом.

При реалізації способу був застосований переносний флуорометр «Флоратест» виробництва державного Науково-інженерного центру мікроелектроніки Інституту кібернетики НАН України, але можна використати інші прилади, наприклад, портативний хлорофіл-флуорометр РАМ-2100 німецької фірми Heinz Walz GmbH, або хлорофілфлуорометр OS-30р фірми OPTI-Sciences, USA.

Запропонований спосіб реалізує наступний порядок визначень: з допомогою хлорофлуориметра записують індукційну криву М (рис. 4) для міжсудинної зони М листка (рис. 5) рослини шляхом опромінення міжсудинної зони листа рослини після темної фази, прийому, вимірювання та реєстрації сигналів флуоресценції. Листок рослини витримують без доступу світла від 2 до 15 хв у конверті з темного паперу, або з допомогою виносного оптоелектронного сенсора, який має зажим із двома пластинами, між якими розміщують листок.

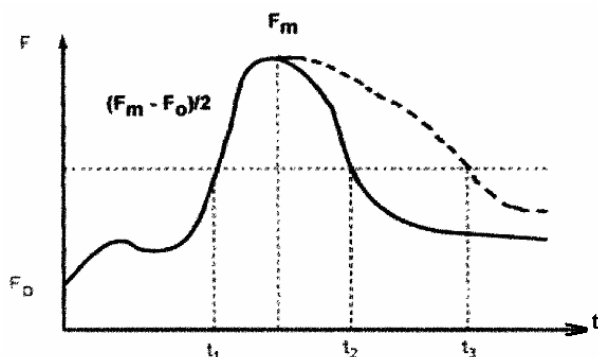


Рис. 4. Зображено загальний вигляд кривої індукції флуоресценції хлорофілу (індукційна крива, крива Каутського)

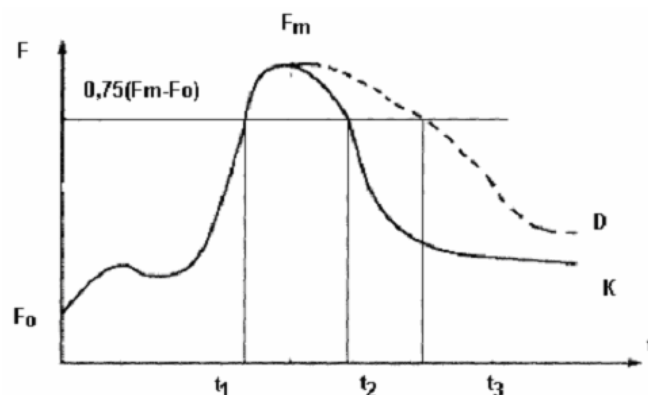


Рис. 5. Зображено загальний вигляд кривої індукції флуоресценції хлорофілу (індукційна крива, крива Каутського)

Далі міжсудинний фрагмент листка опромінують світлом, яке збуджує флуоресценцію хлорофілу.

Значення флуоресценції представлено у відносних одиницях: С - хід індукційної кривої для області судини; М - хід індукційної кривої для міжсудинної області; FТС - значення усталеної флуоресценції для області судини; FТМ - значення усталеної флуоресценції для міжсудинної області.

Відомо, що певні ділянки кривої індукції флуоресценції хлорофілу є індикаторами відповідних фізіологічних процесів у ланцюгу фотосинтезу.

Тому порушення окремих ланок фотосинтезу, викликані екзо та ендогенними чинниками проявляються у характерних змінах відповідних ділянок індукційної кривої. Такі зміни індукційної кривої дослідної рослини, на яку діє збуджуючий чинник у порівнянні з індукційною кривою контрольної рослини на яку чинник не діє, свідчать про

вплив чинника. Ідентифікація дії чинника потребує вибору специфічного показника індукційної кривої якому відповідає дія саме цього чинника. Такими показниками в результаті експериментальних досліджень вибрано значення стаціонарної флуоресценції визначені в міжсудинній області листка F_{TM}, як контроль і в області судини F_{TC}, як в зоні ураження. Саме ці показники вибрано ідентифікаційною ознакою ураженості вірусною строкатістю.

Частіше довжину хвилі опромінення вибирають у діапазоні поглинання хлорофілу 400,650нм, який охоплює головні l=450 нм, l=650 нм та проміжні l=500 нм, k=550 нм максимуми поглинання нативного хлорофілу. Інтенсивність опромінення актинічним світлом здійснюють у діапазоні 100,2000 мкмоль фотонів м⁻² с⁻¹, яка підтримує фотосинтез. Одночасно з освітленням здійснюють прийом, виділення, вимірювання і реєстрацію сигналів флуоресценції з освітленої плями листка в діапазоні довжин хвиль 670,770 нм. Цей діапазон охоплює обидва максимуми флуоресценції нативного хлорофілу на l=680 нм та l=735 нм. Із поточних значень флуоресценції будують індукційну криву флуоресценції і виділяють значення стаціонарної флуоресценції (F_{TM}, рис. 4).

Аналогічно будують індукційну криву (С. рис. 4) флуоресценції хлорофілу з поточних значень флуоресценції для області судини листка (С. рис. 5) і виділяють значення стаціонарної флуоресценції (F_{TC}, рис. 4). Виділені значення F_{TC} і F_{TM} порівнюють. Якщо F_{TC}>1,5 F_{TM}, то рослину вважають ураженою вірусною строкатістю.

В залежності від конструкції сенсорної частини приладу, яка включає джерело опромінення, світлофільтр та фотоприймач, застосовують послідовне, при одноканальній конструкції сенсора, або паралельне, при двоканальній конструкції сенсора, вимірювання наведеної флуоресценції. При одноканальній конструкції оптичну вісь сенсора спочатку орієнтують на міжсудинну область листка і записують індукційну криву, а потім переміщують сенсор, орієнтуючи його оптичну вісь на область судини і знову записують індукційну криву. При застосуванні двоканального сенсора оптичні вісі каналів орієнтовані паралельно відповідно на області судин і між судинами. Перевагами паралельного вимірювання флуоресценції при двоканальній конструкції сенсора є однакові темнові фази та умови вимірювань.

Задачею пристрою є вибір таких характерних ознак індукції флуоресценції нативного хлорофілу, способу їх визначення та інтерпретації, які дозволяють виявити загальний вміст поживних речовин у рослині та забезпеченість ними, а відповідно і загальний агробіологічний стан сільськогосподарських угідь.

Вирішення поставленої задачі досягається тим, що запропонований спосіб включає опромінення листка рослини, після темної фази, світлом в діапазоні хвиль 400-650 нм, прийом, вимірювання та реєстрацію сигналів наведеної флуоресценції в діапазоні хвиль 670-770 нм, із значень яких будують індукційну криву флуоресценції та визначають стаціонарну флуоресценцію F_{st} а також в ньому додатково визначають значення фонові F₀, максимальної F_m і варіабельної флуоресценції F_m-F₀, та значення флуоресценції плато F_{pl}, а також визначають максимальне значення модуля різниці між поточними значенням флуоресценції повільної фази F_n та відповідним йому значенням межах від максимального F_m до стаціонарного F_{st} значень і по величині коефіцієнта плато K_{pl}=(F_{pl}-F₀):(F_m-F₀)0,4 та коефіцієнта нелінійності K_{nl}=|F_n-F_t|max:(F_m-F_{st})0,1 роблять висновок про вірусне ураження рослини.

Відмінними ознаками запропонованого способу є те, що в ньому додатково визначають значення фонові F₀, максимальної F_m і варіабельної флуоресценції F_m-F₀, та значення флуоресценції плато F_{pl}, а також визначають максимальне значення модуля різниці між поточними значенням флуоресценції повільної фази F_n та відповідним йому значенням лінійного спаду флуоресценції F_t визначеного для моменту вимірювання F_n в межах від максимального F_m до стаціонарного F_{st} значень і по величині коефіцієнта плато K_{pl}=(F_{pl}-F₀):(F_m-F₀)0,4 та коефіцієнта нелінійності K_{nl}=|F_n-F_t|max:(F_m-F_{st})0,1 роблять висновок про вірусне ураження рослини.

Введення у відомий спосіб визначення коефіцієнта плато швидкої фази флуоресценції та коефіцієнта нелінійності повільної фази індукції флуоресценції, способу їх визначення та кількісної інтерпретації дозволяє роботи висновок про вірусне ураження рослини.

Сутність запропонованого способу полягає в тому, що лист рослини, або його фрагмент, спочатку витримують у темряві. Темнова фаза листка рослини необхідна для приведення системи фотосинтезу в початковий стан, коли окисно-відновлювальні ланки електрон-транспортних ланцюгів відкриті. Тривалість темної фази від 3 до 20 хв впливає на точність визначення показників індукції флуоресценції. Темнова фаза менша 3хв. ускладнює визначення флуоресценції плато F_{pl} та стаціонарної флуоресценції F_{st} , а збільшення темної фази більше за 20 хв суттєво зменшує швидкодію вимірювань. Для надійних визначень характерних показників при експресних обстеженнях достатньо темної адаптації не менше 3хв.

Далі лист рослини, або фрагмент опромінюють світлом, яке збуджує флуоресценцію хлорофілу.

Збудження флуоресценції хлорофілу виконують у спектральному діапазоні його поглинання, тобто в діапазоні фотосинтетично активної радіації (ФАР) від 390 до 730 нм. В цьому діапазоні існують два основні максимуми поглинання нативного хлорофілу на хвилях 430 і 660 нм та два слабо виражених (500 і 600нм). За межами цього діапазону збудження флуоресценції хлорофілу взагалі малоефективне. Крім того, інші пігменти рослин, що поглинають світло і передають енергію на реакційні центри хлоропластів, характеризуються максимумами поглинання у тому ж діапазоні. При збудженні флуоресценції на хвилях більше 650нм виникають значні суто технічні труднощі при виділенні сигналів флуоресценції у діапазонах хвиль від 670 до 770 нм на фоні збуджуючого опромінення, оскільки в цьому випадку потрібні вузькосмугаті світлофільтри. Вибираючи хвилю збудження флуоресценції нативного хлорофілу, враховують, з одного боку, максимум поглинання (= 430 нм), а з іншого, технічні складнощі виділення сигналу флуоресценції на фоні опромінення, тобто 650 нм. Тому оптимальним для збудження флуоресценції хлорофілу є діапазон від 400 до 650 нм. Джерелами збудження можуть слугувати сонячне проміння, ртутна лампа або лампа розжарення з відповідним фільтром, а також суперяскраві світлодіоди з необхідною довжиною хвилі.

Далі приймають сигнали наведеної флуоресценції. Флуоресценцію хлорофілу спостерігають в усьому діапазоні хвиль від 670 до 770 нм з вираженими максимумами на 680 та 730 нм. На хвилі 680 нм її пов'язують здебільшого з роботою фото-системи II, а флуоресценцію на хвилі 730 нм - з фотосистемою I. Тому вимірювання флуоресценції в усьому діапазоні від 670 до 770 нм посередньо охоплює роботу обох фотосистем фотосинтезу. Сигнали флуоресценції на фоні опромінення виділяють з допомогою спектральних приладів, зокрема світлофільтрів з відповідною смугою пропускання від 670 до 770нм, наприклад, скляних або майларових. Прийом оптичних сигналів флуоресценції та перетворення їх для подальшого вимірювання в сигнали електричні здійснюють з допомогою фотоприймачів, якими слугують фотоелектронні перемножувачі або напівпровідникові фоточутливі елементи, зокрема фотодіоди чи фототранзистори.

Далі прийняті сигнали флуоресценції вимірюють і реєструють. Із поточних значень флуоресценції будують індукційну криву (Фіг.) і визначають стаціонарну флуоресценцію.

Індукована флуоресценція хлорофілу проходить фазу швидкої флуоресценції (до 3сек) (рис. 4, рис. 5) в якій виділяють фонову флуоресценцію F_0 , значення плато F_{pl} , максимальну флуоресценцію F_m , варіабельну флуоресценцію F_m-F_0 (між F_0 та F_m), та повільну фазу флуоресценції (рис. 5) - спад після максимального значення F_m , в якій виділяють стаціонарне значення F_{st} . Хід флуоресценції в повільній фазі в межах від F_m до F_{st} для неуразених рослин увігнутий або опуклий. Такий хід можна апроксимувати прямою лінією між максимальним F_m та стаціонарним F_{st} значеннями.

Характерні значення флуоресценції F_0 , F_{pl} , F_m та F_{st} визначають з індукційної кривої (рис. 5), або шляхом порівняння ряду послідовних зареєстрованих значень флуоресценції. Так умовою визначення фонові початкової флуоресценції F_0 , є $F_i - F_{i-1} - F_{i+1} - F_i$ або мінімум другої похідної від індукційної кривої (рис. 4). Флуоресценцію плато F_{pl} визначають як зменшення наростання флуоресценції за умовою $F_j - F_{j-1} - F_{j+1} - F_j$ або по мінімуму першої похідної. Умовою визначення максимальної флуоресценції з ряду поточних значень є $F_n - 1 - F_{n+1}$. Стаціонарне значення флуоресценції визначають за умови $F_k - F_{k+1} > 10,01 F_m$. Значення F_i , F_j , F_n та F_k - відповідно послідовні поточні значення флуоресценції зареєстровані за цикл вимірювання. Характерні значення індукції флуоресценції визначають в кінці циклу вимірювань або у процесі вимірювань в залежності від обчислювальних можливостей вимірювального пристрою.

Відомо, що певні ділянки індукції флуоресценції нативного хлорофілу інтактного листка рослини корелюють з відповідними ланками ланцюгу фотосинтезу, тому можуть слугувати діагностичними ознаками порушень фотосинтетичного процесу. В результаті експериментальних досліджень в якості діагностичних ознак ураженості рослин вірусними інфекціями вибрано порушення у відновленні пулу первинних акцепторів реакційних центрів фотосистеми II, які визначають шляхом вимірювання флуоресценції плато F_{pl} в межах варіабельної флуоресценції F_0 F_m . Поява проміжного плато F_{pl} в швидкій фазі флуоресценції викликане блокуванням електронного транспорту між первинними акцепторами фотосистеми II під впливом різних чинників, зокрема вірусними ураженнями хлоропластів. Збільшення F_{pl} використовують для оцінки ступеню інгібування електронного транспорту, тобто як діагностичну ознаку впливу вірусного ураження. Другою діагностичною ознакою вибрано порушення ходу гальмування відтоку електронів від первинних акцепторів реакційних центрів фотосистеми II до реакційних центрів фотосистеми I в ланцюгу темпової фази фотосинтезу, яку оцінюють шляхом визначення максимальної нелінійності повільної фази індукції флуоресценції, як максимального значення модулю різниці поточного значення флуоресценції та флуоресценції лінійного спаду в момент часу t_n .

Лінійний спад флуоресценції в повільній фазі індукції флуоресценції свідчить про блокування окремих ланок в ланцюгу фотосинтезу, зокрема затримка активації циклу Кельвіна, відтоку електронів до фотосистеми I та ін., викликане вірусними ураженнями хлоропластів. Ступінь наближення реальної функції спаду повільної фази індукції флуоресценції до лінійного спаду в межах від F_m до F_{st} вибрано для оцінки ступеню порушення фотосинтезу, а тим самим ступеню вірусного ураження рослини. Оцінку нелінійності реальної функції спаду флуоресценції здійснюють по величині максимальної нелінійності.

Максимальна нелінійність виражає максимальне відхилення ходу реальної залежності, увігнутої або опуклої, від лінійної залежності монотонного спаду флуоресценції в межах від максимального F_m до стаціонарного F_{st} значень, тобто від апроксимуючої прямої між значеннями F_m та F_{st} .

Основними напрямками при створенні пристрою для локального оперативного моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь є:

- створення інформаційних технологій автоматизованого проектування комп'ютерних засобів і систем для перетворення та обробки інформації недетермінованої природи;

- розробка комп'ютерних засобів та біосенсорних приладів для екологічного моніторингу, експрес-діагностики стану рослин та виявлення гострих вірусних інфекцій.

Найважливіші результатом отриманими в ході дослідження:

- створено теоретичні основи та методологію проектування високопродуктивних засобів перетворення і обробки інформації;

– розроблено теоретичні основи та структурні принципи побудови віртуальних центрів автоматизованого проектування із централізованим і розподіленим доступом;

– розроблено методологію створення нових інформаційних технологій віртуального проектування комп'ютерних приладів та засобів для аналізу й обробки інформації про стан складних біологічних об'єктів;

– розроблено та запроваджено державні стандарти з відмовостійкості й живучості засобів обчислювальної техніки, таймерних систем, аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворювачів, форматів обміну біометричними даними та засобів біометричної ідентифікації.

В рамках дисертаційної роботи нами пропонується вивчити та дослідити методу індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ), як найбільш оперативного та експресивний для вивчення та аналізу стану рослинності для промислових умов землеробства (рис. 6).



Рис. 6. "Флоратест" - прилад для функціональної діагностики стану рослин в польових умовах

Поєднання цього методу із цифровими інформаційними та технологічним прогнозуванням, дасть змогу управління плановою врожайністю.

Тому основною метою роботи полягає у вивченні та дослідженні найбільш інтенсивного та експресивного методу індукції флуоресценції хлорофілу для оцінки стану сільськогосподарських культур в умовах промислового землеробства та поєднання цього методу з інноваційними технологіями цифрового землеробства, спрямованими на прогнозування і з рештою на кінцеву мету, на управління врожайністю.

Пропонується експрес-діагностика функціональних та інфекційних захворювань рослин, що відповідає світовій тенденції супроводу технологій вирощування сучасним інструментальними методами аналізу функціонального стану рослин.

В основу системи комплексної діагностики покладені методичні та інструментальні прийоми вимірювання та інтерпретації діагностичних ознак, зокрема характерних значень фото- та термоіндукції флуоресценції нативного хлорофілу листків, спектральних показників флуоресценції, які дозволяють надійно і експресно діагностувати функціональні захворювання, а також визначати присутність в рослинах вірусних та бактеріальних інфекцій та виявляти їх у прихованій формі.

Комплексна листкова діагностика рекомендується для застосування не тільки для плодових та ягідних, але і для зернових, овочевих, кормових та декоративних культур [1].

Високий врожай дають лише ті сільськогосподарські рослини, які культивуються в належних, сприятливих для них умовах. Різкі зміни температури повітря, його підвищення (або, навпаки, занижка) вологість і забрудненість шкідливими промисловими викидами є чинниками, що негативно впливають на процеси вегетації та плодоношення. За умов дії цих чинників важливо своєчасно розпізнати зміни стану тієї чи іншої рослини, щоб додатково підживити її вологою або добривами чи обробити гербіцидами. Проте оскільки негативні внутрішні зміни не завжди одразу позначаються на зовнішньому вигляді агрокультури, створено прилад «Флоратест», який дає змогу точно визначати стан рослини за особливостями перебігу в ній процесу фотосинтезу.

Традиційні методи визначення стану рослини передбачають реєстрацію й аналізування флуоресценції (світіння внаслідок опромінення) хлорофілу в зеленому листі та потребують для цього спеціальних лабораторних умов. А прилад «Флоратест» може здійснювати експрес-діагностування буквально впродовж лічених секунд (режим і тривалість операції можна обрати в окремому меню): до листка рослини прикріплюється мініатюрний датчик-«прищипка», далі листок освітлюють у визначеному світловому діапазоні, а спеціальна інтелектуальна програма здійснює оброблення отриманої інформації та передає результат на дисплей – у вигляді кривої лінії, що має назву кривої Каутського, яку умовно порівняти можна порівняти з кардіограмою. На основі цих даних, які відображають стан рослини у конкретний часовий проміжок, користувач приладу отримує дані про вміст поживних речовин у рослині, а з використанням програмного забезпечення можна приймати рішення щодо подальшого догляду за рослиною та норми внесення технологічного матеріалу.

Експрес-діагностування стає у пригоді й при боротьбі з бур'янами: якщо візуально рослина-бур'ян має задовільний вигляд, а крива Каутського свідчить про початок процесів в'янення, то це, відповідно, унепотрібнює внесення гербіцидів, адже бур'ян загине у природний спосіб. Таким чином, заощаджуються хімічні речовини, а довкілля зазнає меншого техногенного навантаження.

Пристрій «Флоратест», вимагає подальших досліджень, аби він відображав стан рослини, а програмне забезпечення створене на основі таких даних, давало конкретні поради щодо норми внесення технологічного матеріалу та періодів. На даному етапі також працюють над створенням бездротових сенсорних мереж, що уможливають дистанційне спостереження за розвитком рослин на великих територіях [2].

На сьогодні прилад "Флоратест" випускається у вигляді сенсорної мережі, що дозволяє прискорити процес збору та опрацювання даних. Основні області застосування експресна оцінка життєдіяльності рослин після засухи, морозу, зчеплення, внесення пестицидів експрес-визначення оптимальних доз хімічних добрив та біологічних добавок, що дає змогу оптимізувати кількість добрив і добавок та зменшити вміст нітратів в овочах експресне визначення забруднення води, ґрунтів і повітря пестицидами, важкими металами і промисловими викидами економія енергетичних і водних ресурсів при штучному поливі створення технології прецизійного землеробства при страховому землеробстві прилад дозволяє отримати прогностні результати щодо майбутнього урожаю автоматизація досліджень в області фізіології рослин.

Висновок. Прилад «Флоратест» для експрес-діагностики стану рослин в умовах дії стресових навантажень природного і техногенного походження, які дозволяють своєчасно вжити запобіжних заходів і, як наслідок, врятувати рослини від хвороб, зберегти врожай, підвищити продуктивність рослинних культур і скоротити витрати на виробництво одиниці продукції, знизити вміст шкідливих речовин в рослинах, що особливо важливо в умовах прецизійного землеробства. Технічний результат використання пристрою «Флоратест» виражається у отриманні точної, достовірної та швидкої оцінки стійкості рослин винограду до ґрунтової посухи та засолення, що має важливе значення при проведенні селекційних робіт, зокрема в селекції стійких до абіотичного стресу сортів винограду та для оцінки стійкості перспективних форм та сортів. У результаті огляду встановлено необхідність та доцільність розробки та використання пристрою для локального оперативного моніторингу «Флоратест» та ідентифікації агробіологічного стану сільськогосподарських культур методом проведення індукції флуоресценції нативного хлорофілу.

Список літератури:

1. Kalaji MH (2011) The impact of abiotic stress factors on the fluorescence of chlorophyll in plants of selected varieties of barley (*Hordeum vulgare* L.). Warsaw University of Life Sciences SSGW, Warsaw, (in Polish).

2. McCree KJ (1972) The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agric Meterol* 9:191–216.
3. Duysens LNM, Sweers HE (1963) Mechanisms of two photochemical reactions in algae as studied by means of fluorescence. In: *Studies on microalgae and photosynthetic bacteria, special issue of plant and cell physiology*. Japanese Society of Plant Physiologists, University of Tokyo Press, Tokyo, pp 353–372 1963.
4. Krause GH, Jahns P (2004) Non-photochemical energy dissipation determined by chlorophyll fluorescence quenching: character-ization and function. In: GC Papageorgiou, Govindjee (eds) *Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis, advances in photosynthesis and respiration*, vol 19. Springer, Berlin, pp 463–495.
5. Bradbury M, Baker NR (1981) Analysis of the slow phases of the in vivo chlorophyll fluorescence induction curve. Changes in the redox state of photosystem II electron acceptors and fluorescence emission from photosystems I and II. *Biochim Biophys Acta* 635:542–551.
6. Measuring fast fluorescence transients to address environmental questions: the JIP test. In: Mathis P (ed) *Photosynthesis: from light to biosphere*, vol V. Kluwer, Dordrecht, pp 977–980.
7. Strasser RJ, Tsimilli-Michael M, Srivastava A (2004) Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. In: Papageorgiou G, Govindjee (eds) *Chlorophyll a fluorescence: a signature of photosynthesis, advances in photosynthesis and respiration*. Springer, Dordrecht, pp 321–362.
8. Способ определения концентрации хлорофила и устройство для его осуществления" СССР №1659797, GOIN21/69.
9. Фотометр переносний ИФХ-1 ТУ ИВБЦ.201113.001 П2 Київ 1993.
10. Способ обнаружения вирусных инфекций растений SU 1507253; A01G 67/00, G01N 21/35. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.
11. Способ тестирования растений на вирусы; патент RU 2147173. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.
12. Способ обнаружения вирусных инфекций растений А.С. SU 1507253; A01G67/00, G01N21/35. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.
13. Спосіб ідентифікації вірусної строкатості рослин», патент UA 83679, 11.08.2008. Бюл. №5. 2008р. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.
14. Информационные возможности индукции флуоресценции хлорофилла, Киев, Альтерпрес, 2002г.
15. Спосіб реєстрації та використання світлоіндукованих вимірювань флуоресценції хлорофілу», патент DD 300049, A7 GO1N 21/64. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.
16. Патент України № 82894 C2, G01N 21/64, A01G 7/00, 2006. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.
17. Патент України № 24908 U, G01N 21/64, 2006. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.
18. Корнеєв Д.Ю. «Информационные возможности индукции флуоресценции хлорофилла», Киев, Альтерпрес, 2002г., ст.15-28/
19. Спосіб реєстрації та використання світло індукованих вимірювань флуоресценції хлорофілу, патент DD 300049, A7, G01N21/64. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.
20. Патент України №. 12382 U, G01N 21/64, 2006. МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.

Филимонов С.А., к.т.н., доцент

e-mail: s.filimonov@chdtu.edu.ua

Яценко С.С., аспирант

Филимонова Н.В., к.т.н., старший преподаватель

e-mail: nv.filimonova2015@gmail.com

Черкасский державный технологичний університет

вул. Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна

SMARTPIEZOCERAMICS В СЕЛЬСЬКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Abstract. *The principle of land cultivation is analyzed. It has been found that cultivating the land takes a large amount of time and energy; cultivation requires large energy expenditures.*

A review of the cultivation organs based on the analysis of literary sources and scientific publications. A plow with a higher efficiency for soil cultivation is provided, and a 3D model is provided.

Key words: *SMART PIEZOCERAMICS, vibration technology.*

Введение. Одной из важнейших отраслей экономики является сельское хозяйство, так как от него зависит продовольственная безопасность государства. Именно по этому развитие технологий в данной сфере способствует эффективному экономическому росту и увеличению благосостоянию граждан и государства в целом.

Обработка земли все еще занимает большое количество сил и времени, при культивации земли нам все еще необходимы большие расходы энергии. Для решения этой проблемы используется новые виды сельхозтехники, что является одной из главных задач развития современного машиностроения. Но на этом пути существуют ограничения производительности традиционных машин, коэффициент полезного действия которых колеблется в пределах 0,19-0,38. Для создания машин большей эффективности необходимо обращаться к новым принципам и технологий, в том числе и вибрационных[1].

Экспериментально установлено, что при использовании вибраций в плугах значительно уменьшается трение скольжение почвой, что является основной составляющей в общей величине тягового сопротивления. Уменьшается также и залипания рабочих органов. В связи с этим в последнее время появилось много конструкций плугов с вибрирующими рабочими органами[2]. Однако, при всех положительных эффектах, имеются свои недостатки, а именно: большие габариты, а также сложны эксплуатация и изготовление.

Цель работы – усовершенствование рабочего органа культивации для уменьшения сил трения с почвой земли в сельском хозяйстве.

Для решения этих проблем предложено использовать smartпъезокерамику.

На рис. 1 представлена конструкция плуга со smartpiezoceramicsв 3D, а также расположение частей конструкции плуга со smartpiezoceramics.

Суть данной технологии при использовании в культивации почвы заключается в следующем. Пъезокерамический пьезоэлемент плотно расположен на поверхности плужного отвала. За счет наличия у пьезоэлемента прямого и обратного пьезоэффекта он может использоваться как актуатор (вибратор) или датчик.

При подаче переменного электрического напряжения, за счет обратного пьезоэффекта, в пьезоэлементе возникают колебания, которые передаются плужному отвалу. Таким образом, в плуге возникает вибрация, которая способствует уменьшению силы трения плуга с почвой.

При отключении переменного электрического напряжения, за счет прямого пьезоэффекта, пьезоэлемент выступает в качестве датчика. Полученные значения, которого используются для коррекции амплитуды колебаний вибрации [3].

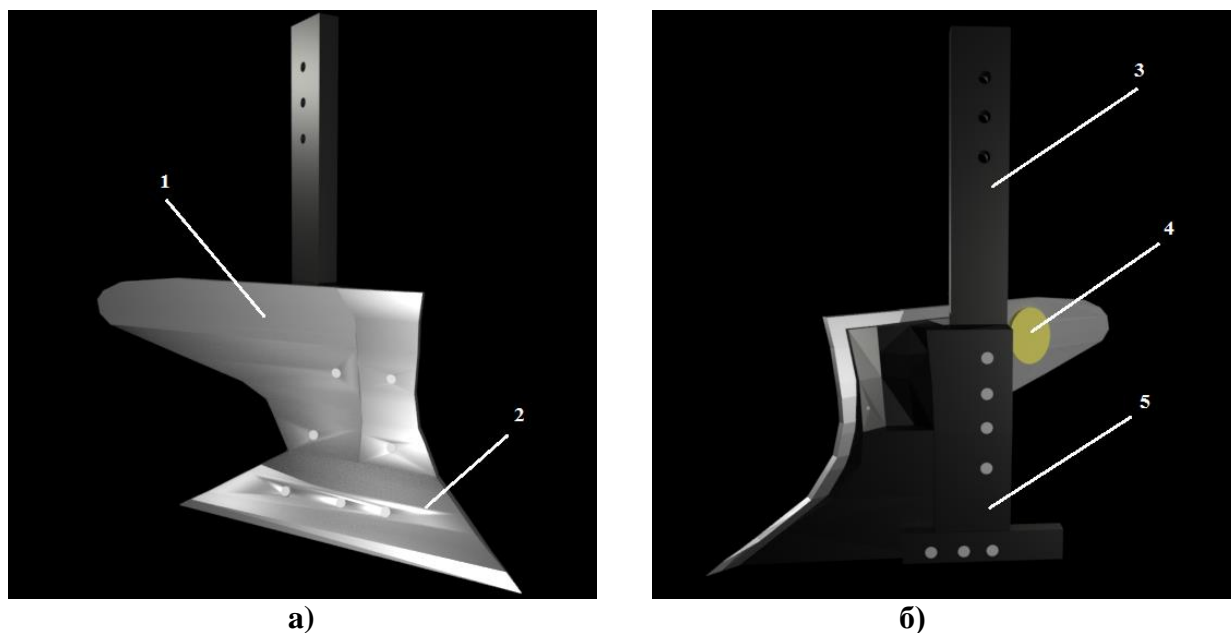


Рис. 1. Конструкція плуга со smartpiezoceramics в 3D: а) – вид спереди; б) – вид сзади; 1 - отвал, 2 - лемеха отвала, 3 - стойка корпус, 4 - smartpiezoceramics в формедиска, 5 – башмак

Заключение

Таким образом, в данной работе предложено новое решение для уменьшения сопротивления почвы при её культивации благодаря созданию вибраций в плужном отвале плуга за счет использования smartpiezoceramics.

Список литературы

1. Булгаков В.М. Дослідження вібраційних процесів при основному обробітку ґрунту / В.М. Булгаков, М.О. Свірень, Р.В. Кісільов, С.Б. Орищенко, І.О. Лісовий // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2015. – Вип. 5, Т. 1 – С. 3 – 13.
2. Вібраційні машини сільськогосподарського виробництва: Монографія. / В.М. Булгаков, М.О. Свірень, І.П. Паламарчук, В.В. Друга, О.М. Черниш, В.В. Яременко. – Кіровоград: КОД, 2012. – 512 с.
3. Філімонов С.О. Яценко С.С., Батраченко А.В., Філімонова Н.В. Использование smartpiezoceramics для обработки почвы в сельском хозяйстве // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2019. - №2.

Секція 3.

КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 681.587.72:004,3'144:621.4(045)

Никольский В.В., д.т.н., професор,
профессор кафедры теории автоматического управления и вычислительной техники
Национальный университет «Одесская морская академия»
e-mail: prof.Nikolskyi@ukr.net

Лысенко В.Е., соискатель
Национальный университет «Одесская морская академия»
e-mail: viklys@ukr.net

Никольский М.В., к.т.н
ассистент кафедры автоматизации дизельных и газотурбинных установок
Национальный университет «Одесская морская академия»
e-mail: markdezert@ukr.net

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ И ПАРАМЕТРОВ ПЬЕЗОКЕРАМИКИ НА ПЕРЕМЕЩЕНИЕ АКТУАТОРА В SIMINTECH

***Abstract.** The aim of the study is to determine the significant properties and parameters of the actuator when it is used in the gas admission valve of a marine dual-fuel diesel generator. The study showed that for a gas supply valve actuator, it is better to use piezoelectric elements based on PIC255 ferroelectric piezoceramics, which have low Young's Modulus and Mechanical Quality Factor, high Electromechanical Coupling Factor. Piezoelectric elements must be preloaded. In the design of the valve, this role is played by return springs.*

***Key words:** admission valve, GAV, piezo actuator, dual-fuel internal combustion engine, SimInTech.*

Целью исследования является определение наиболее значимых свойств и параметров пьезокерамики (ПК) на перемещение (Δ) свободного конца пьезоэлемента (ПЭ) в составе неподвижно закрепленного наборного столба при его использовании в клапане подачи газа судового двухтопливного дизель-генератора [1, 2].

В [5] приведены результаты моделирования наборных столбов в составе АСУ подачи топлива в судовые ДВС с электронным управлением впрыском топлива и выхлопного клапана в среде Simulink. Однако, при моделировании наборных столбов, насчитывающих в своём составе свыше 100 ПЭ, требовалось значительное время.

Поэтому для проведения исследований была выбрана среда электронного моделирования компании SimInTech (МВТУ) [3] в силу минимального времени и точности для просчета моделей (Модуль: SimInTech control systems simulator; DLL: C:\SimInTech64\bin\mbtylib.dll; Безлимитная лицензия; Организация: НУ "ОМА"; Серийный номер: D63B30FDA70; Идентификатор: 0CD32D1D).

Требования, которые предъявляются к приводу клапана подачи газа [1, 2, 9] для морских двухтопливных дизель-генераторов следующие: развиваемое усилие – 100 Н; время переходного процесса (τ) – не более 2 мс; перемещение – 0,4 мм.

На основе модели [4] в среде SimInTech была составлена субмодель ПЭ в виде шайбы, внешний вид которой представлен на рис. 1, а (входы слева: U_{in} – входное напряжение питания; $F_{c\ in}$ – сила, действующая на ПЭ со стороны клапана; справа – выход (Li) перемещения «свободного конца» ПЭ с присоединенным клапаном подачи газа), а на рис. 1, б – её внутренняя «начинка».

Сверху блока субмодели располагаются входы ($F_{y1-1,i}$; $F_{d1-1,i}$) и выходы ($-V_i$; $-L_i$), отвечающие за состояние свободного конца ПЭ. Внизу - входы ($-V_{i+1}$; $-L_{i+1}$) и выходы ($F_{y1+1,i}$; $F_{d1+1,i}$), которые отвечают за подключение к основанию.

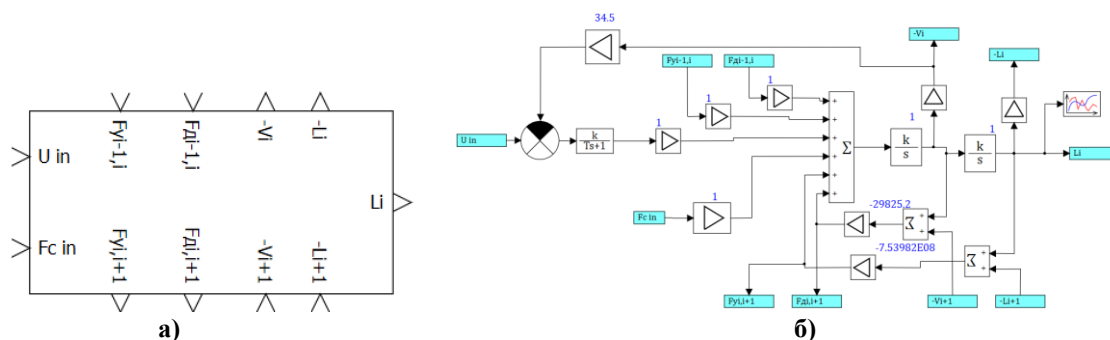


Рис. 1 – Субмодель ПЭ: а – внешний вид; б – структурная схема

Для определения типа используемой ПК при построении в дальнейшем модели наборного столба необходимо провести исследования влияния свойств и параметров используемой ПК на Δ свободного конца ПЭ.

За основу была взята ПК ЦТС-19 со следующими свойствами: диэлектрическая проницаемость – $\epsilon_{33} = 1750$ Ф/м; коэффициент электромеханической связи – $K_p = 0.69$; модуль Юнга – $Y_{33}^E = 7 \cdot 10^{10}$ Н/м²; плотность – $\rho = 7800$ кг/м³; механическая добротность – $Q_m = 80$; сопротивление источника питания – $R_{vt} = 50$ Ом.

Форма ПЭ – круглая, размеры ПЭ – диаметр $d = 0.01$ м, толщина $l = 0.005$ м.

Интерпретируемый скрипт (расчетные формулы):

```

initialization
S=pi*d*d/4;
m0=p*S*l;
Ky=-S*YE33/l;
Kd=Ky*l/(1.58*Qm);
C=k33T*e33*S/l;
end;

```

где S – площадь ПЭ, π – число π , m_0 – масса ПЭ, K_y – коэффициент упругости, K_d – коэффициент демпфирования, C – емкость ПЭ, k_{33T} – относительная диэлектрическая проницаемость, ϵ_{33} – диэлектрическая проницаемость.

В результате расчета получены следующие параметры, представленные в табл. 1.

Таблица 1 - Параметры ПЭ на основе ЦТС-19

Название	Имя	Значение
Площадь слоя, м ²	S	7.8539816E-5
Масса слоя, кг	m0	0.0030630528
Коэффициент упругости, м ² /Н	Ky	-7.5398224E8
Коэффициент демпфирования,	Kd	-29825.247
Емкость слоя, Ф	C	2.4327708E-10

Перед тем, как приступить к моделированию поведения свободного конца, закрепленного на неподвижном основании ПЭ, необходимо определить, какой из видов поляризации при использовании в роли актуатора Δ будет больше. На рис. 2, а представлены результаты моделирования, анализ которых показал, что Δ свободного конца ПЭ при продольной поляризации значительно превышает Δ для ПЭ с поперечной

поляризации. Поэтому дальнейшие исследования поведения актуатора проводились с ПЭ с продольной поляризацией.

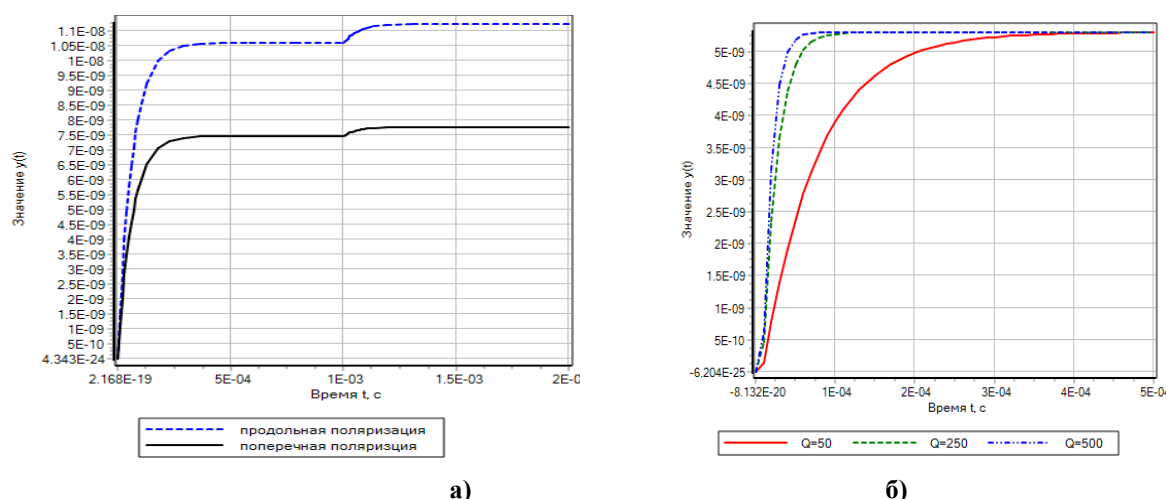


Рис. 2 – Исследование поведения ПЭ от вида поляризации (а) и влияния добротности на перемещение свободного конца (б)

Следующим исследованием было изучение влияния механической добротности (Q_m) на основе ПК ЦТС-19 для трёх значений добротности 50, 250 и 500. Значения выбирались исходя из анализа возможных вариантов существующих типов ПК ведущих производителей, присутствующих на рынке. На рис. 2, б приведены результаты моделирования, анализ которых показал, что Q_m не влияет на величину Δ , однако сильно влияет на τ , причем, чем выше значение Q_m , тем меньше τ . Так при изменении Q_m в 5 раз с 50 до 250 τ уменьшается в 2 раза, при увеличении с 250 до 500 – около 30 %. Это позволило сделать вывод, что для дальнейших испытаний необходимо использовать ПК с высоким значением Q_m .

Результаты исследования влияния коэффициента электромеханической связи (K_p) представлены на рис. 3, а для трёх значений K_p : 0.4; 0.6; 0.8. Их анализ показал, что K_p влияет, как на величину Δ , так и на τ . Причем, при изменении значения K_p на 33 %, происходит изменение Δ свободного конца ПЭ и τ ровно на 33 %. Поэтому, для проведения дальнейших испытаний с наборными столбами, целесообразно использовать ПК с максимально возможным значением K_p .

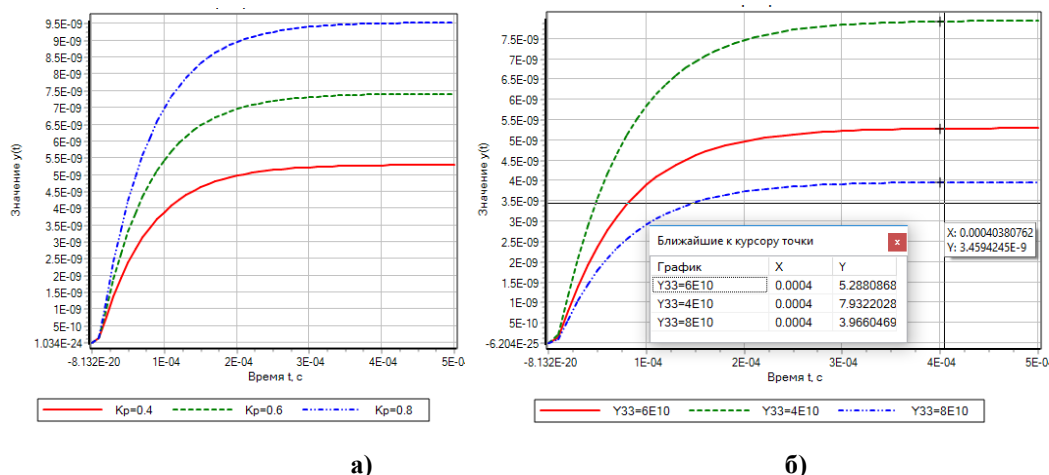


Рис. 3 – Исследование влияния K_p и Y_{33}^E Юнга на перемещение свободного конца ПЭ: а – график зависимости $\Delta = f(K_p)$; б – график зависимости $\Delta = f(Y_{33}^E)$

На рис. 3, б представлены результаты моделирования для трех значений модуля Юнга (Y_{33}^E) при изменении значений в диапазоне $\pm 33\%$, а именно: $4 \cdot 10^{10}$; $6 \cdot 10^{10}$; $8 \cdot 10^{10}$ Н/м². Анализ графиков показал, что при пропорциональном увеличении Y_{33}^E , происходит нелинейное уменьшение Δ свободного конца ПЭ. Так при изменении значения Y_{33}^E от $4 \cdot 10^{10}$ до $6 \cdot 10^{10}$ Δ уменьшается на 25 %, а уже при увеличении от $6 \cdot 10^{10}$ до $8 \cdot 10^{10}$ – 33 %. Очевидно, что τ при увеличении Y_{33}^E также увеличивается.

Исследование влияния габаритных размеров ПЭ – диаметра (d) (рис. 4, а) и толщины (l) ПЭ (рис. 4, б) показало, что изменение d на порядок от 0.01 м до 0.1 м приводит к уменьшению Δ свободного конца в 100 раз и увеличению τ . В тоже время увеличение l ПЭ в 10 раз с 0,001 м до 0.01 м приводит к увеличению в 10 раз Δ при одновременном увеличении τ .

Во всех выше приведенных исследованиях сила предварительного нагружения составляла 100 Н. Поэтому и было проведено исследование его влияния на Δ свободного конца ПЭ и τ , результаты которого представлены на рис. 4, в. Анализ результатов показал, что в случае предварительного нагружения (100 Н) Δ свободного конца увеличивается почти на 15 % по сравнению с его отсутствием.

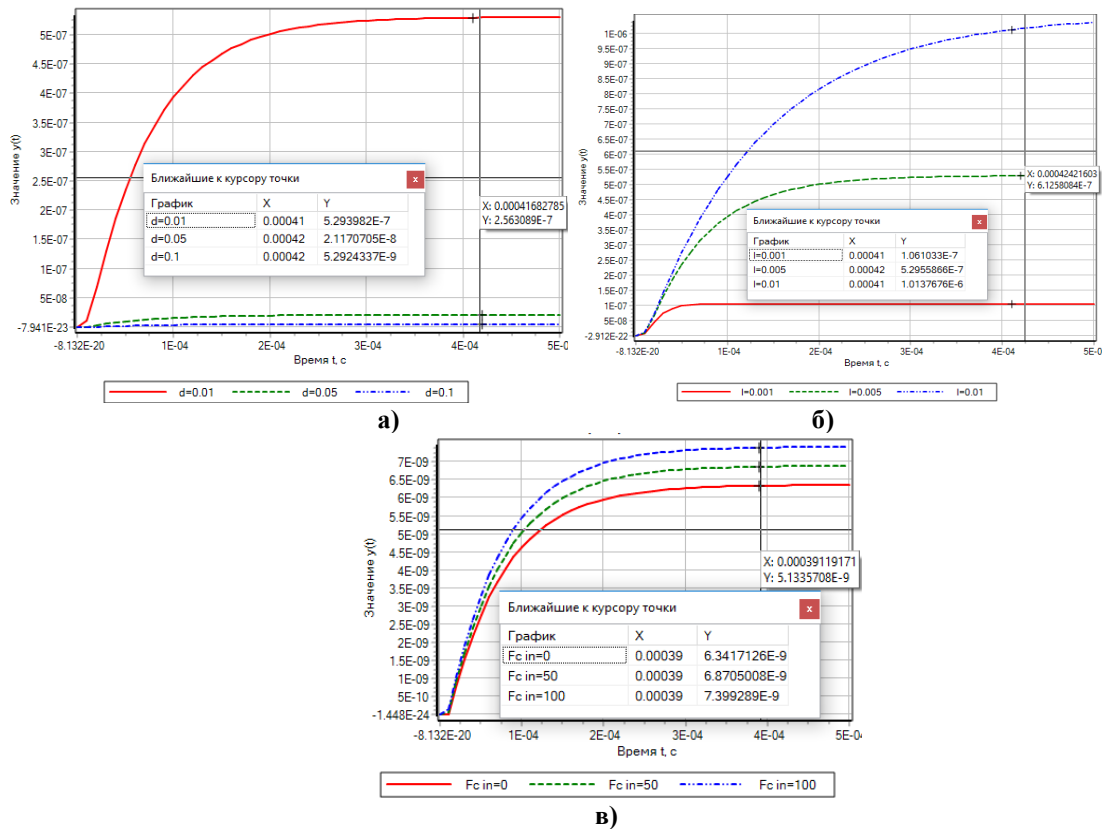


Рис. 4 – Результаты моделирования Δ свободного конца ПЭ:
а – $\Delta = f(d)$; б – $\Delta = f(l)$; в – $\Delta = f(F_{c in})$

Таким образом, по результатам проведенных исследований влияния свойств ПК и габаритных размеров ПЭ можно составить табл. 2, где \downarrow - уменьшение и \uparrow - увеличение значения.

Табл. 2 – Сравнительные показатели влияния свойств и размеров ПЭ

Свойства, параметры	$Q_m \uparrow$	$K_p \uparrow$	$Y_{33}^E \uparrow$	$d \uparrow$	$l \uparrow$	$F_{c in} \uparrow$
Реакция	Δ	-	\uparrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow
	τ	\downarrow	\downarrow	\uparrow	\uparrow	\downarrow

Проведя анализ ПК ведущих производителей США, Европы, Индии [6, 7, 8], было смоделировано поведение ПЭ с продольной поляризацией для керамик PIC255, SP-4 и ЦТС-19, свойства и расчетные значения параметров которых для ПЭ диаметром 0.01 м и толщиной 0.005 м, напряжение управления – 1000 В, сила предварительного нагружения – 100 Н представлены на рис. 5, а и рис. 5, б соответственно.

Свойства: Матро31					
Свойства	Параметры	Общие	Порты	Визуальные слои	
Название	Имя	Фо...	Значение PIC 255	Значение SP-4	Значение ЦТС-19
Диаметр слоя, м	d		0.01	0.01	0.01
Толщина слоя, м	l		0.005	0.005	0.005
Относительная диэлектрическая проницаемость	k33T		8.85E-12	8.85E-12	8.85E-12
Коэффициент электромеханической связи	k33		0.69	0.68	0.4
Добротность	Qm		80	500	50
Плотность керамики, кг/м ³	p		7800	7600	7450
Модуль Юнга, Н/м ²	YE33		4.8E10	6.25E10	6E10
Диэлектрическая проницаемость, ф/н	e33		1750	1250	1725
Сопротивление источника	Rvt		50	50	50

а)

Свойства: Матро31					
Свойства	Параметры	Общие	Порты	Визуальные слои	
Название	Имя		Значение PIC 255	Значение SP-4	Значение ЦТС-19
Площадь слоя, м ²	S		7.8539816E-5	7.8539816E-5	7.8539816E-5
Масса слоя, кг	m0		0.0030630528	0.002984513	0.0029256082
Коэффициент упругости, м ² /Н	Ky		-7.5398224E8	-9.817477E8	-9.424778E8
Коэффициент демпфирования,	Kd		-29825.247	-6213.5931	-59650.493
Емкость слоя, Ф	C		2.4327708E-10	1.7376934E-10	2.3980169E-10

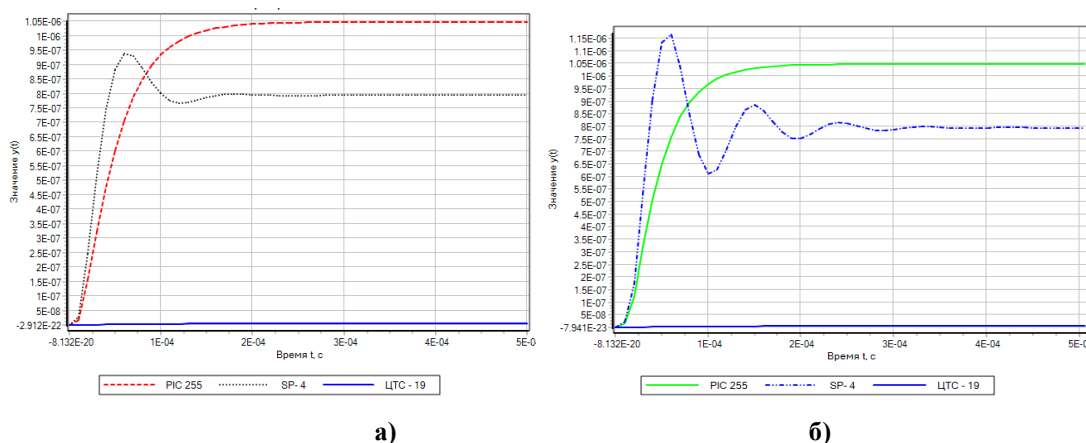
б)

Рис. 5 – Свойства (а) и параметры (б) ПЭ

Анализ полученных результатов показал, что наибольшее Δ свободного конца развивает ПЭ на основе PIC255, ПЭ на основе SP-4 развивает Δ на 20 % меньше, а ПЭ на основе ЦТС-19 – уже на несколько порядков меньше. Поэтому из дальнейших исследований был исключен ПЭ на основе ПК ЦТС-19.

Следует также отметить, что τ заканчивается быстрее у ПЭ на основе PIC255.

На рис. 6 представлены результаты моделирования для двух методов интегрирования: неявного Эйлера (а) и диагонально неявного (метод 3-го порядка с 3-мя неявными стадиями) DIRK3 (б). Их сравнение показало, что при использовании диагонально неявного DIRK3 колебательность системы выше.



а)

б)

Рис. 6 – Исследование влияния методов интегрирования на Δ ПЭ: а – неявный Эйлера; б – диагонально неявный DIRK3

Выводы. Таким образом, проведенное исследование показало, что для использования наборных столбов в клапане подачи газа целесообразно использование ПЭ на основе сегнетожесткой ПК PIC255, которая обладает низкими значениями модуля Юнга и добротности, высоким коэффициентом электромеханической связи. Кроме того, ПЭ должны быть предварительно нагружены. В конструкции клапана эту роль выполняют возвратные пружины.

ЛІТЕРАТУРА

1. Никольский В. В., Лысенко В. Е., Никольский М. В. Пьезоэлектрический привод впускного клапана двухтопливного двигателя внутреннего сгорания // XXIV Міжнародна конференція з автоматичного управління, м. Київ, Україна, 13–15 вересня 2017 року: тези

конференції. Київ. 2017. – С. 223.

2. Нікольський В.В., Лисенко В.Є., Нікольський М.В. Використання п'єзоприводу для клапана подачі газу двофазного двигуна внутрішнього згорання // Автоматизация судовых технических средств: науч. –техн. сб. – 2017. – Вып. 23. Одесса: НУ "ОМА". – С. 65 – 69.

3. SimInTech [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://simintech.ru/?page_id=9 (Дата звернення 25.07.2019).

4. Никольский А.А. Точные двухканальные следящие электроприводы с пьезокомпенсаторами. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 160 с.

5. Оженко Є. М. Моделі, методи та засоби покращення системи подачі палива суднового дизеля на базі п'єзоелектричних перетворювачів. Дис. ... канд. техн. наук: 05.13.05. - Миколаїв, 2018. - 166 с.

6. PI Piezoelectric Ceramic Products FUNDAMENTALS, CHARACTERISTICS AND APPLICATIONS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://static.physikinstrumente.com/fileadmin/user_upload/pi_ceramic/files/catalog_CAT/PI_CAT125E_R3_Piezoelectric_Ceramic_Products.pdf / (Дата звернення 25.07.2019).

7. APC: Physical and Piezoelectric Properties of APC Materials [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.americanpiezo.com/images/APC_materials_properties-compressed.pdf / (Дата звернення 25.07.2019).

8. Sparkler PezoCeramics: Piezoelectric properties [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.sparklceramics.com/piezoelectricproperties.html (Дата звернення 25.07.2019).

9. Wartsila Service Letters #444 SL87–223/UM MC/MCE Engines. Super–VIT Fuel Pumps: Adjustment & Maintenance: <http://marengine.com/ufiles/SL87–223.pdf>. 12.06.2017.

Ухіна Г.В., аспірант кафедри комп'ютерних систем
Одеський національний політехнічний університет
email: ukhinanna@gmail.com, тел. 8(093)144-25-84

Теплечук А.М., старший викладач кафедри автомобільного транспорту
Одеський національний політехнічний університет

Кір'язов Ю.Ф., заступник директора фірми «Адіс-Авто», Одеса
Богданова Л.О., старший викладач кафедри комп'ютерних систем
Одеський національний політехнічний університет

Ситніков В.С., д.т.н., проф.,
завідувач кафедри комп'ютерних систем
Одеський національний політехнічний університет
email: sitnvs@gmail.com, тел. 8(067)4567-165

ЗАСТОСУВАННЯ СМУГОВИХ ЧАСТОТНО-ЗАЛЕЖНИХ КОМПОНЕНТ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ СИСТЕМИ УСУНЕННЯ ДЕТОНАЦІЇ ДВИГУНА ВНУТРИШНЬОГО ЗГОРАННЯ

***Abstract.** This paper considers the restructuring of the frequency-dependent component transfer function coefficients in the internal combustion engine detonation. Relations have been obtained for finding these coefficients, which makes it possible to control the component rearrangement.*

***Key word:** detonation, digitized signal, transfer function coefficients, analysis of frequency characteristics.*

Бурхливий розвиток гібридних та електричних автомобілей не знімає проблеми підвищення економічності бензинового двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) і зниження токсичних газів (CO , NO_x , CH) у вихлопах автомобіля є однією із важливих задач при розробці та експлуатації автомобіля. Несумісність цих показників приводить до ускладнення системи керування двигуном.

Підвищення економічності залежить від значення коефіцієнта надлишку повітря α . Так, для роботи двигуна в режимі економічності палива коефіцієнт надлишку повітря α повинен мати значення $\alpha=1,1 \div 2,0$, а для роботи двигуна в режимі повної потужності - $\alpha=0,8 \div 0,9$. Однак при роботі двигуна в режимі повної потужності і при використанні неякісного палива в циліндрах двигуна з'являються режими згорання з високими швидкостями порядку (1000-2000)м/с, які приводять до зносу робочих поверхонь поршневої групи та газорозподільного механізмів. Ці режими згорання, які одержали назву детонація, усуваються в даний час за допомогою зменшення кута випередження запалювання або зменшення подачі палива.

Для усунення цих режимів у імпортованих автомобілів використовують системи електронного керування упорскуванням – BOSCH, L-, K- та Mono-JETRONIC. Датчик детонації встановлюється на блоці циліндрів і розпізнає коливання, які виникають при детонації, і після їхньої обробки у електронному блоці керування, в залежності від ступеня детонації, виробляється команда на зміну кута випередження запалювання.

При прояві детонації, у високочастотній частині спектру частот з'являється складова з високою амплітудою, яка виділяється за допомогою смугового фільтру. Шляхом порівняння (віднімання) поточного сигналу і середньої величини амплітуди сигналу датчика при відсутності детонації виконується розпізнавання детонації. Ступінь детонації визначається підрахунком числа амплітуд у сигналі датчика, величина яких перевищує стандартну величину, характерну для початку детонації. Після розпізнавання детонації в залежності від її ступеня проводиться зменшення кута випередження запалювання. Якщо

після цього детонація зникає, кут випередження запалювання поступово підвищується, тобто керування кутом випередження запалювання проводиться таким чином, щоб він був близький до детонаційного краю.

У стандартних блоках керування двигуном, автомобілів Impreza (концерн Subaru) реалізована активна система регулювання, яка дозволяє в нормальному режимі роботи двигуна вносити в кут випередження запалення поправки величиною приблизно від 3° до $+12^\circ$. Так, для турбированих двигунів максимальна величина позитивної поправки складала 12° , а нові блоки керування здатні оперувати істотно великими поправками.

Для усунення недоліків відомих вище зазначених систем, які керували виключно кутом випередження запалювання, пропонується керувати безпосередньо коефіцієнтом надлишку повітря α , що приводить до спрощення конструкції системи керування (рис. 5).

При появі детонації система керування збільшує α до $1,1 \div 2,0$, а це переводить роботу двигуна в режим збіднення робочої суміші. Але при цьому виникає падіння потужності двигуна, це змусить водія перейти на нижчу передачу, а автомобіль, обладнаний автоматичною коробкою передач, зробить це сам не зменшуючи комфорту подорожі і тим самим знизити навантаження на двигун, що приведе не тільки до зникнення детонації, а і до економії палива і зниженню CO, NOX та CH.

За командами блока формування команд мультиплексор підключає до АЦП необхідний датчик і оцифрований сигнал надходить до блоку збору інформації. Після нього всі дані зняті з датчиків в цифровому коді за протоколом USART подаються в пристрій обробки інформації. Таким чином, пристрій знімає дані з усіх датчиків, які використовуються загальною системою управління коефіцієнтом α та кутом випередження запалення.

Оцифрований сигнал з датчика детонації надходить на вхід цифрового смугового фільтру. Після фільтрації сигналу блок виявлення детонації аналізує одержаний сигнал, і результат передає до блоку збору інформації. Застосування датчика обертів і датчика детонації дозволило точно установити моменти виникнення детонації і моменти її відсутності. Це дало можливість застосувати цифровий фільтр, який у моменти відсутності детонації відстежує власні шуми двигуна, а в моменти прояву детонації – суму сигналів детонації та власних шумів двигуна. Різниця цих значень дозволяє виявити наявність детонації.

При появі ознак детонації блок формування команд обчислює нові коефіцієнти цифрового смугового фільтру, який перебудовується.

Розробка такої системи дозволила зменшити апаратні витрати, габаритні розміри, і як наслідок зменшити собівартість системи в цілому. Головні переваги цієї системи: універсальність, підвищення економічності двигуна і використання одного смугового цифрового фільтру.

Найбільш важливою і складною частиною системи є цифровий смуговий фільтр, тому що до його задачі входить розпізнавання детонації і власних шумів двигуна на різних частотах. Чим точніше задані коефіцієнти передавальної функції цифрового смугового фільтру, тим точніше фільтр виділить сигнал, зв'язаний з детонацією. Тому найбільша увага приділялась дослідженню властивостей цифрового фільтру при зміні коефіцієнтів передавальної функції.

Діапазон робочих частот знаходиться в межах між $f_H = 20$ Гц та $f_B = 200$ Гц, при смузі пропускання $\Delta f = 2$ Гц. Дані параметри обумовлені режимами роботи двигуна і появою детонації. Так при частоті обертання колінчастого валу 600 об/хв (режим холостого ходу) центральна частота смугового фільтра дорівнює 20 Гц. В даному режимі роботи двигуна детонація неможлива (по визначенню) і система аналізує власні шуми двигуна.

Для перебудови цифрового смугового фільтру другого прядку знайдені формули для розрахунку нових значень коефіцієнтів фільтру. Так, коефіцієнти знаменника b_1 та b_2

перераховуються від залежності частоті обертів колінчастого валу та необхідної смуги частот, яка налагоджується при підготовки двигуна. Так, коефіцієнт b_1 для частотизрізу $\bar{\omega}_1$ визначається наступним чином

$$b_1 = -(1+b_2)\cos(\bar{\omega}_1) + (1-b_2)\sin(\bar{\omega}_1)\frac{\sqrt{1-c^2}}{c}. \quad (1)$$

На основі частот зрізу смугового фільтру є можливість визначити величину коефіцієнту знаменника b_2 як

$$b_2 = \frac{(\cos(\bar{\omega}_2) + \cos(\bar{\omega}_1)) - 2c^2 \cos(\bar{\omega}_2) - 2c\sqrt{1-c^2} \sin \cos(\bar{\omega}_2)}{(\cos(\bar{\omega}_2) + \cos(\bar{\omega}_1)) - 2c^2 \cos(\bar{\omega}_1) - 2c\sqrt{1-c^2} \sin \cos(\bar{\omega}_1)}. \quad (2)$$

Однак, для реалізації таке представлення залежностей коефіцієнтів знаменника b_1 та b_2 від частот зрізу рівня пульсації c не зовсім вдале для реалізації на мікропроцесорній техніці. Введемо деяку фіктивну величину ξ так, щоб

$$c = \cos\left(\frac{\xi}{2}\right) \quad (3)$$

Або фіктивна величина дорівнює $\xi = 2 \arccos(c)$.

В цьому випадку, співвідношення для коефіцієнтів мають наступний вигляд

$$b_1 = -(1+b_2)\cos(\bar{\omega}_1) + (1-b_2)\sin(\bar{\omega}_1) \operatorname{tg}\left(\frac{\xi}{2}\right);$$

$$b_2 = \frac{2\cos(\bar{\omega}_2) + \cos(\bar{\omega}_1) - \cos(\bar{\omega}_2 - \xi)}{\cos(\bar{\omega}_2) + 2\cos(\bar{\omega}_1) - \cos(\bar{\omega}_1 - \xi)}. \quad (4)$$

Висновки. Таким чином, аналіз АЧХ цифрових смугових фільтрів показує, що при розробці смугових цифрових частотно-залежних компонент в залежності від заданих частот зрізу і рівня пульсацій c можна однозначно знайти значення коефіцієнтів чисельника і знаменника.

При зміні коефіцієнтів знаменника для ненормованих фільтрів здійснюється перебудова, як коефіцієнта посилення, так і частот зрізу. Однак для зміни частот зрізу при незмінній амплітуді необхідна корекція значення коефіцієнта посилення коефіцієнтом передавальної функції чисельника при новому значенні коефіцієнта знаменника b_2 .

Проведений аналіз дозволяє значно полегшити вирішення поставленого завдання розробки цифрових смугових частотно-залежних компонент спеціалізованих комп'ютерних систем з можливістю корекції і перебудови характеристик компоненти і системи в цілому.

МІКРО- ТА НАНОТЕХНОЛОГІЇ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 621.317.1

Тичков Д.В.,

аспірант кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаського державного технологічного університету
e-mail: dmytro.tychkov@gmail.com

Бондаренко М.О., д.т.н., доцент,

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаського державного технологічного університету
e-mail: maxxium23@gmail.com, tel. +38 (0472) 511 571

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПОЛІВ, ЩО ВИНИКАЮТЬ ВНАСЛІДОК ЗОВНІШНІХ ВПЛИВІВ НА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОВЕРХНЯХ МІКРО- ТА НАНОВИРОБІВ

***Abstract.** The problem of scientific research is devoted to the timely determination of the dynamic and static electric fields arising during the operation of dielectric products of micro- and nanosystem technology.*

***Keywords:** dynamic electric field, dielectric surface, microproduct, nanoproduct*

Постановка задачі. Як правило, дослідження електричних полів полягає в знаходженні вектору напруженості в будь-яких точках цих полів. При цьому, завдання зводиться до побудови силових ліній такого поля. Проте, силові лінії перпендикулярні екіпотенціальним поверхням, тому, в більшості випадків, достатньо визначити місце розташування цих поверхонь, а потім – побудувати силові лінії. В той же час, знайти розподіл потенціалів електричного поля легше, ніж визначити напрямки силових ліній, тому зазвичай визначати положення і форму поверхонь.

В роботах [1-5], вченими, що спеціалізуються в області вирішення задач поведінки електричних полів, а також їх моделювання та дослідження (Байер Е., Бірне С., Адамович І.В., Поплавко Ю.М., Хоменко І.В. та інші) проводяться дослідження електричних полів, створюваних статичними зарядами. Для цього ними розроблені інтегральні аналітичні залежності, що описують процеси даного поля, сформульоване поняття електростатичного кола і встановлені методи його розрахунку. Також, цими вченими приведені алгоритми обчислення елементів матриці електродинамічних параметрів комунікатора, що дозволяють враховувати конструктивні особливості нановиробу на схемотехнічному етапі його проектування, чим забезпечують підвищення точності проектування морфологічних структур комунікаторів електронних засобів нанотехнологічного виробництва. Особливо слід відзначити те, що дані поля впливають на роботу багатопарових мікро- та наносистемних виробів, чим підвищують внутрішню температуру та теплопровідність матеріалів схем цих приладів, що призводить до значного погіршення їх робочих параметрів та, в окремих випадках, до їх виходу із ладу.

Проте вирішення даних задач проводиться з недостатньою точністю та надійністю, оцінка впливу електростатичних полів на роботу мікро- та нанометричних виробів проводилася без оцінки невизначеності впливу зовнішніх факторів.

Тому, постає необхідність у подальшому дослідженні методів та розробці засобів вимірювання динамічних електричних полів на діелектричних поверхнях мікро- та нановиробів.

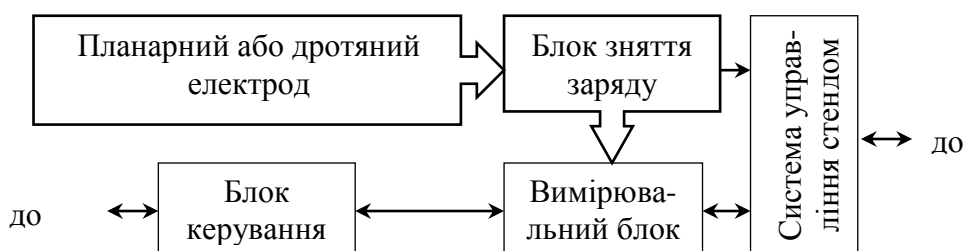
Метою роботи є розробка методу і засобів вимірювання силових параметрів динамічних та статичних електричних полів, які виникають під час експлуатації мікро- та нановиробів електронної техніки при зовнішніх впливах (виникнення паразитних електричних зв'язків при невеликих розмірах провідників (до 7 нм) на великих значеннях робочих частот (більше 3 ГГц), які впливають безпосередньо на техніко-експлуатаційні характеристики виробів.

Вирішення поставленої задачі. Необхідність створення методологічного схемотехнічного підходу для реалізації поставленої мети з достатньою точністю та надійністю і є предметом даного дослідження.

Для визначення характеристик динамічних електричних полів, авторами розроблено вимірювальний стенд [6], який дозволяє фіксувати густину розподілу електричного заряду порядку $190 - 250 \text{ мкКл/мм}^2$ з відносною похибкою вимірювання $\pm 2,7 - 5\%$. Загальний вигляд та функціональна схема вимірювального стенду наведена на рис. 1.



а.



б.

Рис. 1. Зовнішній вигляд (без захисної кришки) (а) та функціональна схема (б) вимірювального стенду

Вимірювальний стенд дає можливість здійснювати випробування силових характеристик в широкому діапазоні їх значень.

Основним елементом вимірювального стенду є розроблена автором система управління та контролю, що включає блок зняття заряду, який призначений для фіксування електричного заряду, що виникає внаслідок дії зовнішніх факторів на діелектричну поверхню. Приймачем в цьому блоці є електроди, які можуть бути як накладеними на діелектричну поверхню у формі кільця, так і у вигляді планару – металевої сітки, нанесеної методом термовакuumного осадження, на випробуваний діелектрик.

Випробовування вимірювального стенду проводилися при дослідженні залишкового трибозаряду на поверхні діелектричних зразків. Перевірка результату експериментальних досліджень проведених за допомогою стенду відбувалася порівнянням з теоретичними розрахунками [7]. Значення залишкового трибозаряду на поверхні діелектричних матеріалів після повного циклу сканування поверхні становило $(10,11 - 11,98) \cdot 10^{-3}$ Кл. Отримані дані корелюють з даними, отриманими в результаті проведених теоретичних розрахунків в роботах [6] – [7] (коефіцієнт кореляції r – не менше 0,88), чим підтверджується висока точність та достовірність роботи вимірювального стенду.

Висновки. Таким чином, розроблений стенд для вимірювання розподілу

електричного заряду в статичних та динамічних електричних полях на діелектричних ділянках поверхні нанометричних розмірів, дозволяє з високою точністю визначати значення такого заряду. При цьому, похибка визначення заряду не перевищувала 5%. Це дозволяє зробити висновки про оперативне та якісне визначення електричного заряду, що накопичується на діелектричній поверхні внаслідок дії зовнішніх факторів.

Список літератури:

1. Ю.М.Поплавко, Фізика діелектриків. – К. : НТУУ «КПІ», 2015, 572 с.
2. П.Я.Придубков, І.В.Хоменко, “Використання поняття електростатичного кола для вирішення деяких проблем електростатики”, Електротехніка і Електромеханіка, №4, с. 40-43, 2010.
3. В.Г.Кудря, Ю.О.Лемехов, “Формулювання задач електродинаміки для розрахунку параметрів комунікатора”, Праці Одеського політехнічного університету, №2, с. 135-142, 2011.
4. V.M.Goldberg, I.Shkurenkov, S.O’Byrne, I.V.Adamovich, W.R.Lempert, “Electric field measurements in a dielectric barrier nanosecond pulse discharge with sub-nanosecond time resolution”, Plasma Sources Science and Technology, Vol. 24, № 3, 035010, 2015.
5. C.F.Bayer, E.Baer, U.Waltrich, D.Malipaard, A.Schletz, “Simulation of the electric field strength in the vicinity of metallization edges on dielectric substrates”, IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, Vol.22, № 1, pp. 257-265, 2015.
6. М.О. Бондаренко, Ю.Ю. Бондаренко, та С.О. Білокінь, “Діагностичний стенд для вимірювання фізичних характеристик поверхні на базі АСМ”, на V міжнар. наук.-практ. конф. Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2015), Чернігів, 2015, с. 214-215.
7. М.О. Бондаренко, С.О. Білокінь, В.С. Антонюк, та Ю.Ю. Бондаренко, “Механізм виникнення та нейтралізація залишкової трибоелектрики при скануванні кремнієвим зондом атомно-силового мікроскопу діелектричних поверхонь”, Журнал нано- та електронної фізики, т.6, № 2, с. 02018-1 – 02018-5, 2014.

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 681.2.084

Кривошея Б.М.,

магістрант кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаського державного технологічного університету

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ТА ОДНОРІДНОСТІ НАНЕСЕНОГО НАНОПОКРИТТЯ У ВАКУУМІ

Abstract. *To measure and control the thickness of thin composite coatings in the process of their thermal vacuum deposition, the original method was proposed using a quartz resonator. The use of the proposed method and the developed control scheme of the quartz generator allowed to create on their basis information-measuring system for determining the thickness and homogeneity of the applied nanocarrier in vacuum, which allows to determine the thin composite nanocarriers in the thickness range 5 ... 500 nm and with accuracy.*

Keywords: *thin composite coating, information-measuring system, thermal vacuum deposition, quartz resonator.*

Останнім часом значно зросла популярність різноманітних мікро- та нанометричних пристроїв. В основі технологічного процесу виготовлення таких пристроїв лежать методи отримання тонких композиційних покриттів на основі кремнію та рідкоземельних матеріалів у вакуумі. Це дозволяє значно покращити фізико-технічні параметри цих пристроїв та відкривають перспективи створення елементів нової техніки.

Особливість отримання тонких композиційних покриттів термовакuumним осадженням полягає у необхідності високоточного вимірювання і контролю їхньої товщини та однорідності в процесі їх виготовлення.

На сьогодні існує велика кількість приладів для визначення покриттів малої товщини (до 0,5 мкм) в процесі їхнього осадження у вакуумі. Проте, через високу вартість та складність експлуатації таких приладів, їхнє використання в невеликих аналітично-дослідних лабораторіях не є доцільним.

Тому нами для вимірювання і контролю товщини тонких композиційних покриттів в процесі їх термовакuumного осадження був запропонований оригінальний метод за допомогою кварцового резонатора, а також розроблена і апробована відповідна інформаційно-вимірювальна система.

Таким чином, в технології термовакuumного осадження, товщина покриття вимірювалася двома методами. В процесі осадження – методом кварцового резонатора, що дозволяє підібрати потрібну швидкість конденсації (і яка становила для нашого випадку ~0,1 – 1 нм/с), потім товщина отриманого покриття контролювалася методом калотесту на приладі OLYMPUS GX41 (ТОВ «Мелітек-Україна», м.Київ).

В кварцовому резонаторі (рис. 1) в якості датчика товщини використовували кварцову пластинку РГ-08 з резонансною частотою 10 МГц, що входить до схеми генератора.

Зображена схема (рис. 1) досить проста і працює стабільно. Для живлення генератора використовують стабілізоване джерело живлення. Частота вихідного сигналу вимірювалася приладом ЧЗ-34А.

Товщина покриття визначалася за формулою:

$$d = \frac{N_g \cdot \rho_g}{\rho_f \cdot f_g^2} \cdot (f_g - f),$$

де $N_g = 1,668 \cdot 10^5$ Гц·см – частотна константа, яка залежить від кристалографічної орієнтації кварцової пластинки (згідно паспортних даних кварцової пластини підприємства-виробника); ρ_g, ρ_f – відповідно, питома густина кварцу та покриття, що наносилося, г/см³; f_g, f – резонансні частоти кварцової пластини до та після напилювання відповідно.

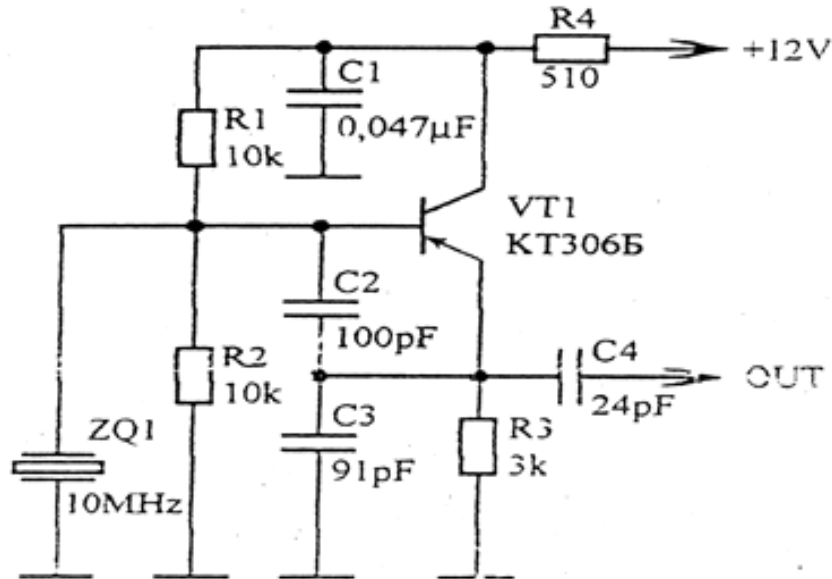


Рисунок 1 – Схема кварцового генератора

Висновки. Таким чином, в ході проведених досліджень було розроблено та апробовано резонансний метод визначення товщини тонких композиційних покриттів безпосередньо в процесі термовакуумного осадження.

Використання запропонованого методу та розробленої схеми управління кварцовим генератором дозволило створити на їх базі інформаційно-вимірювальну систему визначення товщини та однорідності нанесеного нанопокриття у вакуумі, що дозволяє визначати тонкі композиційні нанопокриття в діапазоні товщин 5...500 нм і з точністю 3...5%, що підтверджувалося атестованим методом калотесту на повіреному приладі OLYMPUS GX41.

Романов О.О., д.т.н, проф.,
відділ перетворювачів інформації
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України
Чурилович І.С.,
аспірант за спеціальністю 123 – Комп'ютерна інженерія
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України
Броварець О.О., к.т.н., доц.,
завідувач кафедри інформаційно-технічних та природничих дисциплін
Київський кооперативний інститут бізнесу і права

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ВИОКРЕМЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗОН НЕОДНОРІДНОСТІ АГРОБІОЛОГІЧНОГО СТАНУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

***Abstract.** High efficiency and feasibility of using satellite systems for remote operational monitoring of agrobiological state of agricultural land have been established. The necessity of development of information system for isolation and identification of zones of heterogeneity of agrobiological state of agricultural lands on space images using the validation of satellite and terrestrial monitoring data is substantiated.*

Means of delivery of technical systems of vision, depending on the purpose are classified from portable manual means to satellites and are divided into the following classes: remote sensing, aerial photography, close monitoring (mainly using observation towers, vehicles and manual means). The choice of the appropriate class depends on the possibilities of agricultural production and the tasks set.

According to the data obtained by the method of remote sensing of the Earth and from satellites, the operator logs the level of factors and coordinates of information selection when using navigation equipment when using navigation equipment. In the future, maps of the state of agricultural land are being constructed. The use of manual monitoring tools is inefficient due to their poor performance.

The use of existing vehicles (including SGM) as delivery vehicles for technical vision systems is technically impractical (as they do not provide vibration, maneuverability, soil compaction, etc.) and economically. Existing SGMs, as means of delivery of work equipment (technical vision system) for monitoring, should be used in the case of combining monitoring operations with the implementation of the relevant technological operation, while ensuring the conditions for the effective functioning of the technical vision monitoring system of agricultural land through the use of appropriate fasteners.

The purpose of the study is to investigate the necessity and feasibility of developing and using an information system for isolation and identification of zones of heterogeneity of agrobiological state of agricultural lands based on the validation of satellite monitoring data.

As a result of the study of existing methods for monitoring the agrobiological state of agricultural land, the high necessity and feasibility of satellite monitoring of the agrobiological state of agricultural land has been established. The necessity and expediency of algorithm development and use of information system of isolation and identification of zones of heterogeneity of agrobiological state of agricultural lands on space images with the use of satellite and ground monitoring data validation are investigated.

***Keywords:** Information system, identification, heterogeneity zones, agrobiological state, agricultural lands, satellite monitoring, ground monitoring.*

Сучасні технології агропромислового виробництва вимагають використання експрес методів для оперативного аналізу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь [1].

На сьогодні існує три рівні дослідження за агробіологічним станом сільськогосподарських угідь: супутниковий, аеро та наземний моніторинг. Найбільш ефективним є моніторинг із використанням супутників, так званий дистанційний моніторинг, а дані отриманні з використанням такого моніторингу – дані дистанційного (моніторингу) зйомки Землі (ДЗЗ). З одного боку ефективність таких даних обумовлена оперативністю їх отримання, а з іншого – масштабністю, що досить важливо в умовах отримання оперативних даних про агробіологічний стану ґрунтового середовища. Тому для ефективного використання даних дистанційної зйомки Землі (ДЗЗ) виникає необхідність розробки алгоритму інформаційної системи виокремлення та ідентифікації зон неоднорідності агробіологічного стану сільськогосподарських угідь на космічних знімках з використанням валідації даних супутникового та наземного моніторингу.

Огляд досліджень у напрямку підвищення ефективності моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь дає змогу стверджувати, що на даному етапі розвитку інформаційних технологій виникає необхідність використання принципово нових методів, способів та засобів [2-6], які сприяють покращенню ефективності та якості моніторингу, знижують затрати на виконання даної операції. Дослідження вітчизняних та закордонних науковців [2-6] вказують на необхідність широкого поширення методів аналізу агробіологічного та фітосанітарного стану сільськогосподарських угідь неконтактними методами із застосуванням оптичних систем, зокрема систем технічного зору.

На основі аналізу літературних джерел [7, 8] встановлено високу ефективність використання неконтактних методів з використанням оптичних систем високої роздільної здатності (систем технічного зору) для проведення агромоніторингу [9, 10]. Методи оптичної зйомки широко використовуються для моніторингу стану посівів та полів після збирання врожаю [11, 12].

Неконтактні методи моніторингу, згідно з методикою [13, 14], поділяються на два основних типи: пасивні (вимірювання природного теплового або відбитого сонячного випромінювання) й активні (передбачають використання штучних джерел випромінювання (насамперед лазерів) та реєстрацію відбитого випромінювання або флуоресценції об'єктів, що досліджуються). Неконтактний моніторинг з використанням систем технічного зору проводиться переважно пасивним методом у видимому та інфрачервоному спектрах [14].

Слід зазначити, що матеріали ДЗЗ завдяки високій оглядовості, оперативності та об'єктивності є найефективнішим джерелом геопросторової інформації [14-16]. Широкого застосування методи дистанційного зондування набули і в геодезії [17]. В основу сучасного ДЗЗ природних ресурсів покладено принцип багоспектральної зйомки, який базується на аналізі значної кількості спектральних характеристик окремих природних об'єктів та їх сукупностей у різних зонах електромагнітного спектра. Такі системи забезпечують реалізацію таких принципових можливостей, виконання яких не проводиться через велику трудомісткість з використанням існуючих методів моніторингу [18].

Застосування авіатехніки, порівняно з космічною, є більш дешевою технологією для потреб сільського господарства [18]. Приклад застосування авіатехніки в землеробстві не новий. Інтенсивні технології обробітку сільськогосподарських культур передбачають широке застосування авіатехніки при внесенні агрохімікатів і засобів захисту рослин [18]. До переваг застосування авіаційного методу відносяться висока продуктивність моніторингу без механічного пошкодження рослин і ущільнення ґрунту [18]. Крім того, у ряді випадків використання авіації є переважним через відсутність технологічної колії (при використанні наземної техніки), яка займає до 6% посівної площі [18].

Аерокосмічні методи являють собою об'єктивну автоматизовану систему збирання інформації про ґрунтові ресурси [19]. Для моніторингу використовують також дані

аерофотозйомки з легких літальних апаратів – аеростата або мотодельтапланів при цифровому картографуванні [Ошибка! Источник ссылки не найден.].

В більшості випадків використання сільськогосподарських аеродромів, відповідно до вимог нормативних документів, виявляється неможливим, що приводить до зменшення кількості паспортизованих аеродромів і, як наслідок, до збільшення відстані підльоту до об'єктів обробки. Крім того, скорочення площ полів і, відповідно, зменшення довжини гону, у свою чергу, додатково збільшують економічні витрати на проведення авіаційно-хімічних робіт. Так, зменшення довжини гону з 1800 до 700 м за інших рівних умов збільшує собівартість робіт на 58% [20].

Використання способів дистанційного зондування та аерофотозйомки для моніторингу стану сільськогосподарських угідь на даному етапі є досить продуктивним та перспективним, що пов'язано насамперед з вартістю та необхідним ступенем деталізації (роздільною здатністю, достовірністю) одержаних знімків [21].

Мета дослідження - дослідити необхідність та доцільність розробки та використання інформаційної системи виокремлення та ідентифікації зон неоднорідності агробіологічного стану сільськогосподарських угідь на основі валідації даних супутникового моніторингу.

З проведеного огляду літературних джерел [Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.] складена класифікація способів і засобів моніторингу з використанням систем технічного зору (рис. 1 Ошибка! Источник ссылки не найден.). Встановлено, що велику ефективність моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь має дистанційний моніторинг з використанням даних дистанційного зондування Землі отриманих від супутників [21].



Рис. 1. Класифікація способів і засобів моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь

Тому в сучасних ринкових умовах застосування методів та засобів дистанційного моніторингу Землі з системою технічного зору [15 - 27] для моніторингу стану сільськогосподарських угідь в точному землеробстві є ефективним економічно та доцільним з технічної точки зору.

Системи технічного зору, які працюють синхронно з високопродуктивною обчислюваною технікою, дозволяють на сучасному етапі будувати цифрові моделі зовнішнього середовища в реальному часі [21].

Однією із головних задач, яку необхідно вирішувати при керуванні агробіологічним станом сільськогосподарських угідь на основі даних отриманих шляхом супутникового моніторингу є задача ідентифікації зон неоднорідності та розробки методики їх локалізації для подальшої роботи з ними.

Інформація про координати таких зон та методика ідентифікації таких зон дуже важлива для керування агробіологічними параметри ґрунтового середовища.

Проте існуючі методики опису та ідентифікації таких зон не забезпечують вимог до якості та ефективності моніторингу, що створює передумови для її розробки.

Висновки.

У результаті дослідження існуючих способів моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь встановлено високу необхідність та доцільність супутникового моніторингу агробіологічного стану сільськогосподарських угідь. Досліджено необхідність та доцільність розробки алгоритму і використання інформаційної системи виокремлення та ідентифікації зон неоднорідності агробіологічного стану сільськогосподарських угідь на космічних знімках з використанням валідації даних супутникового та наземного моніторингу.

Список використаної літератури

1. Кравчук В. Інтегрована система технологій керованого землеробства / В. Кравчук, С. Любченко, О. Ковтуненко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць., Дослідницьке, 2009., Вип. 13 (27)., С. 117–119.
2. Гричанов И. Я. Пути автоматизации сбора, обработки и использования информации для прогноза и сигнализации появления вредителей сельскохозяйственных культур / И.Я. Гричанов, Л.Н. Карпиловский // Агрометеорологические ресурсы и производственные процессы в растениеводстве», 18–21 марта 1991г.: тезисы докл., Киев, 1991., С. 147–149.
3. Желибо Л.П. Возможности аэровизуальных обследований при использовании различных авиационных технических средств / Л.П. Желибо, С.В. Клищенко // Агрометеорологические ресурсы и производственные процессы в растениеводстве, 18–21 марта 1991г. : тезисы докл., Киев, 1991., С. 166–167.
4. Небесный В.Б. Использование дистанционного спектрофотометрического метода для оценки состояния посевов озимых культур / В.Б. Небесный, А.В. Миролубов // Агрометеорологические ресурсы и производственные процессы в растениеводстве, 18–21 марта 1991г. : тезисы докл., Киев, 1991., С. 183–184.
5. Astrand V. An Agricultural Mobile Robot with Vision-Based Perception for Mechanical Weed Control. / V. Astrand, A. Baerveldt // Autonomous Robots., 2002., № 13., P. 21–35.
6. Robot Control using Machine Vision / [J. Blasco, N. Aleixos, J. Roger, G. Rabatel, E. Molto] // Biosystems Engineering., 2002., № 83., P. 149–157.
7. Некос А.Н. Дистанційні методи досліджень в екології : навчальний посібник / Некос А.Н., Щукін Г.Г., Некос В.Ю., Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2007., 372 с.
8. Інтегрована система керованого землеробства – необхідний засіб новітніх технологій / В. Кравчук, С. Любченко, В. Войновський, В. Сербій // Техніка і технології АПК., 2009., № 1 (вересень)., С. 32–34.
9. Сиротинко О.В. Система аерокосмічного сільськогосподарського агромоніторингу. Система дослідження та моделювання в землеробстві / О.В. Сиротинко // Зб. наук. праць., К.: Нива, 1998, С. 286–293.
10. Географічні інформаційні системи / [за редакцією проф. М. Ван Мервіна, доц. С. С. Кохан]. – Київ: НАУ, 2003. – 207 с. – (Роботу написано в рамках проекту Tempus–Tacis).

11. Косолап Н. За дымовой завесой / Косолап Н. // *Зерно.*, 2008., № 9(29)сентябрь., С. 76–103.
12. Посудин Ю.И. Лазерная фотобиология / Посудин Ю.И., К.: Вища шк., 1989., 246 с.
13. Посудін Ю.І. Біофізика / Посудін Ю.І., К.: Урожай, 1995., 224 с.
14. Сиротинко О.В. Моніторинг агроресурсів засобами дистанційного зондування / О.В. Сиротинко // *Агроекологічний журнал.*, 2007., № 2., С. 53–56.
15. Мозговой Д.К. Использование многоспектральных снимков для классификации посевов сельхозкультур / Д.К. Мозговой, О.В. Кравец // *Екологія та ноосферологія.*, 2009, Т. 20, № 1–2., С. 54–58.
16. Гарантовано адаптивне управління агровиробництва продукції рослинництва з використанням даних дистанційного зондування Землі / В. Кравчук, С. Любченко, С. Козелков, Г. Баранов // *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць.*, Дослідницьке, 2008., Вип. 13 (27)., С. 252–254.
17. Порицький Г.О. Геодезія: [підручник] / Порицький Г.О., Новак Б.І., Рафальська Л.П. – К.: «Арістей», 2007. – 260 с.
18. Аналіз можливостей космічних засобів отримання географічних даних [Електронний ресурс] / А.В. Мельник. – Режим доступу:
19. Анисимов Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений / Б.В. Анисимов, В.Д. Курганов, В.К. Злобин. – М.: Высшая школа, 1983., 295 с.
20. Lightweight rovers for Mars science exploration and sample return / P.S. Schenker, L.F. Sword, A.J. Ganino, D.B. Bickler, G.S. Hickey, D.K. Brown, E.T. Baumgartner, L.H. Matthies, B.H. Wilcox, T. Balch, H. Aghazarian and M.S. Garrett Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology.
21. Носков В.П. Формирование объединенной модели внешней среды на основе информации видеокamer и дальномеров / В.П. Носков, И.В. Рубцов, А.Ю. Романов // *Мехатроника, автоматизация, управления* № 8, 2007, С. 2–5.
22. Зенкевич С.Л. Построение карты мобильным роботом, оснащенный лазерным дальномером, методом рекуррентной фильтрации / С.Л. Зенкевич, А.А. Минин // *Мехатроника, автоматизация, управления.*, № 8. – 2007., С. 5–12.
23. Johannsen C. Remote sensing. Precision farming profitability / Chris Johannsen, Paul Carter // *Agricultural research programs.* – Perdue University, 2000., P. 82–88.
24. Назаров И.М. Основы дистанционных методов мониторинга загрязнения природной среды / Назаров И.М., Николаев А.Н., Фридман Ш.Д. – Л.: Гидрометеоздат, 1983., 279 с.
25. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Фотограмметрія та дешифрування аерознімків» / [укладачі асист. І.П. Купріянич, асист. Є.В. Бутенко]., Київ: Видавничий центра НАУ, 2006. – 53 с.
26. Kogan, F., Kussul, N., Adamenko, T., Skakun, S., Kravchenko O., Kryvobok O., Shelestov A., Kolotii A., Kussul O. & Lavrenyuk A. Winter wheat yield forecasting in Ukraine based on Earth observation, meteorological data and biophysical models.-*International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2013 vol. 23, pp. 192—203.
27. Геоінформаційні системи прецизійного землеробства : Монографія/[Васюхін М.І., Іванік Ю.Ю., Сініцин О.В., Долинний В.В.], К: ЦП «Компринт», 2016., 238 с.

Хлівний В.В.,

аспірант кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний технологічний університет
vitalik.xlywnij@gmail.com

Базіло К.В., к.т.н., доцент

доцент кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний технологічний університет
бул. Шевченка, 460, Черкаси, 18006, Україна

ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ З П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОЇ КЕРАМІКИ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

***Abstract:** The condition of the subject of research is analysed, the urgency of using piezoceramic transducers in science and technology is determined. The main areas in which piezoceramics are actively used are identified. As a result of the analysis of the state of the research object, a further object of research and improvement was selected.*

***Keywords:** piezoceramics, piezoceramic transducers, field of application.*

В даний час в усьому світі розробка, дослідження і створення п'єзоелектричних перетворювачів є досить актуальною і важливою проблемою, що привертає велику кількість дослідників. П'єзоелектричні перетворювачі широко використовуються для вимірювання різних величин (сили, тиску, маси, кутової швидкості, моменту, деформації тощо). Принцип дії п'єзоелектричних перетворювачів заснований на використанні прямого або зворотного п'єзоелектричних ефектів. Прямий п'єзоефект являє собою здатність деяких матеріалів утворювати електричні заряди на поверхні при прикладенні механічної напруги, зворотний – в зміні механічної напруги або геометричних розмірів зразка матеріалу під впливом електричного поля.

При виробництві п'єзоматеріалу використовуються оксиди деяких металів і подальший відпал, тому такий матеріал відносять до сімейства кераміки. Завдяки особливим фізичним властивостям його можна розглядати як полікристалічний сегнетоелектрик, який є хімічною сполукою у вигляді порошку. Кожне зерно – сегнетоелектричний кристал [1].

В якості п'єзоелектричних матеріалів використовують зазвичай природний матеріал – кварц, турмалін, а також штучно поляризовану кераміку на основі титанату барію (BaTiO_3), титанату свинцю (PbTiO_3) і цирконату свинцю (PbZrO_3). Можна використовувати і інші матеріали [2].

Для п'єзокераміки характерний особливий хімічний склад: вона являє собою складний оксид, який, як правило, включає іони двовалентного барію/свинцю, чотирьохвалентного цирконію/титану. Шляхом зміни співвідношення компонентів і внесення добавок, отримують п'єзокераміку з певними фізичними і п'єзоелектричними властивості. В основі багатьох видів даного матеріалу знаходяться суміші титаната-цирконата свинцю, змінені різними речовинами [1].

Перетворювачі електричної енергії з п'єзокераміки знаходять широке застосування в сучасній світлотехнічній апаратурі і приладах. Вони дозволяють мінімізувати габарити пристроїв запалення і живлення різного класу газорозрядних ламп, створювати високоефективні високочастотні джерела живлення з ККД до 95%, що забезпечують підвищення довговічності ламп в 5-10 разів і світловіддачу більш ніж в 1,4 рази. Застосування перетворювачів електричної енергії з п'єзокераміки забезпечує два режими: запалювання і живлення ламп, дозволяє відмовитися від індуктивних, конденсаторних і деяких активних компонентів в джерелах живлення і, відповідно, підвищити надійність і знизити собівартість виробів [3, 4].

Перевагами п'єзоелектричних перетворювачів є висока лінійність характеристик, широкі динамічні і частотні діапазони, простота конструкції і висока надійність при експлуатації. Також до переваг ще можна віднести, малі розміри і вартість, можливість вимірювання швидкозмінних величин [2]. Недоліки – невисока чутливість, нездатність до вимірювання статичних величин, високий вхідний опір вимірювального кола, відносно невисокий рівень вихідного сигналу, що потребує проміжних підсилювачів [5].

Не дивлячись на те що п'єзоєфект був відкритий ще в 19 столітті, а з другої половини 20 століття активно розвивалася теорія і технологія створення п'єзокерамічних матеріалів, вважається що п'єзокераміка – один з перспективних матеріалів 21 століття. Причиною такого погляду є те, що чудові властивості, властиві п'єзокераміці, до сих пір не в повній мірі користуються попитом наукою, технікою і технологіями.

В даний час п'єзоелектрична кераміка активно використовується в автомобільній техніці. Прикладами пристроїв і вузлів на базі п'єзоелектричної кераміки в автомобілях можуть служити:

- датчики повороту для визначення кута положення дросельної заслінки;
- датчики детонації;
- датчики рівня заправних рідин;
- датчики тиску для вимірювання тиску в паливному баку;
- п'єзоприводи дзеркал;
- п'єзоприводи регулювання сидінь;
- передні ультразвукові дистанційні датчики (датчики запобігання зіткнень);
- швидкісні сенсори в передній панелі для подушок безпеки;
- бічні ударні сенсори подушок безпеки;
- аварійні датчики-сенсори подушок безпеки;

Також п'єзокераміка широко застосовується для ультразвукової діагностики в медицині, на авіаційному та залізничному транспорті, в енергетиці, нафтогазовому комплексі; силова п'єзокераміка – в ультразвуковому зварюванні, чищенні поверхонь, нанесенні покриттів, свердління тощо. Іноземні виробники п'єзокераміки, елементів і компонентів на її базі, намагаючись більш повно задовольнити сучасні вимоги ринку, проводять дослідження і конструкторські роботи з метою поліпшення параметрів кераміки, розробляють її нові типи, на що виділяються значні фінансові кошти. З метою здешевлення продукції розробляються нові технології, більш енергозберігаючі, які дозволяють автоматизувати процеси виробництва [6].

Висновок. Таким чином, п'єзокерамічні перетворювачі завдяки своїм унікальним властивостям знаходять все більше застосування в різних областях техніки і тому є перспективним об'єктом для досліджень та вдосконалення.

Список використаних джерел

1. Что такое пьезокерамика, особенности и свойства материала URL: electronic-component.org/index/chto_takoe_pezokeramika/0-13
2. Васюра А.С. Элементы та пристрої систем управління автоматики, 2000.
3. Карташев И.А., Марченко Н.Б. Пьезокерамические трансформаторы тока. – Киев: Техніка, 1978.
4. Горошкевич А.А., Медведь В.Р., Тараненко Н.Г. Зажигающее устройство на пьезотрансформаторе для разрядных ламп высокого давления. – Светотехника, 1993.
5. Малов Б. В. Пьезорезонансные датчики. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 272 с.
6. О пьезокерамике и перспективах ее применения URL: cyberleninka.ru/article/v/o-piezokeramike-i-perspektivah-ee-primeneniya

Секція 6.
**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У МЕДИЧНОМУ
ПРИЛАДОБУДУВАННІ**

УДК 617.2

Гончаренко І.А.,

магістрант кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний технологічний університет

**ОГЛЯД МЕТОДІВ ТА ПРИСТРОЇВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ
СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ**

***Abstract.** The problem of the spread of cardiovascular diseases is disclosed. Measurement and control of blood pressure, as a parameter of the cardiovascular system, is recognized as important. Blood pressure measurement techniques and modern portable tonometers have been reviewed and analyzed. The design of a non-invasive blood pressure monitor in the form of a fitness bracelet was selected as a prototype.*

***Keywords:** cardiovascular diseases, blood pressure, measurement and control of blood pressure, portable tonometers, fitness bracelet*

Серцево-судинні захворювання (ССЗ) посідають провідне місце в структурі поширеності, смертності та інвалідності, суттєво впливають на тривалість і якість життя населення більшості країн світу. Втрати України від ССЗ значно більші, ніж в економічно розвинутих країнах Європи: смертність від ішемічної хвороби серця (ІХС) в 10 разів, а від цереброваскулярних захворювань в 7,7 разів перевищує аналогічний показник у Франції. Щорічно в Україні від цієї патології помирає близько 300 тис. осіб, інфаркт міокарда (ІМ) розвивається у 48,6 тис., а мозковий інсульт (МІ) — у 97 тис [1].

Артеріальний тиск є важливим фізіологічним параметром, що характеризує роботу і стан серцево-судинної системи. Стан здоров'я людини багато в чому залежить від змін значень даного показника. Так при істотному відхиленні артеріального тиску від норми збільшується ризик виникнення важких захворювань серця, інсульту, а також втрати зору.

Метою цієї статті є огляд методів вимірювання параметрів серцево-судинної системи на прикладі артеріального тиску та приладів, що застосовуються для цього, на підставі якого планується обрати прототип для подальшого вдосконалення та розробки портативного вимірювача.

Сучасний ринок надає великий вибір приладів для вимірювання параметрів артеріального тиску. Найбільшою популярністю користуються моделі автоматичних тонометрів, оскільки вони відрізняються простою використання і підходять не тільки для домашнього використання, але і для кабінету лікаря. Такі тонометри визначають параметри артеріального тиску і виводять їх на монітор [2].

Одним із найпоширеніших на сьогодні методів вимірювання артеріального тиску є метод осцилометрії, що заснований на реєстрації приладом пульсацій повітряного тиску, які виникають в приладі при проходженні крові через здавлену ділянку артерії. В основі осцилометричного методу вимірювання лежить принцип обробки кривої тиску в манжеті. Відповідно до алгоритму реєстрації артеріального тиску будується огинаюча крива амплітуд тиску в манжеті, що має характерну дзвоноподібну форму. На ній визначається максимум обвідної (P_{max}) і знаходяться характерні точки САТ та ДАТ [3]. На сьогоднішній день цей метод є визнаним офіційним еталоном неінвзивного вимірювання АТ. За цим принципом працюють електронні тонометри та автоматичні тонометри на зап'ястя.

Раніше доводилося вести статистику самостійно. Не так давно на ринку стали з'являтися Bluetooth тонометри, що навчилися запам'ятовувати результати минулих вимірів і представляти їх в більш доступному вигляді: списками, таблицями. Тонometri у вигляді фітнес-браслетів чи подібні до них компактні прилади насичують побут професійних спортсменів та людей, що ведуть активний спосіб життя і при цьому переймаються контролем свого здоров'я. В основі їх роботи лежать тензометричні або оптичні давачі.

Найбільш розповсюдженими є пристрої з використанням оптичних давачів для вимірювання АТ. Проте недоліком оптичних давачів є висока чутливість до шуму, коли нетісний контакт між давачем і шкірою призводить до забруднення та/або насичення оптичного давача.

Елементи тензометричних датчиків базуються на принципі зміни електричного опору при деформації тензорезисторів. Такі перетворювачі являють собою мембрану з монокристалічного кремнію з дифузійними п'єзорезисторами, підключеними в міст Уінстона. Резистори розміщують на мембрані таким чином, щоб повздовжні і поперечні коефіцієнти тензочутливості були різних знаків, тоді і зміни опорів резисторів будуть протилежними.

Основною перевагою цих датчиків є висока характеристика стабільності та стійкість до впливу ударних і знакозмінних навантажень. Зазвичай тензометричні давачі використовуються в якості давачів пульсу, а не АТ. Як наприклад неінвазивний давач пульсу розроблений та запатентований компанією Microsoft [4]. Він повинен був замінити звичайний оптичний датчик, який використовується в фітнес-браслетах типу Fitbit, Microsoft Band і "розумних" годиннику Apple Watch.

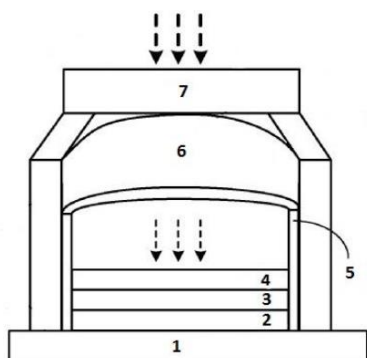


Рисунок 1. Датчик тиску з гнучкою кришкою: 1 – підложка, 2 – поглинаюча площа, 3 – датчик тиску, 4 – шар гелю, 5 – твердий провідник, 6 – струмопровідне середовище, 7 – гнучка м'яка частина, призначена для користувача

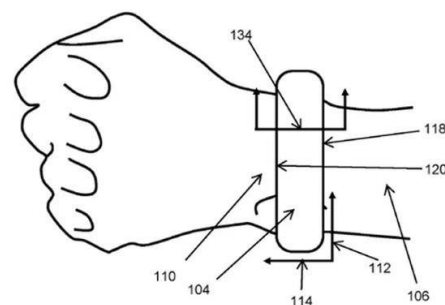


Рисунок 2. Спосіб розташування фітнес-браслету на зап'ястку людини для якісного знімання параметрів артеріального тиску

Конструкція цього давача показана на рис. 1. Гнучка кришка 7, налаштована на взаємодію з артерією користувача через шкіру. П'єзорезистивний давач, виконаний у вигляді тонкої мембрани прикріпленої до підложки.

Конструкцію цього давача можна переорієнтувати на вимірювання АТ. Для цього всередину пропонується встановити п'єзоелектрик, що створюватиме надлишковий тиск на артерію, а за допомогою п'єзорезистивного давача можна буде фіксувати появу та зникнення пульсацій на стінках артерії.

Якщо фіксувати фітнес-браслет на зап'ястку (рис. 2), то можливо створити принципово нову конструкцію неінвазивного вимірювача АТ. При цьому є певні втрати у точності вимірювань, що в більшості випадків не є суттєвим через те, що фітнес-браслети використовуються переважно для оглядового моніторингу, а не отримання точного результату.

Наступними у черзі є прилади, що синхронізують дані з хмарними сервісами та додатками для створення зручних звітів. Саме на удосконалення таких пристроїв будуть спрямовані подальші дослідження.

Висновки. Розглянуто і проаналізовано методи вимірювання артеріального тиску та сучасні портативні тонометри. Досліджена конструкція неінвазивного вимірювача артеріального тиску у вигляді фітнес-браслету, яка обрана в якості прототипу для подальшого вдосконалення.

Перелік посилань

1. Ананьев О.В. Гипертония // О.В. Ананьев — Издательство: Вектор, 2007. — 65с. — ISBN 978-5-9684-0572-4

2. Гончарук А. В., Адаменко Ю. Ф. Обґрунтування вибору методу вимірювання артеріального тиску для портативного тонометра // Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». – с. 139 – 141.

3. Методы неинвазивного измерения артериального давления — Режим доступу: <http://www.medlinks.ru/article.php?sid=8178>

4. Патент 20160287102 Transducing pressure to a non-invasive pulse sensor — Режим доступу: <https://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US178074329&recNum=20&maxRec=75474&office=&prevFilter=&sortOption=&queryString=ALLNAMES%3A%28Microsoft%29&tab=PCTDescription>

Куницька Л.Г., к.т.н., доцент
 Кісіль Т.Ю., к.т.н., доцент
 Черкаський державний технологічний університет
 l_kunytska@ukr.net

ВДОСКОНАЛЕННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО НЕБУЛАЙЗЕРА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДИСПЕРГАТОРА З АКУСТИЧНИМИ ЛІНЗАМИ

Abstract. *Ultrasonic dispersion is recognized as one of the best ways to prepare highly dispersed aerosols that do not harm structure of pulverable substance. In order to increase the effectiveness of the creation of an aerosol, it was proposed to use in the ultrasonic disperser of the guide tube and the acoustic lens in the form of a half-sphere.*

Key words: *ultrasonic nebulizer, piezoelectric dispersant, aerosol, guide tube, acoustic lens.*

Небулайзерна терапія – один з найбільш ефективних видів лікування бронхолегеневих захворювань. Ще зовсім недавно через високу вартість і складність використання небулайзери застосовувалися тільки в медичних установах, однак, в останні роки вони стали стрімко поширюватися в якості домашніх приладів.

Небулайзер – це інгаляційний пристрій для розпилення лікарських препаратів, що дозволяють отримати дрібнодисперсний аерозоль з оптимальним розміром частинок від 1 до 5 мкм, які вільно проникають в дрібні бронхи, а також в бронхіоли і альвеоли.

Слово «небулайзер» походить від латинського слова *nebula* (туман, хмарина).

Сучасні небулайзери перетворюють рідкі ліки в аерозоль під дією стисненого повітря (струменевий, компресорний), або ультразвукових хвиль (ультразвуковий). Схема, яка пояснює принцип дії ультразвукового небулайзера, показана на рис. 1.

Збуджуючи коливання на частотах в діапазоні 1-2 МГц, можна одержати стійку диспергацію лікарських препаратів у вигляді дрібнодисперсного аерозолю, що дає можливість підсилити лікувальний ефект. [1].

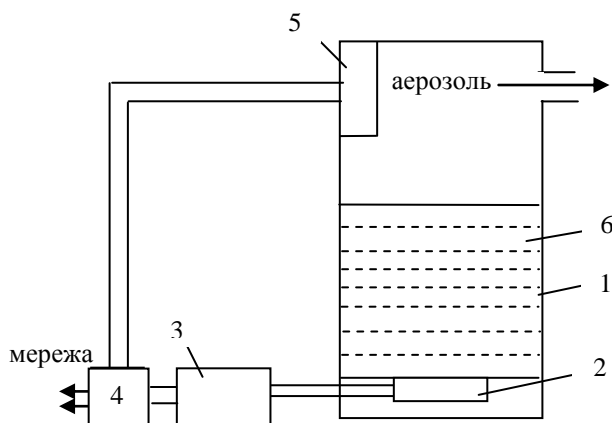


Рис. 1. Схема ультразвукового небулайзера: 1 – корпус; 2 – п’єзоелектричний перетворювач; 3 – електрична схема; 4 – адаптер; 5 – вентилятор; 6 – рідина, яка диспергується

Отже, найважливішою характеристикою аерозолю є дисперсність – розмір частинок лікарського розчину, який розпорошується. В ідеальному випадку аерозоль, що генерується інгалятором повинен бути монодисперсним, розмір часток якого не має великого розкиду і становить, наприклад, від 5 до 10 мікрон. Якщо дисперсність частинок

аерозолі має більший розкид, наприклад від 5 до 30 мікрон, то це, як правило, прилад невисокої якості і надійності [2].

Для підвищення ефективності створення аерозолі в диспергаторі ультразвукового небулайзера було запропоновано застосувати в його конструкції направляючу трубку, яка встановлюється коаксіально з ультразвуковим фонтаном. На направляючій трубці була закріплена акустична лінза у вигляді напівсфери, причому вісь лінзи перпендикулярна до осі ультразвукового фонтану, а на направляючій трубці зроблено дві пелюстки, які направляють потік рідини фонтану по внутрішній і зовнішній поверхні лінзи (рис. 2).

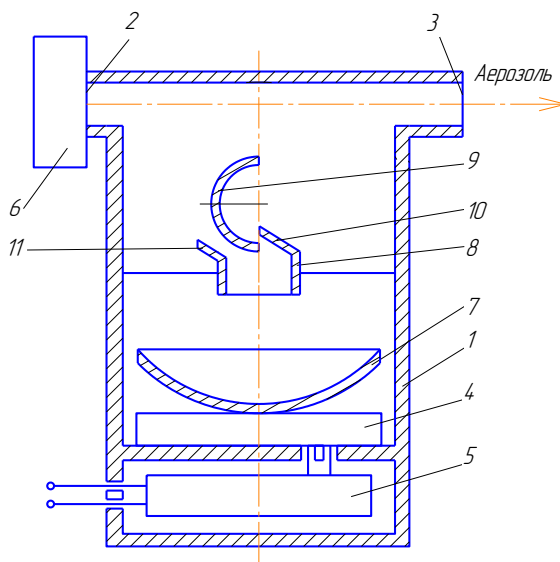


Рис. 2. Диспергатор з акустичними лінзами: 1 – корпус; 2,3 – вхідний і вихідний отвори; 4 – п'єзоелемент; 5 – генератор; 6 – вентилятор; 7,9 – лінзи; 8 – направляюча трубка; 10-11 – пелюстки

Небулайзер працює наступним чином. При підключенні генератора 5 до джерела живлення на п'єзoeлектричний перетворювач 4 надходять електричні коливання, що призводить до ультразвукових коливань перетворювача (коливання по товщині).

Висновки. Як показали експерименти, використання акустичної лінзи запропонованої форми, трубки з пелюстками та запропоноване їх розміщення призводить до додаткового розбиття ультразвукового фонтану і, в результаті, до підвищення ефективності роботи ультразвукового небулайзера [3].

Список літератури

1. Sharapov V. M., Minaev I. G., Sotula Zh. V., Kunickaya L. G. Piezoelectric electroacoustic transducers. Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, 2014. 230 p.
2. Гальченко В.Я., Куницька Л.Г., Кісіль Т.Ю. Підвищення ефективності роботи ультразвукового небулайзера за допомогою концентрації акустичної енергії // Вісник ЧДТУ. – 2017. - №2, с.5-10.
3. Шаратов В. М. [та ін.]. Ультразвуковий інгалятор. Патент України № 52594 МПК (2009) А61М 15/02 А61М 11/00 А61М 11/06 В05В 1/00 опубл. 25.08.2010, Бюл. № 16.

Рискаль В.В.

*магістрант кафедри приладобудування, мехатроніки та комп'ютеризованих технологій
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ДОЗУВАННЯ ЛІКАРСЬКИХ ЗАСОБІВ

Abstract. *The question of creation of reliable, inexpensive and compact equipment for dispensing of medicines in a container in the conditions of small production is considered*

Key words: *drug, dosage, packing*

На даний час в багатьох технологічних процесах медичної та фармакологічної промисловості в більшості випадків використовуються системи дозування лікарських засобів на основі дорогих насосів-дозаторів, головним чином імпортного виробництва. Тому є надзвичайно актуальною проблема створення універсального дозувального обладнання для автоматизації цього процесу, що містить контури дозованої подачі рідин, причому надійного і недорогого.

До сучасних систем для розфасовки та дозування лікарських засобів в тару в умовах малих виробництв пред'являються свої специфічні вимоги, до основних з яких відносяться наступні:

- висока експлуатаційна надійність, широкий діапазон і висока точність дозування в поєднанні з можливістю оперативної переналаштування обладнання на різні типи цих засобів і діапазони дозування;
- можливість плавного регулювання дози в широкому діапазоні;
- можливість оперативної очищення або заміни комунікацій подачі лікарського засобу;
- можливість вбудовування дозатора в конвеєрну лінію;
- можливість побудови багатоканальних систем дозування;
- відсутність міжопераційного просипання речовини лікарського засобу;
- компактність, простота і безпека обслуговування;
- пожежовибухобезпека (для багатьох виробництв).

В даний час для вирішення завдань дозування лікарських засобів в тару набули найбільшого поширення дозатори об'ємно-поршневого типу з мірними камерами змінного об'єму і з клапанно-поршневими виконавчими механізмами, а також дорогі вагові дозатори імпортного виробництва. Однак ці та інші відомі дозатори не задовольняють повною мірою зазначеним вище вимогам і мають ряд принципових недоліків, які звужують область їх застосування в умовах малих виробництв.

До цих недоліків відносяться:

- складність конструкцій вузлів дозування і управління, що містять велику кількість механічних рухомих частин, що призводить до істотного зниження експлуатаційної надійності обладнання;
- порівняльна вузькість забезпечуваних діапазонів дозування і непристосованість одного і того ж типу обладнання до дозування середовищ з різними фізико-хімічними властивостями;
- вузькі функціональні можливості, що виражаються у відсутності в цілому ряді конструкцій дозаторів засобів оперативного переналаштування і регулювання їх вихідних параметрів.

Висновок. Таким чином, на сьогоднішній день є надзвичайно актуальним завдання створення надійного, недорогого і компактного обладнання для дозування лікарських засобів в тару в умовах малих виробництв.

Ухина А.В., аспирант кафедры компьютерных систем
Одесского национального политехнического университета
email: ukhinanna@gmail.com, тел. 8(093)144-25-84

Богатова О.А., старший преподаватель кафедры компьютерных систем
Одесского национального политехнического университета

Богданова Л.О., старший преподаватель кафедры компьютерных систем
Одесского национального политехнического университета

Ситникова В.А., д.мед.н., проф., профессор кафедры патоморфологии
Одесского национального медицинского университета
email: sitnvs@gmail.com, тел. 8(067)4567-165

АЛГОРИТМИЗАЦИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

***Abstract.** The paper considers tunable second-order bandwidth algorithms. Relations for frequency-dependent devices coefficients are obtained. This allows them to be implemented on a microprocessor preprocessing unit as part of an expert system and critical areas of control and going beyond sustainability have been obtained.*

***Keywords:** frequency-dependent bandpass devices, microprocessor technology, second order tunable algorithms, filtering algorithm stability, frequency-dependent device coefficients.*

Современное медицинское приборостроение основано на интенсивном использовании микропроцессорных устройств и информационных технологий. В этом плане алгоритмизация предварительной обработки экспериментальных данных очень востребована.

Следует отметить, что в настоящее время медико-биологические исследования строятся на концепции доказательной медицины. Технология рандомизированных контролируемых испытаний считается стандартом качества научных исследований эффективности лечения. Для этого, например, экспертная система анализа экспериментальных данных должна учитывать условия проведения эксперимента или исследования (клинические или лабораторные), снизить субъективный фактор исследователя и пациента, а также уменьшить систематическую ошибку, повысить объективность данных и т.п. Один из путей решения этой задачи фильтрация экспериментальных данных для устранения артефактов и шумов измерения. Однако применение стандартных и жестких алгоритмов фильтрации усложняет работу экспертной системы и приводит к многократной обработке исходных данных.

Неоднозначность и неопределенность условий фильтрации в таких системах приводит к задаче адаптации или перестройке работы предварительной обработки экспериментальных данных на основе заданных критериев. При этом используемые адаптивные алгоритмы в основном акцентируют внимание на подавлении сигнала без перестройки частотного диапазона.

Построение таких трактов базируется на перестраиваемых алгоритмах второго порядка общего вида

$$y[n] = a_0 \cdot x[n] + a_1 \cdot x[n - 1] + a_2 \cdot x[n - 2] - b_1 \cdot y[n - 1] - b_2 \cdot y[n - 2],$$

где a_0, a_1, a_2, b_1, b_2 – действительные коэффициенты, $x[n]$ и $y[n]$ – соответственно входной и выходной набор данных.

С технической точки зрения для фильтрации экспериментальных данных в экспертных системах используют алгоритмы, характерные для полосовых частотно-

зависимых устройств. Особенностью таких устройств является задание границ полосы пропускания, а не только коэффициента усиления. Алгоритмизация фильтрации на основе таких устройств позволяет оперативно перенастраивать обработку данных в экспертных системах при проведении медико-биологических исследований.

Анализ полосовых устройств такого обобщенного вида показал, что действительные коэффициенты при входных данных имеют следующие соотношения

$$a_0 > 0, a_1 = 0, a_2 < 0, a_0 = -a_2.$$

Однако, частотные свойства таких устройств зависят от коэффициентов b_1, b_2 , а также от коэффициента неравномерности амплитудно-частотной характеристики в полосе пропускания c . Проведенные исследования указывают на наличие зависимости коэффициентов b_1, b_2 и a_0 от частот полосы пропускания $\bar{\omega}_1$ и $\bar{\omega}_2$.

Частотный анализ таких устройств дает возможность получить соотношения, которые позволяют описать эти зависимости и выполнить управление свойствами устройства и последующем при алгоритмизации и свойствами алгоритма

$$\left\{ \begin{array}{l} b_2 = \frac{\cos(\bar{\omega}_2) + \cos(\bar{\omega}_1) - 2c^2 \cos(\bar{\omega}_2) - 2c\sqrt{1-c^2} \sin(\bar{\omega}_2)}{\cos(\bar{\omega}_2) + \cos(\bar{\omega}_1) - 2c^2 \cos(\bar{\omega}_1) - 2c\sqrt{1-c^2} \sin(\bar{\omega}_1)}; \\ b_1 = -(1+b_2)\cos(\bar{\omega}_1) + (1-b_2)\sin(\bar{\omega}_1) \frac{\sqrt{1-c^2}}{c}; \\ a_0 = \frac{1-b_2}{2}. \end{array} \right.$$

Алгоритмизация работы таких устройств для экспертных систем позволяет с аппаратного уровня перейти на уровень программный.

Очень важным моментом при управлении свойствами алгоритма является вопрос обеспечения устойчивости алгоритма фильтрации. Устойчивость алгоритма второго порядка описывается треугольником устойчивости в координатах коэффициентов b_1 и b_2 .

Следует отметить, что при уменьшении полосы пропускания $\bar{\omega}_2 - \bar{\omega}_1$ коэффициент b_2 смещается в сторону увеличения до 1, а при увеличении полосы пропускания коэффициент b_2 стремится к 0. Поэтому при изменении полосы пропускания возможен выход на границу устойчивости, что приводит к «разносу» выходных данных.

Выводы. Таким образом, исследования управления свойствами частотно-зависимого алгоритма фильтрации второго порядка позволило получить простые соотношения, которые можно реализовать на микропроцессорном блоке предварительной обработки в составе экспертной системы, а анализ устойчивости выявить критические области управления и выхода за пределы устойчивости.

Следует отметить, что сложные тригонометрические и иррациональные функции обычно просчитываются и записываются в память, для дальнейшего считывания при использовании в полученных соотношениях.

Філімонов С.О., к.т.н., доцент

e-mail: s.filimonov@chdtu.edu.ua

Філімонова Н.В., к.т.н., старший викладач

e-mail: nv.filimonova2015@gmail.com

Бачеріков Д.С., аспірант

e-mail: ababka94@gmail.com

Мисан А.О., аспірант

e-mail: andreyka.misan@gmail.com

Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18000, Україна,

ВДОСКОНАЛЕННЯ ЗАСОБІВ РЕЄСТРАЦІЇ БІОЕЛЕКТРИЧНИХ ПОТЕНЦІАЛІВ ЛЮДИНИ

***Abstract.** In this work, an electrical schematic diagram for the measurement of human biopotentials and the results of the study of individual nodes are presented. PCB tracing was also performed using Proteus, with a modern element base that helps reduce the dimensions of the developed device.*

***Keywords:** biopotentials, biopotential measurement scheme, modeling.*

Вступ. Біопотенціал – це узагальнена характеристика взаємодії зарядів досліджуваних клітин, тканин та органів. Для тканини різниця потенціалів визначається сукупністю потенціалів окремих клітин. Зняття біопотенціалів проводиться за допомогою електродів, які встановлюються на поверхні тіла чи органів людини. Вимірюється не абсолютний потенціал, а різниця потенціалів між двома точками поверхні, яка відображає її біоелектричну активність та характер метаболічних (обмінних) процесів. Біопотенціали використовують для отримання інформації про стан і функціонування різних органів [1].

При рішенні діагностичних завдань у клінічній практиці й контролі над станом людини в умовах трудової діяльності найбільшого поширення одержали ті методи, які вивчають електричні процеси, що протікають у цілому органі або функціональній системі. Розрізняють наступні основні класи таких досліджень: — електрокардіографія (ЕКГ) – метод реєстрації контактним способом біопотенціалів тіла, що виникають на різних ділянках поверхні або всередині нього за рахунок електричних процесів, що протікають у серці; — електроенцефалографія (ЕЕГ) – метод реєстрації контактним способом на поверхні голови різниці потенціалів, що характеризує біоелектричну активність різних ділянок головного мозку; — електроміографія (ЕМГ) – метод реєстрації контактним способом різниці потенціалів і електричного поля на поверхні м'яза [2].

Мета роботи – вдосконалення засобів реєстрації біоелектричних потенціалів людини.

Проаналізувавши розглянуті конструкції для вимірювання біопотенціалів та діагностики можна зробити висновок, що вони мають вузьке спеціалізоване призначення, а цього буває крайне недостатньо. Нами запропонований пристрій, який може легко переналагоджуватися для вимірювання біопотенціалів людини для різних потреб. Розробка пристрою представлена нижче.

Для проектування вимірювальної частини приладу, який призначений для вимірювання та аналізу біоелектричних потенціалів людини, було використано пакет програм Proteus. Розроблена принципова електрична схема вимірювання біопотенціалів приведена на рис.1.

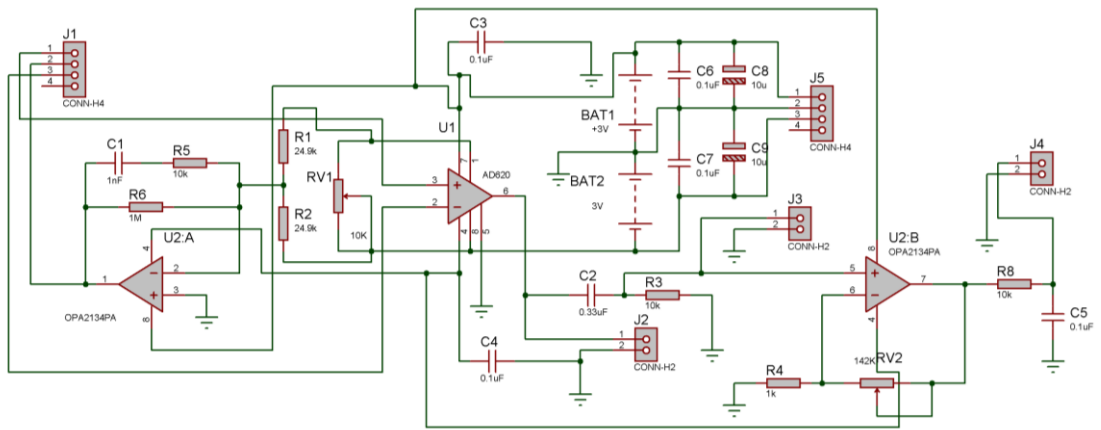


Рис.1. Розроблена принципова електрична схема для вимірювання біопотенціалів

В якості джерела живлення використовується акумулятор Li-Ion напругою 3,7 В, що дозволяє також зменшити завади від мережі. Для фільтрації вимірювального сигналу ми не використовували цифрові фільтри і цифрові обробки, а тільки аналогові, такі як: фільтри верхніх частот та фільтру нижніх частот [3].

Амплітудно-частотна характеристика фільтру верхніх частот, яка складається з C2, R3 та використовується для зменшення амплітуди сигналів на частотах нижче 10 Гц, зображена на рис.2.

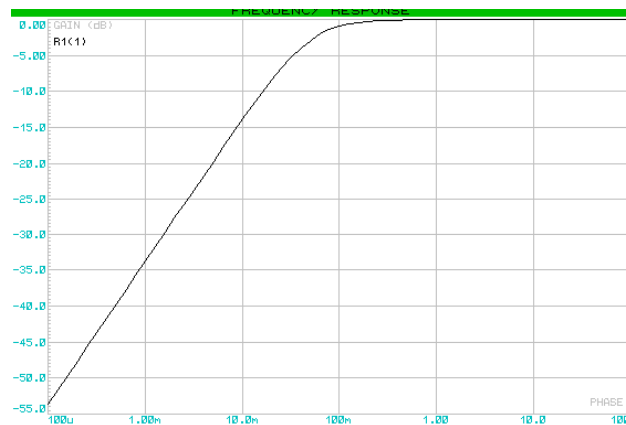


Рис.2. Амплітудно-частотна характеристика фільтру верхніх частот

Амплітудно-частотна характеристика низькочастотного фільтру, який складається з R8, C5 та використовується для зменшення амплітуди сигналів на частотах вище 100 Гц зображена на рис.3.

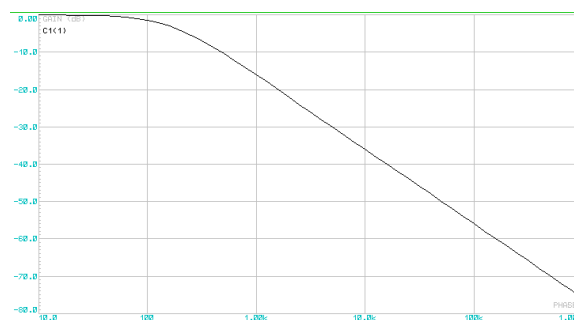


Рис. 3. Амплітудно-частотна характеристика фільтру верхніх частот

Таким чином, використані фільтри допомагають зменшити вплив завад на вимірювальну частину приладу.

Для нормування вихідного сигналу використовується додатковий операційний підсилювач ОРА2134. Моделювання якого представлено на рис.4.

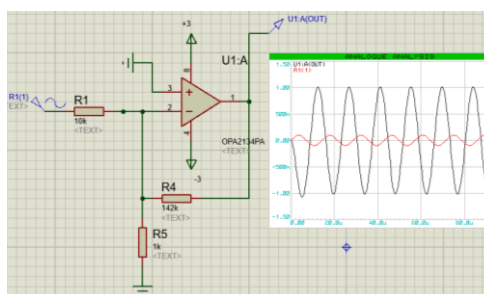


Рис.4. Моделювання вихідного нормуючого підсилювача ОРА2134

В розробленому модулі для вимірювання біопотенціалів використовується змінний резистор R4 (на загальній схемі рис.2 це RV2), що дозволяє нормувати амплітуду вихідний сигнал.

Отже, провівши необхідні розрахунки та моделювання основних електронних вузлів вхідної частини для вимірювання біопотенціалів проведено трасування друкованої плати (рис. 5.).

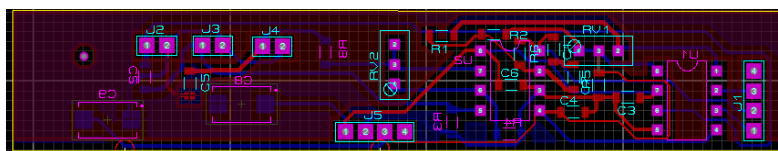


Рис.5. Друкована плата вхідної частини універсального комплексу

На рис.5 представлена 3D візуалізація друкованої плати з елементами розробленого універсального комплексу для вимірювання біоелектричних потенціалів людини.

Висновки. Використання фільтрів верхніх частот та нижніх частот зменшить мережеві завади, що значно покращило результати обробки даних. Крім цього, завдяки розробленому приладу можна легко реалізовувати вимірювання біопотенціалів людини для різних потреб.

Список літератури

1. Федотов А.А., Акулов С.А. Вимірювальні перетворювачі біомедичних сигналів систем клінічного моніторингу. - М.: Радио и связь, 2013. - 250 с.
2. Агаханян Т.М. Електронні пристрої в медичних приладах: Навчальний посібник / Т.М. Агаханян, В.Г. Нікітан. - М.: БИНОМ. Лабораторія знань, 2005. - 510 с.
3. Зайченко К.В. Знімання і обробка біоелектричних сигналів: Учеб. посібник / За ред. К.В. Зайченко. СПбГУАП. СПб., 2001. 140 с.

Секція 7.

ЕКОНОМІКА, МЕНЕДЖМЕНТ ТА МАРКЕТИНГ У ПРИЛАДОБУДУВАННІ

UDC 378.147

Tychkova N.B., M.Sc. (Eng),

Lecturer of the Department Economics and Entrepreneurship
Cherkasy State Technological University

Lecturer of the highest category of the cycle commission of economic disciplines
Cherkasy Polytechnic Technical School

Mann R.V., Dr.Sc. (Economics), Professor,

Professor of the Department of Economics and Entrepreneurship
Cherkasy State Technological University

EFFECTIVE APPLICATION OF INTER-SUBJECT COMMUNICATIONS BASED ON ECONOMIC AND TECHNICAL DISCIPLINES

Abstract. *The question of one subject is often not solved only with the help of the concepts of this subject; there is a need to attract knowledge from other (related) disciplines. For example, a teacher of economics for a technical specialty cannot solve his questions without using the knowledge of engineering students, while a physics teacher, depending on the profile of the institution, cannot do without knowledge of chemistry, general subjects and special technology, etc. However, the knowledge in these topics are polytechnic in nature, they include opportunities for professional profiling of the subject. Obviously, the links between subjects do not destroy the structure of the subject, but strengthen the subject system of learning. The use of links between subjects in different types allows you to flexibly change the content and methods of subject learning, while maintaining the specifics of individual subjects.*

Key words: *cross-curricular links, economic and technical disciplines, improving the quality of training*

Introduction. In solving professional problems, students are increasingly faced with the need to possess and skillfully use knowledge that goes beyond the narrow specialization - knowledge from various fields of science, technology, economics, etc. However, the method of introducing cross-curricular links, which is now widely used but still requires isolated teaching of the humanities and specialized disciplines, needs considerable adjustment. The issue of cross-curricular relations in the process of studying economics for technical specialties in technical educational institutions remains unresolved. This contradiction can be resolved by improving the educational process based on the implementation of the basic principles of didactics and professional pedagogy, in particular, polytechnic, professional direction, cross-curricular relations, continuity, etc.

The **purpose** of the study is to consider, on the example of the cycle commission of economic disciplines of the Cherkasy Polytechnic Technical School, the ways of gradual introduction of interdisciplinary education of economics on the basis of economic and technical disciplines, which gives the possibility of better preparation and advanced training by improving their system of continuous education and the process of continuous education educational technology training. Therefore, the modern economics teacher is tasked not only to bring students to a successful mastery of program materials, but also to teach them to use economic terminology to supplement their professional knowledge.

It is important to prepare a material educational and methodological base, to organize cooperation between teachers of economics and colleagues from the profile cycle commissions,

to arouse students' interest in using economics to increase their own competence in studying the specialty. The selection and organization of training material is important; formation of the necessary economic terminology, which would become the basis for successful development of literature in the economic field; formation of skills of semantic perception of materials.

Considering the theme, purpose, object, object of work, the following tasks of work were set:

1. The role of cross-curricular communication in the educational process of a technical school.
2. Methodological requirements for cross-curricular communication.
3. The essence of the concept of cross-domain links and their functions.
4. Development of a technique for introducing cross-curricular relations in the preparation of students in different specialties.
5. Practical implementation of cross-curricular relations in the economy.

The purpose of education of students in technical educational institutions involves the following basic tasks: - preparation of conscious, highly educated skilled workers who have perfect professional skills, deep and strong knowledge of the scientific bases of production, modern technical and economic thinking, computer literacy, computer literacy, as well as to intellectual work, to active activity, capable to successfully learn new technique and technology and to put it into practice; - education of active citizens, creative attitude to work, high moral qualities, discipline and organization, culture. The human (psychological) factor, a high level of students' awareness of mastering professional knowledge is of great importance in the educational process in today's context. Therefore, in the process of teaching special subjects and industrial training, teachers and masters of industrial training should develop in student's technical, economic and imaginative thinking, to develop the skills of productive work, planning and self-control. Teaching material should be built on the knowledge of general subjects. It should be noted that cross-curricular links are two-way. For general subjects - it is the specification of basic scientific provisions, the involvement of factual material, the use of tasks with professional content, which allows to organically combining general education and vocational training in a single educational process. In relation to general education, this connection can be characterized as a professional orientation of general subjects. For special subjects, it is first an explanation, justification of practical phenomena by scientific provisions, facts and laws. The issues of cross-curricular communication are too important, so they must be constantly addressed not only by teachers but also by other teaching staff.

Conclusions. Therefore, all educational training courses held at the Cherkasy Polytechnic Technical School have a professional focus. Unilateral activity of teachers of general education without close, constant connection with teachers of special and general technical and economic disciplines, subjects of general technical and vocational-theoretical training and masters of industrial training would not give the desired results - improving the quality of vocational training. When making cross-curricular connections, students have a broader outlook, develops logical thinking, activates attention, and increases interest in the subjects under study. Cross-curricular links provide in-depth study of theoretical material and the formation of students' general scientific concepts, help them to apply the acquired knowledge in practice, promote the development of the ability to find common patterns and differences when considering various processes. All this increases the efficiency of the educational process. The education and upbringing of the modern young person, its harmonious development, require an organic combination of the complex of knowledge, skills and skills acquired in the process of mastering the subjects of general education. Education reform in Ukraine involves mastering students a deep and solid knowledge of the basics of science, mastering the leading ideas of academic disciplines, developing communication skills of the harmoniously developed personality, citizen and patriot of our state. This is why cross-curricular relationships are particularly important in the learning process.

Секція 8.

ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ ОСВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗА СПЕЦІАЛЬНОСТЯМИ ТЕХНІЧНОГО ПРОФІЛЮ

UDC 378.147

C. Bazilo¹, *PhD, Associate professor*
E. Faure¹, *PhD, Dr.Sc., Associate professor*
Yu. Bondarenko¹, *PhD, Associate professor*
V. Zaika¹, *PhD,*
A. Lavdanskyi¹, *PhD,*
O. Yehorova¹, *PhD,*
Yu. Petrushko²,
K. Faure³

¹Cherkasy State Technological University
Shevchenko Str., 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

²Fotonika Plus Co

³Cherkasy CHP

POPULARIZATION OF SCIENCE THROUGH INTERNATIONAL YOUTH ENCOUNTERS

Abstract. *The aim of the programme "Meet up! German-Ukrainian youth encounters" is to intensify relations of young people from Germany and Ukraine. The authors describe their experience in preparation and participation in the Amusing Science Project supported by the Foundation Remembrance, Responsibility and Future, the Federal Foreign Office and the Robert Bosch Foundation.*

Key words: *Meet up, German-Ukrainian youth encounters, Amusing Science, partnership.*

The aim of the programme "Meet up! German-Ukrainian youth encounters" is to intensify relations with Ukraine and to strengthen the active commitment of young people from Germany and Ukraine to fundamental democratic values and understanding between peoples. The programme supports projects aiming at bringing about changes for the environment of young people. How can young people strengthen their local activities? How do they bring about effective changes for their neighbourhood and societies?

The encounters should focus on projects with political, historical topics, German-Ukrainian relations, human rights or e.g. ecological topics. Creative ways of expression, such as multi-media, music or theatre projects, films, websites, apps or networking meetings are also appreciated. Encounters of young artists, athletes, or other occupational groups can also be supported [1].

In the eyes of people who do not associate their life with science, this sphere may often appear to be complicated, exhausting and monotonous. To a larger extent this assumption is pronounced in the attitude of the younger generation to scientific and research activities. This factor, in its turn, determines the number of young scientists, which remains insufficient.

The aim of the Amusing Science¹ Project (Fig. 1) is to raise public awareness of the entertaining side of science, especially among young people. First of all, our objective is to prove that tedious science is nothing but an illusion and that science is open to the youth. Therefore, our goal is to present science as an interesting, enjoyable and even an amusing activity. The implementation stage of the project includes the following: joint international and scientific

topical events, insight into the process of involving young scientists into scientific research, panel discussions aimed at finding possible solutions in different countries.



Fig. 1. The Amusing Science logo

The events that were held within the project framework include: Scientific Picnics (with demonstrating exciting scientific experiments to young people), Researchers' Night, Open Contest of Robotic Self-Propelled Autonomous Models (Roborace).

One of the specific expected outcomes of the project is supposed to be founding Amusing Science Clubs at the universities. The clubs' regular activities will be aimed at involving young people into scientific research; creating scientific subculture; establishing, supporting and developing scientific ties between Ukraine and Germany. Further implementation includes creating an international Network of Amusing Science Clubs with joint organization and activities focused on promoting research activities among young people.

Furthermore, involving Ukrainian youth in the traditions of European Researchers' Night, based on German colleagues' experience in particular, was among the expected outcomes as well.

During this event, the doors of scientific laboratories were open to all interested persons, and young people, even those who are not excited about science, will be able to see and feel the unique atmosphere of scientific laboratories: spectacular experiments, scientific miracles, breathtaking expectation of the results, surprises of medical physics.

The participants of the project were socially adaptable, have a good command of either English or German, be flexible, creative, ready and open to change in the traditional scientific environment.

The above-mentioned were ensured by the following competitive selection procedures and instruments: questionnaires, testing and interviews.

The project participants were involved in organizing Scientific Picnic and Researchers' Night, particularly, prepared and conducted experiments, assembled and maintained the track for the Contest of Robotic Self-Propelled Autonomous Models, and guided tours.

Besides, the project has been devised by a group of young scientists who will be involved into it as participants.

The target audience of the project mainly embraced high school students, high school graduates, college students and university students. To make the relevant information about the project available to the target audience, it was planned to use the website of the project [2], educational establishments' websites, informational boards, social networks (Facebook, Instagram), mass media, advertising on radio and television, news reports on the regional and national news websites, creating video clips with further placing them in YouTube.

The project was presented in public by publishing information, news, announcements, articles, video clips about the Amusing Science project via the above-mentioned tools. Project implementation phase included Scientific Picnics with demonstrations of amusing scientific tricks, in which the interested audience was able to take part. Event venues were located in places that are able to accommodate a large number of people, such as parks and squares. Such

measures facilitated spreading the ideas of the project and Meet Up! programme among the young people and established sustainable partnership between Ukraine and Germany.

Financial support. The program "Meet up! German-Ukrainian youth encounters" is financed by the Foundation Remembrance, Responsibility and Future (EVZ), the Federal Foreign Office and the Robert Bosch Foundation (Fig. 2).



Fig. 2. Supporting organizations

Conclusions.

The authors' experience in organization of scientific international project as well as its main features are highlighted in the article. The project was held to present science as an interesting, enjoyable and even an amusing activity as well as to strengthen the active commitment of young people from Germany and Ukraine to fundamental democratic values and understanding between peoples.

References

1. <https://www.stiftung-evz.de/eng/funding/human-rights/meet-up.html>
2. <http://amusingscience.chdtu.edu.ua/>

*Bondarenko Yu., PhD, Associate professor
Cherkasy State Technological University, Ukraine*

*Bazilo C., PhD, Associate professor
Cherkasy State Technological University, Ukraine*

*Faure E., Dr.Sc., Associate professor
Cherkasy State Technological University, Ukraine*

*Eyngorn E., MBA
Technische Universität Berlin, Germany*

*Ostroverkhov D., Dipl.-Ing.
Technische Universität Berlin, Germany*

ANALYSIS OF THE GERMAN-UKRAINIAN EXPERIENCE OF INTERNATIONAL PARTNERSHIP AND PARTICIPATION IN INTERNATIONAL EDUCATIONAL PROJECTS

Анотація. У статті викладені результати аналізу досвіду міжнародної співпраці в області спільних освітніх і наукових проектів Черкаського державного технологічного університету та Технічного університету Берліна.

Ключові слова. Популяризація науки, модернізація освітніх програм, міжнародне співробітництво

In the framework of international cooperation between Cherkasy State Technological University and the Technical University of Berlin, two projects were carried out in the period from 2013 to 2019.

The first project TEMPUS NETCENG “A new model of the third cycle in engineering at the process to the Bologna process in Belarus, Russia, Ukraine” was taken from early 2013 to fall in 2017. The project is at the priority of the reform of the primary program. It was mainly introduced by the main method in complete university programs (to some kind of high-quality university) pilot Doctoral Programmes in Engineering in line with the Bologna Process, according to 10 principles of Salzburg and Bucharest Forum. The project has gone round for financial support of the United Nations for the European program of European partnership. Grant holder is Vilnius Gediminas Technical University (Vilnius, Lithuania). ChSTU and Technische Universität Berlin were partners in a consortium project. Apart from the ChSTU, there are 2 Ukrainian, 3 Belarusian and 5 Russian Universities. TU Berlin, Vilnius Gediminas Technical University and Brunel University London the role of a mentor was foreseen.

Within the framework of the project, trainings, workshops, production excursions were organized for the representatives of the target universities for the purpose of spreading the European experience of preparation for the third cycle of higher education (educational-scientific level of Doctor of Philosophy), as well as for the purpose of integrating into the programs of preparation of European standards and recommendations for quality assurance in the European Higher Education Area, adaptation of our curricula to the labor market, and the like.

The Technical University of Berlin has organized such events three times for representatives of ChSTU and other consortium universities, as well as provided an opportunity on favorable terms to participate in the summer schools organized annually by TUB. Which is what the three representatives of ChSTU used in 2017. While appreciating the educational content of such activities, I would like to emphasize the practical component, which is the opportunity to get acquainted with specific productions in Germany (production KUKA Roboter, Airbus plant, etc.).

The second project, combining the cooperation of ChSTU and TUB, is the project " Amusing Science: scientists from Germany and Ukraine in pursuit of innovative ways of

integration with science and technology" («Amusing Science: Naturwissenschaftler aus Deutschland und der Ukraine engagieren sich für innovativen Umgang mit Wissenschaft und Technik»), executed under contract dated January 28, 2019 No. 32.5.1C12.0049.0 under the financing program: MEET UP! German-Ukrainian Youth Meetings 2019.

Within the framework of this project, 15 young people (7 Germans and 8 Ukrainians) held two friendly meetings in 2019: in May, a German delegation visited Ukraine at ChSTU, and in August, Ukrainian representatives visited the Technical University of Berlin in Germany. The main objective of the project was to promote science and to establish scientific links between universities.

For Ukraine and Germany, and for other countries, the problem of young people's unwillingness to engage in scientific activities is very urgent because young people find science difficult and not interesting.

The activities of the project, which were built into its foundation and then successfully completed, were intended to show that science can be interesting, even exciting.

To this end, each side chose a separate scientific topic, which it promoted in the first place. For ChSTU it became a robotics and for TUB - space satellites.

Therefore, among the events that were organized during the friendly meetings, these topics were most revealed. Cherkasy State Technological University organized master-classes on programming of autonomous robots, and competitions of these robots, master-class on production of the remote-controlled glider and its launch in flight. And TUB prepared training on the design of space satellites, a trip to the planetarium with a lecture on the possibility of colonization of the planets of the solar system and a trip to the center for the management of space satellites.

In addition, panel discussions, workshops, a scientific picnic and a science night were held with interesting physical and chemical experiments, an excursion to the production of electric cars (to the glass factory in Dresden), and many more excursions in both countries aimed at acquainting the project participants with everyday life. , the national traditions and values of both countries and foster a friendly and creative atmosphere of meetings.

Conclusions.

The authors of the article were participants in both projects and believe that their implementation contributed to the development of both universities. The existing traditions of international cooperation between ChSTU and TUB will continue to develop.

UDC 658.562

Tychkov V.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological University,
v.tychkov@chdtu.edu.ua

Trembovetska R.V., Ph.D. (Eng), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized
Technologies
Cherkasy State Technological University,
r.trembovetska@chdtu.edu.ua

Halchenko V.Ya., Dr.Sc. (Eng), Professor,
Professor of the Department of Instrumentation, Mechatronics and Computerized Technologies
Cherkasy State Technological University,
halchvl@gmail.com

BACHELOR'S TRAINING IN THE FIELD OF METROLOGICAL MAINTENANCE OF PHYSICO-CHEMICAL MEASUREMENTS

Abstract. *The program of study of the elective discipline "Metrological support of physico-chemical measurements" is made in accordance with the educational and professional program of preparation of the educational-qualification level of the bachelor of knowledge industry 15 "Automation and instrumentation" 152 "Metrology and information and measuring equipment" under the educational program "Metrology and information and measuring equipment". The subject of study of the discipline is technical means of physical and chemical measurements and their metrological support. The program of the discipline consists of the following content modules: Metrological features of physical and chemical measurements; methods and means of physical and chemical measurements; automation of physical and chemical measurements; basics of the metrological support system for physico-chemical measurements.*

Key words: *metrological support, physical and chemical measurements, information-measuring equipment, automation*

Introduction. Under physical and chemical measurements we take all measurements related to the control of the composition of substances, materials and products. Measurements of the chemical composition of substances can be carried out by various methods, since in the measuring process in most cases some property of the material is measured, and then the composition is found from the composition-property relationship. This property may be mechanical properties, electromechanical, thermal, optical. The ability to determine the composition of substances and materials by various properties is reflected in the methods for evaluating systematic errors. In fact, the use of different measurement equations to determine the same value, for example, the concentration of a component in a mixture of gases, liquids, or solids, makes it possible to determine the composition of a substance with a greater degree of certainty. The specificity of measuring the composition of substances and materials makes the main method for ensuring the uniformity of measurements to choose the use of standard samples of materials and the use of standard reference data on the properties of pure substances, their mixtures, alloys, etc.

The purpose of work to prepare bachelors to study the main sources of physico-chemical measurements; chemical, physical and physicochemical methods for analyzing the composition of a substance; designs of major nodes and analytical devices; basics of metrological provision of means of analysis of composition of a substance methods of radioactivity control and basics of their metrological support.

As required educational and professional program students should know and be able to:

anthropogenic impact on the environment; peculiarities of metrological provision of analytical control of environmental parameters and technological processes; chemical, physical and chemical and physical methods for analyzing the composition of a substance; technical means of control and measurement of environmental parameters; technical means for monitoring and measuring radioactivity; automatic analysis of environmental parameters and technological processes; modern approach to the implementation of devices for automatic analysis of substances

to evaluate technological systems of industrial enterprises depending on the quality of environmental pollution; to choose the method of control and measurement of environmental pollution; to choose the technical means for controlling and measuring the composition of the substance in accordance with the method chosen; perform metrological evaluation of measurement results; to develop metrological support according to the chosen method and device..

The main sections of the preparation of bachelors in the field of metrological care of physical and chemical education can be attributed:

- Sharing of measuring detail

The human impact on the environment objects. The interaction of industrial enterprise environment. The main types of pollution. Sources of pollution;

- Metrological features of analytical control

Terms, definitions metrological characteristics analysis of substances. The terms determine the characteristics of precision instrumentation environment parameters. Instrumentation and their classification. Requirements for measuring the concentration of harmful substances. Chemical analysis of a metrological process. The main stages and sources of errors in chemical analysis. Classification systematic errors. Systematic errors I type. Systematic error type II (instrumental, reactive, methodical, reference, signal, etc.). Systematic error of type III. Errors I and type II. Solution and reducing systematic errors.

- Physical-chemical methods and tools for measuring environmental parameters control

Potentiometric analysis. Classification of potentiometric analysis methods. The theoretical basis of the method. Standard electrode. Ion selective electrodes. Key measures ionometry. The principle of operation potentiometric devices. Potentiometer analyzers. Overall method.

Coulometric analysis. Classification methods coulometry. The theoretical basis of the method. Weighing electrolysis. Internal electrolysis. Principles of coulometric devices and appliances. Overall method.

Conductometric analysis. Conductometry classification methods. The theoretical basis of the method. Conductometric device. Overall method.

Voltammetric analysis. Voltammetric classification methods. The theoretical basis of the method. Polarography. Polarographic electrodes. The principle of operation volt installation. Overall method.

- Automation control parameters of the environment

Monitoring. Classification monitoring. Ways of monitoring. Measuring in the flow system. Classification. Requirements for automatic continuous analyzers. Flow-injection analysis (FIA). The main characteristics of flow-injection systems (FIS). The principle of FIA. The main types of FIA. Principles of FIS. Basic requirements for units FIS. Multi FIS. Division of FIS based on chemical reactions. Continuous flow analysis (CFA). CFA system and principles of action. Multi CFA. Comparative advantages and disadvantages of CFA and FIA. Fundamentals of automation control parameters of the environment. Fundamentals of automation control processes.

- Basics of metrological support of analytical control

General characteristics of the system. Building a system of transfer of the concentration of micro units. Complex equipment for high precision reproduction unit micro concentration. Methods and means of verification operating devices (model complex products; equivalent-element-method and means of verification, construction principles analyzers with automatic control means; a set of methods to control and maintain the normal operation of the analyzer in

operation, metrological support desktop analyzer). Ways to improve exemplary apparatus. Prospects for improving working metrological characteristics of measuring devices. Centralized system. Remote methods. Regulatory and technical documents in Ukraine metrological support of analytical control.

Conclusions. This work gives the basic provisions on metrological features of physical and chemical measurements, the basics of theory of errors, automation measurement and the fundamentals of the system of metrological protection of analytical monitoring.

Therefore, technical support and metrological care of physical and chemical measurements should be considered as an effective means to achieve the goals and objectives of secure accuracy of measurements, metrology and information-measuring equipment.

References

1. Tychkov V. V. Criteria for the Selecting Parameters Anode Polarization Process of Substances on the Ion-Selective Electrodes Surface [Text] / V. V. Tychkov, R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko // *Environmental Sciences*. - 2018. - № 1 (20). - Vol 2 - R. 107-117.

2. Regression Analysis Application for the Uncertainty Estimation of the Ionometric Converters Graduation [Text] / [V. V. Tychkov, R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko et al.] // *Information Technologies in Education, Science and Technology "(ITEST-2018): IV International Scientific-Practical Conference, Cherkasy, 17-18 May, 2018: proceedings*. - Cherkasy: ChSTU, 2018. - R. 143-146.

3. Tychkov V. V. Technical and technological bases for achieving environmental safety of sustainable development [Text] / V. V. Tychkov, V. Ya. Galchenko, R. V. Trembovetskaya / *Global Partnership for Local Sustainable Development: Modern Trends and Best Practices: monograph* / [ed. by L. O Petkova, O. Yu. Berezina, Andrzej Kryński] - Czestochowa, 2018. - P. 160-171. DOI:10.23856 / W1708.

4. The use of a single-parametric regression analysis for chrome (VI)-selective electrode manufacture parameters of modeling and optimization [Electronic resource] / [V. V. Tychkov, R. V. Trembovetska, V. Ya. Halchenko et al.] // *Integrated quality assurance processes and systems (KZYATPS 2018): VIII International Scientific Conference, Chernihiv, 10-12 May 2018, in 2 vols*. - [ed. by vol.: Eroshenko Andrew M. et al.]. : Abstracts. – Chernihiv: ChNTU, 2018. – v. 2. – P. 139–141.

АВТОРСЬКИЙ ПОКАЖЧИК

Bondarenko Yu.	<i>Ph.D. (Eng), Associate Professor, Cherkasy State Technological University</i>	98, 101
Eyngorn E.	<i>MBA, Technische Universitat Berlin, Germany</i>	101
Faure E.	<i>Dr.Sc. (Eng), Associate Professor, Cherkasy State Technological University</i>	98, 101
Faure K.	<i>Cherkasy CHP</i>	98
Fesenko A.G.	<i>student, National Aerospace University named after M.E. Zhukovskoho «Kharkiv Aviation Institute»</i>	37
Koshevaya I.I.	<i>post graduate student, National Aerospace University named after M.E. Zhukovskoho «Kharkiv Aviation Institute»</i>	37
Koshevoy N.D.	<i>Professor, National Aerospace University named after M.E. Zhukovskoho «Kharkiv Aviation Institute»</i>	37
Kostenko O.M.	<i>Associate Professor, Poltava State Agrarian Academy</i>	37
Kostogrys Ya.V.	<i>Master Degree Student, Cherkasy State Technological University</i>	32
Kotenko A.I.	<i>Master Degree Student, Cherkasy State Technological University</i>	34
Lavdanskyi A.	<i>Ph.D. (Eng), Cherkasy State Technological University</i>	98
Mann R.V.	<i>Dr.Sc. (Economics), Professor, Cherkasy State Technological University</i>	96
Ostroverkhov D.	<i>Dipl.-Ing., Technische Universitat Berlin, Germany</i>	101
Petrushko Yu.	<i>MBA, Fotonika Plus Co</i>	98
Piskyn T.O.	<i>Master Degree Student, Cherkasy State Technological University</i>	42
Polishchuk S.A.	<i>Master Degree Student, Cherkasy State Technological University</i>	44
Tychkova N.B.	<i>M.Sc. (Eng), Cherkasy Polytechnic Technical School, Cherkasy State Technological University</i>	96
Yehorova O.	<i>PhD, Cherkasy State Technological University</i>	98
Zaika V.	<i>Ph.D. (Eng), Cherkasy State Technological University</i>	98
Zaika M.V.	<i>Master Degree Student, Cherkasy State Technological University</i>	26
Андрієнко В.О.	<i>к.т.н., Черкаський державний технологічний університет</i>	18

Андрієнко О.І.	<i>аспірант, Черкаський державний технологічний університет</i>	18
Бабій О.О.	<i>магістр, Черкаський державний технологічний університет</i>	28
Базіло К.В.	<i>к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет</i>	21, 83,
Vazilo С.	<i>технологічний університет</i>	98, 101
Бачеріков Д.С.	<i>аспірант, Черкаський державний технологічний університет</i>	93
Білокінь С.О.	<i>к.т.н., Черкаський державний технологічний університет</i>	18
Богатова О.А.	<i>старший викладач, Одеський національний політехнічний університет</i>	91
Богданова Л.О.	<i>старший викладач, Одеський національний політехнічний університет</i>	70, 91
Бондаренко М.О.	<i>д.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет</i>	18, 73
Броварець О.О.	<i>к.т.н., доцент, Київський кооперативний інститут бізнесу і права</i>	46, 78
Вислоух С.П.	<i>к.т.н. доцент, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”</i>	6
Волошко О.В.	<i>асистент, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”</i>	6
Гальченко В.Я.	<i>д.т.н., професор, Черкаський державний технологічний університет</i>	9, 13, 26, 32, 34,
Halchenko V.Ya.	<i>технологічний університет</i>	42, 44, 103
Гончаренко І.А.	<i>магістрант, Черкаський державний технологічний університет</i>	85
Давидюк Л.П.	<i>магістр, Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”</i>	6
Кір’язов Ю.Ф.	<i>заступник директора фірми «Адіс-Авто», Одесса</i>	70
Кісіль Т.Ю.	<i>к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет</i>	28, 88
Кривошея Б.М.	<i>магістрант, Черкаський державний технологічний університет</i>	76
Куницька Л.Г.	<i>к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет</i>	28, 88
Лысенко В.Е.	<i>соискатель, Национальный университет «Одесская морская академия»</i>	64
Мисан А.О.	<i>аспірант, Черкаський державний технологічний університет</i>	93

Никольский В.В.	д.т.н., професор, Национальный университет «Одесская морская академия»	64
Никольский М.В.	к.т.н., Национальный университет «Одесская морская академия»	64
Омелян А.В.	аспірант, Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея»	39
Петренко С.Ф.	д.т.н., професор, Мале науково-виробниче підприємство ТОВ «Лілея»	39
Романов О.О.	д.т.н, професор, Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України	46, 78
Рискаль В.В.	магістрант, Черкаський державний технологічний університет	90
Ситніков В.С.	д.т.н., професор, Одеський національний політехнічний університет	70
Ситникова В.А.	д.мед.н., професор, Одеський національний медичинський університет	91
Сторчак А. В.	аспірант, Черкаський державний технологічний університет	9
Тичков Д.В.	аспірант, Черкаський державний технологічний університет	73
Тичков В.В.	к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет	9, 13, 26, 32, 34,
Tushkov V.V.		42, 44, 103
Теплечук А.М.	старший викладач, Одеський національний політехнічний університет	70
Трембовецька Р.В.	к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет	9, 13, 26, 32, 34,
Trembovetska R.V.		42, 44, 103
Ухіна Г.В.	аспірант, Одеський національний політехнічний університет	70, 91
Филимонов С.А.	к.т.н., доцент, Черкаський державний технологічний університет	62, 93
Филимонова Н.В.	к.т.н., старший викладач, Черкаський державний технологічний університет	62, 93
Хлівний В.В.	аспірант, Черкаський державний технологічний університет	83
Царук О.В.	аспірант, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України	46
Чурилович І.С.	аспірант, Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України	78
Яценко С.С.	аспірант, Черкаський державний технологічний університет	62