

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**



**УЧАСТЬ МОЛОДІ У РОЗБУДОВІ АГРОПРОМИСЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ КРАЇНИ
МАТЕРІАЛИ 38-ої СТУДЕНТСЬКОЇ
НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**18-19 березня 2026 року,
м. Миколаїв, Україна**

Миколаїв
2026

Зареєстровано в УкрІНТЕІ, №844 від 21.11.2025 р.

Друкується за рішенням вченої ради інженерно-енергетичній Миколаївського національного аграрного університету (протокол №8 від 23.03.2026 р.)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Шебанін В.С., д-р техн. наук, професор, академік НААН, в.о.ректора МНАУ;

Садовий О.С. кандидат технічних наук, доцент, в.о.декана інженерно-енергетичного факультету МНАУ;

Борчик Є.Ю. кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики МНАУ;

Полянський П.М. кандидат економічних наук, доцент, в.о. зав. кафедри загальнотехнічних дисциплін МНАУ;

Доценко Н.А. доктор педагогічних наук, професор, голова науково-методичної комісії ІЕФ МНАУ;

Горбунова К.М. кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри методики професійного навчання МНАУ;

Веліховська А.Б. кандидат педагогічних наук, доцент, директор департаменту освіти і науки Миколаївської обласної державної адміністрації МНАУ;

Ставинський А.А. доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки МНАУ;

Вахоніна Л.В. кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки МНАУ;

Кошкін Д.Л. кандидат технічних наук, доцент, директор ІПО МНАУ;

Мартиненко В.О. кандидат технічних наук, доцент, заступник декана з наукової роботи ІЕФ МНАУ.

Результати можуть бути використані для подальших досліджень, формування наукових ідей.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| СЕКЦІЯ «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА» | 7 |
| Порівняння методів розрахунку електричного освітлення: метод коефіцієнтів і метод лінійних ізолюкс. | 7 |
| Мардзявко О.А. | |
| Моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання. | 10 |
| Тіщенко Д.О. | |
| Study of bending vibrations of a thin elastic circular insert and their effect on stress concentration in an unconfined environment. | 13 |
| Тимошенко В.Ю. | |
| Analysis of the design features of transformer heating elements in electrical complexes of decentralized heat supply. | 17 |
| Муратов М.Є. | |
| Benefits of an automated electrical equipment control system in elevator complexes. | 21 |
| Шептицький В.С. | |
| Електротехнічне забезпечення високовольтної імпульсної обробки металів і сплавів у процесі кристалізації. | 23 |
| Воробйов А.О. | |
| Аналіз перехідних процесів в електричній мережі 110/35 кВ для розробки мікропроцесорної системи реєстрації. | 27 |
| Котельников В.М. | |
| Відкриті резонансні структури як основа безконтактних методів дослідження матеріалів. | 32 |
| Голубєв В. | |
| Дослідження квазіоптичної НВЧ-системи на базі відкритого резонатора з локалізованим електромагнітним полем. | 34 |
| Тумаков М. | |
| СЕКЦІЯ «АГРОІНЖЕНЕРІЯ, ТРАКТОРИ, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ ТА ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС» | 37 |
| Раціональне використання новітніх механізованих агрегатів при вирощуванні озимого ріпаку в умовах південноукраїнських господарств. | 37 |
| Будулуца І. | |
| Точне землеробство як ключовий фактор модернізації та інновацій в аграрному секторі України. | 40 |
| Тима О. | |
| Evaluation of fuel efficiency and ecology of gas ice with combined heating system: simulation of cold start and warm-up. | 42 |
| Васильков М., Данко Д.О. | |

| | |
|--|----|
| Factors considered when assessing wear of internal combustion engine cylinders | 46 |
| Охріменко І.С., Данко Д.О. | |
| Оцінка ефективності роботи сепаратора насіння дині у складі технологічної лінії. | 49 |
| Круподер О.М., Коваленко О.О. | |
| Інженерне забезпечення систем водопостачання тваринницьких підприємств. | 52 |
| Анісімов С.О., Великохатько Р.О. | |
| Обґрунтування конструкції масловиготовлювача з двома робочими колесами для інтенсифікації збивання вершків. | 55 |
| Сербенюк Д.М., Васильков М.В. | |
| Вдосконалення конструкції кормороздавача-змішувача зі шнековими робочими органами для приготування кормових сумішей. | 58 |
| Попов С.В., Новосьолов А.П. | |
| Обґрунтування параметрів насосного обладнання для енергоефективної роботи дощувальних систем зрошення. | 62 |
| Ватула К.О., Вознюк О.О. | |
| СЕКЦІЯ «МЕХАНІКА, ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНІ ДИСЦИПЛІНИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ» | 65 |
| Кінематичний і силовий аналіз механізмів пресування в процесі відокремлення олії. | 65 |
| Вільчинський О., Олараш А., Борсук Р. | |
| Аналіз напружено-деформованого стану елементів обладнання для переробки томатів. | 69 |
| Вознюк О., Капуста Д., Чубов А. | |
| Застосування посадок з гарантованим натягом. | 74 |
| Горбачик В., Коваленко О., Осипчук А. | |
| Застосування посадок з гарантованим зазором. | 78 |
| Дмитренко Р., Скачков І., Хмілевський В. | |
| Цифрова компетентність та складові проектної роботи. | 82 |
| Костюк С. | |
| Декомпозиція проблеми дослідження. | 86 |
| Лисюк О. | |
| СЕКЦІЯ «ПЕДАГОГІКА, ПСИХОЛОГІЯ ТА МЕТОДИКА ПРОФЕСІЙНОГО НАВЧАННЯ» | 90 |
| Психологічний розвиток особистості в соціокультурному та цифровому середовищі. | 90 |
| Лукович К. | |
| Чи формує університет характер людини? | 92 |
| Власова Н. | |
| Штучний інтелект у психодіагностиці. | 95 |
| Голосна О. | |
| Роль пам'яті у розвитку студентів. | 98 |

| | |
|--|-----|
| Городашин Д. | |
| Прийоми виховання: теорія та практика. | 100 |
| Лагунець О. | |
| Компетентнісний підхід в організації аудиторної та поза аудиторної роботи у закладах вищої освіти. | 103 |
| Мінін О. | |
| Інноваційні підходи до навчання у закладах вищої освіти (ЗВО). | 106 |
| Філонова М. | |
| Розвиток медіаграмотності та критичного мислення майбутніх фахівців професійної освіти в умовах інформаційної війни. | 108 |
| Колесник Д. | |
| Компетентнісний підхід до формування екологічної відповідальності інженерів-енергетиків. | 111 |
| Возіян В.В. | |
| СЕКЦІЯ «ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА, МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ В АПК» | 116 |
| Першопринципні розрахунки багатокomпонентних сполук. | 116 |
| Готілов В. | |
| Чисельне моделювання та розрахунок задачі термомеханіки шарової пластини. | 119 |
| Гордовий Р. | |
| Оптимізація структури посівів фермерського господарства в умовах невизначеності погодних умов. | 122 |
| Гузенко Н.О. | |
| Розрахунок площі полігона сільськогосподарських угідь за координатами вершин. | 124 |
| Дмитренко Р. | |

ВСТУП

Збірник містить матеріали 38-ої студентської науково-теоретичної конференції «Участь молоді у розбудові агропромислового комплексу країни», у яких представлено результати наукових пошуків здобувачів вищої освіти Миколаївського національного аграрного університету. Проведення такої конференції є важливою складовою формування наукового середовища університету, розвитку дослідницької культури студентської молоді та залучення здобувачів освіти до розв'язання актуальних проблем сучасного агропромислового комплексу.

Матеріали збірки відображають широкий спектр наукових інтересів студентів інженерно-енергетичного факультету та споріднених освітніх напрямів. У тезах висвітлено питання електроенергетики, електротехніки, електромеханіки, електротехнологій, механіки, агроінженерії, прикладної математики, моделювання та оптимізації процесів в АПК. Особливу увагу приділено практично орієнтованим дослідженням, спрямованим на підвищення енергоефективності, удосконалення технічних систем, розвиток сучасних технологій виробництва, переробки та ресурсного забезпечення аграрного сектору.

Представлені у збірці тези засвідчують прагнення молодих дослідників до наукового аналізу, обґрунтування інженерних рішень, використання математичного апарату, цифрового моделювання та міждисциплінарного підходу. Важливо, що студентські роботи поєднують теоретичні положення з практичними аспектами їх застосування, що є необхідною передумовою підготовки конкурентоспроможних фахівців для агропромислового комплексу України.

Збірка адресована здобувачам вищої освіти, науково-педагогічним працівникам, молодим ученим і всім, хто цікавиться сучасними тенденціями розвитку інженерних, енергетичних і технологічних рішень в аграрній сфері. Опубліковані матеріали можуть бути використані для подальших наукових досліджень, навчальної роботи, формування нових ідей та розвитку студентської науки.

СЕКЦІЯ
«ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА
ТА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ»

УДК. 621.316.722

Порівняння методів розрахунку електричного освітлення: метод коефіцієнтів і метод лінійних ізолюкс

Олександр Мардзявко,

здобувач вищої освіти спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

***Анотація.** У роботі проаналізовано два методи розрахунку електричного освітлення: метод коефіцієнтів використання світлового потоку та метод лінійних ізолюкс. Проведено порівняння їхньої ефективності, точності та доцільності використання в різних умовах. Метод коефіцієнтів виявився простішим у застосуванні, тоді як метод лінійних ізолюкс забезпечує вищу точність та рівномірність освітлення. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні освітлення для підвищення енергоефективності та комфорту в приміщеннях.*

Ключові слова: електричне освітлення, метод коефіцієнтів, метод лінійних ізолюкс, світловий потік, освітленість, енергоефективність, світлотехнічні розрахунки, рівномірність освітлення.

Актуальність теми. Сучасні тенденції у проектуванні освітлення спрямовані на підвищення енергоефективності, покращення якості освітлення та створення комфортних умов для роботи і побуту. У зв'язку з розвитком технологій та впровадженням нових стандартів освітлення, зростає потреба у точних методах розрахунку світлотехнічних параметрів [1].

Методи розрахунку освітлення, зокрема метод коефіцієнтів використання світлового потоку та метод лінійних ізолюкс, відіграють важливу роль у забезпеченні необхідного рівня освітленості. Вибір відповідного методу дозволяє не лише оптимізувати витрати на освітлення, а й забезпечити рівномірний розподіл світлового потоку в приміщеннях різного призначення. Зважаючи на розвиток автоматизованих систем розрахунку освітлення та вимоги до якості світлового середовища, порівняння різних методів проектування є надзвичайно важливим. Це дозволяє визначити найбільш ефективні підходи до розрахунку та впровадження сучасних рішень у світлотехнічній практиці.

Метою даної роботи є аналіз та порівняння методів розрахунку електричного освітлення для визначення їх ефективності, точності та сфери застосування.

Результати роботи. При проектуванні систем освітлення інженери використовують різні методи для розрахунку кількості та розміщення світильників у

приміщенні, щоб забезпечити оптимальні умови для роботи або побуту. Серед найбільш поширених методів є метод коефіцієнтів використання світлового потоку та метод лінійних ізолюкс, тому розглянемо особливості цих двох підходів і порівняємо їх.

Метод коефіцієнтів використання світлового потоку, цей метод є простим і досить поширеним у практиці проектування освітлення. Його суть полягає у визначенні необхідної кількості світильників на основі загального світлового потоку ламп і коефіцієнта використання світла. Основним розрахунковим рівнянням цього методу, яке вирішене відносно світлового потоку ламп, може бути записано у вигляді [2]:

$$\Phi = \frac{E_n ABKZ}{N\eta}, \quad (1)$$

де E_n - нормована освітленість, лк; k_z - коефіцієнт запасу, в.о.; S - площа приміщення, м²; Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, в.о; N_{Σ} - кількість світильників у приміщенні, шт; η - коефіцієнт використання світлового потоку, в.о;

Основні етапи методу:

- визначення світлового потоку (лм), який генерують лампи;
- використання коефіцієнта використання світлового потоку, що залежить від параметрів приміщення (типу поверхонь, розмірів);
- врахування втрат світла внаслідок забруднення та старіння ламп (коефіцієнт запасу).

Основними перевагами данного методу є простота та швидкість виконання розрахунків, а також універсальність застосування для більшості типів приміщень. Однак метод має і недоліки, зокрема нижчу точність через відсутність урахування нерівномірного розподілу світла, що може бути критичним для складних приміщень з перешкодами або нестандартною геометрією.

Метод лінійних ізолюкс, цей метод є більш точним і використовується для більш детального розрахунку освітлення, особливо в складних приміщеннях. Метод полягає у побудові таких ліній для визначення розподілу освітлення в просторі, рис. 1. Розрахунок освітленості проводять за допомогою графіків лінійних ізолюкс (рис. 2) [2].

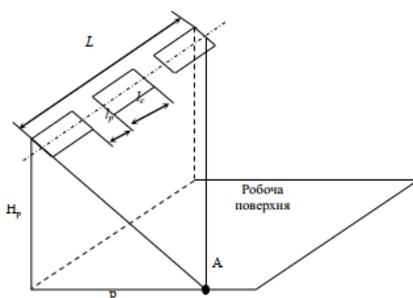


Рис. 1 – Зображення точки світлових ліній

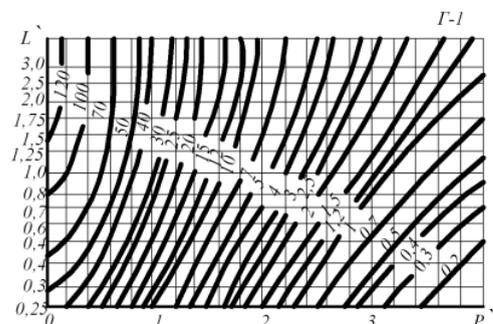


Рис. 2 – Графіки лінійних ізолюкс

Основні етапи методу:

- побудова ізолюкс на плані приміщення для кожного світильника;
- аналіз рівномірності освітлення та коригування розташування світильників;

- врахування відбивної здатності поверхонь і перешкод у приміщенні.

Метод лінійних ізолюкс забезпечує високу точність розрахунків, дозволяючи досягти рівномірного розподілу освітленості з урахуванням особливостей приміщення, зокрема його геометрії та наявності перешкод. Він особливо ефективний для складних приміщень, де стандартні методи можуть бути недостатньо точними. Однак цей підхід має й недоліки: він вимагає використання спеціалізованого програмного забезпечення, що ускладнює та уповільнює розрахунки, а також обмежує його застосування переважно для великих або специфічних об'єктів із високими вимогами до освітлення.

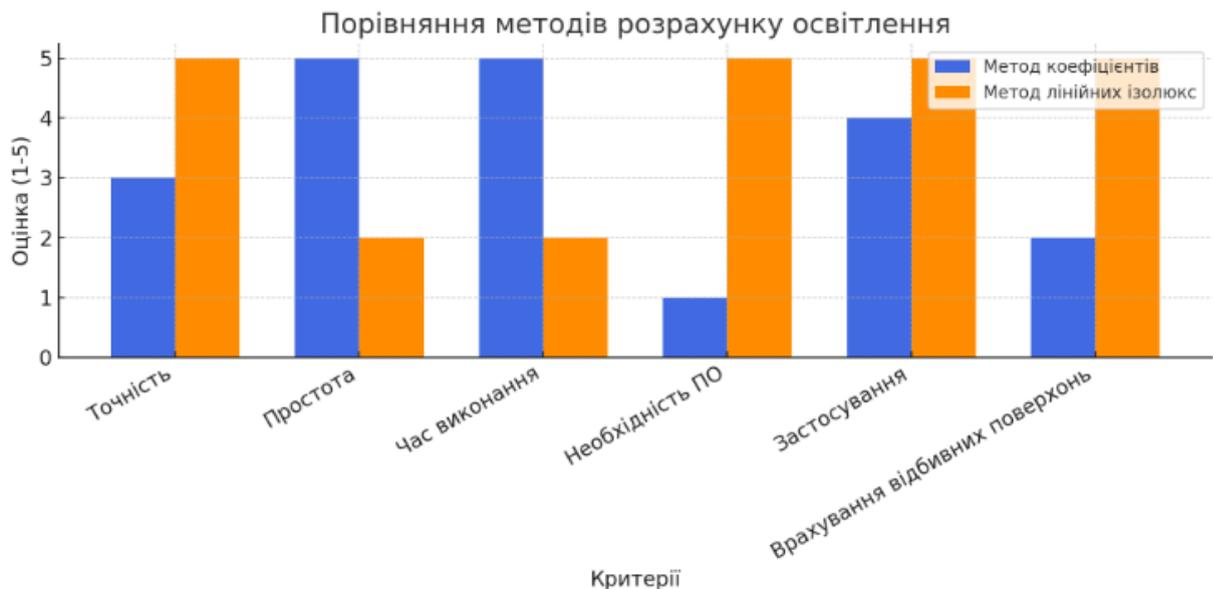


Рис. 3 – Діаграма порівняння методів розрахунку освітлення за ключовими критеріями

На діаграмі порівняння методів розрахунку освітлення представлено оцінку за шістьма ключовими критеріями: точність, простота, час виконання, необхідність програмного забезпечення, застосування та врахування відбивних поверхонь.

Метод коефіцієнтів використання світлового потоку отримав високі оцінки за простоту (5 балів) та швидкість виконання (5 балів), що підтверджує його ефективність для стандартних приміщень. Однак він має нижчу точність (3 бали) і обмежене врахування відбивних поверхонь (2 бали), що робить його менш придатним для складних об'єктів.

Метод лінійних ізолюкс, навпаки, забезпечує високу точність (5 балів) та повне врахування відбивних поверхонь (5 балів), що дозволяє створити рівномірне освітлення навіть у приміщеннях з нестандартною геометрією. Проте його складність (2 бали) та тривалий час розрахунку (2 бали) роблять його менш практичним для швидких розрахунків без використання спеціалізованого програмного забезпечення.

Висновок. Метод коефіцієнтів є простим і підходить для швидкого розрахунку освітлення в стандартних умовах. Однак, коли потрібна висока точність або приміщення має складну геометрію, метод лінійних ізолюкс дозволяє забезпечити більш рівномірний і контрольований рівень освітленості. Вибір методу залежить від завдань, які стоять перед проектувальником, та особливостей приміщення.

Таким чином, вибір методу залежить від конкретних вимог до освітлення: метод коефіцієнтів підходить для швидких і простих розрахунків у стандартних

приміщеннях, тоді як метод лінійних ізолюкс є оптимальним для складних проєктів, де необхідна висока точність та рівномірність освітлення.

Список використаних джерел

1. Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М. Електричне освітлення та опромінення. Харків : Планетапрінт, 2018. 332 с.
2. Мардзявко В. А. Електричне освітлення. Миколаїв : МНАУ, 2024. 106 с.

Abstract. *The paper analyzes two methods for calculating electric lighting: the method of luminous flux utilization coefficients and the method of linear isolux. Their efficiency, accuracy, and feasibility of use in different conditions are compared. The method of coefficients turned out to be easier to use, while the method of linear isolux provides higher accuracy and uniformity of lighting. The results obtained can be used in lighting design to increase energy efficiency and comfort in rooms.*

Keywords: *electric lighting, method of coefficients, method of linear isolux, luminous flux, illumination, energy efficiency, lighting calculations, uniformity of lighting*

Науковий керівник:

Мардзявко В.А.,

асистент

кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Миколаївський національний аграрний університет

УДК. 621.327

Моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання

Дмитро Тіщенко,

здобувач вищої освіти спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. *У роботі досліджується процес вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання шляхом математичного моделювання. Розглянуто термічні та електричні аспекти деградації нитки, включаючи зміну маси, температури та опору в процесі експлуатації. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення конструкції ламп та підвищення їхньої довговічності.*

Ключові слова: *вольфрамова нитка, лампа розжарювання, моделювання, термічні процеси, електричний опір, випаровування, термодинаміка, енергоефективність.*

Вступ. Лампочки розжарювання є одним із найпоширеніших джерел світла, проте їх ефективність залишається низькою через значні теплові втрати. Основним елементом лампи розжарювання є вольфрамова нитка, яка при нагріванні до високих температур починає світитися. Водночас, процес її вигорання визначає термін служби лампи. Дослідження фізичних процесів, що відбуваються у вольфрамовій нитці під час роботи лампи, є актуальним для покращення її характеристик та розробки енергоефективних технологій освітлення [1]. Моделювання цих процесів дозволяє прогнозувати зміни електричних і термічних параметрів нитки, а також оцінити вплив різних факторів на її деградацію.

Метою даного дослідження є моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання з урахуванням термічних і електричних аспектів.

Результати дослідження. Моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання є складним завданням, яке потребує врахування багатьох фізичних та хімічних процесів. В основі моделі можуть бути як термічні, так і електричні аспекти [1].

При подачі електричного струму через вольфрамову нитку виникає нагрівання [2]:

$$P = I^2 \cdot R, \quad (1)$$

де P - потужність, що виділяється на нитці (Ват); I - струм (ампер); R - опір нитки (Ом).

Температура вольфрамової нитки зростає до точки, де вона починає світитися. Температура може бути розрахована за допомогою формули [2]:

$$T = T_0 + \frac{P}{A \cdot k}, \quad (2)$$

де T_0 - початкова температура; A - площа поперечного перерізу нитки (м^2); k - коефіцієнт теплопровідності вольфраму ($\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$).

Враховуючи зазначені складові процес вигорання вольфрамової нитки включає фізичні зміни, які відбуваються під час тривалого нагрівання. Процес вигорання вольфрамової нитки включає фізичні зміни, які відбуваються під час тривалого нагрівання.

З часом вольфрамова нитка втрачає масу через випаровування, що можна змоделювати за допомогою рівняння [2]:

$$\frac{dm}{dt} = -k_m \cdot A \cdot (T - T_{\text{subl}}), \quad (3)$$

де m - маса нитки (кг); k_m - константа випаровування (залежить від температури); T_{subl} - температура сублімації вольфраму.

З часом, внаслідок зменшення маси, опір нитки зростає:

$$R(t) = R_0 \left(1 + \frac{(m_0 - m(t))}{m_0} \right), \quad (4)$$

де R_0 - початковий опір нитки; m_0 - початкова маса нитки.

В результаті для опису процесу вигорання вольфрамової нитки можна створити систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dm}{dt} = -k_m \cdot A \cdot (T - T_{subl}) \\ P = I^2 \cdot R \\ T = T_0 + \frac{P}{A \cdot k} \\ R(t) = R_0 \left(1 + \frac{(m_0 - m(t))}{m_0} \right) \end{cases}, \quad (5)$$

Щоб виконати моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання, будемо використовувати наведені раніше рівняння. Для спрощення ми скористаємося чисельними методами для розв'язання системи диференціальних рівнянь.

Спочатку розрахуємо площу поперечного перерізу нитки:

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0,0002)^2}{4} = 3,14 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2, \quad (6)$$

Обчислимо початкову масу нитки:

$$V = A \cdot L = (3,14 \cdot 10^{-8} \cdot 0,1) = 3,14 \cdot 10^{-9} \text{ м}^3, \quad (7)$$

$$m_0 = \rho_w \cdot V = 19250 \cdot 3,14 \cdot 10^{-9} = 6,04 \cdot 10^{-5} \text{ кг}, \quad (8)$$

Далі ми можемо моделювати процес вигорання за допомогою чисельних методів (наприклад, методу Ейлера). Виконаємо розрахунки для даної системи рівнянь, відстежуючи зміни маси, температури, опору і т.д. протягом певного часу.

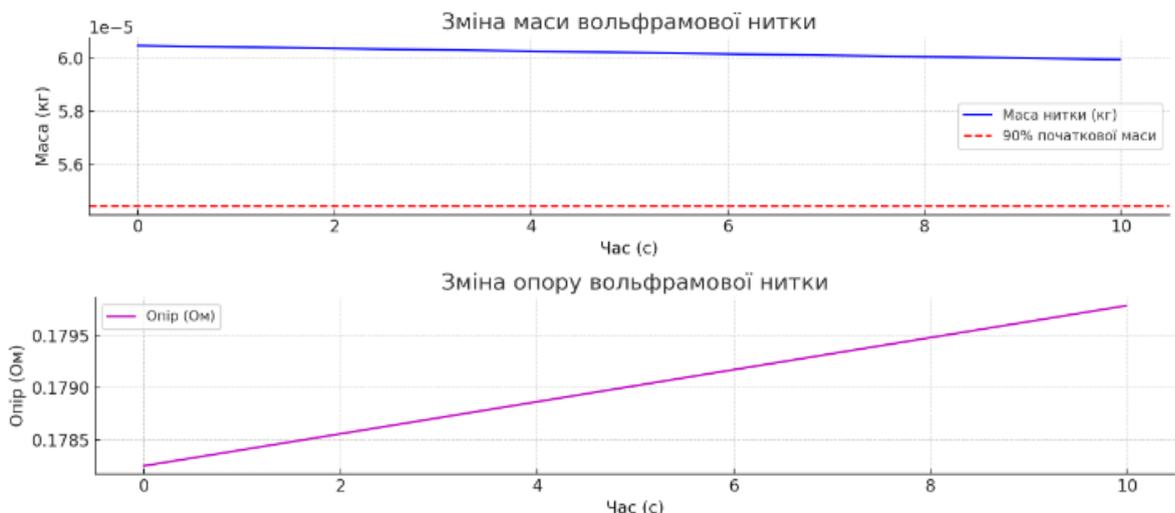


Рис. 1 – Результати моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки в лампочці розжарювання

Графік показує, як з часом зменшується маса нитки. Червона пунктирна лінія вказує на рівень 90% від початкової маси. Це важливий критерій, оскільки

коли маса зменшується до цього рівня, нитка може почати зазнавати значних змін, включаючи руйнування.

Опір нитки зростає внаслідок втрати маси. Оскільки опір залежить від довжини та площі поперечного перерізу, зменшення маси призводить до збільшення опору.

Висновки. Моделювання процесу вигорання вольфрамової нитки може бути здійснено за допомогою системи рівнянь, яка описує термічні та електричні аспекти роботи лампочки. Для отримання точних результатів можна використовувати чисельні методи, такі як метод Ейлера або метод Рунге-Кутти.

Моделювання показує, як вольфрамова нитка втрачає масу і нагрівається до високих температур. Ці дані важливі для розуміння термодинамічних процесів у лампочках розжарювання та можуть допомогти у вдосконаленні їх дизайну для зменшення втрат та підвищення ефективності.

Список використаних джерел:

1. Кушлик Р. В., Яковлев В. Ф., Куценко Ю. М. Електричне освітлення та опромінення. Харків : Планетапрінт, 2018. 332 с.
2. Smith J., Brown K. Tungsten Filament Degradation in Incandescent Lamps // Journal of Electrical Engineering. 2020. 45, 3. P. 112-125.

Abstract. *The paper investigates the process of tungsten filament burnout in an incandescent light bulb by mathematical modeling. Thermal and electrical aspects of filament degradation are considered, including changes in mass, temperature, and resistance during operation. The results obtained can be used to improve the design of lamps and increase their durability.*

Keywords: *tungsten filament, incandescent lamp, modeling, thermal processes, electrical resistance, evaporation, thermodynamics, energy efficiency.*

Науковий керівник:

Руденко А.Ю.,

асистент

*кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Миколаївський національний аграрний університет*

UDC. 539.3

Study of bending vibrations of a thin elastic circular insert and their effect on stress concentration in an unconfined environment

Vitalii Timoshenko

student of higher education, specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

Mykolaiv National Agrarian University

Mykolaiv, Ukraine

Abstract. *The paper investigates the bending vibrations of a thin elastic circular insert in an unconfined medium and performs a numerical analysis of stress concentration near the inclusion under the action of a harmonic normal load. The influence of the ratio of the elastic properties of the matrix and the inclusion on the value of the stress intensity factor (SIF) is established. It is shown that with a decrease in the stiffness of the inclusion, the dependence of SIF on the wave number becomes more complicated, exhibiting multiple maxima and minima, and taking into account the elasticity of the inclusion significantly changes both the value of SIF and the nature of its dependence on the wave number. The possibility of approximating highly rigid inclusions as absolutely rigid in practical calculations for various material combinations is assessed.*

Keywords: *bending oscillations, an unbounded elastic body (matrix), elastic circular inclusions.*

Introduction. Contemporary challenges in dynamic fracture mechanics, along with the need to enhance nondestructive testing and flaw detection techniques, call for continued development of methods to analyze the dynamic interaction of thin-walled inclusions with their surroundings [1]. A particularly significant case involves circular (disk-shaped) inclusions. This is largely because thin, disc-like reinforcing elements are commonly found in machine components and building structures. Such thin inclusions act not only as stress concentrators but also as fillers in composite materials. In the fabrication of composites, the matrix is frequently reinforced with coin-shaped elements of high stiffness [2]. Consequently, these types of inclusions have consistently been the focus of considerable research attention. The aim of this study is to examine the bending vibrations of a thin elastic circular inclusion within an unbounded medium, with the goal of eventually determining the elastic modulus ratios for a wide range of materials.

Research results. The issue of bending vibrations of a thin circular elastic plate inclusion is addressed (Fig. 1). These oscillations are induced by the application of a normal harmonic load on the inclusion.

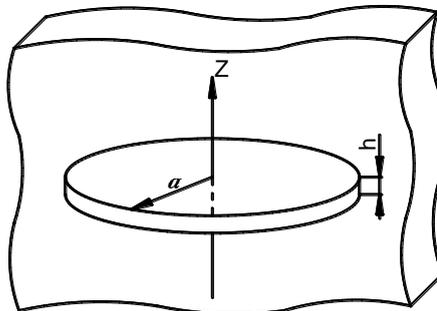


Fig. 1. Image of a round elastic plate

Let us examine the results of a numerical analysis of stress concentration around the inclusion, conducted under the assumption that the inclusion is subjected to a uniformly distributed load. In this context, the expressions for the load function acting on the inclusion are as follows:

$$f(y) = \frac{1}{2\pi} \int_{-1}^1 S(\zeta) F(\zeta, y) d\zeta; S(y) = \frac{P_0(ay)}{a\mu_1}; P_0(\tau) = \int_r^a \frac{rp(r)}{\sqrt{\tau^2 - r^2}} \cdot$$

Need to put

$$S(y) = \frac{P_0}{\mu_1} \sqrt{1 - y^2}.$$

It was also assumed in the calculations that $\varepsilon = 0,05$, and in the systemlinear algebraic equations

$$\frac{1 + \xi^2}{4} g_k + \frac{1}{2\pi} \sum_{m=1}^n A_m g_m [Q(y_m - y_k) - F(y_m, y_k)] = i\alpha_0,$$

up to 30 interpolation nodes were used, which ensured obtaining RIF values with a relative error of less than 0.1% for the entire wavenumber range.

The stress intensity factor (SIF) values are influenced by the ratio of the elastic properties of the matrix and the inclusion, including their densities, elastic moduli, and Poisson's ratios. To investigate the effect of inclusion stiffness on the SIF, it was assumed that the inclusion and the matrix share the same density and identical Poisson's ratios. The results are presented as graphs in Fig. 2(a), with each curve representing a specific ratio of the elastic moduli. One of the curves exactly coincides with that of a perfectly rigid inclusion [3].

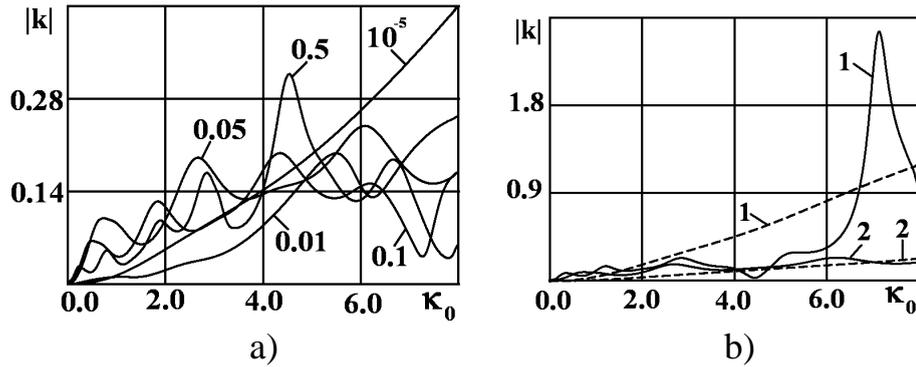


Fig. 2. Research results

Analysis of the graphs indicates that as the rigidity of the inclusion decreases, the relationship between the SIF and the wave number becomes more complex, exhibiting multiple minima and maxima. Overall, a reduction in inclusion stiffness leads to a decrease in stress concentration around it. However, even for very stiff inclusions, the SIF at certain frequencies can exceed the values corresponding to a perfectly rigid inclusion.

To assess whether highly rigid inclusions can be approximated as absolutely rigid in practical strength calculations, the recovery factor was calculated for several specific material combinations. The results are shown in Fig. 2(b). Solid curves account for the elasticity of the inclusion, while dashed curves assume the inclusion is perfectly rigid. Curves 1 correspond to concrete as the matrix and steel as the inclusion, whereas curves 2 represent a steel inclusion in a lead matrix. It is evident that considering the inclusion's elasticity significantly alters both the magnitude of the SIF and its dependence on the wave number.

Conclusion. The study analyzed the bending vibrations of a thin elastic circular insert in an unconfined environment and performed a numerical analysis of the stress

concentration near it. It was found that the values of the stress intensity factor (SIF) depend on the ratio of the elastic properties of the matrix and the inclusion, in particular, the density, elastic moduli, and Poisson's ratios.

The study showed that with a decrease in the stiffness of the inclusion, the dependence of SIF on the wave number becomes more complicated, exhibiting numerous minima and maxima. In general, a decrease in stiffness leads to a decrease in the stress concentration in its vicinity, but even for very stiff inclusions at certain frequencies the SIF can exceed the value for an absolutely stiff inclusion.

An assessment of the possibility of approximating highly stiff inclusions as absolutely stiff in practical calculations showed that taking into account the elasticity of the inclusion significantly affects the value of SIF and the nature of its dependence on the wave number for various material combinations, in particular for concrete with steel inclusions and steel in a lead matrix.

References

1. G. Popov, "Construction of discontinuous solutions of differential equations of elasticity theory for a complex medium with interfacial defects," *Reports of the Russian Academy of Sciences*, vol. 36, no. 6, pp. 759–763, 2019.
2. Z. Nazarchuk, *Numerical study of wave diffraction on cylindrical structures*. Kyiv: Naukova Dumka, 2009.
3. L. Vahonina and V. Popov, "Axisymmetric vibrations of space with a thin rigid inclusion," *Theory and Practice of Grinding, Separation, Mixing and Compaction Processes*, no. 9, pp. 28–34, 2016.

Анотація. У роботі досліджено згинальні коливання тонкої еластичної круглої вставки в необмеженому середовищі та проведено чисельний аналіз концентрації напружень біля включення під дією гармонійного нормального навантаження. Встановлено вплив співвідношення пружних властивостей матриці та включення на значення коефіцієнта інтенсивності напружень (SIF). Показано, що зі зменшенням жорсткості включення залежність SIF від числа хвиль ускладнюється, проявляючи множинні максимуми та мінімуми, а врахування пружності включення суттєво змінює як величину SIF, так і характер його залежності від числа хвиль. Проведено оцінку можливості апроксимації високо-жорстких включень як абсолютно жорстких у практичних розрахунках для різних матеріальних комбінацій.

Ключові слова: згинальні коливання, необмежене пружне тіло (матриця), пружні кругові включення.

Supervisor:

Vahonina L. V.

*Ph.D. physical.-math. Sciences, Associate Professor
department of electric power engineering, electrical engineering and
electromechanics
Nikolaev National Agrarian University*

UDC 669.7

Analysis of the design features of transformer heating elements in electrical complexes of decentralized heat supply

Marat Muratov

student of higher education, specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

Mykolaiv National Agrarian University

Mykolaiv, Ukraine

Abstract. *The paper analyzes the design features of transformer heating elements used in electrical complexes of decentralized heat supply. Particular attention is paid to the dependence of the efficiency and reliability of the element on operating conditions, such as the properties of the coolant and the possibility of scale formation. Single-phase and three-phase designs with a sealed secondary winding are considered, as well as heating elements with a three-phase spatial magnetic circuit and a central tube for fluid circulation. It is shown that the proposed design solutions provide an increased heat transfer coefficient, uniform distribution of the thermal load and a high level of electrical safety. The results obtained indicate the feasibility of using such heating elements in decentralized heat supply systems to increase the efficiency and reliability of heat exchange devices.*

Key words: *electrotechnical complex, heating, heat supply, electric heating method, heating element.*

Analysis of previous studies. A feature of the transformer-type heating element, which is part of the electric complex of decentralized heat supply, is that its design directly depends on the operating conditions. In particular, to increase the efficiency and reliability of the heater in the case of heating liquid media, it is necessary to provide a sufficiently large heat exchange area, which takes into account the possibility of scale formation and other deposits on the heating surface. This allows maintaining the optimal thermal regime and preventing overheating of the heater surface. In addition, an important parameter is the specific surface power, i.e. power per unit of heat exchange area. For devices intended for heating water, it should not exceed 10 W/cm², since exceeding this indicator can lead to intensive scale formation and a decrease in the durability of the element [1].

The purpose of the study is to analyze the design features of the transformer heating element as part of the electric complex of decentralized heat supply, to determine the factors that affect its efficiency, reliability and operational characteristics.

Presenting main material. Among the numerous designs of transformer electric heating elements considered in works [2–4], the most promising are single-phase heaters with a power of up to 5 kW and three-phase transformer heating elements with a secondary winding made in the form of a hermetic housing made of sheet conductive

material [5]. The use of a hermetic housing provides reliable insulation of the secondary winding from the coolant and prevents the formation of corrosion, which significantly increases the service life of the element.

Such heating elements demonstrate high efficiency and stability of operation when fully immersed in the heating medium. The increased heat transfer coefficient is achieved due to the fact that heat is generated not only in the secondary winding, but also in the primary winding and magnetic core (inductor). This allows for a more uniform distribution of the thermal load, reducing the risk of local overheating, and provides additional heating of the coolant, which increases the overall efficiency of the system.

One of the promising designs of a transformer heating element for use in decentralized heat supply systems is an element with a three-phase spatial magnetic circuit (Figure 1). The primary winding of this element is made of copper wire of rectangular cross-section and is located on the rods of the magnetic circuit (Figure 2). This arrangement provides an optimal magnetic field that evenly passes through all phases of the winding, reduces losses due to heating of the magnetic core and increases the efficiency of the heater.

In addition, the design of the element allows you to adjust the distance between the rods and the thickness of the winding, which makes it possible to adapt it to different coolants and operating conditions. This is especially important for decentralized heat supply systems, where the temperature and properties of the coolant can vary significantly. This design ensures high reliability of the heating element, long service life and efficient use of electrical energy.

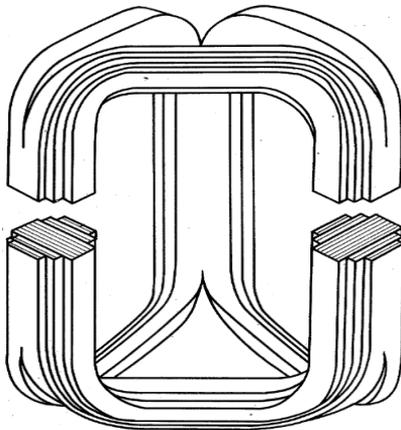


Fig. 1. Image of a three-phase spatial magnetic circuit

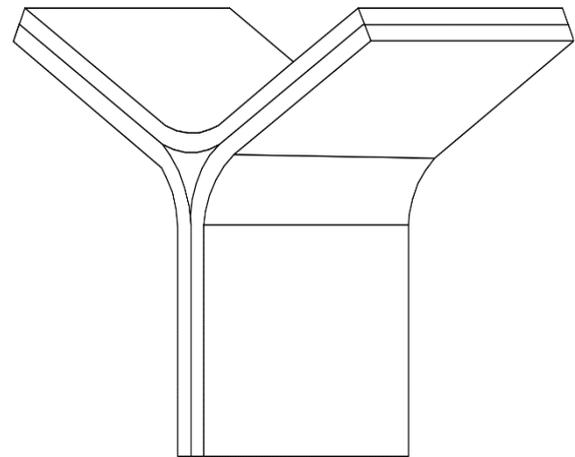


Fig. 2. A star-shaped jumper of a transformer-type heating element

According to the principle of operation of transformer heating elements, the secondary winding of the presented element has one short-circuited turn and consists of a housing shell 3 and a star-shaped jumper 4, as shown in Fig. 3. Thanks to these elements, a three-phase electrical circuit is formed, where the current flows through the contact between the housing shell and the jumper.

The ends of the wires of the three-phase primary winding are brought out through a tube 5 for connection to a source of electrical energy. To create a hermetic structure, covers 6 are installed at the ends of the element, and the internal cavity is filled with a

special filling material that provides effective heat exchange. The heat flow through the filler is transmitted from the active parts of the inductor to the housing, which is in contact with water, ensuring its heating.

To improve the thermal regime of the heating element, a tube 7 is located in the center of the jumper, through which the heated liquid circulates (Fig. 4). This design measure helps to increase the intensity of heat exchange between the coolant and the heating element due to heat transfer from the primary winding. In addition, it increases the utilization factor of the active surfaces of the element, which provides not only a more rational and efficient use of the structure, but also increases the overall efficiency of the decentralized heat supply system (NETT).

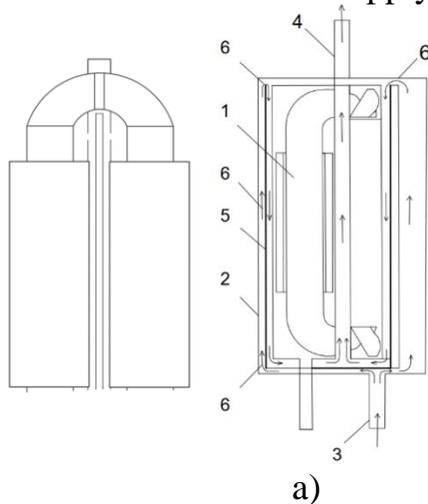


Fig. 4. - The location of the log for additional heat transfer (a) and the heating block of the heat generator (b)

Inside the heating unit there is a three-phase spatial magnetic circuit (heater) 1 (Fig. 4), which consists of a housing 2, supply pipes 3 and outlet 4, as well as a water-separating casing 5, which ensures the distribution of water flows to create optimal heat exchange conditions. Heated water 6 passes along the walls of the heat block housing, entering the channel between the heating element and the water-separating casing, where it is effectively heated to the required temperature (approximately 85 °C) in the central tube.

To ensure a high level of electrical safety, the primary winding, in addition to the standard wire insulation, has reinforced insulation in the form of a filling material, which provides additional protection against breakdown and contact with the coolant. In addition, the design solutions meet the operating conditions of heating elements in liquid media, which takes into account the possibility of scale formation and fluctuations in the properties of the coolant, ensuring reliable and stable operation of the system.

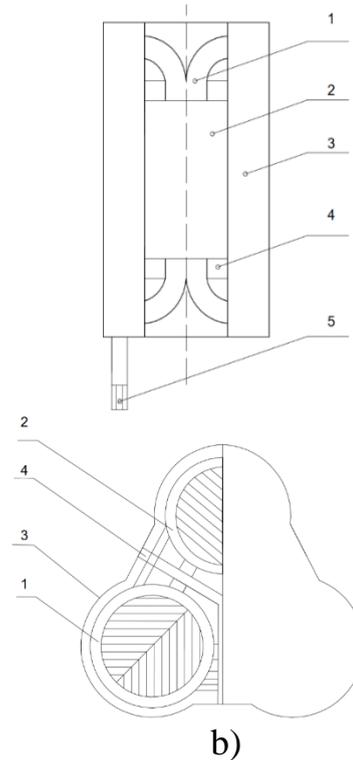


Fig. 3. Electric heating element of the transformer type with a spatial magnetic system

Conclusion. The analysis of previous studies and the considered designs of transformer heating elements allows us to draw several important conclusions regarding their use as part of the electrical complex of decentralized heat supply. The main feature of such heaters is the direct dependence of design parameters on operating conditions, in particular on the properties of the coolant and its circulation mode. To increase the efficiency and reliability of heating liquid media, it is necessary to provide a sufficiently large heat exchange area, taking into account the possibility of scale formation and other deposits, and the specific surface power should not exceed 10 W/cm² to prevent local overheating and reduce the intensity of scale deposition.

Among the numerous designs of transformer heating elements, the most promising are single-phase heaters with a capacity of up to 5 kW and three-phase elements with a sealed secondary winding. The sealed housing provides reliable insulation of the winding from the coolant, prevents corrosion and extends the service life of the element. High efficiency is achieved by generating heat in both the secondary and primary windings and the magnetic core, which provides a more even distribution of the thermal load and additional heating of the coolant.

The design of the heating element with a three-phase spatial magnetic circuit, a primary winding made of rectangular copper wire and a star-shaped jumper allows you to optimize the magnetic field, increase the utilization of active surfaces and adjust the parameters for working with different coolants. Additional elements, such as a central tube for circulating the heated liquid and a water-separating casing, improve heat exchange conditions and ensure that the required water temperature (approximately 85 °C) is achieved with high efficiency.

References.

1. Аналіз розвитку галузі центрального теплопостачання в Україні. Розвиток європейського простору очима молоді: економічні, соціальні та правові аспекти : Всеукр. науково-практ. конф. докторантів, молодих уч. та студентів, м. Харків, 17 травня 2019 рок, 17 трав. 2019 р. Харків, 2019. URL: <https://cdn.hneu.edu.ua/rozvitok19/thesis02-29.html>.
2. Laakso J. Distric the atingandcombinedheatandpowerinthe Finnish Energy System. Euroheat and Power: Fernwarmeint. 2001. No. 3. P. 12–14.
3. Mads M. 45000 kmofprefabricatedpipesinEurope. Fjernvarme. 1998. No. 3. P. 51–56.
4. Persson T., Jander L. Stockholm – thecityoflargeheatpumps. ASEA journal. 1998. No. 2. P. 4–7. URL: <https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/6042544>.
5. Pudig W. Combinedheatandpowerfordistrictheating. PhysicsinTechnology. 1986. No. 17. P. 125–131. URL: <https://doi.org/10.1088/0305-4624/17/3/I03>.

Supervisor:

Stavynsky A.A.,

Dr. Tech. science, professor,

department of electric power engineering, electrical engineering and electromechanics

Mykolaiv National Agrarian University

UDC. 62-52

Benefits of an automated electrical equipment control system in elevator complexes

Vyacheslav Sheptytskyi

student of higher education, specialty 141 "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

Mykolaiv National Agrarian University

Mykolaiv, Ukraine

Abstract. *The work includes an analysis of progress processes of automation of control systems of electrotechnical equipment in elevators, and the consequences to which modern automation of the enterprise leads.*

Keywords: *management system, elevator, automatic system, efficiency, human factor.*

Introduction. Grain processing and storage have evolved considerably since the previous century, driven by advances in computer technology and process automation. Modern electronic developments have redefined key aspects of production, including safety, employee training costs, and the efficiency of product handling and storage, giving these factors new significance [1]. As a result, automatic controllers, variable frequency drives, and monitoring systems are now employed to manage inventory, transport grain, regulate storage atmospheres, and enhance the productivity, safety, and cost-effectiveness of grain processing facilities.

The purpose of research. To examine the automation of elevator operations and identify the factors influencing the energy efficiency, productivity, and safety of grain storage and handling.

Result. Operators and automated systems have demonstrated high cost-effectiveness, enhancing workplace safety by preventing errors. They also reduce the need for manual labor, lowering operational costs and improving overall process efficiency. In grain storage, environmental conditions are monitored in real time, allowing immediate adjustments to the aeration system rather than waiting for scheduled inspections. Continuous system monitoring quickly detects equipment issues, further increasing reliability and safety [2,3].

Although manual labor may appear to reduce costs, maintaining a complex automation system requires periodic servicing, often involving specialized electronics or IT technicians to support hardware and software upgrades. Consequently, labor demands are not eliminated but shift toward personnel with different skills. Proper training is also essential for service staff and operators who work intensively with automated systems.

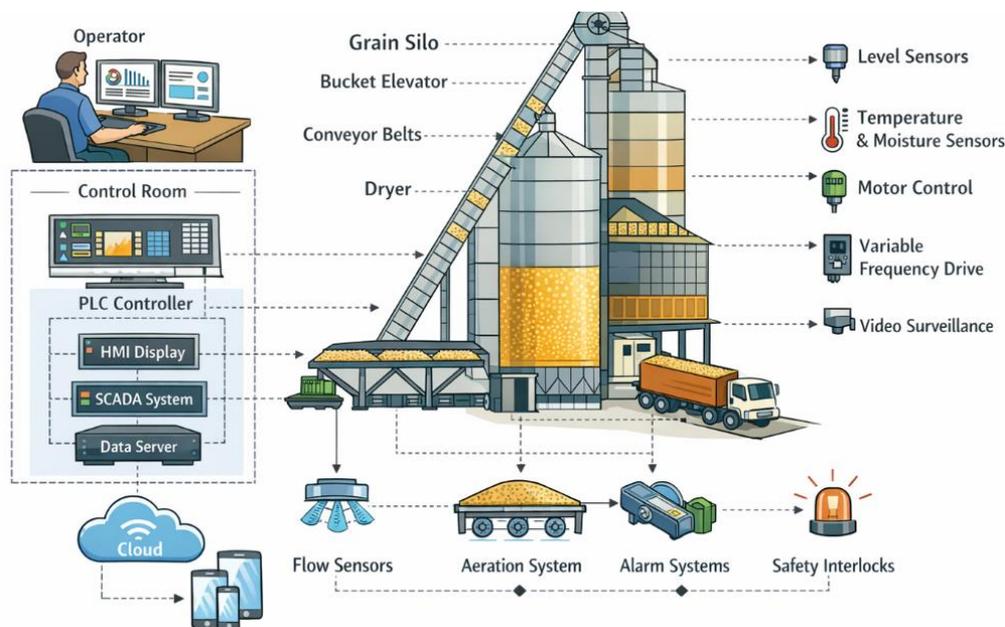


Fig. 1 – Grain elevator automation system

Conclusion. The elevator control, monitoring, and visualization system helps prevent unexpected errors during grain reception, storage, and shipment, reduces operational and production costs, and minimizes unplanned downtime. It enables timely and accurate decision-making by operators or dispatchers, ensures proper control of actions, automatically manages transport tasks by selecting optimal routes, and allows remote monitoring and control of the transshipment complex.

Literature

1. Вирішення задач автоматизації елеваторного комплексу / Кудряшов В. С. та ін. / Вісник ВДУІТ. 2018. №1. С. 117 - 123.
2. Мардзявко В. А. Аналіз організації керування обладнанням для забезпечення транспортування зернової продукції на елеваторах / В. А. Мардзявко // Інженерія природокористування. 2020. Т. 4, № 18. С. 35–41.
3. Чубук Л. П. Інвестування у зерносховища: порівняння та вибір альтернативних варіантів / Л. П. Чубук. // Глобальні та національні проблеми економіки. 2015. №8. С. 677–682.

Supervisor:
Mardziavko V.A,
assistant

departments of electric power engineering, electrical engineering and electromechanics
Mykolaiv National Agrarian University

Електротехнічне забезпечення високовольтної імпульсної обробки металів і сплавів у процесі кристалізації

Андрій Воробйов,

здобувач вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. У роботі обґрунтовано застосування високовольтної електроімпульсної обробки металів на стадії кристалізації для підвищення механічних властивостей литих деталей. Розроблено генератор імпульсного струму та побудовано RLC-модель розрядного контуру для аналізу перехідних процесів, що дозволяє оптимізувати параметри імпульсу. Показано, що керування імпульсним впливом сприяє формуванню дрібнозернистої структури сплавів та підвищенню їх експлуатаційних характеристик.

Ключові слова: електродна система, генератор імпульсного струму, імпульс, макроструктура зливків, процес кристалізації.

Вступ. Підвищення строку служби деталей сільськогосподарських машин є однією з ключових задач, що постають перед інженерами агропромислового комплексу. Одним із напрямів її вирішення є створення нових сплавів та вдосконалення наявних матеріалів. Сьогодні існує значна кількість методів підвищення якості литого металу, функціональні можливості яких є різноплановими та орієнтованими на досягнення різних технологічних цілей. Водночас універсального способу, здатного забезпечити однаково ефективний вплив на структуру і властивості металу, не існує. Перспективним напрямом є електроімпульсна обробка рідкого металу на стадії кристалізації. Попередні дослідження свідчать про її достатньо високу ефективність, однак цей метод залишається інноваційним і наразі недостатньо вивченим. У зв'язку з цим актуальним є розроблення електротехнічного обладнання для реалізації технології позапічної обробки металів і сплавів.

Мета роботи є розробка електророзрядної установки позапічної обробки металу для виготовлення зносостійких деталей сільськогосподарської техніки.

Результати дослідження. Джерелом енергії для здійснення високовольтної електроімпульсної обробки металевого розплаву є генератор імпульсного струму (ГІС) (див. рис. 1). Конструктивно він являє собою накопичувальну систему, основу якої становить конденсаторна батарея з паралельним з'єднанням конденсаторів. Кількість елементів у батареї, їх номінальна напруга та сумарна ємність визначають запас енергії, що може бути накопичений і переданий у навантаження.

Принцип роботи ГІС полягає у поетапному накопиченні електричної енергії протягом відносно тривалого часу від джерела живлення через зарядний

пристрій. Після досягнення заданого рівня напруги відбувається швидка комутація розрядного кола, внаслідок чого накопичена енергія вивільняється у вигляді короткочасного імпульсу великої потужності. Тривалість імпульсу є значно меншою за час заряду, що забезпечує високу пікову потужність розряду та ефективний енергетичний вплив на розплав.

Такий режим роботи дозволяє формувати імпульсні струми великої амплітуди, необхідні для інтенсифікації процесів, що відбуваються під час кристалізації металу, зокрема для впливу на структуру розплаву та умови формування кристалічної решітки [1].

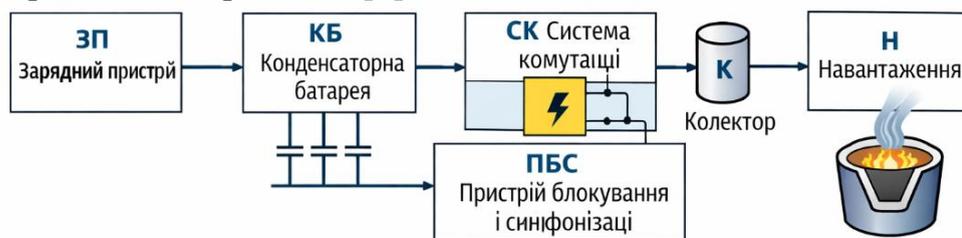


Рис. 1. Структурна схема ГІС

Розрахунок основних параметрів генератора імпульсного струму здійснювався на основі класичних співвідношень теорії електричних кіл [2]. Насамперед визначалася енергія, що накопичується в конденсаторній батареї W_0 , яка залежить від сумарної ємності батареї C та напруги заряду U . Середня потужність на виході генератора визначається з урахуванням частоти повторення імпульсів і дорівнює добутку енергії одного імпульсу на частоту їх слідування. Середній струм заряду конденсаторної батареї розраховується як відношення енергії, що накопичується за один цикл, до напруги та часу заряду (або з урахуванням частоти повторення імпульсів).

Споживана потужність зарядного пристрою визначається з урахуванням коефіцієнта корисної дії зарядного контуру η і дорівнює відношенню середньої вихідної потужності до цього коефіцієнта. У виконаних розрахунках значення η приймалося в межах 0,7–0,8, що відповідає реальним параметрам силових випрямлячів та високовольтних зарядних пристроїв.

Таким чином, наведені залежності дозволяють визначити енергетичні можливості генератора імпульсного струму та обґрунтувати вибір його основних конструктивних і електричних параметрів.

На основі визначених значень середнього струму заряду конденсаторної батареї та споживаної потужності здійснюється вибір типового трансформатора-випрямляча, який забезпечує необхідні параметри живлення зарядного контуру. Саме цей вузол є базовим елементом, від якого формується загальна компоновка генератора імпульсного струму, визначаються його габарити, енергетичні можливості та режим роботи.

Для аналізу електричних характеристик ГІС у момент розряду необхідно розглядати перехідні процеси, що виникають під час розряду накопиченої в конденсаторній батареї енергії на рідкий метал [3]. Повний аналітичний розрахунок таких процесів є складним через багатокomпонентність розрядного кола та наявність паразитних параметрів. Тому доцільно використовувати

спрощену еквівалентну схему розрядного контуру (рис. 2), яка адекватно відображає основні електричні параметри системи та дозволяє визначити ключові розрядні характеристики високовольтного обладнання — амплітуду струму, тривалість імпульсу, частоту коливань і швидкість затухання.

Оскільки конденсаторна батарея розряджається на індуктивне навантаження, а металевий розплав характеризується високою електропровідністю, процес розряду відбувається у коливальному режимі. У цьому випадку розрядний контур можна розглядати як RLC-систему, для якої часову залежність струму $I(t)$ доцільно описувати у вигляді затухаючої синусоїдальної функції. Такий характер зміни струму зумовлений наявністю індуктивності, що спричиняє коливальний процес, та активного опору, який забезпечує поступове зменшення амплітуди імпульсу:

$$I(t) = \frac{I'}{\sqrt{1-\gamma^2}} \cdot \exp(-\gamma \cdot t) \cdot \sin(\sqrt{1-\gamma^2} \cdot t), \quad (1)$$

$$I' = U_0 \cdot \sqrt{C/L}, \quad (2)$$

$$\gamma = 0,5 \cdot R \cdot \sqrt{C/L}, \quad (3)$$

де R - активний опір розрядного контуру (Ом), який визначається як $R = R_{дж} + R_p + R_{розп} + R_{пр}$, де $R_{дж}$, R_p , $R_{розп}$ та $R_{пр}$ - активні опори накопичувача, розрядника, розплаву та сполучних проводів відповідно; L - індуктивність розрядного контуру (Гн), що визначається як $L = L_{дж} + L_p + L_{розп} + L_{пр}$, де $L_{дж}$, L_p , $L_{розп}$ та $L_{пр}$ - внутрішня індуктивність накопичувача, індуктивність розрядника, власна індуктивність розплаву та сполучних проводів.

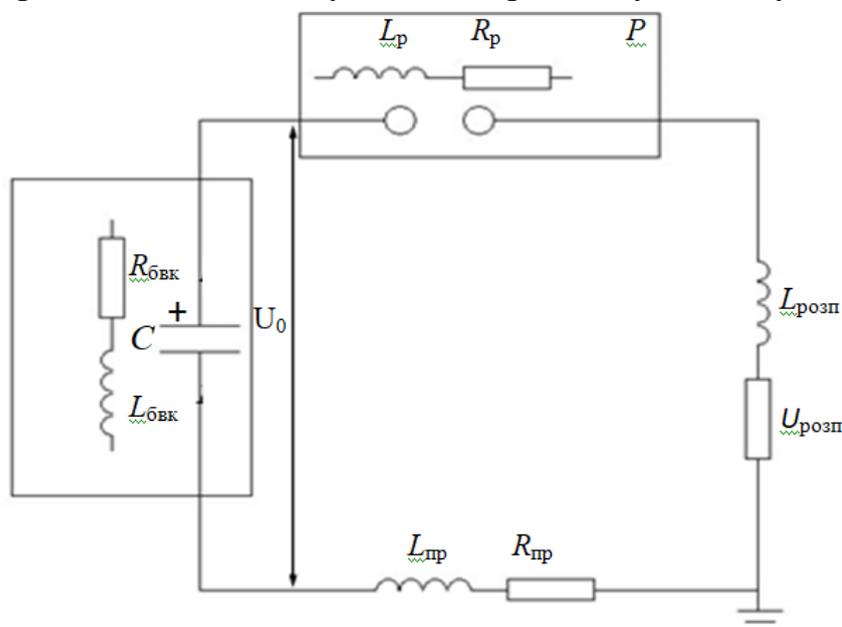


Рис. 2. Спрощена еквівалентна схема розрядного кола генератора імпульсного струму: БВК - батарея високовольтних конденсаторів; $L_{бвк}$ - внутрішня індуктивність накопичувача енергії; $R_{бвк}$ - активний опір конденсаторної батареї; P - повітряний іскровий розрядник; L_p - індуктивність розрядника; R_p - активний опір розрядника; $L_{розп}$ - власна індуктивність

металевого розплаву; $R_{розп}$ - електричний опір розплаву; $L_{пр}$ - індуктивність з'єднувальних провідників; $R_{пр}$ - активний опір сполучних проводів
Максимально можлива амплітуда струму при розряді $I_{макс}$:

$$I_{макс} = \frac{U_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}}, \quad (4)$$

Максимальне значення потужності, що реалізується в навантаженні в інтервалі часу до настання амплітуди струму, розраховується за таким виразом:

$$P_{макс} = 2 \cdot U_0 \cdot I \cdot \gamma \cdot \exp\left(\frac{-2 \cdot \gamma}{\sqrt{1 - \gamma^2}} \cdot \arcsin \sqrt{1 - \gamma^2}\right), \quad (5)$$

На основі побудованої еквівалентної схеми розрядного контуру з'являється можливість виконати математичне та комп'ютерне моделювання електророзрядних процесів, що відбуваються під час обробки металів і сплавів імпульсним струмом високої напруги на стадії їх кристалізації. Такий підхід дозволяє дослідити характер перехідних процесів, визначити амплітуду та тривалість імпульсів, швидкість затухання коливань, а також оцінити вплив параметрів R , L і C на енергетичні показники системи.

Результати моделювання можуть бути використані для оптимізації конструктивних і електричних параметрів генератора імпульсного струму, зменшення втрат енергії та підвищення ефективності передачі імпульсу в розплав. Це створює науково обґрунтовану основу для практичної розробки електротехнічного обладнання, призначеного для реалізації технології позапичної обробки металів і сплавів у процесі кристалізації.

Висновок. У роботі обґрунтовано ефективність застосування високовольтної електроімпульсної обробки металів і сплавів на стадії кристалізації для підвищення експлуатаційних властивостей литих виробів. Проаналізовано принцип формування імпульсного впливу на розплав та визначено ключові енергетичні параметри генератора імпульсного струму.

Розроблено структурну та еквівалентну схеми розрядного контуру ГІС, що дозволяють розраховувати амплітуду струму, тривалість імпульсу та потужність розряду з урахуванням активних і індуктивних характеристик системи. Використання спрощеної RLC-моделі забезпечує моделювання перехідних процесів та оптимізацію режимів роботи установки.

Показано, що регулювання параметрів імпульсного впливу створює можливості керування зародженням і ростом кристалів у розплаві, сприяючи формуванню дрібнозернистої структури та поліпшенню механічних властивостей сплавів.

Список використаних джерел

1. Вінниченко Д. В., Назарова Н. С. Електротехнічний комплекс струмового захисту в високовольтних генераторах імпульсних струмів. *Електротехніка і енергетика*. 2016. Т. 4, № 2. С. 54–58.

2. Chunyan Ban. Influence of pulse electric current on solidification structure of Al-Si alloy. *Electromagnetic processing of material*. 2017. No. 1. P. 34–39.

3. Зарембо В. Вплив імпульсів струму на процеси плавлення та кристалізації металів. *Металургія машинобудування*. 2015. Т. 3, № 1. С. 11–15.

Abstract. *The work substantiates the use of high-voltage electrical pulse treatment of metals at the stage of crystallization to improve the mechanical properties of cast parts. A pulse current generator has been developed and an RLC model of the discharge circuit has been constructed for the analysis of transient processes, which allows optimizing the pulse parameters. It is shown that controlling the pulse effect contributes to the formation of a fine-grained structure of alloys and improving their operational characteristics.*

Key words: *electrode system, pulse current generator, pulse, ingot macrostructure, crystallization process.*

Науковий керівник:

Вахоніна Л.В.,

канд. фіз. мат. наук, доцент

кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки

Миколаївський національний аграрний університет

УДК. 621.3

Аналіз перехідних процесів в електричній мережі 110/35 кВ для розробки мікропроцесорної системи реєстрації

Владислав Котельников,

здобувачі вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. *В даній роботі виконано аналіз перенапружень перехідних процесів в електричній мережі. Для цього в роботі розраховано перехідні процеси при підключенні лінії, що не містить нелінійних елементів синусоїдальної напруги, методом побудови статичних характеристик ударного коефіцієнта.*

Ключові слова: *несуїдальний струм, перехідні процеси, електрична мережа, ударний коефіцієнт, відправний вузол, приймальний вузол.*

Вступ. Перехідні процеси в системах електропостачання є невід'ємною складовою режимів роботи електричних мереж високої напруги та виникають як під час нормальної експлуатації, так і при комутаційних операціях чи аварійних збуреннях. У ці періоди відбувається порушення динамічної рівноваги між електромагнітною потужністю в електричній мережі та механічною потужністю

на валу електричних машин, що супроводжується зміною електричних параметрів, коливальними явищами та можливими перенапруженнями.

Особливої актуальності набуває аналіз перехідних процесів у мережах класу напруги 110/35 кВ, оскільки вони є важливою ланкою розподільчих систем електроенергетики та забезпечують живлення промислових і комунальних споживачів. Комутаційні процеси в довгих повітряних лініях електропередач можуть супроводжуватися значними хвильовими явищами та виникненням ударних перенапружень, що впливають на надійність ізоляції обладнання та ефективність роботи систем релейного захисту й автоматики.

У зв'язку з розвитком цифрових підстанцій та впровадженням інтелектуальних систем моніторингу зростає потреба у створенні мікропроцесорних засобів реєстрації та аналізу перехідних процесів. Такі системи дають змогу здійснювати високоточну фіксацію швидкоплинних електромагнітних збурень, оцінювати параметри перенапружень та підвищувати ефективність експлуатації електричних мереж.

Метою роботи є аналіз перехідних процесів у електричній мережі напругою 110/35 кВ з використанням методів хвильової теорії та розробка підходів до створення мікропроцесорної системи реєстрації комутаційних перенапружень.

Результати роботи. Розглянемо підключення ліній, що не містять нелінійних елементів (рис. 3), до джерела синусоїдальної напруги з індуктивністю L_u .

Всі розрахунки проведемо у відносних одиницях, приймаючи ЕРС джерела $E=1$, хвилевий опір $Z_c=1$, частоту джерела $\omega=1$. При цьому час пробігу хвилі по лінії τ рівний $1,05l \cdot 10^{-3}$ рад [1, 2].

При ввімкненні лінії на ЕРС $E \sin(\omega t + \varphi)$ напруга в кінці лінії записується в наступному вигляді:

$$u(l) = A_{ycm} \sin(\omega t + \varphi) + \sum_{k=1}^{\infty} A_k e^{-\delta_k t} \sqrt{\sin^2 \varphi + \left(\frac{\omega}{\omega_k} \cos \varphi\right)^2} \sin(\omega_k t + \varphi_k), \quad (1)$$

причому

$$\operatorname{tg} \varphi_k = \frac{\omega_k}{\omega} \operatorname{tg} \varphi. \quad (2)$$

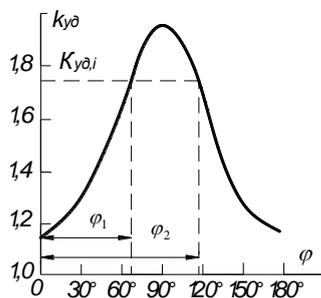


Рис. 1 – Графічне визначення вірогідності заданої величини $k_{y\delta}$

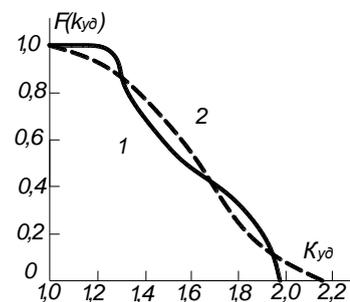


Рис. 2 – Функції розподілу ударного коефіцієнта:
1 – без урахування розкиду фаз; 2 – з урахуванням розкиду фаз.

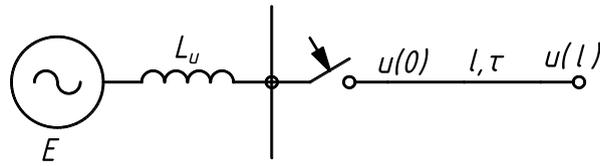


Рис. 3 – Схема електропередачі ($l=500$ км; $L_{u,1}=0,29$; $L_{u,0}=0$; $E=1$)

Частота ω_k власних коливань рівна ($k=1, 2, \dots$ і т. д.). Вона визначається шляхом графічного вирішення рівняння

$$\operatorname{ctg} \omega_k \tau = \frac{T_u}{\tau} \omega_k \tau, \quad (3)$$

де $T_u = L_u / Z_c$.

Амплітуда вимушеної складової (напруги сталого режиму):

$$A_{ycm} = \frac{E x_{ex}}{x_{ex} - x_u} \frac{1}{\cos \omega \tau} = \frac{E Z_c \operatorname{ctg} \omega \tau}{Z_c \operatorname{ctg} \omega \tau - \omega L_u} \frac{1}{\cos \omega \tau}. \quad (4)$$

У свою чергу

$$A_k = E \frac{\omega_k^2}{\omega_k^2 - \omega^2} \frac{2}{\cos \omega_k \tau + \frac{\omega_k \tau}{\sin \omega_k \tau}}. \quad (5)$$

Коефіцієнт загасання δ_k залежить від частоти, але заради спрощення можна узяти його середнє значення, однакове для всіх частот: $\delta_k=0, 1$ 1/рад (близько 30 1/с).

Метод стоячих хвиль досить простий при виконанні розрахунків в однофазній схемі або при одночасному ввімкненні всіх трьох фаз в трифазній лінії, коли в перехідному процесі відсутні складові струму і напруги нульової послідовності. Насправді три фази вимикача замикаються неодноразомно. Після ввімкнення першої фази при запізнюванні двох інших на інших фазах завдяки електромагнітному зв'язку з'являється напруга, тобто друга і третя фази вмикаються за ненульових початкових умов. До замикання останньої фази схема знаходиться в умовах несиметричного режиму, в ній існують струми і напруга нульової послідовності. Після ввімкнення останньої фази ці струми і напруга не можуть зникнути відразу і якийсь час зберігаються в схемі у вигляді затухаючих коливань. Ці особливості процесу приводять до того, що ударний коефіцієнт (або максимальна напруга) в будь-якій з фаз може збільшуватися або зменшуватися. Крива $F(k_{y\partial})$ деформується за рахунок впливу розкиду фаз (крива 2 на рис. 2) [3]. При цьому сам розрахунок перехідного процесу методом стоячих хвиль значно ускладнюється.

Диференціальні рівняння падінь напруги в трифазній довгій лінії записуються у вигляді

$$-\frac{du_A}{dx} = L \frac{di_A}{dt} + M \frac{di_B}{dt} + M \frac{di_C}{dt} + r i_A + r_3 (i_A + i_B + i_C); \quad (6)$$

$$-\frac{du_B}{dx} = M \frac{di_A}{dt} + L \frac{di_B}{dt} + M \frac{di_C}{dt} + r i_B + r_3 (i_A + i_B + i_C); \quad (7)$$

$$-\frac{du_c}{dx} = M \frac{di_A}{dt} + M \frac{di_B}{dt} + L \frac{di_c}{dt} + ri_c + r_3(i_A + i_B + i_c), \quad (8)$$

де L і M – індуктивність і взаємоіндуктивність лінії на одиницю довжини; r – активний опір дроту на одиницю довжини; r_3 – активний опір ланцюгу повернення струму в землі на одиницю довжини.

Прирости струмів у фазах лінії пов'язані з напругами таким чином:

$$-\frac{di_A}{dx} = \beta \frac{du_A}{dt} + \beta_{\epsilon 3} \frac{du_B}{dt} + \beta_{\epsilon 3} \frac{du_C}{dt}; \quad (9)$$

$$-\frac{di_B}{dx} = \beta_{\epsilon 3} \frac{du_A}{dt} + \beta \frac{du_B}{dt} + \beta_{\epsilon 3} \frac{du_C}{dt}; \quad (10)$$

$$-\frac{di_C}{dx} = \beta_{\epsilon 3} \frac{du_A}{dt} + \beta_{\epsilon 3} \frac{du_B}{dt} + \beta \frac{du_C}{dt}; \quad (11)$$

де β і $\beta_{\epsilon 3}$ – власний і взаємний ємнісні коефіцієнти на одиницю довжини лінії.

Відомо, що добротність ліній електропередачі достатньо висока. Тому в якості наближення можна вирішення приведеної системи на основі метода характеристик в наступному вигляді:

на прямих характеристиках

$$(u_A + i_A Z_c) - (u_B + i_B Z_c) = const = V_1; \quad (12)$$

$$(u_A + i_A Z_c) - (u_C + i_C Z_c) = const = V_2; \quad (13)$$

$$\frac{u_A + u_B + u_C}{3} + \frac{i_A + i_B + i_C}{3} Z_{c,0} = const = V_3; \quad (14)$$

на зворотних характеристиках

$$(u_A + i_A Z_c) - (u_B - i_B Z_c) = const = W_1; \quad (15)$$

$$(u_A + i_A Z_c) - (u_C - i_C Z_c) = const = W_2; \quad (16)$$

$$\frac{u_A + u_B + u_C}{3} - \frac{i_A + i_B + i_C}{3} Z_{c,0} = const = W_3; \quad (17)$$

Рівняння прямих характеристик:

$$x - vt = const; \quad (18)$$

$$x - v_0 t = const. \quad (19)$$

Рівняння зворотних характеристик:

$$x + vt = const; \quad (20)$$

$$x + v_0 t = const. \quad (21)$$

У цих співвідношеннях:

$$Z_c = \sqrt{\frac{L - M}{\beta - \beta_{\epsilon 3}}} \text{ – хвилевий опір лінії по прямій послідовності;}$$

$$Z_{c,0} = \sqrt{\frac{L - 2M}{\beta - 2\beta_{\epsilon 3}}} \text{ – хвилевий опір лінії по нульовій послідовності;}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{(L - M)(\beta - \beta_{\text{сз}})}} - \text{швидкість розповсюдження електромагнітного по}$$

каналу прямої послідовності;

$$v_0 = \frac{1}{\sqrt{(L - 2M)(\beta - 2\beta_{\text{сз}})}} - \text{швидкість розповсюдження електромагнітного}$$

по каналу нульової послідовності.

Співвідношення (12) – (14) характеризують хвилі, що йдуть в трифазній лінії від початку до кінця; співвідношення (15) – (17) хвилі, що йдуть від кінця лінії до початку [4, 5]. Частина електромагнітного збурення розповсюджується по симетричних каналах [співвідношення (12 - 16)], а частина – по каналу нульової послідовності [співвідношення (14) і (17)].

Константи V_1, V_2, V_3 визначаються в кожен даний момент часу струмами і напругою на початку лінії і відповідно W_1, W_2, W_3 визначаються струмами і напругою в кінці лінії. Використовуючи приведені співвідношення, можна скласти зручні схеми заміщення відправного вузла (початок лінії) і приймального вузла (кінець лінії), які можуть використовуватися для розробки мікропроцесорної системи реєстрації комутаційних характеристик високовольтної апаратури в лініях електропередач.

Висновок. У роботі здійснено теоретичний аналіз перехідних процесів у електричній мережі напругою 110/35 кВ при комутаційному ввімкненні довгої лінії електропередачі. На основі положень хвильової теорії та методу характеристик отримано аналітичні співвідношення, що описують розповсюдження електромагнітних збурень у каналах прямої та нульової послідовностей і дозволяють визначати миттєві значення напруг і струмів у відправному та приймальному вузлах.

Встановлено, що величина ударного коефіцієнта та максимальні значення перенапружень визначаються параметрами лінії, хвильовим опором, індуктивністю джерела живлення та фазовими умовами моменту комутації. Показано, що неодноразовість замикання фаз вимикача зумовлює виникнення несиметричного режиму з появою складових нульової послідовності, що призводить до деформації функції розподілу ударного коефіцієнта та зміни екстремальних значень напруг у фазах.

Отримані результати поглиблюють уявлення про закономірності формування комутаційних перенапружень у мережах високої напруги та можуть бути використані як теоретична основа для синтезу алгоритмів мікропроцесорної системи реєстрації перехідних процесів. Реалізація таких алгоритмів сприятиме підвищенню достовірності моніторингу швидкоплинних електромагнітних явищ і забезпеченню надійності функціонування електричних мереж.

Список використаних джерел:

1. Рожкова Л. Д. Електрообладнання станцій та підстанцій. Енергія, 2015. 450 с.
2. Шафа захисту трансформатора та автоматики управління вимикачем типу ШЕ2607 041015. Посібник з експлуатації. 2014. 365 с.

3. Релейний захист понижувальних трансформаторів та автотрансформаторів 110 – 500 кВ. Енергоатоміздат, 2014. 196 с.
4. Карнеєва Л. Електроустаткування електричних станцій та підстанцій. Акад., 2018. 448 с.
5. Ідельчик В. Електричні системи та мережі: Підручник для вузів. Енергоатоміздат, 2018. 502 с.

Abstract. *In this work, the analysis of overvoltages of transient processes in the electrical network is performed. For this purpose, transient processes are calculated in the work when the line is connected, which does not contain nonlinear elements of sinusoidal voltage, by the method of constructing static characteristics of the shock coefficient.*

Key words: *non-suid current, transient processes, electrical network, shock coefficient, sending node, receiving node.*

Науковий керівник:
Мартиненко В.О.

*канд. техн. наук,
кафедра електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Миколаївський національний аграрний університет*

УДК 537.86

Відкриті резонансні структури як основа безконтактних методів дослідження матеріалів

Володимир Голубєв

здобувач вищої освіти спеціальності G3 «Електрична інженерія»
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація. *Розглянуто відкриті резонансні структури як електродинамічну основу безконтактних методів дослідження електрофізичних властивостей матеріалів у НВЧ-діапазоні. Проаналізовано вплив геометрії відкритого резонатора та дифракційних ефектів на формування просторової структури електромагнітного поля і добротність резонансної системи. Показано, що оптимізація геометричних параметрів дозволяє створювати локалізовані зони підвищеної напруженості поля та підвищувати чутливість вимірювань. Обґрунтовано доцільність застосування відкритих резонаторів для безконтактного дослідження слабкопровідних, біологічних і неоднорідних матеріалів.*

Ключові слова: *відкритий резонатор, НВЧ-діапазон, безконтактні вимірювання, дифракційні втрати, геометрія резонатора, електрофізичні властивості матеріалів.*

У сучасних вимірювальних технологіях зростає потреба в безконтактних методах визначення електрофізичних властивостей матеріалів, особливо в НВЧ-діапазоні частот. Традиційні контактні методи часто супроводжуються додатковими похибками, зумовленими наявністю контактів, механічним впливом на зразок або порушенням його електромагнітних властивостей. Це є критичним для дослідження біологічних, слабопровідних та структурно неоднорідних матеріалів.

Перспективним підходом до розв'язання цієї проблеми є використання відкритих резонансних структур, які належать до класу квазіоптичних електродинамічних систем. На відміну від закритих резонаторів, відкриті резонатори не мають суцільних металевих стінок, а утримання електромагнітного поля в них забезпечується за рахунок геометрії системи та дифракційного обмеження хвильового фронту. Типовий відкритий резонатор складається з двох відбивальних дзеркал — плоских або криволінійних (увігнутих), між якими формується резонансний об'єм.

Геометричні параметри відкритого резонатора визначають умови стійкості резонансних мод і просторову структуру електромагнітного поля. За правильно підібраної геометрії в резонаторі формується стояча хвиля з гаусівським розподілом поля, для якої характерна локалізація максимуму електричної складової в центральній області резонансного об'єму. Саме в цій зоні доцільно розміщувати досліджуваний матеріал.

Суттєвий вплив на функціонування відкритих резонансних систем мають дифракційні явища, які визначають характер енергетичних втрат у таких структурах. Якщо в закритих резонаторах основним джерелом втрат є омичні втрати в металевих стінках, то у відкритих резонаторах домінують дифракційні втрати, зумовлені виходом частини електромагнітної енергії за межі відбивальних елементів. Рівень цих втрат істотно залежить від геометричних параметрів резонатора, зокрема розмірів апертури та радіусів кривизни дзеркал, і може бути знижений шляхом раціонального вибору їхніх значень.

У процесі безконтактного дослідження матеріалів зразок взаємодіє з локалізованим електромагнітним полем резонатора, що призводить до зміни резонансних характеристик системи — добротності та резонансної частоти. Аналіз цих змін дозволяє визначати ефективні електрофізичні параметри матеріалу, зокрема комплексну провідність або втратні властивості, які є інтегральними характеристиками взаємодії матеріалу з НВЧ-полем.

Висновок. Відкриті резонансні структури з оптимізованою геометрією та контрольованими дифракційними втратами є ефективною основою для реалізації безконтактних методів дослідження матеріалів у НВЧ-діапазоні. Локалізація електромагнітного поля в резонансному об'ємі забезпечує підвищену чутливість вимірювань і дозволяє отримувати достовірні дані про електрофізичні властивості слабопровідних, біологічних та неоднорідних матеріалів. Запропонований підхід має значний потенціал для застосування у вимірювальних, діагностичних і технологічних НВЧ-системах.

Список використаних джерел

1. Садовий О. С., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Оптимізація спектрального складу фітоламп у закритому ґрунті для покращення продовольчої стабільності України в умовах післявоєнного відновлення. *Agroecological journal*. 2025. № 4. URL: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2025.345446> (дата звернення: 03.03.2026).
2. Kundenko M., Rudenko A., Mardziavko V. Using controlled thermal IR radiation to combat honey bee parasites. *Technical sciences and technologies*. 2025. No. 3 (41). P. 364–371. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-3\(41\)-364-371](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-3(41)-364-371) (date of access: 03.03.2026).
3. Руденко А.Ю., Мардзявко В.А. Відкритий резонатор як основа квазіоптичної системи вимірювання електрофізичних властивостей матеріалів// *Innovations of modern science and education. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference*. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2026. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-innovationsof-modern-science-and-education-26-28-02-2026-vankuver-kanada-arhiv/>.

Науковий керівник:

Ставинський А.А.,

д-р тех. наук, професор, завідувач
кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки,
Миколаївський національний аграрний університет

УДК. 537.86

Дослідження квазіоптичної нвч-системи на базі відкритого резонатора з локалізованим електромагнітним полем

Максим Тумаков .

здобувач вищої освіти спеціальності G3 «Електрична інженерія»

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. У роботі розглянуто використання відкритих резонансних структур квазіоптичного типу для безконтактного дослідження електрофізичних параметрів матеріалів у надвисокочастотному (НВЧ) діапазоні. Показано, що відкриті резонатори забезпечують формування контрольованої просторової структури електромагнітного поля та його локалізацію в заданій області, що підвищує чутливість вимірювань. Метод дослідження ґрунтується на аналізі змін резонансної частоти та добротності резонатора при внесенні зразка в область максимальної напруженості

електричного поля, що дозволяє визначати комплексну діелектричну проникність і ефективну електричну провідність матеріалу. Встановлено, що введення асиметричних апертур або локальних збурень у резонатор сприяє керуванню модовим спектром, розщепленню вироджених коливань та концентрації електромагнітної енергії. Оптимізація геометричних параметрів резонатора забезпечує підвищення точності вимірювань і розширює можливості застосування НВЧ-технологій у матеріалознавстві, електротехніці та біомедичних дослідженнях.

Ключові слова: НВЧ-технології, відкритий резонатор, квазіоптична система, електромагнітне поле, резонансна частота, добротність, комплексна діелектрична проникність, електрична провідність, безконтактні методи вимірювання, електрофізичні властивості матеріалів.

Сучасні надвисокочастотні технології, що базуються на дії надвисоких частот (НВЧ) активно застосовуються в електротехніці, матеріалознавстві та біомедицині. Найперспективнішим методом є використання квазіоптичних систем на базі відкритих резонаторів, які забезпечують формування контрольованої просторової структури електромагнітного поля та його локалізацію в заданих межах (областях). На відміну від замкнених хвильових хвилеподібних структур, відкритий резонатор утримує електромагнітну хвилю за допомогою геометрії дзеркал і ефекту дифракції.

Таким чином, вимірювання параметрів Δf та ΔQ дозволяє визначати комплексну діелектричну проникність

$$\varepsilon^* = \varepsilon' - j\varepsilon''$$

та ефективну комплексну провідність:

$$\sigma^*(\omega) = \sigma' - j\sigma''$$

Це дозволяє досягати високої точності та зменшити втрати.

Ключовою особливістю квазіоптичної НВЧ-системи є можливість локалізації області підвищеної напруженості електричного поля, що забезпечує високу чутливість в процесі вимірювання електрофізичних характеристик матеріалів, в частності в процесі комплексної провідності та діелектричних втрат. Метод ґрунтується на аналізі змін добротності та резонантності частоти при внесенні зразка в область максимального поля. Введення асиметричної апертури в резонатор дозволяє керувати спектром мод, викликати розщеплення вироджених коливань та концентрувати електромагнітну енергію в обмежених рамках. Таких підхід підвищує ефективність взаємодії НВЧ-випромінювання з матеріалом і відкриває можливості для електромагнітної обробки матеріалів та точних вимірювань.

Задача дослідження полягає в оцінці можливості вдосконалення квазіоптичних НВЧ-структур із локалізованим електромагнітним полем для підвищення точності вимірювання електрофізичних параметрів матеріалів і керування електричними характеристиками системи шляхом зміни геометрії резонатора

Висновки. Встановлено, що відкриті резонатори квазіоптичного типу забезпечують високу добротність і стабільність резонансних характеристик завдяки мінімізації омичних втрат та використанню дифракційного механізму утримання хвилі.

Доведено, що введення асиметричних апертур або зосереджених збурень ефективно керує модовим спектром резонатора, сприяє розщепленню вироджених коливань та концентрує електромагнітну енергію в обмеженій області.

Встановлено, що оптимізація геометрії резонатора дозволяє цілеспрямовано змінювати добротність, коефіцієнт зв'язку та розподіл поля, що відкриває можливості для високоточного вимірювання електрофізичних параметрів матеріалів та їх електромагнітної обробки.

Список використаних джерел.

1. Kundenko M., Rudenko A., Mardziavko V. Using controlled thermal IR radiation to combat honey bee parasites. *Technical sciences and technologies*. 2025. No. 3 (41). P. 364–371. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-3\(41\)-364-371](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-3(41)-364-371) (date of access: 03.03.2026).

2. Руденко А.Ю., Мардзявко В.А. ВІДКРИТИЙ РЕЗОНАТОР ЯК ОСНОВА КВАЗІОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ВИМІРЮВАННЯ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МАТЕРІАЛІВ// *Innovations of modern science and education. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference*. Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2026. Pp. 21-27. URL: <https://sci-conf.com.ua/vi-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-innovationsof-modern-science-and-education-26-28-02-2026-vankuver-kanada-arhiv/>.

3. Вахоніна Л. В., Мардзявко В. А., Руденко А. Ю. Резонансний генератор імпульсів на основі діода. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2025. Т. 1, № 1(92). С. 39–47. URL: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2025.1.1.5> (дата звернення: 03.03.2026).

Науковий керівник:

Ставинський А.А.,

д-р тех. наук, професор, завідувач
кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки,
Миколаївський національний аграрний університет

СЕКЦІЯ
«АГРОІНЖЕНЕРІЯ, ТРАКТОРИ, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ
МАШИНИ ТА ТЕХНІЧНИЙ СЕРВІС»

УДК 631.527.4:631.58

Раціональне використання новітніх механізованих агрегатів при вирощуванні озимого ріпаку в умовах південноукраїнських господарств

Будулуца Ірина,

здобувачка вищої освіти спеціальності Н7 Агроінженерія

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація: *Досліджено ефективність новітніх механізованих агрегатів при вирощуванні озимого ріпаку в Південному регіоні України. Встановлено, що сучасна механізація підвищує врожайність, зменшує трудовитрати та втрати продукції. Результати можуть бути використані для оптимізації технології та підвищення економічної ефективності агропідприємств.*

Ключові слова: *озимий ріпак, механізація виробництва, новітні агрегати, ефективність технології, Південний регіон України*

Сучасний розвиток аграрного сектору вимагає впровадження інноваційних механізованих технологій, здатних забезпечити стабільне виробництво сільськогосподарської продукції в умовах зростаючих кліматичних ризиків та обмеженості ресурсів. Особливої актуальності це набуває при вирощуванні озимого ріпаку — культури, що характеризується високим потенціалом урожайності, значною економічною цінністю та підвищеними вимогами до точності й своєчасності виконання технологічних операцій. Для аграрних підприємств Південного регіону України ріпак є важливою складовою структури посівних площ, проте його ефективне вирощування можливе лише за умови застосування сучасних механізованих агрегатів.

Кліматичні умови півдня України характеризуються недостатнім і нерівномірним зволоженням, високими температурами в осінній період та ризиком посушливих умов навесні. За таких обставин вирішального значення набуває технологічна дисципліна, зокрема дотримання оптимальних строків сівби озимого ріпаку, які безпосередньо впливають на формування добре розвиненої розетки листків і кореневої системи до настання зимового періоду. Саме тому застосування новітніх механізованих агрегатів розглядається як необхідна умова підвищення ефективності виробництва цієї культури.

Механізована технологія вирощування озимого ріпаку охоплює комплекс взаємопов'язаних операцій, починаючи з основного та передпосівного обробітку ґрунту. В умовах Південного регіону особливу увагу приділяють збереженню ґрунтової вологи, що досягається завдяки використанню сучасних

грунтообробних агрегатів, здатних мінімізувати кількість проходів по полю. Поєднання кількох технологічних операцій в одному агрегаті дає змогу зменшити ущільнення ґрунту, скоротити витрати пального та забезпечити оптимальні умови для проростання насіння озимого ріпаку.

Важливим елементом технології є сівба, яка в умовах півдня України повинна проводитися у чітко визначені строки та з високою точністю. Новітні посівні агрегати забезпечують рівномірний розподіл насіння, стабільну глибину загортання та дотримання оптимальної норми висіву, що є критично важливим для формування дружних сходів. Для озимого ріпаку, особливо в посушливих умовах, рівномірність посіву є одним із ключових чинників успішної перезимівлі та майбутньої продуктивності.

У процесі догляду за посівами озимого ріпаку застосування сучасних механізованих агрегатів сприяє раціональному використанню мінеральних добрив і засобів захисту рослин. Високоточні обприскувачі та розкидачі дозволяють адаптувати норми внесення до фактичного стану посівів, зменшити перевитрати матеріалів і підвищити ефективність агротехнічних заходів. Це має особливе значення в умовах Південного регіону України, де ресурсоощадні технології є одним із пріоритетів розвитку аграрного виробництва.

Збирання врожаю озимого ріпаку є одним із найбільш відповідальних етапів технології, оскільки культура схильна до осипання, а втрати насіння можуть бути значними. Використання новітніх механізованих збиральних агрегатів і спеціалізованих жаток дозволяє мінімізувати втрати, забезпечити рівномірність обмолоту та своєчасність виконання робіт. Висока продуктивність сучасної техніки дає змогу скоротити тривалість збирання, що є особливо важливим за умов нестійкої погоди та високих температур.

Економічна ефективність застосування новітніх механізованих агрегатів при вирощуванні озимого ріпаку в Південному регіоні України проявляється у зниженні собівартості продукції, підвищенні врожайності та стабілізації фінансових результатів господарств. Незважаючи на значні капіталовкладення, пов'язані з придбанням сучасної техніки, у довгостроковій перспективі механізація забезпечує підвищення продуктивності праці, скорочення експлуатаційних витрат і більш ефективне використання природних ресурсів.

Водночас рівень ефективності використання новітніх механізованих агрегатів значною мірою залежить від організації виробництва та кваліфікації персоналу. Для повного реалізування потенціалу сучасної техніки необхідні відповідні знання щодо її налаштування, технічного обслуговування та адаптації до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. У цьому контексті важливу роль відіграє система професійної підготовки, технічного консультування та сервісного забезпечення аграрних підприємств.

Отже, застосування новітніх механізованих агрегатів при вирощуванні озимого ріпаку в умовах Південного регіону України є важливим напрямом підвищення ефективності аграрного виробництва. Комплексна механізація технологічних операцій сприяє адаптації виробництва до складних кліматичних умов, забезпечує стабільність урожайності та підвищує конкурентоспроможність

ріпаку як стратегічно важливої культури. Дослідження ефективності таких технологій є актуальним завданням сучасної аграрної науки та практики й має важливе значення для розвитку сільського господарства регіону.

Список використаних джерел

1. Parkhomets M., Uniiat L., Chorny R., Chorna N., Hradovyi V. Efficiency of production and processing of rapeseed for biodiesel in Ukraine // *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. — 2023. — Vol. 9, No. 2. — P. 245–275. — DOI:10.51599/are.2023.09.02.11.
2. Wu Chuan-yun, Feng Jian, Chen Xing-he, et al. Comprehensive evaluation of the effectiveness of combined and segmented rapeseed harvesting operations // *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*. — 2024. — Vol. 45, No. 2. — P. 1–6. — DOI:10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2024.02.001.
3. YU Man. Analysis and optimization of technological path of rapeseed production mechanization from the perspective of cost-benefit // *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*. — 2024. — Vol. 45, No. 5. — P. 310–319. — DOI:10.13733/j.jcam.issn.2095-5553.2024.05.045.
4. R. Sivakumar et al. Complete mechanization of oil seed crop cultivation to augment the potentiality of yellow revolution in India: a review // *International Journal of Plant & Soil Science*. — 2024. — Vol. 36, No. 8. — P. 550–569. — DOI:10.9734/ijpss/2024/v36i84887.
5. Zhang Y., et al. Cross-Year Rapeseed Yield Prediction for Harvesting Management Using UAV-Based Imagery // *Remote Sensing*. — 2025. — Vol. 17, No. 12:2010. — DOI:10.3390/rs17122010.
6. M. Zhou Mechanisms of silique dehiscence in rapeseed: implications for mechanized production // *Cells*. — 2025. — Vol. 47, No. 9:755. — DOI:10.3390/cells4709755.

Abstract: The efficiency of modern mechanized equipment in winter rapeseed cultivation in the Southern region of Ukraine was studied. It was found that modern mechanization increases yield, reduces labor costs, and minimizes crop losses. The results can be used to optimize cultivation technology and improve the economic efficiency of agricultural enterprises.

Keywords: winter rapeseed, production mechanization, modern equipment, technology efficiency, Southern region of Ukraine

Науковий керівник:

Грубань В.А.,

к.т.н., доцент, завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу,
Миколаївський національний аграрний університет

Точне землеробство як ключовий фактор модернізації та інновацій в аграрному секторі України

Тима Олег,

здобувач вищої освіти спеціальності Н7 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація: Точне землеробство є ефективним інструментом інноваційного розвитку аграрного сектору України, особливо Південного регіону, що характеризується посушливими умовами та обмеженими водними ресурсами. Його впровадження на базі цифрових технологій, інтелектуальних систем зрошення та сучасних сільськогосподарських машин забезпечує підвищення продуктивності, раціональне використання ресурсів і сталий розвиток агровиробництва.

Ключові слова: точне землеробство, інтелектуальні системи зрошення, сучасні сільськогосподарські машини, цифровізація агровиробництва, Південний регіон України, сталий розвиток, інноваційні технології.

Сучасний аграрний сектор України формується під впливом складних соціально-економічних, кліматичних та безпекових викликів. Повномасштабна війна, порушення логістичних ланцюгів, обмежений доступ до матеріально-технічних ресурсів, зростання цін на енергоносії та посилення кліматичних ризиків значно вплинули на ефективність сільськогосподарського виробництва. У таких умовах особливо важливим стає впровадження інноваційних технологій, які забезпечують стабільність аграрного сектору, раціональне використання ресурсів та підвищення конкурентоспроможності вітчизняного агровиробництва.

Точне землеробство є перспективним напрямом розвитку сучасного сільського господарства, що дозволяє перейти від традиційних методів ведення агровиробництва до цифрових, ресурсоефективних та екологічно орієнтованих технологій. Воно передбачає застосування глобальних навігаційних супутникових систем (*GNSS/GPS*), географічних інформаційних систем (ГІС), дистанційного зондування Землі, сенсорних технологій, Інтернету речей (*IoT*) та методів аналізу великих даних.

Поєднання цих технологій дозволяє здійснювати комплексний моніторинг стану ґрунтів, рослин і мікроклімату, оптимізувати виробничі процеси, скорочувати витрати ресурсів і зменшувати негативний вплив на довкілля. Основний принцип точного землеробства полягає у диференційованому управлінні агротехнологічними операціями з урахуванням просторової та часової неоднорідності агроєкосистем у межах одного поля.

Особливого значення ця концепція набуває для Південного регіону України з його посушливим кліматом, нестійким режимом опадів та обмеженими водними ресурсами. Традиційні методи обробітку часто не забезпечують стабільної врожайності та ефективного використання ресурсів, тому інноваційні підходи стають необхідністю.

Інтелектуальні системи зрошення на основі сенсорів вологості ґрунту, метеоданих, цифрових контролерів та *IoT* дозволяють автоматизовано і адаптивно регулювати подачу води відповідно до потреб рослин і ґрунтово-кліматичних умов. Це зменшує витрати води та енергії, підвищує ефективність зрошення та сприяє збереженню родючості ґрунтів.

Технології дистанційного зондування та сенсорного моніторингу дають змогу швидко оцінювати біомасу культур, рівень забезпечення рослин вологою та поживними речовинами, а також своєчасно виявляти стресові фактори, пов'язані з посухою чи деградацією ґрунтів. На основі цих даних застосовуються системи змінної норми внесення (*VRT*), що дозволяють точно дозувати добрива та засоби захисту рослин.

Сучасні сільськогосподарські машини для обробітку ґрунту та посіву, обладнані супутниковою навігацією, автоматичним водінням і контролем ширини захвату, забезпечують точне виконання технологічних операцій. Використання мінімального та смугового (*strip-till*) обробітку сприяє збереженню вологи, зменшенню ущільнення ґрунту та економії пального. Сівалки точного висіву дозволяють рівномірно розподіляти насіння, автоматично відключати секції і регулювати норму висіву залежно від продуктивності зон поля, що оптимізує використання посівного матеріалу.

Інтеграція машин у цифрові платформи управління господарством дозволяє синхронізувати технологічні операції – від обробітку ґрунту та посіву до внесення добрив і зрошення. Машини, обладнані датчиками та телеметричними системами, формують масиви даних про стан поля і якість виконання робіт, що створює основу для обґрунтованих управлінських рішень у межах концепції точного землеробства.

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології, штучний інтелект і методи аналізу великих даних дозволяють прогнозувати потреби культур у воді та поживних речовинах, оптимізувати технологічні процеси та підвищувати адаптивність агровиробництва до мінливих кліматичних умов.

Застосування точного землеробства поєднує економічну ефективність із екологічною відповідальністю: раціональне використання земельних і водних ресурсів, зменшення антропогенного навантаження на агроєкосистеми та стабілізація врожайності створюють умови для сталого розвитку аграрного сектору.

Отже, точне землеробство є стратегічною основою інноваційного розвитку аграрного сектору України, особливо в Південному регіоні, де ефективне управління ресурсами, адаптація до кліматичних умов і застосування цифрових технологій є ключовими чинниками стійкості та модернізації сільського господарства.

Список використаних джерел

1. Karunathilake, E. M. B. M., Le, A. T., Neo, S., Chung, Y. S., & Mansoor, S. The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture. *Agriculture*, 13(8), 1593, 2023. DOI: 10.3390/agriculture13081593.
2. Kumar, S. N., Suriyan, K., Thomas Jacob, A., Varghese, A., & Francis, E. Smart farming for a sustainable future: implementing IoT-based systems in precision agriculture. *Bulletin of the National Research Centre*, 49, 71, 2025.
3. Sanyaolu, M. The Role of Precision Agriculture Technologies in Farm Profitability and Investment Efficiency. *Sustainability*, 16(15), 6668, 2024.
4. Бойко, М. О. Точне землеробство як чинник забезпечення екологічної стійкості та захисту ґрунтів. *Аграрні інновації*, № 22, 15-19, 2023.
5. Ratushnyi, B. V. US Experience in Applying Precision Farming Technologies in the Agricultural Sector. *The Actual Problems of Regional Economy Development*, 2(21), 23–37, 2025.

Abstract: *Precision agriculture is an effective tool for innovative development of the agricultural sector of Ukraine, especially the Southern region, which is characterized by arid conditions and limited water resources. Its implementation on the basis of digital technologies, intelligent irrigation systems and modern agricultural machines ensures increased productivity, rational use of resources and sustainable development of agricultural production.*

Keywords: *precision agriculture, intelligent irrigation systems, modern agricultural machinery, digitalization of agricultural production, Southern region of Ukraine, sustainable development, innovative technologies.*

Науковий керівник:

Грубань В.А.,

к.т.н., доцент, завідувач кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації і технічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет

UDC 621.43.019:004.942

Evaluation of fuel efficiency and ecology of gas ice with combined heating system: simulation of cold start and warm-up

Vasytkov Maksym, Danko Dmytro

Higher education student in the specialty 208 Agroengineering, Mykolaiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine.

Abstract: *The paper presents the results of calculating the fuel efficiency and environmental performance of the YAMZ-536 internal combustion gas engine during the pre-start warm-up and start-up cycle using a combined warm-up system. It has been established that the combined preheating system reduces the preheating time by*

16–38%, reduces fuel consumption by 62–75%, and significantly reduces nitrogen oxide and particulate emissions compared to the standard cooling system. The results confirm the effectiveness of the PHA in improving fuel efficiency and reducing harmful engine emissions during cold starts.

Keywords: *internal combustion engine; phase change heat accumulator; mathematical model; fuel efficiency; cold start; cooling system.*

Introduction. Based at the Faculty of Engineering and Energy of Mykolaiv National Agrarian University, the Department of Tractors and Agricultural Machinery, Operation and Technical Service is conducting comprehensive research on the implementation of a combined preheating system (CWS) for pre-start preparation and intensification of the thermal state of the YMZ-536 internal combustion engine. The peculiarity of this system lies in the combination of a phase transition heat accumulator with accelerated warming elements, which ensures stable operation of the power plant in low temperature conditions. The system design allows the accumulation of thermal energy from exhaust gases in an amount sufficient to warm up the engine from the minimum calculated ambient temperature to optimal start-up parameters. Thanks to the integration of solenoid valves and a liquid pump into the experimental circuit, it is possible to precisely modulate the circulation of the coolant depending on its current thermal state, which ensures effective bringing of the engine to operating mode with minimal wear on parts.

The peculiarity of the SKP operation is that when the temperature of the cooling system (CS) coolant is below 40 °C, the TA is turned on first. The internal pump circulates the fluid through the accumulator, where it absorbs heat from the heat-accumulating material (HAM) and transports it to the small cooling circuit until the set temperature of 40 °C is reached. After that, the engine is started and the accelerated warm-up system is activated. When the temperature in the small circuit reaches 80 °C, the SKP switches to TA charging mode for its subsequent reuse.

Analysis of recent studies. Bench tests of the YAMZ-536 power unit equipped with a combined heating system (CHS) showed a significant increase in fuel efficiency. In particular, a reduction in the total amount of fuel consumed for engine temperature preparation during start-up and subsequent operation without load was recorded.

The temperature parameters of the cylinder were also determined based on the height of the cooling cavity, and the temperature changes at various points in the liquid cooling system were obtained depending on external conditions. The assessment of the thermal capacity of the TA confirmed its ability to maintain conditions for a “hot start” for a long time, which ensures effective pre-start preparation and the overall operability of the SKP.

Problem statement. To evaluate the effectiveness of the SKP, it is advisable to use a mathematical model to determine the fuel efficiency and environmental performance of a stationary internal combustion engine during the pre-start preparation, start-up, and accelerated warm-up stages.

Main material. Creating an effective method for analyzing fuel efficiency and environmental performance of internal combustion engines using SCP during start-up and warm-up is a pressing scientific task.

The main characteristic of the studies conducted is the calculation of the heat transfer coefficient using the Nusselt number. In this model, the Reynolds criterion is calculated based on the average fluid velocity and the equivalent channel diameter.

To ensure high accuracy in predicting the temperature state of internal combustion engine components, a methodology was used that requires analysis of local heat transfer characteristics. This approach allows for detailed consideration of the unevenness of heat flows in individual areas of surfaces instead of using generalized average values.

To take into account the specifics of the SKP in the cooling system, the mathematical model includes conditions, assumptions, and model representations of its operation with the selected design. These parameters determine the moments of switching on, operation, and switching off of the system. The methodological basis of the model is the classical equation for determining the specific heat flux through a flat wall:

$$q = \frac{t_{f_1} - t_f}{\frac{1}{\alpha_{f_1}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_f}}$$

where t_{f_1} and t_f - are the temperatures of the gases in the cylinder and the cooling liquid, respectively; α_{f_1} and α_f - are the heat transfer coefficients of gases to the wall and from the wall to the liquid, respectively; λ is the thermal conductivity coefficient. δ is the wall thickness.

Since the gas temperature is not required in this case, we will transform formula (1) by removing t_{f_1} and α_{f_1} from it and inserting the temperature of the wall on the gas side (t_w), into it, we obtain:

$$t_w = t_f + q \left(\frac{1}{\alpha_f} + \frac{\delta}{\lambda} \right)$$

Analyzing formula (2), it can be noted that changing t_w , according to a given law is possible either by affecting the temperature of the coolant t_f , which is not very effective, or by affecting the heat transfer intensity α_f . Other parameters are either constant for a given design $\left(\frac{\delta}{\lambda}\right)$, or are set by the engine operating mode (q). Mathematical modeling was performed under the conditions of installing an SKP on a YMZ-536 engine of a stationary electric unit DGMA-48M1, the parameters of which are included in the mathematical model. The modeling was carried out under the condition of using the heat energy recovery device in three modes: without using the SKP, with the SKP with the SPDP elements operating and the heat accumulator control system (SUUTTA) turned off, as well as with the SPDP and SUUTTA elements operating together. During the study, a complete cycle of pre-start preparation and start-up of the internal combustion engine was formed — from the beginning of the heat accumulator discharge to its full charge, which is determined by the phase transition temperature of the heat accumulator. The modeling considered the processes of warming up the YAMZ-536 engine at different ambient temperatures, but the values most characteristic for the region were selected for analysis: 20 °C, 0 °C, and -20 °C.

The results of the study show that increasing the coolant circulation speed from 0.08 m/s (standard pump at idle speed) to 0.22 m/s (SKP circulation pump) provides a significant effect. In particular, warm-up time is reduced by an average of 14%, and fuel consumption by 25%. Environmental performance also improves: particulate emissions are reduced by 28% and nitrogen oxides by 23%.

Conclusion. Thus, the assessment of the effectiveness of the SKP confirmed that the use of the system in the pre-start warm-up and start-up cycle of the internal combustion engine significantly improves fuel efficiency. In addition, the introduction of the SKP is an effective way to improve the environmental performance of the engine without increasing fuel consumption.

REFERENCES

1. Gritsuk I.V., Chirkov O.O., Kostin O.K. Improving the efficiency of pre-start warming up of internal combustion engines using phase change heat accumulators // Bulletin of the Gas Institute of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2012. No. 2. Pp. 45–52.
2. Chainov N.D., Stefanovsky B.S., Novennikov O.L. Heat exchange in internal combustion engines. Kyiv: Technika, 1988. 192 pp.
3. Petrychenko R.M., Tvaschenko N.O. Mathematical modeling of the thermal state of cylinder-piston group parts of internal combustion engines. Kharkiv: KNUCA, 2005. 156 p.
4. Rosenblit G.B., Kuznetsov D.B. Theory of heat transfer in the cooling cavities of internal combustion engines. Kyiv: Naukova Dumka, 1990. 214 p.
5. Lymar, O., & Marchenko, D. (2022). Prospects for the application of restoring electric arc coatings in the repair of machines and mechanisms. In Proceedings of the 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES 2022). <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005709>.

Scientific supervisors:

Lymar O.O.,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Tractors and Agricultural Machinery, Operation and Technical Service,
Mykolayiv National Agrarian University

FACTORS CONSIDERED WHEN ASSESSING WEAR OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE CYLINDERS

Igor Okhrimenko, Dmytro Danko

Higher education student in the specialty H7 Agroengineering,
Mykolayiv National Agrarian University, Mykolayiv, Ukraine

Abstract. *In the work, the factors influencing the intensity of wear of the cylinder-piston group of internal combustion engines are investigated analytically, using a mathematical model. The influence of design, operational and thermal parameters on the process of wear of cylinder surfaces is considered. The analysis of lubrication conditions, pressure and temperature in the friction zone is carried out, and the main causes of loss of performance of parts are also determined. The results obtained can be used to predict the engine resource, improve repair technologies and increase the reliability of the cylinder-piston group.*

Keywords: *internal combustion engine, cylinder-piston group, wear, wear intensity, influence factors, mathematical model, friction, lubrication, engine life.*

Determining cylinder wear using calculation methods and predicting engine durability are of great practical importance. In addition, knowledge of the wear diagram of designed engines is necessary for the development of optimal cylinder manufacturing technologies that ensure maximum engine life during operation. Obtaining an operational wear diagram for new engines requires a significant amount of time and high material costs. To achieve reliable results, it is necessary to conduct research on many engines over a long period. Creating a mathematical model for calculating cylinder wear significantly speeds up the process and reduces costs, allowing you to obtain the necessary data several times faster and cheaper. However, to date, there is no single and reliable method for calculating cylinder wear. This is due to the large number of factors that affect the wear of internal combustion engine cylinders, and their different effects on different engines and in different operating conditions. All factors that affect the intensity of cylinder wear can be conditionally divided into two groups: internal and external. Internal factors include those that cannot be changed during operation, in particular: the design features of the engine and the physical and mechanical properties of the rubbing materials (bushings, rings, piston). External factors include a large number of variable parameters that can vary during operation, such as: used oils, air, fuel and oil purity, operating modes (load, speed, temperature), as well as indicator parameters of engine operation (compression ratio, boost ratio, maximum combustion pressures, gas temperatures, etc.).

The main problem is that external factors that affect the friction of piston rings against the cylinder vary along the height of the cylinder and differ at different points in it. Even when all internal and external factors are taken into account, cylinder wear is caused by friction between the piston rings (which can be from 3 to 8 per piston) and

the piston. Each ring operates under different friction conditions and in different areas of the cylinder. Cylinder wear is the result of the complex influence of all factors.

When creating a mathematical model of cylinder wear, an important role is played by the selection of the main factors that significantly affect this process. To simplify the calculations, it is necessary to make certain assumptions and highlight the main factors. In modern engines that have a reliable air and fuel cleaning system and use high-quality oils, the influence of some factors can be ignored, taking them as constant and such that only shift the wear curve. This applies, for example, to the type of fuel or oil. The physical and mechanical properties of rubbing materials do not change the nature of the wear curve, but only affect its absolute values, so they can also be ignored.

Among the factors that cannot be ignored are objectively existing and variable parameters along the cylinder height: friction pressure, piston speed and cylinder surface temperature. So, the main factors that affect cylinder wear are:

- gas pressure in the cylinder;
- instantaneous piston speed;
- cylinder wall surface temperature.

Other internal and external factors can be considered secondary and not taken into account at the first stage, since their influence is manifested not in changing the qualitative nature of wear, but only in shifting the wear diagram by a constant value in the direction of increasing or decreasing the ordinates. For example, the type of fuel or oil can affect the wear diagram, but this only changes the overall level of wear. Similarly, the physical and mechanical properties of rubbing materials (rings, piston and cylinder) do not change the shape of the wear diagram, but only its magnitude.

Regarding the consideration of certain factors or the calculation of the wear diagram, it should be noted that the methodology developed by the authors allows, if necessary, to expand it by including additional factors, both primary and secondary, that can affect the wear diagram.

Thus, the following conclusions can be drawn:

- Changing the engine operating modes has a significant impact on the nature and magnitude of wear of diesel cylinder liners.
- For each diesel engine, there is an optimal crankshaft speed at which bushing wear is minimal.
- Increasing the boost ratio has a positive effect on the nature of the wear pattern, smoothing it out.
- Increasing the temperature of the bushing surface reduces the intensity of wear and has a positive effect on the resource of the cylinder-piston group parts.
- The most desirable way to increase the engine resource is to increase the boost ratio when operating at optimal speeds and ensuring the maximum possible and permissible temperature level for the cylinder-piston group parts.

List of sources used:

1. Gajrani, K. K., Sankar, M. R., & Kumar, K. (2018). Performance assessment of nano-lubricants in machining. *Tribology International*, 119, 400–412. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2017.11.030>

2. Shah, P., Gadkari, A., Sharma, A., Shokrani, A., & Khanna, N. (2021). Comparison of machining performance under MQL and ultra-high voltage EMQL conditions based on tribological properties. *Tribology International*, 153, 106595. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2020.106595>
3. Huang, S., Tao, L., Wang, M., & Xu, X. (2018). Enhanced machining performance and lubrication mechanism of electrostatic minimum quantity lubrication — EMQL milling process. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 94, 655–666. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0935-4>
4. Lv, T., Xu, X.-F., Yu, A.-B., & Hu, X.-D. (2021). Oil mist concentration and machining characteristics of SiO₂ water-based nano-lubricants in electrostatic minimum quantity lubrication (EMQL) milling. *Journal of Materials Processing Technology*, 290, 116964. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2020.116964>
5. Iwasaki, M., Hirai, K., Fukumori, K., Higashi, H., Inomata, Y., & Seto, T. (2020). Characterization of submicron oil mist particles generated by metal machining processes. *Aerosol and Air Quality Research*, 20(6), 1469–1479. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2019.11.0607>
6. Cui, Z., Xie, Y., & Zhang, Y. (2024). Lubricant activity enhanced technologies for sustainable machining: Mechanisms and processability. *Chinese Journal of Aeronautics*, 38(6), 103203. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2024.08.034>
7. Xu, W., Li, C., Zhang, Y., et al. (2022). Electrostatic atomization minimum quantity lubrication machining: from mechanism to application. *International Journal of Extreme Manufacturing*, 4(4), 042003. <https://doi.org/10.1088/2631-7990/ac9652>
8. Lyman, O., & Marchenko, D. (2022). Prospects for the application of restoring electric arc coatings in the repair of machines and mechanisms. In *Proceedings of the 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES 2022)*. <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005709>.
9. Marchenko, D., Matvyeyeva, K., Kurepin, V. (2024). Increasing the wear resistance of plunger pairs of high-pressure fuel pumps using extreme pressure additives. *Problems of Tribology*, 29(4/114), 24–31. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-114-4-24-31>
10. Marchenko, D., Matvyeyeva, K. (2024). Study of Wear Resistance of Cylindrical Parts by Electromechanical Surface Hardening. *Problems of Tribology*, 29(1/111), 25–31. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-111-1-25-31>.

Анотація. У роботі аналітичним шляхом, із використанням математичної моделі, досліджено фактори, що впливають на інтенсивність зношування циліндро-поршневої групи двигунів внутрішнього згорання. Розглянуто вплив конструктивних, експлуатаційних і теплових параметрів на процес зношування поверхонь циліндрів. Проведено аналіз умов мащення, тиску та температури в зоні тертя, а також визначено основні причини втрати працездатності деталей. Отримані результати можуть бути використані для прогнозування ресурсу двигуна, удосконалення технологій ремонту та підвищення надійності роботи циліндро-поршневої групи.

Ключові слова: *двигун внутрішнього згоряння, циліндро-поршнева група, зношування, інтенсивність зносу, фактори впливу, математична модель, тертя, мащення, ресурс двигуна.*

Scientific supervisors:

Marchenko D.D.,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Tractors and Agricultural Machinery, Operation and Technical Service,
Mykolayiv National Agrarian University

УДК 631.361.8

Оцінка ефективності роботи сепаратора насіння дині у складі технологічної лінії

Круподер О.М., Коваленко О.О.,

здобувачі вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація. *У роботі розглянуто підвищення ефективності виділення насіння дині у складі технологічної лінії з використанням сепаратора грохотного типу. Описано конструкцію та технологічний процес сепарації, включно з подрібненням плодів і очищенням насіння від мезги та домішок. Визначено основні фактори, що впливають на якість сепарації, та встановлено оптимальні режими роботи для зниження травмування насіння і втрат при забезпеченні високої чистоти продукту.*

Ключові слова: *сепарація, насіння, решета, технологічні параметри.*

У сучасному овочівництві та баштанництві важливе значення має забезпечення виробництва якісним насіннєвим матеріалом. Виробництво насіння овочевих і баштанних культур потребує застосування спеціалізованих машин і технологічних ліній, що забезпечують механізоване виділення, очищення та підготовку насіння. Одним із ключових елементів таких ліній є сепаратори насіння, що виконують функції відокремлення насіння від м'якоті плодів, домішок і сторонніх включень. Дослідження, присвячені створенню технологічних ліній виділення насіння овоче-баштанних культур, в тому числі насіння дині, показують, що такі лінії складаються з комплексу машин: подрібнювачів плодів, сепараторів, мийних установок, систем очищення та сушіння насіння. Основним завданням сепаратора є відокремлення насіння від м'якоті, шкірки та інших частин плоду з мінімальним пошкодженням насіннєвого матеріалу. Ефективність роботи сепаратора визначається такими

показниками, як продуктивність, втрати насіння, вміст домішок у готовому продукті та рівень травмування насіння.

Значний внесок у розвиток технологій виділення насіння овоче-баштанних культур зробили науковці агроінженерного напрямку, які розробили ряд машин і технологічних рішень для механізованого виділення насіння дині, огірка та інших культур. Зокрема, запропоновано конструкції сепараторів і спеціалізованих ліній, що забезпечують більш ефективно відокремлення насіння від плодової маси та підвищують продуктивність процесу.

Отже, аналіз літературних джерел показує, що питання підвищення ефективності роботи сепараторів насіння у складі технологічних ліній залишається актуальним. Основними напрямками досліджень є вдосконалення конструкції робочих органів машин, оптимізація технологічних параметрів процесу сепарації та підвищення якості отриманого насіння. Це обумовлює необхідність подальших досліджень, спрямованих на оцінку ефективності роботи сепаратора насіння дині у складі технологічної лінії та визначення шляхів її підвищення.

Метою дослідження є підвищення якості сепарації насіння дині та зменшення рівня його травмування шляхом удосконалення технологічного процесу очищення насіння від мезги та подрібнених частин кірки із застосуванням сепараторів грохотного типу.

На рис. 1 наведено конструктивну схему експериментального зразка сепаратора насіння овоче-баштанних культур. Технологічний процес виділення насіння здійснюється таким чином: плоди за допомогою спеціального транспортера подаються у бункер 2 подрібнювача 3. Після подрібнення барабанами 4 і 5 утворена маса надходить на решето сепарувального грохоту 10 для подальшого відокремлення насіння.

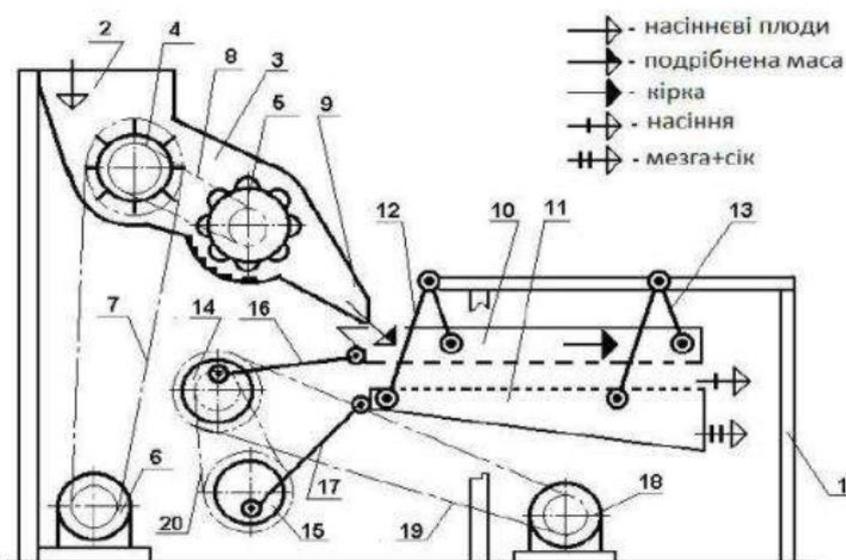


Рис.1. Конструктивна схема дослідного зразка сепаратора насіння овоче-баштанних культур: 1 – рама; 2 – приймальний бункер; 3 – подрібнювальна камера; 4 – подрібнювальний барабан; 5 – протиральний барабан; 6 – електродвигун; 7 – клинопасова передача; 8 – клинопасовий варіатор; 9 – лоток;

10, 11 – решітні грохоти; 12, 13 – решітні підвіски; 14, 15 – кривошипно-шатунні механізми; 16, 17 – шарнірні тяги; 18 – електродвигун; 19 – клинопасова передача; 20 – клинопасовий варіатор

Величина розмірів отворів верхнього решета для обробки подрібнених плодів дині станове 5×15 мм. По поверхні цього решета здійснюється відведення з технологічної зони подрібнених частин кірки, які утворюють надрешітний продукт. Насіння, мезга та дрібні частинки кірки, розміри яких близькі до розмірів насіння (підрешітний продукт), потрапляють на поверхню решета другого грохоту 11. По його поверхні насіння разом із домішками переміщується на подальший етап очищення, тоді як мезга, сік та інші дрібні домішки проходять крізь отвори решета, потрапляють у піддон, а звідти відводяться насосом.

У результаті проведених досліджень встановлено основні фактори, що впливають на якість виконання технологічного процесу грохотного сепаратора. До них належать: кут нахилу решітної поверхні, частота та амплітуда коливань решета, кут прикладання збуджувальної сили коливань, а також довжина решета. Критеріями оптимізації технологічного процесу були обрані показники чистоти насіння, рівень його травмування та величина втрат насінневого матеріалу. Встановлено, що на якість виконання технологічного процесу найбільше впливають такі фактори, як частота коливань грохоту, амплітуда коливань та довжина робочої поверхні решета. При цьому обрані діапазони варіювання незалежних параметрів забезпечують можливість роботи обладнання як у режимі інерційної сепарації, так і у режимі вібросепарації. За результатами досліджень визначено оптимальні поєднання зазначених параметрів. Так, при рівні травмування насіння в межах 4-6 %, чистоті 70-75 % та втратах насіння 6-7 % доцільними є такі режими роботи: частота коливань $9,0-42,0 \text{ с}^{-1}$, амплітуда коливань 24-32 мм, а довжина робочої частини решета – 1,2-1,6 м.

У режимі вібросепарації, за умови частоти коливань понад 30 с^{-1} та амплітуди коливань більше 35 мм (при куті прикладання збуджувальної сили коливань 10°), рівень травмування насіння не перевищує 5 %, а його чистота становить 70-71 %. Водночас під час роботи обладнання в режимі інерційної сепарації втрати насіння знаходяться в межах 5-6 %.

Список використаних джерел:

1. Бабенко Д.В., Горбенко О.А., Доценко Н.А., Кім Н.І. Дослідження засобів механізації отримання насіння овоче-баштанних культур. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2016. Вип. 4(92), С.137-142.

2. Шибанін В.С., Атаманюк І.П., Горбенко О.А., Доценко Н.А. Визначення оптимальних параметрів машин для виділення насінневої маси овоче-баштанних культур. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2020. Вип. 2, С. 95-103. DOI: 10.31521/2313-092X/2020-2(106)-11

3. Горбенко О., Храмов М. Конструктивне рішення вдосконаленої машини для калібрування кабачків і огірків з розподільним пристроєм. Крамаровські читання: збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди 117-ї річниці від дня народження професора, Крамарова В.С. 22-23.02.2024 р. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2024. С. 336-339.

Abstract. *The paper considers increasing the efficiency of melon seed separation in a technological line using a screen-type separator. The design and technological process of separation are described, including crushing the fruits and cleaning the seeds from pulp and impurities. The main factors affecting the quality of separation are determined, and optimal operating modes are established to reduce seed injury and losses while ensuring high product purity.*

Keywords: *separation, seeds, sieve, technological parameters.*

Науковий керівник:

Горбенко О.А.,

*канд .техн. наук, доцентка кафедри агроінженерії
Миколаївський національний аграрний університет*

УДК 621.6.031:631.15

Інженерне забезпечення систем водопостачання тваринницьких підприємств

Анісімов С.О., Великохатько Р.О.,

*здобувачі вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна*

Анотація. *Інженерне забезпечення систем водопостачання тваринницьких підприємств є важливою складовою ефективного функціонування сучасної галузі тваринництва. Вода є одним із ключових факторів життєзабезпечення тварин, що безпосередньо впливає на здоров'я, продуктивність та ефективність використання кормів. Надійні системи водопостачання повинні забезпечувати безперебійну подачу води відповідної якості та в достатній кількості для напування тварин, санітарної обробки приміщень і технологічних процесів. У межах досліджень інженерного забезпечення розглядаються питання вибору джерел водопостачання, проектування систем подачі та розподілу води, застосування автоматизованих систем напування, а також підвищення енергоефективності та надійності обладнання.*

Ключові слова: *система водопостачання, ферми, тваринництво, конструктивно-технологічні параметри.*

Питання забезпечення тваринницьких підприємств водними ресурсами є важливим напрямом наукових досліджень, оскільки водопостачання є одним із ключових елементів технологічних процесів у тваринництві. Дослідження показують, що недостатнє або нестабільне водопостачання може призводити до

порушення процесів травлення, зниження засвоюваності кормів та зменшення продуктивності тварин, особливо за підвищених температур.

У сучасних наукових роботах значна увага приділяється підвищенню ефективності використання водних ресурсів, оскільки тваринництво є значним споживачем прісної води. Дослідники аналізують показники водної продуктивності та фактори, що впливають на ефективність використання води у різних виробничих системах. Перспективним напрямом є удосконалення систем водопостачання на фермах шляхом використання полімерних трубопроводів, накопичувальних резервуарів та автоматичних поїлок, що дозволяє зменшити втрати води та забезпечити рівномірний доступ тварин до неї.

Крім того, значна увага приділяється застосуванню автоматизованих систем контролю та моніторингу водоспоживання, що сприяє підвищенню ефективності управління водними ресурсами та зменшенню експлуатаційних витрат.

Запропоноване водопідіймальне обладнання для тваринницьких ферм базується на використанні основного закону гідростатики, закону Бойля-Маріотта та закону сполучених посудин. Його принцип роботи полягає у створенні необхідного напору у водопровідній мережі за рахунок стовпа рідини, сформованого під дією гравітаційних сил. Напір може утворюватися як штучно – за рахунок роботи водопровідної мережі, так і природно – через різницю рівнів води у природних або штучних водоймах.

Для наочного пояснення принципу роботи водопідіймального обладнання в умовах тваринницьких ферм наведено відповідну схему (рис. 1).

Процес функціонування водопідіймального обладнання в умовах тваринницьких ферм у технологічних процесах сільськогосподарського виробництва відбувається наступним чином. Через кран подачі води для заповнення транзитної ємності 2 із напірного бака 1 вода надходить до транзитного резервуара 8, після чого система герметизується за допомогою клапана герметизації або розгерметизації 6.

Одночасно з цим права базова ємність 3 герметизується та заповнюється водою через кульковий або гвинтовий кран 5. У результаті цього в ємності створюється тиск стисненого повітря $P_0 = P_{\text{атм}} + \gamma h$, де γ – питома вага води, а h – висота стовпа води, що відповідає напору H .

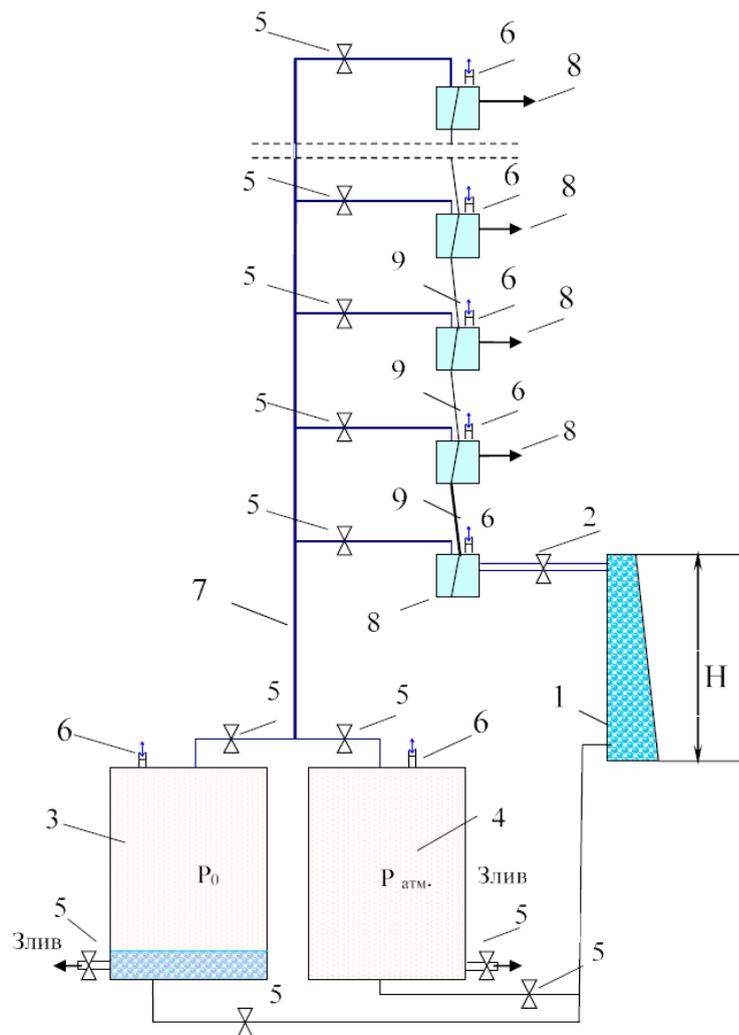


Рис. 1. Схема водопідйомного обладнання в умовах тваринницьких ферм:

1 – напірний бак, 2 – кран для заповнення водою транзитної ємності, 3 – базова ємність права, 4 – базова ємність ліва, 5 – кульковий або гвинтовий кран, 6 – клапан для герметизації або розгерметизації, 7 – трубопровід компресійного атмосферного повітря, 8 – транзитні резервуари, 9 – напірні магістралі

Стиснене повітря з правої базової ємності 3 через кульковий або гвинтовий кран 5 надходить у трубопровід компресійного атмосферного повітря 7, а далі через клапан герметизації або розгерметизації 6 – у транзитний резервуар 8. Під дією стисненого повітря вода з резервуара витісняється по напірній магістралі 9 до наступної транзитної ємності. Після її заповнення резервуар герметизується, і цикл витіснення води повторюється. У наступних транзитних резервуарах процес відбувається за аналогічним принципом, при цьому кожна ємність, починаючи з другої, забезпечує підвищення напору води $H = \gamma h$.

Для забезпечення безперервної подачі стисненого повітря в систему передбачено послідовну та синхронну роботу двох базових ємностей – правої 3 та лівої 4.

Запропонований принцип підвищення напору може застосовуватися не лише для водопостачання, але й для отримання екологічно чистої енергії у високонапірних гідроенергетичних установках різної потужності. Обладнання

працює в автоматичному режимі та не потребує постійного втручання людини, що робить його перспективним для використання на тваринницьких фермах, де важливо забезпечити автономність водо- та енергопостачання.

Список використаних джерел:

1. Zacharchenko, O.V. (2018). Assessment of waste formation and prospects for the introduction of environmentally friendly waste-free technologies in the field of animal husbandry. *Scientific Bulletin of Polissia*, 11(3), 82-88.
2. Zhang, Y., Lu, X., & Zhang, X. (2021). Experimental investigation of critical suction velocity of coarse solid particles in hydraulic collecting. *Acta Mechanica Sinica*, 37, 613-619. doi:10.1007/s10409-020-01022-6.
3. Aryal, R., Dokou, Z., Malla, R.B., & Bagtzoglou, A.C. (2020). Design optimization of a small-scale hydropower harvesting device. *Structural and Multidisciplinary Optimization*, 61(3), 1303-1318. doi:10.1007/s00158-019-02416-2.

Abstract. *Engineering support of water supply systems of livestock enterprises is an important component of the effective functioning of the modern livestock industry. Water is one of the key factors of animal life support, which directly affects the health, productivity and efficiency of feed use. Reliable water supply systems must ensure uninterrupted supply of water of appropriate quality and in sufficient quantity for watering animals, sanitation of premises and technological processes. Within the framework of engineering support research, the issues of choosing water supply sources, designing water supply and distribution systems, using automated watering systems, as well as increasing energy efficiency and reliability of equipment are considered.*

Keywords: *water supply system, farms, livestock, structural and technological parameters.*

Науковий керівник:
Горбенко О.А.,

*канд .техн. наук, доцентка кафедри агроінженерії
Миколаївський національний аграрний університет*

УДК 637.23.02

Обґрунтування конструкції масловиготовлювача з двома робочими колесами для інтенсифікації збивання вершків

Сербенюк Д.М., Васильков М.В.,

*здобувачі вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна*

Анотація. *У роботі розглянуто особливості процесу утворення масляного зерна під час збивання вершків та проаналізовано існуючі конструкції масловиготовлювачів. Запропоновано удосконалену конструкцію*

масловиготовлювача періодичної дії з механізмом збивання у вигляді двох робочих коліс, що обертаються у протилежних напрямках. Така конструкція забезпечує інтенсифікацію перемішування вершків, формування турбулентного режиму руху та прискорення процесу утворення масляного зерна. Реалізація запропонованого технічного рішення сприяє підвищенню продуктивності обладнання та зниженню енергоємності технологічного процесу.

Ключові слова: *молоко, масловиготовлювач, перемішування, робочі колеса*

Виробництво вершкового масла є важливим напрямом переробки молочної сировини. Основним обладнанням для здійснення цього технологічного процесу є масловиготовлювачі, призначені для механічного збивання вершків з метою руйнування оболонок жирових кульок, їх подальшої агрегації та утворення масляного зерна з відокремленням пахти. Ефективність процесу значною мірою залежить від конструкції обладнання та режимів його роботи.

За принципом функціонування масловиготовлювачі поділяють на машини періодичної та безперервної дії. Масловиготовлювачі періодичної дії працюють за циклічним принципом: у робочу ємність подається певна порція вершків, після чого здійснюється процес їх збивання до утворення масляного зерна. Такі установки характеризуються відносною простотою конструкції, надійністю в експлуатації та широко застосовуються на невеликих молокопереробних підприємствах, фермерських господарствах і в дослідних установках.

Масловиготовлювачі безперервної дії використовуються переважно на великих молокопереробних підприємствах. У таких установках технологічний процес відбувається безперервно: вершки надходять до робочих камер, де здійснюється їх інтенсивне перемішування, утворення масляного зерна, відокремлення пахти та подальше формування структури масла. Використання безперервних установок забезпечує високу продуктивність, стабільність технологічного процесу та можливість автоматизації виробництва.

Конструктивно масловиготовлювачі складаються з робочої ємності або барабана, механізму збивання, приводу, редукторів, а також систем керування та допоміжних елементів. Робочі органи можуть мати різну конструкцію – лопатеву, бичову або стрічкову – що забезпечує інтенсивне перемішування вершків та створення необхідного гідродинамічного режиму в робочому об'ємі.

Аналіз наукових і технічних джерел свідчить, що основними напрямками удосконалення масловиготовлювачів є підвищення продуктивності, зниження енергоємності процесу збивання, покращення структури та якості готового продукту, а також інтенсифікація перемішування вершків. Значна увага приділяється вдосконаленню конструкції робочих органів та створенню більш ефективних режимів перемішування, що сприяє прискоренню утворення масляного зерна та підвищенню ефективності технологічного процесу.

На основі аналізу літературних і патентних джерел запропоновано удосконалити конструктивну схему масловиготовлювача періодичної дії (рис. 1). Конструкція ґрунтується на технічному рішенні, спрямованому на підвищення продуктивності процесу та зменшення енергоємності збивання масла. Це

досягається завдяки горизонтальному розташуванню циліндричної робочої ємності та застосуванню механізму збивання у вигляді двох робочих коліс, встановлених у лівій і правій частинах ємності. Колеса мають можливість обертатися у протилежних напрямках за допомогою редуктора, розміщеного між ними. Кожне колесо конструктивно складається зі спиць, жорстко з'єднаної з приводним валом, та стрічкового елемента, кінці якого розгорнуті на 180°, з'єднані між собою і жорстко закріплені на спиці.

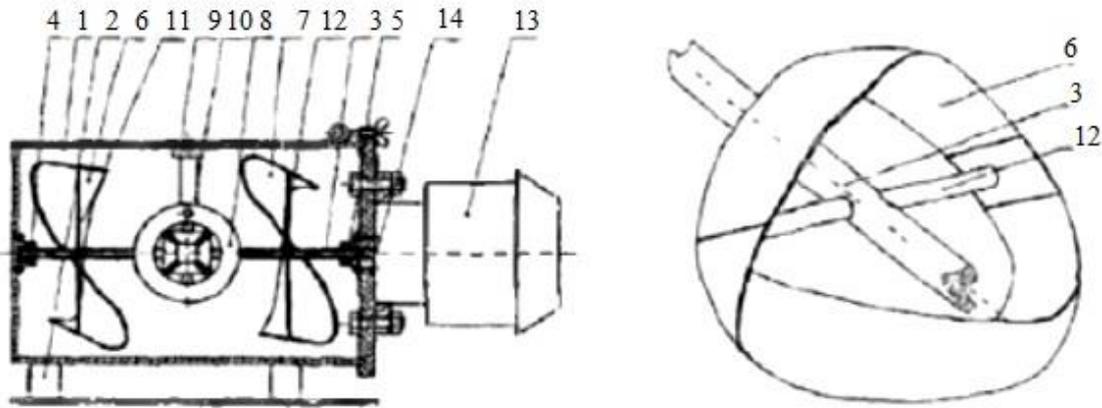


Рис. 1. Маслоготовлювач періодичної дії:

1 – ємність нерухома. 2 – підніжка, 3 – вал привідний, 4,5 – вузли підшипникові, 6,7 – робочі колеса, 8 – редуктор, 9 – упор, 10 – важіль, 11, 12 – спиці, 13 – електродвигун, 14 – кришка

Маслоготовлювач функціонує наступним чином. Через відкриту кришку 14 вершки подаються до робочої ємності 1, після чого кришку герметично закривають, а ємність встановлюють на підніжки 2. Після ввімкнення електродвигуна 13 приводиться в дію механізм збивання. У процесі роботи робочі колеса 6 і 7, за допомогою редуктора 8, обертаються у протилежних напрямках, що забезпечує інтенсивне перемішування вершків у внутрішньому об'ємі ємності.

Внаслідок цього виникає турбулентний режим руху матеріалу. Конструктивне виконання робочих коліс у вигляді згорнутої стрічки сприяє утворенню двох протилежно спрямованих вихрових потоків (воронок), що значно інтенсифікує процес збивання. Такий режим перемішування прискорює утворення масляного зерна та, відповідно, підвищує продуктивність маслоготовлювача. Після завершення технологічного процесу ємність встановлюють у вертикальне положення на дно, знімають кришку 14 і здійснюють вивантаження готового продукту.

Аналіз існуючих конструкцій маслоготовлювачів і основних положень теорії утворення масляного зерна дає підстави вважати найбільш перспективними установки періодичної дії з нерухомою ємністю та активним робочим органом. Однак, недосконалість конструкцій таких машин часто призводить до збільшення тривалості процесу утворення масляного зерна та підвищених втрат жиру з склотоїною. Це пов'язано з ударним впливом робочих органів на потік вершків, що спричиняє дроблення жирових кульок.

У зв'язку з цим запропоновано конструкцію масловиготовлювача з механізмом збивання у вигляді двох робочих коліс та редуктора, розміщеного між ними. Така конструкція усуває зазначені недоліки за рахунок надання вершкам обертального руху зі зустрічною спрямованістю потоків. У результаті підвищуються сили тертя між потоками, інтенсифікується перемішування та формується турбулентний режим руху. Це сприяє ефективнішому руйнуванню білкових оболонок жирових кульок з подальшою їх агрегацією та прискореним утворенням масляного зерна.

Список використаних джерел:

1. Mansour, A. W., Sindi, H. A. (2024). Effects of Ajwa date seeds on the oxidative stability of butter. *Heliyon*, 10(2). doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e24717.
2. Shved, O., Skril Yu., Vichko O., Hubrii Z., Kupka T., (2023). Analytical Review of Biotechnological Problem of Ukrainian Hard Cheeses. *Biotechnologia Acta*, 16(3), 5-23.
3. Мусій, Л. Я., Цісарик, О. Й. (2014). Оксидантна стабільність кисло вершкового масла при зберіганні. *Харчова наука та технологія*, 8(6). doi: 10.15673/2073-8684.29/2014.33594

Abstract. *The work examines the peculiarities of the process of condensation of oil grains during the hour of beating the tops and analyzes the original design of oil-processing machines. It is based on a refined design of the oil-processing batch pump with a beating mechanism in the form of two working wheels that turn on the opposite directions. This design ensures the intensification of mixing of the tops, the formation of turbulent flow conditions and the acceleration of the process of solidification of the oil grain. The implementation of the proposed technical solution results in increased productivity and reduced energy intensity of the technological process.*

Key words: *milk, butter and preparation, mixing, working wheels.*

Науковий керівник:

Храмов М.С.,

асистент кафедри агроінженерії

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 631.363.7

Вдосконалення конструкції кормороздавача-змішувача зі шнековими робочими органами для приготування кормових сумішей

Попов С.В., Новосьолов А.П.,

здобувачі вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. Проведено аналіз науково-технічних джерел та існуючих конструкцій кормороздавачів-змішувачів, що застосовуються для приготування повнораціонних кормових сумішей. Встановлено, що конструкція робочих органів істотно впливає на якість змішування кормових компонентів та енергоємність технологічного процесу. На основі проведеного аналізу запропоновано конструктивно-технологічну схему роздавача-змішувача зі шнековими робочими органами, який виконано на базі мобільного бункерного роздавача кормів. Особливістю конструкції є застосування шнеків із сегментами, розташованими по зовнішньому периметру гвинтової поверхні, що забезпечує одночасне подрібнення та інтенсивне перемішування кормових компонентів.

Ключові слова: кормороздавач-змішувач, кормова суміш, шнековий робочий орган, подрібнення кормів, змішування кормів, механізація годівлі тварин.

Тваринництво посідає важливе місце в структурі аграрного виробництва, забезпечуючи населення продуктами харчування, а переробну промисловість – необхідною сировиною. Ефективність розвитку цієї галузі значною мірою визначається рівнем механізації основних виробничих процесів, зокрема процесів приготування та роздавання кормів. Процес годівлі тварин належить до найбільш трудомістких технологічних операцій у тваринництві, що обумовлює важливість його механізації як з економічної, так і з технологічної точки зору.

Аналіз науково-технічних джерел свідчить, що проблеми механізації процесів приготування та роздавання кормів є предметом численних досліджень вітчизняних і зарубіжних учених. У наукових працях значна увага приділяється удосконаленню конструкцій кормороздавачів-змішувачів, оптимізації параметрів їх робочих органів, а також підвищенню ефективності процесу перемішування кормових компонентів.

Результати досліджень показують, що конструктивні особливості робочих органів суттєво впливають на якість змішування кормових компонентів та енергоємність технологічного процесу. У більшості сучасних кормозмішувальних машин застосовуються горизонтальні або вертикальні шнекові робочі органи, оснащені ріжучими ножами, які забезпечують одночасне подрібнення та перемішування кормів.

Незважаючи на значну кількість наукових досліджень у цьому напрямі, питання підвищення ефективності функціонування робочих органів кормороздавачів-змішувачів, покращення однорідності кормових сумішей та зниження енерговитрат залишаються актуальними. Це зумовлює необхідність проведення подальших досліджень, спрямованих на вдосконалення конструктивно-технологічних параметрів машин для приготування та роздавання кормів.

На підставі аналізу існуючих технічних засобів для приготування кормових сумішей запропоновано конструктивно-технологічну схему роздавача-змішувача з робочим органом шнекового типу (рис. 1).

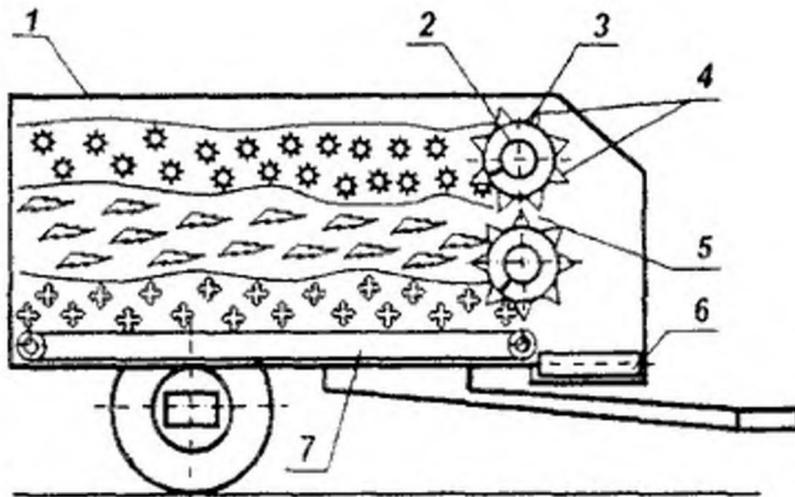


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема роздавача-змішувача:

1 – кузов; 2 – шнек; 3 – гвинтова поверхня; 4 – сегменти; 5 – міжвитковий простір; 6 – вивантажувальний транспортер; 7 – подавальний транспортер

Роздавач-змішувач виконано на базі мобільного бункерного роздавача кормів РММ-5, який включає бункер 7. У передній частині бункера розміщено подрібнюючо-змішуючі робочі органи шнекового типу, подавальний 7 та вивантажувальний 6 транспортери. Шнеки 2 із закріпленими по зовнішньому периметру гвинтових поверхонь 3 сегментами 4 розташовані таким чином, що гвинтова поверхня 3 одного шнека перекриває міжвитковий простір 5 іншого шнека. Подрібнюваний матеріал або компоненти кормової суміші подаються до шнеків 2 за допомогою подавального транспортера 7. Привід подрібнюючо-змішуючого шнекового апарата, поздовжнього та вивантажувального транспортерів здійснюється від валу відбору потужності трактора через карданну передачу.

При розробці подрібнюючо-змішуючого шнекового робочого органу важливим показником є визначення оптимальної частоти обертання шнеків, за яких забезпечується ефективно різання та змішування матеріалу. Безпідірне різання зазвичай відбувається за високих швидкостей, проте, у даному випадку їх застосування є недоцільним, оскільки може спричинити нерівномірний розподіл кормових компонентів уздовж протилежних стінок бункера та знижувати однорідність суміші. Враховуючи, що у процесі роботи сам матеріал частково виконує функцію ріжучого елемента, виникає можливість зменшення швидкості різання. Значення раціонального показника швидкості обертання шнеків визначається враховуючи особливості технологічного процесу, що поєднує одночасне подрібнення та змішування кормових компонентів.

У результаті проведеного аналізу сучасних технічних засобів для приготування та роздавання кормів встановлено, що ефективність роботи кормороздавачів-змішувачів значною мірою залежить від конструктивних особливостей їх робочих органів. Запропоновано конструктивно-технологічну схему роздавача-змішувача зі шнековими робочими органами, оснащеними

сегментами, що забезпечують одночасне подрібнення та інтенсивне перемішування кормових компонентів. Обґрунтовано необхідність визначення раціональної частоти обертання шнеків, що дозволить забезпечити ефективність процесу різання та підвищити однорідність кормової суміші. Застосування запропонованої конструкції сприятиме підвищенню продуктивності обладнання та зниженню енергоємності процесу приготування кормів.

Список використаних джерел:

1. Дереза О.О., Болтянський Б.В., Дереза С.В. Використання мобільних кормороздавачів-змішувачів на фермах ВРХ як засіб підвищення продуктивності худоби і економії кормів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2021. Вип. 11, Т. 2.

2. Grigorenko S. (2021). Technical means for mechanization of technological processes on livestock farms. Theory, practice and science. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan 2021. P. 255-257.

3. Honcharuk I., Kupchuk I. (2022). Study of mechanical-rheological parameters of feed grain during to the impact-cutting loading. In: Theoretical and practical aspects of the development of modern scientific research: scientific monograph. Part 2. Riga, Latvia: Baltija Publishing, 2022. P. 1-28. DOI: 10.30525/978-9934-26-195-4-15

Abstract. *An analysis of scientific and technical sources and existing designs of feed mixers used for the preparation of complete feed mixtures was carried out. It was established that the design of the working bodies significantly affects the quality of mixing of feed components and the energy intensity of the technological process. Based on the analysis, a structural and technological scheme of a mixer-distributor with screw working bodies, which is made on the basis of a mobile bunker feed distributor, is proposed. A feature of the design is the use of screws with segments located along the outer perimeter of the screw surface, which ensures simultaneous grinding and intensive mixing of feed components.*

Keywords: *feed mixer-distributor, feed mixture, screw working body, feed grinding, feed mixing, mechanization of animal feeding.*

Науковий керівник:

Храмов М.С.,

асистент кафедри агроінженерії

Миколаївський національний аграрний університет

Обґрунтування параметрів насосного обладнання для енергоефективної роботи дощувальних систем зрошення

Ватула К.О., Вознюк О.О.,

здобувачі вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація. Підвищення ефективності використання водних та енергетичних ресурсів є важливим завданням сучасного зрошувального землеробства. Значна частина енерговитрат у дощувальних системах припадає на роботу насосного обладнання, що забезпечує подачу води в мережу. У роботі розглянуто питання оптимізації параметрів насосного обладнання та гідравлічних режимів роботи дощувальних систем зрошення з метою зниження енергоспоживання.

Ключові слова: зрошення, дощувальні системи, насосне обладнання, енергоефективність, гідравлічні режими, енергоспоживання.

Проблема підвищення енергоефективності систем зрошення є актуальною для багатьох країн світу, особливо в умовах зростання вартості енергоресурсів та обмеженості водних ресурсів. Значна кількість досліджень присвячена вдосконаленню насосного обладнання, оптимізації режимів транспортування води та впровадженню автоматизованих систем керування.

У сучасних наукових роботах значна увага приділяється використанню альтернативних джерел енергії для живлення насосних станцій. Зокрема, досліджуються можливості застосування сонячних енергетичних установок у системах зрошення, що дозволяє знизити залежність від традиційних джерел електроенергії. Іншим напрямом досліджень є використання сучасних методів керування насосними агрегатами, зокрема частотного регулювання швидкості обертання електродвигунів. Такі системи дозволяють змінювати продуктивність насосів відповідно до фактичної потреби у воді та зменшувати втрати енергії.

Важливе значення має також застосування сенсорних технологій і систем моніторингу параметрів роботи гідравлічних мереж. Використання датчиків тиску, витрати води та вологості ґрунту дозволяє більш точно керувати режимами поливу та оптимізувати роботу насосного обладнання.

Дослідження проводилися на прикладі функціонування дощувальних систем зрошення, які використовують насосну подачу води. Аналіз показав, що енергетичні витрати на зрошення залишаються досить високими і становлять у середньому близько 1288 кВт·год на гектар. Середня тривалість роботи насосних агрегатів сягає 9,6 годин на добу, що свідчить про повну залежність систем від насосної подачі води.

У сучасних умовах площі зрошуваних земель суттєво скоротилися. Якщо раніше потенціал зрошення становив близько 600 тис. га, то у 2023 році фактично використовувалося близько 100 тис. га, а у 2025 році – лише 40,5 тис. га. Така ситуація зумовлена як економічними факторами, так і технічним станом меліоративної інфраструктури.

Додатковою проблемою є значні втрати води під час транспортування, які можуть досягати 32-35 %, а також втрати енергії, що становлять не менше 30 %. Ступінь зношення елементів зрошувальних мереж перевищує 75 %, що негативно впливає на ефективність роботи систем.

Основні показники функціонування систем зрошення наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 Основні енергетичні та експлуатаційні показники дощувальних систем зрошення

| Показник | Значення |
|---|---------------------|
| Питомі витрати електроенергії на зрошення | 1288 кВт·год/га |
| Середня тривалість роботи насосів | 9,6 год/добу |
| Потенційна площа зрошення | близько 600 тис. га |
| Фактична площа зрошення у 2023 р. | близько 100 тис. га |
| Фактична площа зрошення у 2025 р. | 40,5 тис. га |
| Втрати води у мережах | 32-35 % |
| Втрати енергії | не менше 30 % |
| Зношення інфраструктури | понад 75 % |

Аналіз отриманих даних свідчить про необхідність оптимізації параметрів роботи насосного обладнання. Одним із ефективних шляхів є адаптивне регулювання режимів подачі води залежно від потреб рослин і фактичних гідравлічних умов у мережі.

Оптимізація гідравлічних режимів дозволяє зменшити втрати напору в трубопроводах і знизити навантаження на насосні агрегати. Крім того, використання частотного регулювання швидкості обертання насосів забезпечує можливість плавної зміни продуктивності насосної установки. Це сприяє зменшенню енергоспоживання та підвищенню надійності роботи обладнання.

Важливу роль у підвищенні ефективності систем зрошення відіграє впровадження систем моніторингу та автоматизованого керування. Використання сенсорів вологості ґрунту, датчиків тиску та витрати води дозволяє оперативно змінювати режими роботи насосних станцій і забезпечувати оптимальні умови зрошення.

Крім того, використання частотних перетворювачів для регулювання швидкості обертання насосів забезпечує більш точне узгодження подачі води з фактичними потребами зрошення. Це дозволяє зменшити питомі витрати енергії на перекачування води до 305 кВт·год на 1000 м³.

Важливу роль у підвищенні ефективності роботи систем відіграє впровадження сенсорних технологій. Використання датчиків вологості ґрунту та датчиків тиску в мережі забезпечує постійний контроль параметрів системи та дає можливість оперативно коригувати режими поливу. Завдяки цьому

частота корекції режимів зрошення може збільшуватися до шести разів на добу, що підвищує точність подачі води та дозволяє зменшувати її витрати в періоди опадів.

Таким чином, комплексне застосування оптимізованих гідравлічних режимів, сучасного насосного обладнання та систем автоматичного керування дозволяє підвищити енергоефективність дощувальних систем і зменшити експлуатаційні витрати.

Показано, що оптимізація гідравлічних режимів роботи насосних станцій дозволяє знизити робочий тиск у мережі, зменшити гідравлічні втрати та скоротити споживання електроенергії. Використання частотного регулювання насосів забезпечує більш ефективну роботу зрошувальних систем без зміни конструкції існуючих мереж.

Отримані результати можуть бути використані при модернізації та проектуванні систем зрошення з метою підвищення їх енергоефективності та раціонального використання водних ресурсів.

Список використаних джерел:

1. Sadovoy, O., Hruban, V., Fedorchuk, M., & Fedorchuk, V. (2024). Optimisation of solar power plant parameters for use in sprinklers in Southern Ukraine. *Machinery & Energetics*, 15(3), 117-128. doi: 10.31548/machinery/3.2024.117.
2. Sadovoy, O.S., & Koshkin, D. (2024). Calculation of the Optimal Parameters of the Electrical Apparatus for the Irrigation System. 2024 IEEE 6th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), 1-4. DOI:10.1109/MEES64070.2024.11405142
3. Liu, J., Yuan, C., Matias, L., Bowen, C., Dhokia, V., Pan, M. and Roscow, J. (2024), Sensor Technologies for Hydraulic Valve and System Performance Monitoring: Challenges and Perspectives. *Adv. Sensor Res.*, 3: 2300130. <https://doi.org/10.1002/adsr.202300130>

Abstract. *Increasing the efficiency of water and energy resources is an important task of modern irrigated agriculture. A significant part of energy consumption in irrigation systems is accounted for by the operation of pumping equipment, which ensures the supply of water to the network. The paper considers the issue of optimizing the parameters of pumping equipment and hydraulic modes of operation of sprinkler irrigation systems in order to reduce energy consumption.*

Keywords: *irrigation, sprinkler systems, pumping equipment, energy efficiency, hydraulic modes, energy consumption.*

Наукові керівники:

Садовий О.С.,

канд. техн. наук, доцент кафедри агроінженерії

Суковіцина І.М.

асистентка кафедри агроінженерії

Миколаївський національний аграрний університет

СЕКЦІЯ
«МЕХАНІКА, ЗАГАЛЬНОТЕХНІЧНІ ДИСЦИПЛІНИ ТА ОБЛАДНАННЯ
ПЕРЕРОБНИХ ВИРОБНИЦТВ»

УДК 631.363:633.8

Кінематичний і силовий аналіз механізмів пресування в процесі відокремлення олії

Олександр Вільчинський, Анна Олараш,

здобувач вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Роман Борсук,

здобувач фахової передвищої освіти 208 Агроінженерія

ВСП «Технологіко-економічний фаховий коледж МНАУ»

м. Миколаїв, Україна

***Анотація:** у роботі розглядається вдосконалення процесу відокремлення олії з насіння соняшнику та м'ятки за допомогою шнекового преса з попередньою вологотермічною обробкою сировини. Проведено кінематичний та силовий аналіз робочих органів преса, розраховано робочий тиск, осьове зусилля, крутний момент, потужність приводу та продуктивність установки. Порівняння з типовою конструкцією олієвідтискного преса показало зниження силових навантажень і енергоспоживання на 25–30%, з одночасним збереженням продуктивності. Отримані результати підтверджують ефективність попередньої обробки сировини для підвищення енергоефективності технологічного процесу.*

***Ключові слова:** кінематичний і силовий аналіз, механізми пресування, відокремлення олії*

На сучасному етапі розвитку промисловості, в умовах переходу економіки до інтенсивної моделі зростання, особливої ваги набуває ефективне використання виробничого потенціалу. Одним із ключових напрямів розвитку аграрного сектору є впровадження сучасних технологій переробки сільськогосподарської продукції в господарствах різних форм власності. Важливим завданням також є створення компактного та енергоощадного обладнання, придатного для використання у складі технологічних ліній переробки [1].

У Миколаївській області соняшник займає провідні позиції серед сільськогосподарських культур. Це пояснюється його високою економічною ефективністю та стабільним попитом як на насіння, так і на отриману з нього олію. На сьогодні для вилучення олії із насіння соняшнику застосовують два основні методи - пресування та пряму екстракцію. Водночас технологія пресування характеризується значно нижчими виробничими витратами

порівняно з екстракційним способом [5]. З огляду на це, актуальним напрямом є вдосконалення процесу пресування шляхом обґрунтування раціональних конструктивних і режимних параметрів шнекового преса для відокремлення олії [2].

У межах теорії механізмів і машин процес відокремлення олії пресуванням розглядається як результат взаємодії робочих органів преса з оброблюваним матеріалом під дією визначених кінематичних і силових параметрів [3]. Кінематичне дослідження передбачає: визначення типу механізму (шнековий, гвинтовий, важільний тощо); встановлення закону руху робочого органа (кутова швидкість шнека, поступальний рух гвинта); розрахунок передавального відношення приводу; визначення швидкості переміщення матеріалу вздовж зони пресування; аналіз кінематичних пар і ступенів вільності механізму. Для шнекового преса основними параметрами є кутова швидкість обертання вала, крок гвинтової нарізки та геометрія витків, що визначають швидкість транспортування та ущільнення насіння [4].

Силове дослідження включає: визначення сил тиску матеріалу на витки шнека та стінки корпусу; розрахунок осьового зусилля, необхідного для створення заданого тиску пресування; визначення крутного моменту на валу; оцінку потужності приводу; врахування сил тертя між матеріалом і робочими поверхнями. Тиск у зоні пресування формується внаслідок зменшення об'єму міжвиткового простору та опору виходу макухи. Саме величина тиску визначає ефективність виділення олії.

Проведемо порівняння роботи типового пресу та енергоефективного олійного пресу для вилучення олії [2]. Попередня вологотермічна обробка (зволоження + нагрівання до 90–110 °С) знижує міцність клітинних стінок, зменшує внутрішній опір матеріалу та підвищує вихід олії. Це дозволяє працювати при менших тисках і знижувати енерговитрати.

В таблиці 1 представлені вихідні характеристики енергоефективного шнекового преса, в якому здійснюється попередня обробка м'ятки.

Таблиця 1. Характеристики енергоефективного шнекового преса, в якому здійснюється попередня обробка м'ятки.

| № | Параметр | Позначення | Кількість | Одиниця виміру |
|---|---|------------|-----------|-------------------|
| 1 | Діаметр шнека | D | 0,10 | м |
| 2 | Крок шнека | S | 0,08 | м |
| 3 | Частота обертання вала | n | 100 | об/хв |
| 4 | Коефіцієнт заповнення | φ | 0,4 | – |
| 5 | Насипна густина м'ятки | ρ | 650 | кг/м ³ |
| 6 | Тиск пресування без обробки | p_0 | 6 | МПа |
| 7 | Коефіцієнт зниження опору після обробки | k | 0,7 | – |
| 8 | Попередня температура матеріалу | t | 95 | °С |
| 9 | Продуктивність преса | Q | 450 | кг/год |

Здійснимо короткий розрахунок енергоефективного олієвідтискного преса.
Розрахуємо робочий тиск з урахуванням обробки:

$$p = k \cdot p_0 = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ МПа} \quad (1)$$

Визначимо площу поперечного перерізу шнека:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,1^2}{4} = 0,00785 \text{ м}^2 \quad (2)$$

Розрахуємо осьове зусилля на шнек.

$$F = p \cdot AF = 4,2 \cdot 106 \cdot 0,00785 \approx 32\,970 \text{ Н} \quad (3)$$

Крутний момент на валу рівний:

$$M = F \cdot \frac{D}{2} = 32\,970 \cdot 0,05 \approx 1\,648 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (4)$$

Потужність приводу дорівнює:

$$N = \frac{2\pi nM}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 1\,648}{60} \approx 17,3 \text{ кВт} \quad (5)$$

Теоретична продуктивність преса визначається як:

$$Qt = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot n \cdot \varphi \cdot \rho = 0,00785 \cdot 0,08 \cdot 100 \cdot 0,4 \cdot 650 \approx 450 \text{ кг/год} \quad (6)$$

В таблиці 2 представлено порівняння розрахунку вдосконаленої конструкції преса в порівнянні з типовою конструкцією.

Таблиця 2. Результати розрахунку та порівняння з типовою конструкцією

| № | Параметр | Позначення | Розрахунок для енергоефективного преса | Прес FS-401 5 | Аналіз ефективності |
|---|---------------------------|----------------|--|----------------|---|
| 1 | Робочий тиск | p | 4,2 МПа | 6 МПа | Попередня вологотермічна обробка знижує тиск |
| 2 | Осьове зусилля | F | 32 970 Н | 47 100 Н | Зменшення на ~30% |
| 3 | Крутний момент | M | 1 648 Н·м | 2 355 Н·м | Зменшення на ~30% |
| 4 | Потужність приводу | N | 17,3 кВт | 24–25 кВт | Зниження енергоспоживання |
| 5 | Теоретична продуктивність | Q _t | 450 кг/год | 400–450 кг/год | Завдяки попередній обробці продуктивність зростає |
| 6 | Окружна швидкість шнека | v | 0,52 м/с | 0,52 м/с | Частота обертання однакова |

| | | | | | |
|---|-----------------------|-----------|-----|----------|---|
| 7 | Коефіцієнт заповнення | φ | 0,4 | 0,3–0,35 | Попередня обробка дозволяє збільшити заповнення |
|---|-----------------------|-----------|-----|----------|---|

Кінематичні параметри механізму безпосередньо впливають на силові навантаження та енерговитрати процесу. Раціональне поєднання швидкості обертання, геометричних параметрів шнека та величини зазору дозволяє підвищити продуктивність преса та ступінь вилучення олії при мінімальних енергетичних витратах.

Попередня вологотермічна обробка м'ятки дозволяє знизити робочий тиск та крутний момент на 25–30%, що прямо зменшує потужність приводу. Продуктивність не зменшується і навіть трохи зростає завдяки підвищеній пластичності матеріалу. Відбувається зниження силових навантажень дозволяє використовувати менш міцні елементи, економлячи матеріали та зменшуючи зношуваність. Типові олієвідтискні преса працюють при більш високих тисках і потужності, що збільшує енергоспоживання та знос деталей.

References:

1. Babenko, D., Gorbenko, O., Dotsenko, N., & Kim, N. (2018). Theoretical aspects of oil separation process by pressing. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 22(3), 94-98. DOI: 10.31521/2313-092X/2018-3(99)-16
2. Доценко Н.А., Горбенко О.А., Кім Н.І., Бацуровська І.В. Шнековий прес для відокремлення рослинної олії з пароутворюючим пристроєм для вологотермічної обробки м'ятки. Патент на корисну модель № 147470 (12.05.2021) <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/13469>
3. Бабенко, Д.В., Доценко Н.А., Горбенко, О.А. (2023). Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 2: практикум для навчання на основі інтерактивного графічно-цифрового контенту: навчальний посібник. Миколаїв: МНАУ, 2021. 176 с.
4. Оптимізація виробництва олійної сировини в Україні до 2025 року (методичні рекомендації). Видання четверте, доповнене). Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН. Інститут олійних культур НААН. СГІ-НЦНС, 2020. – 108 с.
5. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: Підручник / В.С. Бойко, К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, В.О. Верхованцева Н. О. Паляничка Є. В. Михайлов О.О. Червоткіна. Київ: ПрофКнига, 2021. 466 с.

Abstract: *the paper considers the improvement of the process of separating oil from sunflower seeds and pulp using a screw press with preliminary wet-thermal treatment of raw materials. A kinematic and force analysis of the working elements of the press was carried out, the working pressure, axial force, torque, drive power and plant productivity were calculated. Comparison with a typical design of an oil press showed*

a reduction in force loads and energy consumption by 25–30%, while maintaining productivity. The results obtained confirm the effectiveness of preliminary treatment of raw materials to increase the energy efficiency of the technological process.

Keywords: *kinematic and force analysis, pressing mechanisms, oil separation*

Науковий керівник:

Доценко Н.А.

*д-р пед.наук, професор,
професор кафедри загальнотехнічних дисциплін,
Миколаївський національний аграрний університет*

УДК 631.1: 635.1/.8: 634

Аналіз напружено-деформованого стану елементів обладнання для переробки томатів

Олександра Вознюк, Денис Капуста,

здобувач вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Артем Чубов,

здобувач фахової передвищої освіти 208 Агроінженерія
ВСП «Технологіко-економічний фаховий коледж МНАУ»
м. Миколаїв, Україна

Анотація: *у роботі проведено інженерне обґрунтування конструктивних параметрів обладнання для переробки томатів на основі аналізу напружено-деформованого стану його основних робочих елементів – протирального барабана та подрібнювальних ножів. Визначено колові, поздовжні, крутні та еквівалентні напруження в тонкостінному циліндрі барабана з урахуванням внутрішнього тиску сировини та крутного моменту. Проведено розрахунок згинальних напружень у подрібнювальних елементах і оцінено вплив відцентрових сил на їхній напружений стан.*

Ключові слова: *переробка томатів; напружено-деформований стан; протиральний барабан; подрібнювальний елемент; міцність конструкції; коефіцієнт запасу; металоємність; енергоефективність; інженерні розрахунки; модернізація обладнання.*

Для проектування та модернізації обладнання з переробки томатів необхідно враховувати комплекс чинників, зокрема властивості сировини, особливості технологічного процесу, необхідну продуктивність і економічну доцільність експлуатації. Системи сортування та миття повинні гарантувати ефективне очищення плодів і їх розподіл за розміром та якісними показниками.

Продуктивність технологічних ліній визначається масштабом виробництва і може становити від сотень кілограмів до кількох тонн сировини за годину.

Водночас переробні підприємства висувають підвищені вимоги до точності виконання технологічних операцій, тоді як конструкції харчового обладнання часто характеризуються значною енерго- та матеріаломісткістю. Важливою умовою є також адаптація машин до фізико-механічних і технологічних властивостей томатної сировини. Традиційна схема переробки передбачає роздільне виконання процесів подрібнення та протирання, однак вплив конструктивних і режимних параметрів обладнання на загальну ефективність лінії досліджено недостатньо [1].

Отже, обґрунтування раціональних параметрів машин для протирання томатної м'якоті є визначальним етапом удосконалення технології виробництва томатного соку. Модернізація обладнання має бути спрямована на підвищення продуктивності та якості готової продукції при одночасному зменшенні енерговитрат і експлуатаційних витрат [2].

Запропонована конструкція дає можливість оптимізувати технологічний процес переробки томатів за рахунок інтеграції операцій подрібнення та протирання в одному робочому вузлі [6]. Для обґрунтування її параметрів було виконано аналіз напружено-деформованого стану елементів обладнання для переробки томатів [3].

В таблиці 1 представлені вихідні дані для визначення напружено-деформованого стану робочих частин пристрою для переробки томатів.

Таблиця 1. Вихідні дані для визначення напружено-деформованого стану робочих частин пристрою для переробки томатів.

| № | Параметр | Позначення | Значення | Одиниця виміру |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------|---------------------|-------------------|
| Протиральний барабан | | | | |
| 1 | Радіус барабана | R | 0,15 | м |
| 2 | Товщина стінки | t | 0,004 | м |
| 3 | Довжина барабана | L | 0,6 | м |
| 4 | Внутрішній тиск сировини | p | 0,05 | МПа |
| 5 | Крутний момент | M | 350 | Н·м |
| 6 | Допустиме напруження матеріалу | [σ] | 140 | МПа |
| 7 | Модуль пружності сталі | E | $2,0 \cdot 10^{11}$ | Па |
| 8 | Густина матеріалу | ρ | 7800 | кг/м ³ |
| Подрібнювальний елемент | | | | |
| 1 | Довжина вильоту ножа | l | 0,12 | м |
| 2 | Сила різання | Fr | 120 | Н |
| 3 | Ширина ножа | b | 0,04 | м |
| 4 | Товщина ножа | h | 0,006 | м |
| 5 | Частота обертання ротора | n | 300 | об/хв |

| | | | | |
|---|----------------------|------------|------|-------|
| 6 | Кутова швидкість | ω | 31,4 | рад/с |
| 7 | Маса ножа | m | 0,25 | кг |
| 8 | Радіус обертання | R | 0,15 | м |
| 9 | Допустиме напруження | $[\sigma]$ | 140 | МПа |

Визначимо колові напруження на барабані:

$$\sigma_{\theta} = \frac{pR}{t} = \frac{0,05 \cdot 10^6 \cdot 0,15}{0,004} = 1,875 \text{ МПа} \quad (1)$$

Наступним кроком необхідно визначити поздовжні напруження:

$$\sigma_L = \frac{pR}{2t} = 0,94 \text{ МПа} \quad (2)$$

Полярний момент опору тонкостінного циліндра:

$$W_p = \frac{\pi R^3 t}{2} = \frac{3,14 \cdot 0,15^3 \cdot 0,004}{2} = 16,5 \text{ МПа} \quad (3)$$

Еквівалентне напруження визначається:

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_{\theta}^2 + 3\tau^2} = \sqrt{1,875^2 + 3 \cdot 16,5^2} = 28,6 \text{ МПа} \quad (4)$$

Здійснюємо перевірку міцності: $28,6 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа}$, отже, умова міцності виконується. Запас міцності $\approx 4,9$. Визначимо згинальний момент:

$$M = F_r \cdot lM = 120 \cdot 0,12 = 14,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (5)$$

Для подрібнювальних елементів згинальний момент:

$$M = Fr \cdot l = 120 \cdot 0,12 = 14,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (6)$$

Момент опору для подрібнювальних пластин прямокутної форми:

$$W = \frac{bh^2}{6} = \frac{0,04 \cdot 0,006^2}{6} = 2,4 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3 \quad (7)$$

Визначаємо напруження згину:

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{14,4}{2,4 \cdot 10^{-7}} = 60 \text{ МПа} \quad (8)$$

Кутова швидкість визначається:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 300}{60} = 31,4 \text{ рад/с} \quad (9)$$

$$F_c = m \cdot \omega^2 R = 0,25 \cdot 31,4^2 \cdot 0,15 = 37 \text{ Н} \quad (10)$$

Ця сила створює додаткове розтягуюче навантаження, яке незначно впливає на загальний напружений стан. Виконуємо перевірку міцності:

$60 \text{ МПа} < 140 \text{ МПа}$. Умова міцності виконується. Запас міцності $\approx 2,3$.

Протиральний барабан працює з великим запасом міцності та має резерв для зменшення товщини стінки з метою зниження матеріаломісткості. Подрібнювальні елементи працюють у більш напруженому режимі (згин), однак також відповідають умовам міцності [4]. Рациональний підбір геометричних параметрів дозволяє забезпечити надійність конструкції при мінімальній металоемності та енерговитратах [5]. В таблиці 2 представлена порівняльна характеристика типового обладнання для переробки томатів та аналіз напруженого стану вдосконаленої конструкції.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика типового обладнання для переробки томатів та аналіз напруженого стану вдосконаленої конструкції.

| № | Параметр | Позначення | Розраховане значення | Одиниця |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------|----------------------|----------------|
| Протиральний барабан | | | | |
| 1 | Колові напруження | σ_{θ} | 1,88 | МПа |
| 2 | Поздовжні напруження | σ_L | 0,94 | МПа |
| 3 | Крутні напруження | τ | 16,5 | МПа |
| 4 | Еквівалентне напруження | σ_{eq} | 28,6 | МПа |
| 5 | Допустиме напруження | $[\sigma]$ | 140 | МПа |
| 6 | Коефіцієнт запасу | $n = [\sigma] / \sigma_{eq}$ | 4,9 | – |
| Подрібнювальний елемент | | | | |
| 1 | Згинальний момент | M | 14,4 | Н·м |
| 2 | Момент опору | W | $2,4 \cdot 10^{-7}$ | м ³ |
| 3 | Напруження згину | σ | 60 | МПа |
| 4 | Відцентрова сила | F _c | 37 | Н |
| 5 | Допустиме напруження | $[\sigma]$ | 140 | МПа |
| 6 | Коефіцієнт запасу | n | 2,3 | – |

Таблиця 2. Порівняння з типовими конструкціями

| Показник | Запропонована конструкція | Типова протиральна машина |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Протиральний барабан | | |
| Товщина стінки | 4 мм | 5–6 мм |
| Еквівалентні напруження | 28–35 МПа | 20–30 МПа |
| Коефіцієнт запасу | 4,5–5 | 5–6 |
| Матеріаломісткість | Знижена (~15–20%) | Підвищена |
| Жорсткість | Достатня | Надлишкова |
| Подрібнювальний елемент | | |
| Показник | Запропонований ніж | Типова конструкція |
| Товщина ножа | 6 мм | 8–10 мм |
| Робочі напруження | ~60 МПа | 40–55 МПа |
| Коефіцієнт запасу | 2–2,5 | 3–4 |
| Маса елемента | Менша (~20%) | Більша |
| Інерційні навантаження | Менші | Більші |

Запропонована конструкція має достатній запас міцності та дозволяє зменшити металоємність без втрати надійності. Запропонована конструкція працює з раціональним запасом міцності (2–2,5), що відповідає умовам машин харчової промисловості та дозволяє зменшити енерговитрати за рахунок зниження інерційних навантажень. Порівняльний аналіз показує, що вдосконалена конструкція: зменшує металоємність на 15–20 %; знижує інерційні

навантаження ротора; забезпечує нормативний коефіцієнт запасу міцності; відповідає вимогам енергоефективності технологічного обладнання.

Список використаних джерел:

1. Бабенко Д.В., Доценко Н.А., Горбенко О.А., Бацуровська І.В. Пристрій для отримання томатної пульпи з регульованим підбарабанням. Патент на корисну модель №155354 (21.02.2024) <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/17121>
2. Babenko, D., Dotsenko, N., & Gorbenko, O. (2025). Justification of the design parameters of improved equipment for tomato processing. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 29(3), 9-22. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/3.2025.09>
3. Бабенко Д. В., Доценко Н. А., Горбенко О. А. Механіка матеріалів і конструкцій. Частина 1: практикум для навчання на основі інтерактивного графічно-цифрового контенту: навчальний посібник. Миколаїв : МНАУ, 2021. 162 с.
4. Mengistu, D., & Sharew, T. (2024). A comprehensive review of tomato post-harvest losses: Understanding impacts and contributing factors in Ethiopia. *Advances in Sustainable Agriculture*, 2, 525-535. doi: 10.3923/asb.2024.525.535.
5. Haniva, S., & Iskandarini, S.F.A. (2023). Analysis of tomato farmer income increasing strategies in Karo District, Indonesia. *European Journal of Social Sciences Studies*, 8, 207-218. doi: 10.46827/ejsss.v8i6.1508.
6. Kedir, H.J., Tilinti, B.Z., & Mekonnen, K.T. (2025). Physicochemical characterization of fresh and powdered tomato in Arba Minch, Ethiopia. *Recent Progress in Nutrition*, 5(2), article number 013. doi: 10.21926/rpn.2502013.

Abstract: *the work provides an engineering justification of the design parameters of tomato processing equipment based on the analysis of the stress-strain state of its main working elements - the rubbing drum and the grinding knives. The circular, longitudinal, torsional and equivalent stresses in the thin-walled cylinder of the drum are determined, taking into account the internal pressure of the raw material and torque. The bending stresses in the grinding elements are calculated and the influence of centrifugal forces on their stress state is assessed.*

Keywords: *tomato processing; stress-strain state; rubbing drum; grinding element; structural strength; safety factor; metal consumption; energy efficiency; engineering calculations; equipment modernization.*

Науковий керівник:

Доценко Н.А.,

д-р пед.наук, професор,

професор кафедри загальнотехнічних дисциплін,

Миколаївський національний аграрний університет

Застосування посадок з гарантованим натягом

Власдислав Горбачик, Олексій Коваленко,
здобувач вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Осипчук Андрій,
здобувач фахової передвищої освіти 208 Агроінженерія
ВСП «Технологіко-економічний фаховий коледж МНАУ»
м. Миколаїв, Україна

Анотація: розглянуто особливості застосування посадок з натягом для утворення нерухомих нероз'ємних з'єднань деталей машин. Показано, що відносна нерухомість деталей забезпечується за рахунок контактних напружень, які виникають унаслідок деформації поверхонь під час складання. Проаналізовано фактори, що впливають на міцність і надійність таких з'єднань, зокрема матеріал і розміри деталей, шорсткість контактних поверхонь, величину натягу та спосіб складання. Розглянуто умови передачі крутного моменту через з'єднання вал–маточина та наведено залежність для оцінювання зниження міцності з'єднання через співвідношення згинального та крутного моментів.

Ключові слова: посадки з натягом, нероз'ємні з'єднання, вал-маточина, крутний момент, контактні напруження, коефіцієнт запасу зчеплення, складання під пресом.

Посадки з натягом призначені для створення нерухомих нероз'ємних з'єднань, де стабільна фіксація деталей досягається завдяки внутрішнім напруженням у матеріалі, що виникають унаслідок пружної деформації контактних поверхонь під час їх складання. У випадках, коли необхідно передавати значні крутні моменти, для додаткового розвантаження поверхонь тертя застосовують допоміжні кріпильні елементи, такі як шпонки, гвинти або штифти. При однаковому значенні натягу загальна міцність вузла визначається комплексом факторів: властивостями матеріалів, геометричними розмірами деталей, якістю обробки (шорсткістю) поверхонь, а також технологічними особливостями складання, наприклад, швидкістю запресовування. Популярність таких з'єднань, зокрема у сучасному виготовленні редукторів, пояснюється простотою виготовлення деталей, високою точністю центрування коліс на валах та значною навантажувальною здатністю, що компенсує навіть високу концентрацію напружень у зоні контакту. Під час експлуатації, при передачі крутного моменту або осьової сили, у стику між маточиною та валом виникають дотичні деформації, зумовлені як загальною піддатливістю деталей, так і мікродеформаціями безпосередньо в зоні контакту. Для розрахунків суцільного

вала діаметром d напруження вигину в його поверхневих шарах від дії згинального моменту визначаються через момент опору перерізу, $M_{зг}$: $\sigma_{зг} = M_{зг} / (\pi d^3 / 32)$, а дотичні напруження необхідні для передачі заданого крутного моменту T при рівномірному розподілі по довжині стику l , розраховуються за формулою T : $\tau = 2T / (\pi d^2 l)$.

Вказане вище відношення $\sigma_{зг} / \tau$ визначається як:

$$16M_{зг}l / (Td), \quad (1)$$

де $M_{зг}$ – згинальний момент вала біля торця маточини з того її боку, де вал працює на кручення; l – довжина з'єднання з натягом; T – крутний момент; d – діаметр посадочної поверхні вала.

Показник, визначений співвідношенням (1), відображає ступінь зниження міцності з'єднання, а для вибору оптимального коефіцієнта запасу зчеплення рекомендується орієнтуватися на графічну залежність (рис. 1), що враховує це відношення. У практичних розрахунках орієнтовні значення коефіцієнта запасу k становлять: для проміжних валів редукторів — від 4 до 5; для вихідних валів, на консолі яких розміщено зірочку ланцюгової передачі або шків, — від 4 до 4,5; а у випадках, коли на консолі вихідного вала встановлена муфта, значення k зазвичай приймають у межах 3–3,5.

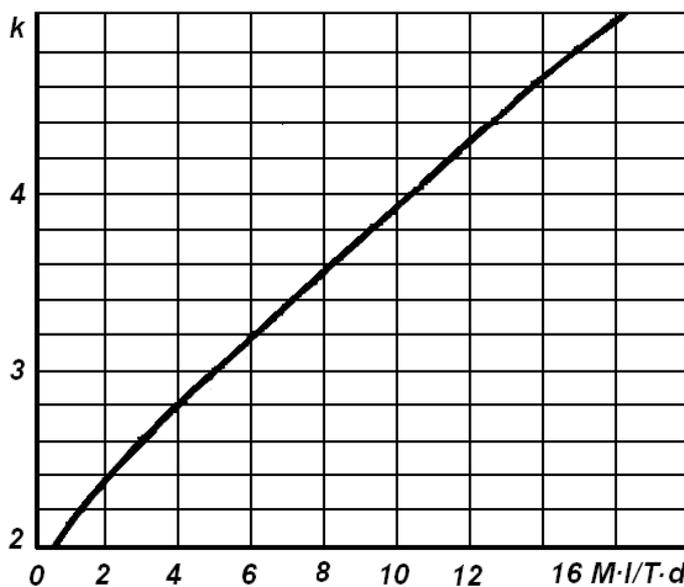


Рис. 1. Графік для визначення коефіцієнта запасу зчеплення

Формування з'єднань із натягом реалізують кількома методами: механічним запресовуванням за нормальної температури, термічним способом (нагрівання охоплюючої або охолодження охопленої деталі), комбінованим впливом температур або гідропресуванням. Вибір конкретної технології залежить від конструктивних особливостей вузла, зокрема його форми та габаритів. Найбільш поширеним і технічно простим є

складання під пресом, яке доцільне при незначних натягах (до $0,001d$), проте воно має недоліки у вигляді ризику пошкодження поверхонь, нерівномірної деформації та потреби у потужному обладнанні. Натомість термічний метод забезпечує вищу якість з'єднання завдяки мінімізації механічних пошкоджень і ефективний як при малих, так і при великих натягах. Якщо ж одного температурного впливу недостатньо, застосовують комбінований підхід, одночасно охолоджуючи вал та нагріваючи отвір. При цьому важливо дотримуватися критичних температурних меж, щоб не змінити механічні властивості металу: нагрівання обмежують позначкою $+250^\circ\text{C}$, а охолодження

рідким повітрям - до -190°C . Оскільки на надійність посадки впливає велика кількість змінних, у відповідальних конструкціях вибір параметрів варто підтверджувати експериментально. Правильно підібрана посадка має гарантувати абсолютну нерухомість з'єднання при мінімальному розрахунковому натягу та забезпечувати міцність деталей без їх руйнування від внутрішніх напружень при максимальному натягу.

Найбільш поширеним методом монтажу коліс на вали для створення з'єднань із натягом є попереднє нагрівання колеса. Залежно від величини натягу та умов експлуатації виділяють кілька груп посадок. Зокрема, посадки типу Н/р та Р/н вирізняються стабільним гарантованим натягом і високою точністю виготовлення (4–6 квалітети для валів та 6–7 для отворів). Їх доцільно використовувати при незначних крутних моментах T або осьових силах F_a , а також для прецизійного центрування масивних деталей, що працюють у режимі високих обертів чи значних навантажень.

Посадки груп Н/г, Р/н, Н/с, S/h та Н/т, Т/h забезпечують помірний натяг у діапазоні 0,0002–0,0006 від номінального розміру. Вони дозволяють передавати середні за величиною навантаження без використання допоміжних фіксаторів і зазвичай виконуються за 5–7 квалітетами для валів та 6–7 для отворів. Типовими прикладами застосування таких з'єднань є встановлення зубчастих коліс на проміжних валах коробок передач вантажівок або монтаж шестерень масляних насосів тракторів, де для підвищення надійності часто передбачають додаткове шпонкове кріплення.

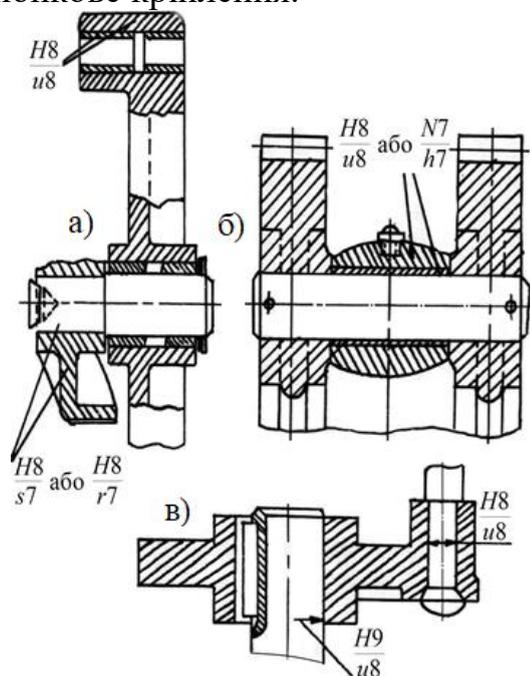


Рис. 2. Приклади застосування посадок з натягом [2]: а) – важіль приводу зернозбирального комбайну; б) – кривошипні шестірні сінного преса; в) – кривошип косарки для косозубого

Посадки типів Н/у (U/h), Н/х та Н/з вирізняються значними величинами натягу, що зазвичай становлять від 0,001 до 0,002 від номінального розміру. Такі з'єднання розраховані на роботу в умовах суворих динамічних навантажень і, як правило, не потребують використання додаткових фіксаторів чи кріпильних елементів. Виготовлення деталей за цими посадками найчастіше здійснюється за 6-м або 7-м квалітетами точності. Типовими прикладами їх застосування в агротехніці та тракторобудуванні є монтаж втулок поворотних кулаків тракторів або втулок важелів механізмів очищення в зернозбиральних комбайнах. Наочні приклади впровадження таких рішень у сільськогосподарському машинобудуванні схематично

циліндричного і прямозубого
конічного коліс

відображені на відповідних
графічних матеріалах (рис. 2).

Список використаних джерел:

1. Іванов Г. О., Шибанін В. С., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань : підручник / за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна [вид. перероб. і допов.]. Миколаїв : МНАУ, 2016. 412 с.
2. Іванов Г. О., Шибанін В. С., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум : підручник для студ. вищ. навч. закл. освіти / за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шибаніна. Миколаїв: МНАУ, 2016. 428 с.
3. Batsurovska, I.V., Dotsenko, N.A., Gorbenko, O.A., Polyansky, P.M. and Ivanov, G.O., 2024. Pedagogical technologies for teaching environmental engineering in the online learning system of higher education institution. Educational Dimension [Online]. Available from: <https://doi.org/10.55056/ed.806> [Accessed 27 November 2024].
4. Ivanov Gennady. Calculation of failure probability of ship diesels in conditions of operation / Gennady Ivanov, Pavlo Polyansky // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Науковий журнал. Том 26, № 4. МНАУ, м. Миколаїв. 2022. Р. 62–72. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11982>.
5. Kernytskyu I, Hlinenko L, Yakovenko Y, Horbay O, Koda E, Rusakov K, Yankiv V, Humenuyk R, Polyansky P, Berezovetskyi S, Kalenik M, Szlachetka O. Problem-Oriented Modelling for Biomedical Engineering Systems. Applied Sciences. 2022; 12(15):7466. <https://doi.org/10.3390/app12157466>.
6. Kernytskyu, I.; Volchenko, A.; Szlachetka, O.; Horbay, O.; Skrypnyk, V.; Zhuravlev, D.; Bolonnyi, V.; Yankiv, V.; Humenuyk, R.; Polyansky, P.; Leśniewska, A.; Walasek, D.; Koda, E. Complex Heat Exchange in Friction Steam of Brakes. Energies 2022, 15, 7412. <https://doi.org/10.3390/en15197412>.

Abstract: *the features of the use of interference fits for the formation of fixed, non-separable connections of machine parts are considered. It is shown that the relative immobility of parts is ensured by contact stresses that arise due to deformation of surfaces during assembly. The factors that affect the strength and reliability of such connections are analyzed, in particular, the material and dimensions of the parts, the roughness of the contact surfaces, the amount of tension and the method of assembly. The conditions for torque transmission through the shaft-hub connection are considered and the dependence for assessing the reduction in the strength of the connection due to the ratio of bending and torque moments is given.*

Keywords: *interference fit, non-separable connections, shaft-hub, torque, contact stresses, friction coefficient, press assembly*

Наукові керівники:

Іванов Г.О.,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін,

Миколаївський національний аграрний університет
Полянський П.М.,
канд. екон. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри загальнотехнічних
дисциплін,
Миколаївський національний аграрний університет

УДК 621.815.1:621.753.2

Застосування посадок з гарантованим зазором

Ростислав Дмитренко, Ілля Скачков,
здобувач вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

В'ячеслав Хмілевський,
здобувач фахової передвищої освіти 208 Агроінженерія
ВСП «Технологіко-економічний фаховий коледж МНАУ»
м. Миколаїв, Україна

Анотація: розглянуто особливості застосування посадок із зазором у машинобудуванні для рухомих і нерухомих з'єднань деталей. Показано, що у рухомих з'єднаннях зазор забезпечує вільне переміщення деталей, утворення мастильного шару, компенсацію температурних деформацій, похибок форми та складання. Для відповідальних вузлів величину зазору визначають на основі гідродинамічної теорії змащування, що забезпечує роботу в умовах рідинного тертя. У нерухомих з'єднаннях посадки із зазором застосовують для полегшення складання та розбирання деталей, а нерухомість забезпечують додатковими кріпильними елементами. Розглянуто умови вибору мінімального і максимального зазорів з урахуванням параметрів шорсткості поверхонь та допустимого ексцентриситету.

Ключові слова: посадки із зазором, рухомі з'єднання, нерухомі з'єднання, зазор, гідродинамічне змащування, точність посадок, центрування деталей, машинобудування, вузли тертя, вали і отвори.

Посадки з зазором застосовують як у рухомих, так і в нерухомих з'єднаннях. У вузлах, що передбачають взаємне переміщення деталей, наявність вільного простору є критичною для безперешкодного руху, формування стійкого мастильного шару, а також для компенсації температурних розширень та можливих похибок виготовлення чи монтажу. Для відповідальних механізмів, які працюють у режимі рідинного тертя, оптимальні параметри зазорів розраховують на основі принципів гідродинамічної теорії змащування.

Якщо ж умови експлуатації допускають роботу при напіврідинному, напівсухому або сухому терті, вибір конкретної посадки зазвичай базується на методі аналогій з уже перевіреними та ефективними конструкціями.

У нерухомих з'єднаннях зазори передбачають насамперед для полегшення процесу складання. Фіксація деталей у таких випадках реалізується за допомогою додаткових елементів, як-от шпонки або гвинти. При виборі посадки для нерухомого вузла виходять з того, що мінімальний зазор S_{\min} має бути достатнім для нівелювання відхилень форми та взаємного розташування поверхонь. Водночас максимальний зазор S_{\max} обмежують, виходячи з гранично допустимого ексцентриситету e (зміщення осей деталей), дотримуючись встановлених технічних умов.

$$S_{\max} \leq 2e - 2(R_{zD} + R_{zd}); \quad (1)$$

$$S_{\max} \leq 2e - 5(R_{aD} + R_{ad}), \quad (2)$$

де $R_{zD}, R_{zd}, R_{aD}, R_{ad}$ – параметри шорсткості поверхонь отвору і вала.

Посадки типу H/h характеризуються тим, що їхній мінімальний зазор дорівнює нулю, і вони широко застосовуються у діапазоні від 4-го до 12-го квалітету як для рухомих, так і для нерухомих з'єднань. У нерухомих вузлах, що потребують частого розбирання або базового центрування деталей, ці посадки використовують разом із додатковими кріпильними елементами, тоді як у рухомих з'єднаннях вони забезпечують точне спрямування при зворотно-поступальному русі або повільне переміщення деталей у поздовжньому напрямку. Посадки найвищої точності, такі як $H5/h4$ та $H6/h5$, призначені для особливо відповідальних нерухомих з'єднань, що часто демонтуються, наприклад, для встановлення вимірювальних зубчастих коліс на шпинделі або монтажу шпинделя в корпусі задньої бабки токарного верстата, проте їхнє застосування обмежене через високу складність та вартість виготовлення.

Більш розповсюджена посадка $H7/h6$ ефективно використовується у нерухомих з'єднаннях з високими вимогами до точності центрування, як-от у змінних шестернях металообробних верстатів чи фрикційних муфтах, а також у рухомих парах на кшталт «поршень — циліндр».

Своєю чергою, посадка $H8/h7$, маючи аналогічне призначення, вирізняється ширшими допусками, що значно полегшує виробництво деталей, тому їй надають перевагу при великій довжині сполучення, зокрема для монтажу змінних наконечників вимірювальних приладів або встановлення зубчастих коліс на довгих гладких валах.

Посадки серій $H8/h8, H8/h9, H9/h8, H9/h9$ належать до найбільш затребуваних і пріоритетних варіантів як для рухомих, так і для нерухомих з'єднань, причому посадка $H10/h10$ часто виступає базовою альтернативою для $H9/h9$. Для вузлів, що не потребують високої прецизійності, застосовують посадки низької точності $H11/h11$ та $H12/h12$: перша є оптимальною для деталей під зварювання (наприклад, зірочки ланцюгів на валах) або для елементів, що мають вільно зміщуватися під час регулювання. Посадки типів H/g та G/h , які виконуються у високих квалітетах (4–7), призначені для точних рухомих механізмів, де

критичною є плавність ходу, або для нерухомих вузлів з метою максимально легкого монтажу. Прикладами використання $H7/g6$ та $G7/h6$ є напрямні повзунів верстатів, коромисла клапанів або пересувні шестерні КПП, тоді як екстремально точні варіанти $H5/g4$ чи $G6/h5$ незамінні у плунжерних парах та шпинделях ділильних головок.

Посадки H/f та F/h створюють помірний гарантований зазор для вільного обертання при швидкостях до 150 рад/с, що робить $H7/f7$ та $F8/h6$ кращим вибором для підшипників у коробках передач, головних валів верстатів та гальмівних циліндрів. Для вузлів із підвищеними вимогами до центрування, як-от шийки колінчастих або розподільних валів двигунів, обирають високоточні $H6/f6$ та $F7/h5$, тоді як для менш відповідальних гідропідійомників чи домкратів цілком достатньо посадок зниженої точності типу $H8/f8$ чи $F9/h9$.

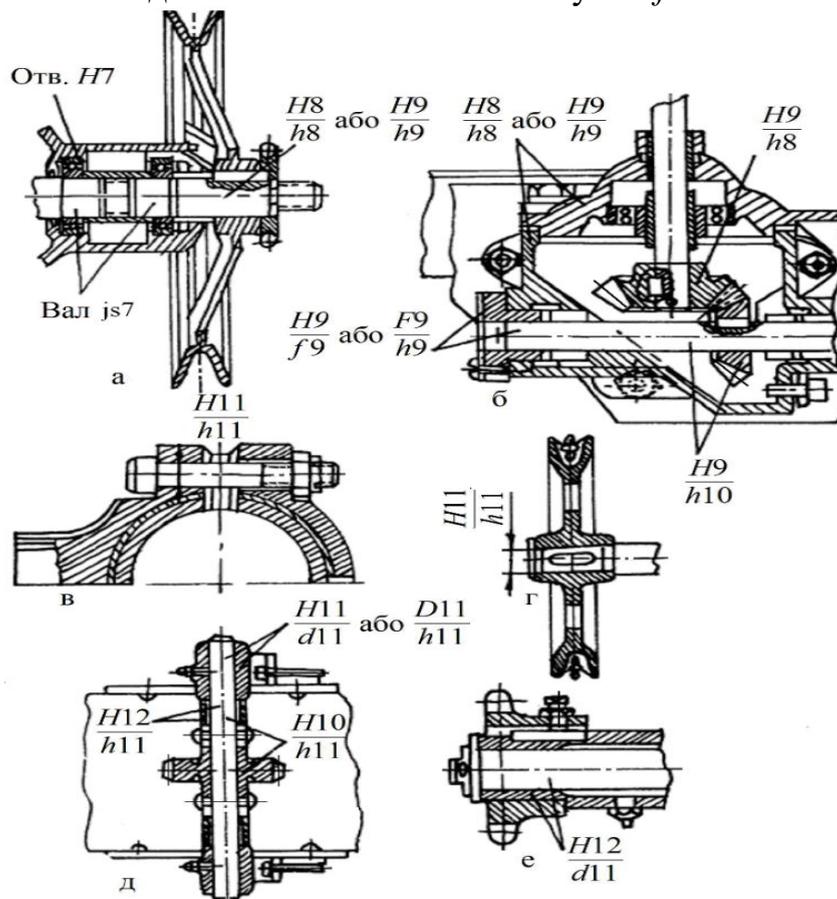


Рис. 1. Приклади застосування посадок із зазором [2]: а – складана одиниця кріплення шківів; б – коробка передач; в – нижня головка шатуна колінчастого вала трактора; г – зірочка тягового ланцюга; д – ведений валик колосового елеватора; е – контрпривід мотовила

У з'єднаннях, що працюють у важких режимах зі швидкостями понад 150 рад/с або під значними навантаженнями, використовують посадки H/e та E/h зі збільшеним зазором. Серед них пріоритетними є $H7/e8$ та $E9/h8$, які разом із $H8/e8$ застосовуються у вузлах тертя ДВЗ, зокрема для клапанів у напрямних. Для підшипників рідинного тертя в машинах з високим ресурсом призначаються точні посадки $H6/e7$ або $E8/h6$. Посадки з найбільшими зазорами H/d та D/h , такі як $H7/d8$ та $D8/h7$, забезпечують надійну роботу поршневих кілець у канавках та

клапанів у втулках, а посадка $H8/c8$ традиційно використовується безпосередньо для поршнів двигунів внутрішнього згорання. Комплексні приклади впровадження цих рішень у сільськогосподарському та тракторному машинобудуванні систематизовані на графічних схемах (рис. 1).

Список використаних джерел:

1. Іванов Г. О., Шебанін В. С., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Взаємозамінність, основи стандартизації та технічних вимірювань : підручник / за ред. Г. О. Іванова і В.С. Шебаніна. [вид. перероб. і допов.]. Миколаїв : МНАУ, 2016. 412 с.
2. Іванов Г. О., Шебанін В. С., Бабенко Д. В., Полянський П. М. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання. Практикум : підручник для студ. вищ. навч. закл. освіти / за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шебаніна. – Миколаїв: МНАУ, 2016. 428 с.
3. Batsurovska, I.V., Dotsenko, N.A., Gorbenko, O.A., Polyansky, P.M. and Ivanov, G.O., 2024. Pedagogical technologies for teaching environmental engineering in the online learning system of higher education institution. Educational Dimension [Online]. Available from: <https://doi.org/10.55056/ed.806> [Accessed 27 November 2024].
4. Ivanov Gennady. Calculation of failure probability of ship diesels in conditions of operation / Gennady Ivanov, Pavlo Polyansky // Вісник аграрної науки Причорномор'я. Науковий журнал. Том 26, № 4. МНАУ, м. Миколаїв. 2022. Р. 62 –72. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/handle/123456789/11982>.
5. Kernytskyu I, Hlinenko L, Yakovenko Y, Horbay O, Koda E, Rusakov K, Yankiv V, Humenuyk R, Polyansky P, Berezovetskyi S, Kalenik M, Szlachetka O. Problem-Oriented Modelling for Biomedical Engineering Systems. Applied Sciences. 2022; 12(15):7466. <https://doi.org/10.3390/app12157466>.

Abstract: *the features of the use of clearance fits in mechanical engineering for movable and fixed connections of parts are considered. It is shown that in movable connections the clearance ensures free movement of parts, the formation of a lubricating layer, compensation for temperature deformations, shape and assembly errors. For critical nodes, the clearance value is determined on the basis of the hydrodynamic theory of lubrication, which ensures operation under conditions of fluid friction. In fixed connections, clearance fits are used to facilitate assembly and disassembly of parts, and immobility is ensured by additional fasteners. The conditions for selecting the minimum and maximum clearances are considered, taking into account the parameters of surface roughness and permissible eccentricity.*

Keywords: *clearance fits, movable connections, fixed connections, clearance, hydrodynamic lubrication, accuracy of fits, centering of parts, mechanical engineering, friction nodes, shafts and holes.*

Наукові керівники:

Іванов Г.О.,

канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри загальнотехнічних дисциплін,
Миколаївський національний аграрний університет

Полянський П.М.,
*канд. екон. наук, доцент, в.о. завідувача кафедри загальнотехнічних
дисциплін,
Миколаївський національний аграрний університет*

УДК 378

Цифрова компетентність та складові проєктної роботи

Сергій Костюк,

здобувач вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація: *проаналізовано комп'ютерну та проєктну грамотність як взаємопов'язані складові проєктної діяльності майбутніх фахівців. Обґрунтовано, що саме їх інтеграція забезпечує цілісність і результативність професійної підготовки. Визначено, що центральним компонентом проєктної культури є проєктна інформаційна діяльність фахівця, яка має дуальний характер і поєднує процеси використання та створення інформації. Показано, що проєктна культура проявляється у здатності застосовувати проєктний та інформаційний підходи в професійній діяльності. Особливу увагу акцентовано на вмінні аналізувати інформаційне середовище та підвищувати ефективність проєктних інформаційних систем.*

Ключові слова: *цифрова компетентність, проєктна діяльність, інформаційна система, інформаційні ресурси.*

Проєктна культура розглядається як комплексна характеристика професійної підготовки особистості, що відображає її здатність ефективно працювати з інформаційними ресурсами, приймати виважені рішення та реалізовувати професійні завдання із застосуванням сучасних проєктних підходів і цифрових технологій. Вона інтегрує теоретичні знання, аналітичні здібності, практичні вміння та готовність до результативної діяльності в умовах цифровізованого середовища.

У структурі проєктної культури виокремлюються дві взаємопов'язані складові – комп'ютерна та проєктна грамотність.

Комп'ютерна грамотність характеризує рівень сформованості цифрової компетентності та здатність застосовувати інформаційні технології у професійній діяльності. Вона передбачає:

- розуміння базових положень інформатики та принципів функціонування обчислювальних систем;
- знання технічних характеристик і можливостей комп'ютерної техніки;

- орієнтацію в сучасних операційних системах і програмних платформах загального призначення;
- володіння спеціалізованим програмним забезпеченням, що використовується для автоматизації професійних процесів;
- практичні навички роботи з цифровими інструментами професійного спрямування;
- базові знання програмування та здатність застосовувати навчальні мови для розв'язання прикладних завдань;
- уміння інтегрувати інформаційні технології в процес підготовки й реалізації професійної діяльності;
- готовність до постійного професійного саморозвитку в умовах динамічного розвитку ІТ-сфери.

Проектна грамотність відображає сформованість стратегічного мислення, уміння планувати діяльність і забезпечувати досягнення запланованих результатів. Її зміст охоплює:

- усвідомлення сутності та логіки проектної діяльності, її основних етапів і структурних елементів;
- здатність чітко формулювати мету, визначати завдання та прогнозувати результати;
- уміння аналізувати проблемні ситуації та обґрунтовувати оптимальні шляхи їх вирішення;
- навички планування ресурсного забезпечення, часових меж і можливих ризиків;
- здатність організовувати як індивідуальну, так і колективну діяльність;
- уміння презентувати результати та здійснювати їх критичну оцінку;
- відповідальність за прийняті рішення й отримані результати.

Таким чином, проектна культура формується на перетині цифрової компетентності та організаційно-аналітичної зрілості фахівця, що забезпечує його професійну стійкість і конкурентоспроможність.

Центральним компонентом проектної культури виступає проектна інформаційна діяльність, яка визначає рівень професійної зрілості спеціаліста та його готовність функціонувати в інформаційно насиченому середовищі. Вона має двоєдину природу. Визначемо основні етапи проектної діяльності студентів (рис. 1).

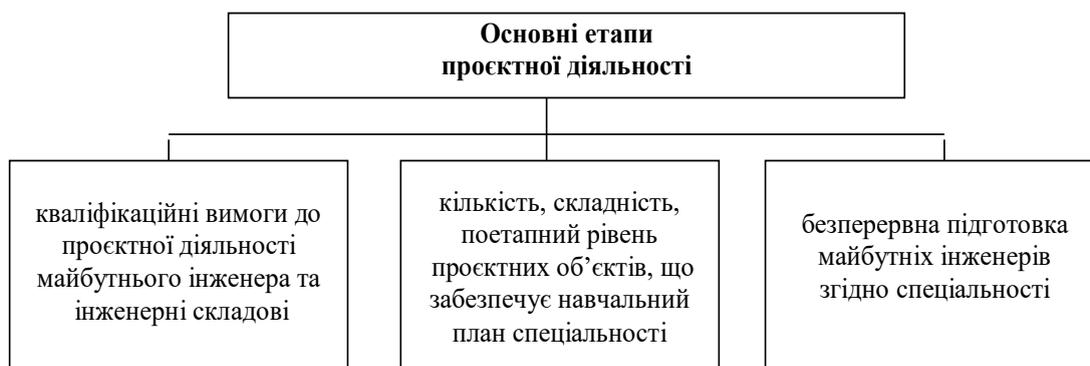


Рис. 1. Основні етапи проектної діяльності

З одного боку, це цілеспрямоване використання накопиченої інформації для прийняття аргументованих рішень і досягнення передбачуваних результатів. З іншого — створення нових інформаційних продуктів, їх упорядкування, систематизація та забезпечення належного зберігання на відповідних носіях.

Проектна інформаційна діяльність поєднує аналітичний, конструктивний та організаційний аспекти, забезпечуючи цілісність і результативність професійної діяльності.

Проектна діяльність здобувачів вищої освіти – характеризується наявністю взаємопов'язаних компонентів: мети, об'єкта, засобів, умов реалізації, результату та кінцевого продукту.

Метою такої діяльності є розроблення інформаційних технологій і створення технічного проекту, що відповідає визначеним параметрам і функціональним вимогам.

Об'єктом виступає технічна система, виріб або конструкція, які реалізують поставлене завдання відповідно до розробленого алгоритму, а також технологія їх виготовлення.

До засобів належать:

- знання сучасних мов програмування та інструментальних середовищ;
- уміння створювати, тестувати й удосконалювати програмні продукти;
- здатність розробляти необхідну програмну, інформаційну й організаційну документацію;
- володіння принципами інженерного проектування;
- розуміння технологічних норм і матеріальних обмежень;
- уміння приймати обґрунтовані технічні рішення з урахуванням конкретних виробничих умов.

Умови реалізації проектної діяльності визначаються наявністю відповідного інформаційного середовища, технічного оснащення, кадрового забезпечення, а також матеріальних, фінансових і трудових ресурсів.

Результатом проектної діяльності є прийняття обґрунтованих технологічних і конструктивних рішень, визначення функціонального розподілу та формування змісту проектної документації.

Кінцевим продуктом виступає технічний проект, виконаний відповідно до встановлених вимог і стандартів, а також повний комплект технічної й технологічної документації, оформлений згідно з нормативними вимогами.

Проектна інформаційна культура фахівця розуміється як інтегрована система знань, умінь і навичок, пов'язаних із пошуком, аналізом, трансформацією, збереженням та створенням інформаційних об'єктів із використанням сучасних інформаційних технологій у сфері інженерного проектування. Фахівець із сформованою проектною інформаційною культурою усвідомлює потенціал інформаційних технологій у професійній діяльності, здатний обґрунтовано інтегрувати їх у процес проектування та використовувати для підвищення ефективності інженерних рішень.

Отже, проєктна культура виявляється у здатності поєднувати проєктний і інформаційний підходи, аналізувати професійне інформаційне середовище та цілеспрямовано вдосконалювати проєктні інформаційні системи задля забезпечення їх функціональної результативності й ефективності.

Список використаних джерел:

1. Babenko, D., Dotsenko, N., Polyansky, P., & Baranova, O. (2025). Application of a Learning Management System for the Formation of Agroecological Competence of Future Engineers. *Modern Economics*, 49(2025), 6-14. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V49\(2025\)-01](https://doi.org/10.31521/modecon.V49(2025)-01) [in English].
2. Babenko D., Dotsenko N., Gorbenko O., Baranova O. (2025). Integration of artificial intelligence technologies into the management system of agrotechnical education. *Modern Economics*, 53(2025), 7-13. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V53\(2025\)-01](https://doi.org/10.31521/modecon.V53(2025)-01) [in English].
3. Биков В. Ю., Спірін О. М., Пінчук О. П. Цифрова трансформація освіти і науки: теорія та практика // Інформаційні технології і засоби навчання. – 2020. – Т. 77, № 3. – С. 1-18.
4. Гуревич Р. С., Кадемія М. Ю. Цифрова компетентність як складова професійної підготовки фахівців // Професійна освіта: методологія, теорія та технології. – 2022. – № 15. – С. 45-56.
5. European Commission. *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens* / Y. Punie, S. Redecker. – Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2022. – 56 p.

Annotation: *computer and project literacy are analyzed as interrelated components of the project activity of future specialists. It is substantiated that it is their integration that ensures the integrity and effectiveness of professional training. It is determined that the central component of the project culture is the project information activity of a specialist, which has a dual nature and combines the processes of using and creating information. It is shown that project culture is manifested in the ability to apply project and information approaches in professional activities. Particular attention is paid to the ability to analyze the information environment and increase the efficiency of project information systems.*

Keywords: *digital competence, project activity, information system, information resources.*

Науковий керівник:

Баранова О.В.,

асистентка кафедри загальнотехнічних дисциплін,
Миколаївський національний аграрний університет

Декомпозиція проблеми дослідження

Олександр Лисюк,

здобувач вищої освіти спеціальності 208 Агроінженерія
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація: розкрито застосування методу аналізу ієрархій для дослідження структури проектної діяльності як складної багатокритеріальної системи. Обґрунтовано доцільність використання горизонтально-вертикальної декомпозиції та матриць парних порівнянь для визначення вагових коефіцієнтів її аспектів і функціональних складових. Встановлено пріоритетність когнітивного та операційно-змістовного аспектів у формуванні проектної діяльності майбутніх інженерів аграрного профілю. Отримані кількісні показники дозволили визначити ієрархію значущості складових проектної діяльності та окреслити напрями вдосконалення освітнього процесу.

Ключові слова: проєкт, метод, проектна діяльність, аналіз ієрархій, проблема, горизонтально-вертикальна, декомпозиція, матриці парних порівнянь, вагові коефіцієнти.

Для дослідження складних багатокритеріальних проблем з різним ступенем залежності між елементами як одного рівня, так і різних рівнів – застосовується метод аналізу ієрархій, який носить системний характер.

Метод реалізується наступною процедурою:

- 1) горизонтально-вертикальна декомпозиція проблеми на все більш прості складові;
- 2) обробка послідовності суджень експертів стосовно зв'язків простих складових згідно матриці парних порівнянь цих складових;
- 3) отримання в якості результату відносного ступеня впливу компонент i -го рівня на $(i-1)$ -й рівень у чисельному вираженні;
- 4) синтез великої кількості суджень для визначення вагових коефіцієнтів (пріоритетності) критеріїв та знаходження альтернативних рішень.

Даний метод не тільки пропонує засіб для упорядкування пріоритетів та вимірювання інтенсивності взаємодії компонентів, які складають цілісну структуру проблеми, що досліджується, але й враховує роль людини як елемента ієрархії у складній організаційній системі, приміряючи чисельні та суперечливі прагнення, що є у людини, чиї інтереси підвладні впливу зовнішніх та внутрішніх факторів.

Послідовність етапів метода аналізу ієрархій представлена схемою на рисунку 1.

Маючи структурну модель категорії проектна діяльність, можемо приступити до складання матриць парних порівнянь для кожного елемента i -го

рівня з усіма елементами ($i-1$)-го рівня, з якими він пов'язаний. У нашому випадку це буде п'ять матриць: матриця порівнянь для категорії між чотирьох аспектів і чотири матриці парних порівнянь для кожного аспекту між трьома функціональними складовими. Опускаючи усі викладки та проміжні розрахунки, наведемо найбільш важливі кінцеві результати.

Вагові коефіцієнти аспектів в категорії проєктної діяльності мають наступні значення:

для когнітивного аспекту – 0,395;

для операційно-змістовного аспекту – 0,3;

для комунікативного аспекту – 0,173;

для ціннісно-рефлексивного аспекту – 0,132.

Вагові коефіцієнти функціональних складових в категорії ПК мають наступні значення: 0,36; 0,45; 0,19. Це означає наступне: за думкою експертів в встановленні проєктної діяльності у майбутніх інженерів аграрного профілю першість необхідно віддавати формуванню знань та навичок суворого дотримання стандартів, норм, правил, законів поведінки у інформаційному середовищі проєктування (ваговий коефіцієнт - 0,45); менш потребують корекції, але високо значущі знання, вміння та навички в проєктній діяльності (ваговий коефіцієнт – 0,36); усі експерти вважають необхідним формування етичних, естетичних, ціннісно-змістовних та моральних якостей особистості (ваговий коефіцієнт – 0,19). Отримані дані стали переконливою основою та стимулом впровадження в навчальний процес.

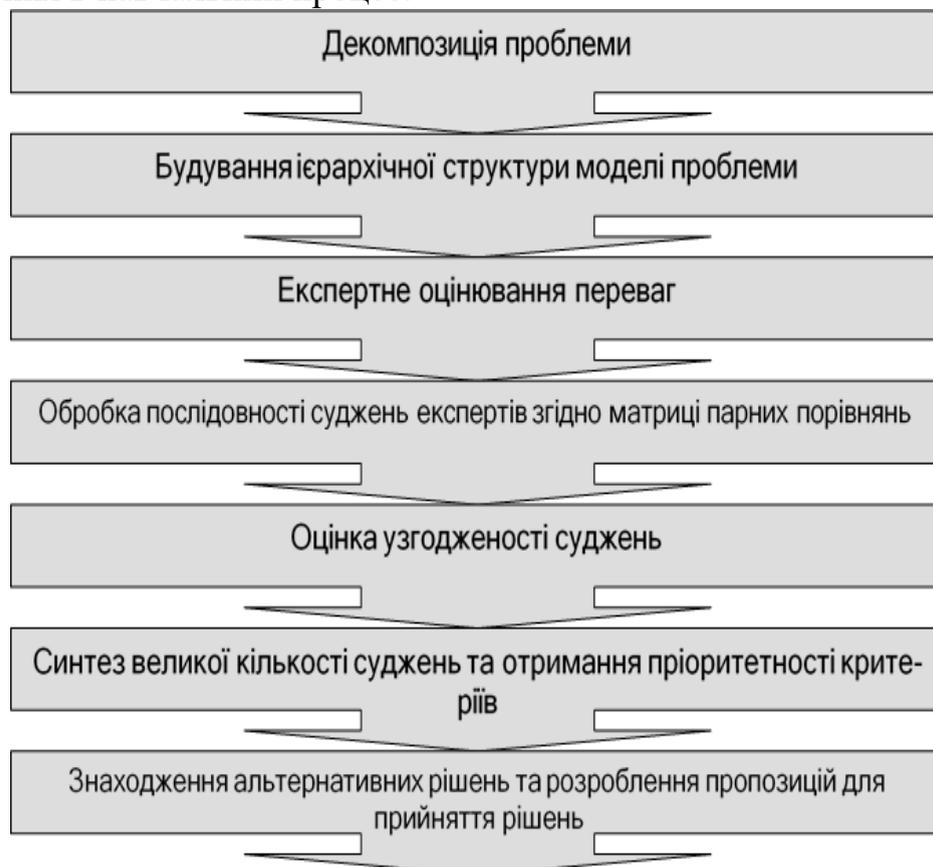


Рис. 1. Етапи метода аналізу ієрархій

Отримані результати дозволяють не лише кількісно визначити пріоритетність окремих аспектів і функціональних складових проєктної

діяльності, але й обґрунтувати зміст та логіку організації освітнього процесу підготовки майбутніх інженерів аграрного профілю. Зокрема, домінування когнітивного аспекту (0,395) свідчить про необхідність системного формування ґрунтовної теоретичної бази, що забезпечує усвідомлене розуміння сутності проєктної діяльності, її принципів, закономірностей та інструментарію.

Висока значущість операційно-змістовного аспекту (0,3) підкреслює потребу у практикоорієнтованому навчанні, спрямованому на розвиток умінь застосовувати здобуті знання в реальних або наближених до реальних умовах проєктування. Комунікативний аспект (0,173) акцентує увагу на важливості формування здатності до ефективної взаємодії в команді, ведення професійного діалогу, презентації результатів проєктної діяльності. Ціннісно-рефлексивний аспект (0,132), хоча й має найменший ваговий коефіцієнт, є необхідною складовою гармонійного професійного становлення особистості, оскільки забезпечує розвиток відповідальності, самоконтролю, професійної етики та здатності до самовдосконалення.

Таким чином, інтеграція визначених пріоритетів у зміст навчальних дисциплін, методичне забезпечення та організаційні форми роботи дозволяє створити цілісну модель формування проєктної культури. Застосування методу аналізу ієрархій забезпечує об'єктивізацію експертних оцінок, підвищує наукову обґрунтованість прийнятих педагогічних рішень і сприяє оптимізації освітнього процесу.

Застосування методу аналізу ієрархій у дослідженні структури проєктної діяльності дозволило визначити відносну вагомість її аспектів та функціональних складових і встановити їх ієрархію значущості. Отримані кількісні показники підтвердили пріоритет когнітивного та операційно-змістовного компонентів у формуванні проєктної діяльності майбутніх інженерів аграрного профілю, водночас засвідчивши необхідність комплексного розвитку комунікативних та ціннісно-рефлексивних характеристик особистості. Результати дослідження створюють науково обґрунтовану основу для вдосконалення змісту, форм і методів професійної підготовки та сприяють підвищенню ефективності формування проєктної діяльності в умовах сучасної вищої освіти.

Список використаних джерел:

1. Тригуб О. С. Інтеграція методу аналізу ієрархій із нечіткою логікою для вирішення багатокритеріальних задач // *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції*. – Київ, 2025. – С. 214-218.
2. Ishizaka A., Mu E. What is so special about the Analytic Hierarchy and Network Process? // *Annals of Operations Research*. – 2023. – Vol. 326. – P. 1403–1431.
3. Alharairi M., Amin S. H., Zolfaghari S., Fang L. Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A comprehensive literature review // *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*. – 2025. – Vol. 17, № 3. – P. 1-28.

4. Babenko, D., Dotsenko, N., Polyansky, P., & Baranova, O. (2025). Application of a Learning Management System for the Formation of Agroecological Competence of Future Engineers. *Modern Economics*, 49(2025), 6–14. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V49\(2025\)-01](https://doi.org/10.31521/modecon.V49(2025)-01)

5. Babenko D., Dotsenko N., Gorbenko O., Baranova O. (2025). Integration of artificial intelligence technologies into the management system of agrotechnical education. *Modern Economics*, 53(2025), 7-13. DOI: [https://doi.org/10.31521/modecon.V53\(2025\)-01](https://doi.org/10.31521/modecon.V53(2025)-01)

Annotation: *the application of the method of analysis of hierarchies to study the structure of project activity as a complex multi-criteria system is disclosed. The feasibility of using horizontal-vertical decomposition and pairwise comparison matrices to determine the weight coefficients of its aspects and functional components is substantiated. The priority of cognitive and operational-content aspects in the formation of project activity of future agricultural engineers is established. The obtained quantitative indicators allowed to determine the hierarchy of significance of the components of project activity and outline the directions of improving the educational process.*

Keywords: *project, method, project activity, analysis of hierarchies, problem, horizontal-vertical, decomposition, pairwise comparison matrices, weight coefficients.*

Науковий керівник:

Баранова О.В.,

*асистентка кафедри загальнотехнічних дисциплін,
Миколаївський національний аграрний університет*

**СЕКЦІЯ
«ПЕДАГОГІКА, ПСИХОЛОГІЯ ТА МЕТОДИКА ПРОФЕСІЙНОГО
НАВЧАННЯ»**

УДК 159.92

Чи формує університет характер людини?

Надія Власова,

здобувачка вищої освіти спеціальності А5.037 Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

***Анотація:** У тезах розглядається проблема впливу університетського середовища на формування характеру та особистісної зрілості здобувачів вищої освіти. Проаналізовано психолого-педагогічні чинники розвитку відповідальності, самостійності, професійної ідентичності та моральних якостей студентів. Окреслено також інженерний аспект проблеми — роль проектної діяльності, технічного мислення та професійної відповідальності у формуванні характеру майбутнього фахівця.*

***Ключові слова:** характер, особистісна зрілість, університет, освітнє середовище, професійна ідентичність, інженерна освіта.*

Проблема формування характеру особистості в умовах університетської освіти набуває особливої актуальності в контексті сучасних соціальних трансформацій. Університет виступає не лише інституцією професійної підготовки, а й складною соціокультурною системою, у межах якої відбувається інтенсивне становлення світогляду, моральних орієнтацій і поведінкових стратегій молодшої людини. Характер у психологічному вимірі розглядається як відносно стійка система індивідуальних рис, що проявляється у ставленні особистості до праці, інших людей, самої себе та соціальних норм[1]. Саме студентський період є чутливим до впливів середовища, оскільки поєднує завершення юнацького етапу розвитку з входженням у професійну сферу.

Освітнє середовище університету формує багаторівневий простір взаємодії: інтелектуальний, соціальний, моральний і професійний. У межах академічної діяльності студент стикається з необхідністю самостійного планування навчальної роботи, дотримання дедлайнів, виконання дослідницьких завдань. Такі вимоги сприяють розвитку відповідальності, організованості, наполегливості та здатності до самоконтролю. Участь у колективних формах роботи — групових проєктах, семінарах, наукових гуртках — формує комунікативну культуру, уміння аргументувати власну позицію, приймати іншу точку зору, розв'язувати конфлікти конструктивним шляхом.

Суттєвим компонентом формування характеру є становлення особистісної зрілості. Вона проявляється у здатності до рефлексії, критичного осмислення власного досвіду, відповідального прийняття рішень[2]. Психолого-педагогічні умови, що сприяють цьому процесу, передбачають створення ситуацій вибору, підтримку академічної свободи, розвиток внутрішньої мотивації до навчання. Університетське середовище заохочує перехід від зовнішнього контролю до саморегуляції, що є ключовим показником сформованого характеру.

Моральний вимір проблеми розкривається через принципи академічної доброчесності. Дотримання етичних норм у навчальній і науковій діяльності формує чесність, повагу до інтелектуальної праці, відповідальність за результати власних дій. Відсутність чітких моральних орієнтирів або толерування порушень академічних стандартів може негативно впливати на розвиток характерологічних рис, сприяючи формуванню формалізму та уникання відповідальності.

Інженерний аспект підготовки надає проблемі додаткової глибини. Технічна освіта базується на точності розрахунків, логічній послідовності мислення, дотриманні стандартів і норм безпеки. Проектна діяльність, розроблення технічних або програмних продуктів, моделювання процесів вимагають високого рівня дисципліни, концентрації та здатності працювати в умовах обмежених ресурсів і часу. Відповідальність інженера має не лише професійний, а й соціальний вимір, оскільки результати його діяльності можуть впливати на безпеку та добробут людей. Усвідомлення цього факту сприяє формуванню моральної відповідальності, принциповості та професійної етики.

Водночас характер не формується виключно під впливом університетського середовища. Вирішальне значення мають індивідуальні особливості особистості, попередній соціальний досвід, сімейне виховання та внутрішня готовність до саморозвитку. Освітній простір створює умови й стимули для розвитку певних рис, проте їх закріплення залежить від активності самого студента. Університет здатний посилити або трансформувати вже наявні тенденції особистісного розвитку, надаючи їм професійного та соціального спрямування. Водночас вплив університету залежить від:

- самого студента
- атмосфери закладу
- оточення
- спеціальності

Для когось університет стає етапом глибокого особистісного зростання, а для когось — лише формальним етапом здобуття диплома.

Отже, університет відіграє важливу роль у формуванні характеру студента. Він сприяє розвитку самостійності, відповідальності, критичного мислення та соціальних навичок. Завдяки новому середовищу й викликам студент вчиться долати труднощі, приймати рішення та формує власні цінності. Тому університет — це не лише місце здобуття знань, а й важливий етап особистісного становлення.

Таким чином, вплив університету на формування характеру має комплексний характер і реалізується через систему академічних вимог, соціальних взаємодій, моральних норм та професійної практики. Глибина цього

впливу визначається узгодженістю освітнього процесу, культурою академічного середовища та рівнем особистісної залученості студента до навчальної й професійної діяльності.

Список використаних джерел:

1. PsychPed. Формування особистісного статусу студентів у колективі. URL: <https://psychped.navs.edu.ua/index.php/psychped/article/view/1478>
2. Repository KPI Kharkiv. Психолого-педагогічні умови формування особистісної зрілості студентів. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/2a6418eb-7469-466c-b4b4-9fb5ee27f8f5>
3. SWorldJournal. Educational environment and academic integrity. URL: <https://sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj29-03-028>
4. Repository MSU. Психологічні особливості формування професійної ідентичності студентів. URL: <https://repository.mu.edu.ua/jspui/handle/123456789/8987>

Annotation: *The thesis examines whether a university shapes a person's character. The psychological and pedagogical factors influencing the development of responsibility, independence, and professional identity are analyzed. The engineering aspect of education as a factor in developing discipline, logical thinking, and professional responsibility is also considered. It is concluded that the university environment plays a significant role in character formation, although personal motivation remains decisive.*

Key words: *character formation, university education, personality maturity, academic integrity, engineering education.*

Науковий керівник:

Гула Л.В.,

старша викладачка

кафедри методики професійного навчання,

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 159.95

Штучний інтелект у психодіагностиці

Олеся Голосна,

здобувач вищої освіти спеціальності А5.037 Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація: у тезах розглянуто можливості застосування штучного інтелекту (ШІ) у психодіагностиці як інструменту підвищення точності, швидкості та об'єктивності оцінювання психологічних характеристик особистості. Проаналізовано основні напрями використання алгоритмів машинного навчання для обробки психометричних даних, аналізу мовлення, поведінкових патернів та біометричних показників. Окреслено переваги впровадження ШІ у практику психолога (автоматизація обробки результатів, адаптивне тестування, прогнозування ризиків), а також етичні виклики, пов'язані із захистом персональних даних, валідністю моделей і можливими алгоритмічними упередженнями. Зроблено висновок про перспективність інтеграції ШІ в психодіагностику за умови дотримання професійних стандартів і принципів психологічної етики.

Ключові слова: штучний інтелект, психодіагностика, машинне навчання, адаптивне тестування, цифрова психологія, психометрія, етичні аспекти, автоматизація діагностики.

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується стрімкою цифровізацією всіх сфер життя, включно з галуззю психічного здоров'я. Зростання обсягів даних, необхідність оперативної оцінки психологічних характеристик та підвищення точності прогнозування зумовлюють потребу у впровадженні новітніх технологій. У цьому контексті штучний інтелект постає як інструмент, здатний оптимізувати процес психодіагностики та розширити її аналітичні можливості.

Генеративний ШІ може автоматизувати створення психодіагностичних інструментів, аналізувати великі обсяги даних та інтерпретувати результати тестів швидше й ефективніше, ніж традиційні методи. Це дозволяє зменшити навантаження на фахівців та підвищити точність діагностики. У контексті цифрового середовища ШІ-моделі (наприклад, на основі аналізу поведінки, мови чи фізіологічних сигналів) допомагають виявляти когнітивні характеристики, такі як концентрація чи стрес, що важко оцінити стандартними тестами.

Інтелектуальні алгоритми забезпечують динамічний підбір завдань залежно від відповідей респондента. Такий підхід дозволяє:

- скоротити тривалість тестування;
- підвищити точність оцінювання;
- мінімізувати ефект втоми;
- створити індивідуалізований діагностичний маршрут.

На основі поведінкових, соціальних і психологічних даних моделі ШІ можуть прогнозувати:

- ризик розвитку емоційного вигорання;
- схильність до тривожних чи депресивних розладів;
- адаптаційні труднощі;
- професійну успішність.

Це відкриває можливості для ранньої профілактики та своєчасного втручання.

Переваги впровадження ШІ.

1. Підвищення об'єктивності оцінювання.
2. Швидкість обробки великих масивів інформації.
3. Можливість дистанційної психодіагностики.
4. Персоналізація рекомендацій і програм підтримки.
5. Автоматизація рутинних процедур психолога.

Щоб інтегрувати ШІ в діагностичну практику, важливо розуміти основи психодіагностики як науки - стандартизовані тести, вимірювання та інтерпретацію результатів. Ця теоретична база є фундаментом для подальшої автоматизації.

Незважаючи на переваги, впровадження генеративного ШІ в психодіагностику супроводжується етичними питаннями щодо конфіденційності, точності й людського контролю над процесом оцінювання. Це вимагає розробки чітких стандартів використання технологій у психологічній практиці.

Базові психолого-когнітивні аспекти взаємодії людини з інтелектуальними системами також важливі, оскільки вони впливають на те, як люди сприймають результати, отримані з використанням ШІ. Штучний інтелект відкриває нові перспективи розвитку психодіагностики, забезпечуючи більш точний, швидкий і персоналізований аналіз психологічних характеристик особистості. Інтелектуальні системи здатні суттєво розширити аналітичні можливості фахівців, сприяти ранньому виявленню ризиків і підвищити ефективність психологічної допомоги.

Водночас інтеграція ШІ не повинна підміняти професійне судження психолога, а має розглядатися як допоміжний інструмент. Подальший розвиток цієї галузі потребує міждисциплінарної співпраці психологів, програмістів, фахівців з етики та права. Лише за умови дотримання наукових стандартів і етичних норм використання штучного інтелекту стане ефективним і безпечним ресурсом сучасної психодіагностики.

Список використаних джерел:

1. American Educational Research Association, American Psychological Association, & National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for Educational and Psychological Testing*. Washington, DC: AERA.
2. Goodfellow, Ian, I., Bengio, Yoshua, Y., & Courville, Aaron, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
3. Embretson, Susan E., S. E., & Reise, Steven P., S. P. (2000). *Item Response Theory for Psychologists*. Lawrence Erlbaum Associates.
4. Van der Linden, Wim J., W. J., & Glas, Cees A. W., C. A. W. (2010). *Elements of Adaptive Testing*. Springer.
5. Kaplan, Robert M., R. M., & Saccuzzo, Dennis P., D. P. (2017). *Psychological Testing: Principles, Applications, and Issues* (9th ed.). Cengage Learning.

Abstract: *The abstracts consider the possibilities of using artificial intelligence (AI) in psychodiagnostics as a tool to increase the accuracy, speed, and objectivity of*

assessing the psychological characteristics of a person. The main directions of using machine learning algorithms for processing psychometric data, analyzing speech, behavioral patterns, and biometric indicators are analyzed. The advantages of implementing AI in the practice of a psychologist (automation of results processing, adaptive testing, risk prediction) are outlined, as well as ethical challenges related to the protection of personal data, the validity of models, and possible algorithmic biases. The conclusion is made about the prospects of integrating AI into psychodiagnostics, provided that professional standards and principles of psychological ethics are observed.

Key words: *artificial intelligence, psychodiagnostics, machine learning, adaptive testing, digital psychology, psychometrics, ethical aspects, automation of diagnostics.*

Науковий керівник:

Гула Л.В.,

старша викладачка

кафедри методики професійного навчання,

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 159.923

Роль пам'яті у розвитку студентів

Дмитро Городашин,

здобувач вищої освіти спеціальності А5.037Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)
Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація: *у тезах розкрито психологічну сутність пам'яті як базового пізнавального процесу та її значення для інтелектуального й професійного розвитку студентів у закладах вищої освіти. Проаналізовано основні види пам'яті (образну, словесно-логічну, емоційну, рухову; короткочасну й довготривалу; мимовільну та довільну) та особливості її функціонування у студентському віці. Висвітлено наукові підходи до розуміння взаємозв'язку пам'яті та мислення у працях Лев Виготський, Сергій Рубінштейн, Борис Ананьєв. Обґрунтовано роль пам'яті у засвоєнні навчального матеріалу, формуванні професійних компетентностей та здатності до самоосвіти. Окреслено ефективні шляхи розвитку пам'яті студентів: застосування мнемотехнік, логічного структурування інформації, інтерактивних методів навчання та формування навчальної мотивації. Зроблено висновок про необхідність цілеспрямованої педагогічної підтримки розвитку пам'яті як умови підвищення якості вищої освіти.*

Ключові слова: пам'ять, студентський вік, пізнавальні процеси, довготривала пам'ять, словесно-логічна пам'ять, професійна компетентність, навчальна діяльність, розвиток особистості.

Пам'ять є однією з провідних психічних функцій, що забезпечує засвоєння, збереження й відтворення знань, умінь та досвіду діяльності. У системі вищої освіти розвиток пам'яті студентів є важливою умовою успішного навчання, формування професійних компетентностей і здатності до безперервної освіти.

Сучасні освітні вимоги орієнтують студентів не лише на запам'ятовування інформації, а й на її осмислення, систематизацію та практичне застосування. Пам'ять — це психічний процес, що полягає у фіксації, збереженні та відтворенні індивідом попереднього досвіду.

За класичними психологічними концепціями Лев Виготський та Сергій Рубінштейн, пам'ять тісно пов'язана з мисленням, мовленням і діяльністю особистості. Основні види пам'яті:

- за змістом: образна, словесно-логічна, емоційна, рухова;
- за тривалістю збереження: сенсорна, короткочасна, довготривала;
- за характером діяльності: мимовільна та довільна.

У студентському віці особливо активно розвивається словесно-логічна й довільна пам'ять. Студентський вік характеризується:

- зростанням обсягу та міцності довготривалої пам'яті;
- формуванням індивідуального стилю запам'ятовування;
- розвитком довільності та усвідомленості мнемічної діяльності;
- активним використанням логічних прийомів запам'ятовування.

Борис Ананьєв зазначав, що юнацький вік є сенситивним періодом для інтелектуального розвитку, у якому пам'ять відіграє системоутворюючу роль[1].

Значення пам'яті для навчальної діяльності студентів.

1. Засвоєння навчального матеріалу — ефективне кодування та відтворення інформації.

2. Формування професійних компетентностей — накопичення спеціальних знань і досвіду.

3. Розвиток критичного мислення — опора на збережені знання під час аналізу й синтезу.

4. Самоосвіта та академічна мобільність — здатність швидко адаптуватися до нової інформації.

Пам'ять забезпечує інтеграцію теоретичних знань і практичного досвіду.

Шляхи розвитку пам'яті студентів:

- використання логічних схем, ментальних карт;
- застосування мнемотехнік;
- регулярне повторення та систематизація матеріалу;
- поєднання різних каналів сприйняття (візуального, аудіального, кінестетичного);
- активні методи навчання (дискусії, проекти, кейси);
- формування внутрішньої мотивації до навчання.

Ефективний розвиток пам'яті можливий за умов раціональної організації навчальної праці та дотримання режиму праці й відпочинку.

Пам'ять є основою інтелектуального розвитку студентів і важливим чинником успішності навчання у вищій школі. Вона забезпечує накопичення знань, формування професійної компетентності та здатність до саморозвитку[2].

Пам'ять відіграє центральну роль у навчально-пізнавальній діяльності студентів, оскільки саме вона забезпечує засвоєння, збереження та відтворення знань, умінь і практичного досвіду. Ефективність навчання та формування професійних компетентностей безпосередньо залежить від розвитку довільної та довготривалої пам'яті, здатності студента активно опрацьовувати інформацію та інтегрувати нові знання з уже наявними.

Для досягнення високого рівня розвитку пам'яті важливо застосовувати комплексні педагогічні методи: інтерактивне навчання, мнемотехніки, логічне структурування інформації, активну участь студентів у проєктній та дослідницькій діяльності, регулярне повторення та закріплення матеріалу. Важливо також створювати умови для психофізіологічного балансу, адекватного режиму навчання й відпочинку, що позитивно впливає на працездатність і концентрацію уваги студентів.

Таким чином, пам'ять не лише забезпечує ефективність засвоєння навчального матеріалу, а й виступає фундаментом інтелектуального, професійного та особистісного розвитку студента. Цілеспрямований розвиток пам'яті є ключовою педагогічною задачею сучасної вищої школи і сприяє підготовці конкурентоспроможних, самостійних і соціально відповідальних фахівців.

Список використаних джерел:

1. Ананьєв Борис Б. Г. Людина як предмет пізнання. Київ : Либідь, 2021.
2. Максименко С. Д. Загальна психологія : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2017.
3. Савчин М. В. Вікова психологія : навч. посіб. Київ : Академвидав, 2019.

Abstract: *the theses reveal the psychological essence of memory as a basic cognitive process and its significance for the intellectual and professional development of students in higher education institutions. The main types of memory (figurative, verbal-logical, emotional, motor; short-term and long-term; involuntary and voluntary) and the features of its functioning in student life are analyzed. Scientific approaches to understanding the relationship between memory and thinking are highlighted in the works of Lev Vygotsky, Sergey Rubinstein, Boris Ananyev. The role of memory in the assimilation of educational material, the formation of professional competencies and the ability to self-education is substantiated. Effective ways of developing students' memory are outlined: the use of mnemonics, logical structuring of information, interactive teaching methods and the formation of learning motivation. The conclusion is made about the need for targeted pedagogical support for the development of memory as a condition for improving the quality of higher education.*

Key words: *memory, student age, cognitive processes, long-term memory, verbal-logical memory, professional competence, educational activity, personal development.*

Науковий керівник:

Гула Л.В.,

старша викладачка

кафедри методики професійного навчання,

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 378

Прийоми виховання: теорія та практика

Олександр Лагунець,

здобувач вищої освіти спеціальності А5.037Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація: *У тезах розглянуто класифікацію прийомів виховання, їхні цілі та практичні рекомендації щодо застосування в освітньому процесі. Проаналізовано позитивне підкріплення, моделювання поведінки, ситуативні методи та рефлексивні техніки. Окремо висвітлено питання індивідуалізації підходу та етичні аспекти виховання. Наведено приклади застосування прийомів у навчальному середовищі та критерії оцінки їх ефективності.*

Ключові слова: *виховання; прийоми; мотивація; дисципліна; рефлексія.*

В умовах модернізації освіти та впровадження компетентнісного підходу особливого значення набуває вдосконалення виховного процесу. Прийоми виховання виступають важливим інструментом формування гармонійно розвиненої особистості, здатної до саморозвитку, соціальної взаємодії та відповідального вибору. Сучасна педагогіка орієнтується на гуманістичну парадигму, у центрі якої - дитина як суб'єкт виховання.

Прийоми виховання - це конкретні способи педагогічного впливу на свідомість, емоційно-ціннісну сферу та поведінку особистості. Прийом є складовим елементом методу виховання і конкретизує його в практичній діяльності педагога. За працями А. Макаренка, виховання є цілісною системою організації життя й діяльності колективу, де кожен прийом підпорядкований загальній меті формування особистості. В. Сухомлинський підкреслював, що прийоми виховання мають ґрунтуватися на повазі до гідності дитини та індивідуальному підході.

У сучасній педагогіці (І. Бех, Н. Волкова, М. Фіцула) прийоми виховання поділяють на такі групи:

- Прийоми формування свідомості особистості: переконання; роз'яснення; бесіда; приклад.

- Прийоми організації діяльності та формування досвіду поведінки: привчання; вправлення; доручення; створення виховних ситуацій.

- Прийоми стимулювання діяльності й поведінки: заохочення; покарання; змагання; громадська думка колективу.

Іван Бех розглядає ці прийоми як інструменти формування ціннісних орієнтацій та моральної самосвідомості особистості[1].

Маємо такі теоретичні принципи використання прийомів:

- гуманізація виховного процесу;
- природовідповідність і культуровідповідність;
- індивідуальний підхід;
- єдність свідомості й поведінки;
- опора на позитивне в особистості.

У творі «Педагогічна поема» обґрунтовано значення колективу як середовища реалізації виховних прийомів.

Ефективність прийомів залежить від вікових та психологічних особливостей вихованців. Важливо поєднувати різні прийоми в межах одного методу. Значну роль відіграє педагогічна майстерність і моральний авторитет вихователя.

У книзі «Серце віддаю дітям» підкреслено значення довіри, співпраці та створення «ситуації успіху» у вихованні.

Вибір прийомів залежить від виховної мети та конкретної педагогічної ситуації. Доцільним є поєднання різних груп прийомів (наприклад, бесіда + доручення + заохочення). Велику роль відіграє особистість вихователя, його моральний авторитет і педагогічна майстерність. Ефективність прийомів зростає за умов співпраці школи, сім'ї та громадськості[2].

Сучасна практика передбачає використання інтерактивних технологій, проектної діяльності, тренінгових методик, що розширюють традиційний арсенал виховних прийомів.

Отже, прийоми виховання є конкретними інструментами реалізації методів виховної роботи, що забезпечують цілеспрямований вплив на свідомість, емоційно-ціннісну сферу та поведінку особистості. Їх ефективність залежить від наукової обґрунтованості, системності застосування, урахування вікових та індивідуальних особливостей вихованців, а також від професійної майстерності педагога.

Класичні педагогічні концепції Антон Макаренко та Василь Сухомлинський доводять важливість поєднання вимогливості з повагою до особистості дитини, організації колективної діяльності та створення ситуації успіху. Сучасні наукові підходи, зокрема концепція особистісно орієнтованого виховання Іван Бех, акцентують на розвитку ціннісних орієнтацій, моральної самосвідомості та здатності до самовиховання.

У контексті реформування освіти України (концепція Нової української школи) прийоми виховання набувають нового змісту: вони спрямовані на

формування ключових компетентностей, громадянської відповідальності, критичного мислення та соціальної активності. Таким чином, сучасна практика виховання потребує інтеграції традиційних педагогічних надбань із інноваційними технологіями, що забезпечують партнерську взаємодію між педагогом і здобувачем освіти.

Список використаних джерел:

1. Бех Іван І. Д. Особистісно орієнтоване виховання : наук.-метод. посіб. Київ : Либідь, 2008. 204 с.
2. Волкова Н. П. Педагогіка : навч. посіб. Київ : Академія, 2019. 576 с.
3. Фіцула М. М. Педагогіка : навч. посіб. Київ : Академвидав, 2016. 560 с.

Abstract: *The theses consider the classification of educational techniques, their goals and practical recommendations for their use in the educational process. Positive reinforcement, behavior modeling, situational methods and reflective techniques are analyzed. The issues of individualization of the approach and ethical aspects of education are separately highlighted. Examples of the application of techniques in the educational environment and criteria for assessing their effectiveness are given.*

Key words: *education; techniques; motivation; discipline; reflection.*

Науковий керівник:

Гула Л.В.,

старша викладачка

кафедри методики професійного навчання,

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 378.035

Компетентнісний підхід в організації аудиторної та поза аудиторної роботи у закладах вищої освіти

Олег Мінін,

здобувач вищої освіти спеціальності А5.037Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація: *У тезах розкрито сутність компетентнісного підходу в організації аудиторної та позааудиторної роботи у вищих закладах освіти. Проаналізовано нормативно-правові засади впровадження компетентнісної моделі навчання відповідно до Закон України «Про вищу освіту» та принципів Болонський процес. Визначено особливості формування загальних і фахових компетентностей здобувачів освіти в умовах аудиторної діяльності та позааудиторної роботи.*

Окреслено педагогічні умови ефективної реалізації компетентнісного підходу, зокрема інтеграцію теорії і практики, застосування інтерактивних технологій навчання, формувальне оцінювання та створення освітнього середовища партнерства. Обґрунтовано, що поєднання аудиторної та позааудиторної діяльності сприяє формуванню професійної мобільності, розвитку soft skills та підготовці конкурентоспроможного фахівця, здатного до саморозвитку та безперервної освіти.

Ключові слова: компетентнісна модель навчання, інтегровані результати навчання, компетентнісний підхід, аудиторна та поза аудиторна робота.

Сучасна система вищої освіти України орієнтується на європейські стандарти якості освіти та інтеграцію до Європейського освітнього простору. У цьому контексті ключового значення набуває компетентнісний підхід, закріплений у Закон України «Про вищу освіту» та узгоджений із принципами Болонський процес. Головним результатом освітнього процесу у ЗВО визначається сформованість загальних і фахових компетентностей здобувачів освіти, що забезпечують їхню конкурентоспроможність на ринку праці.

Компетентнісний підхід у ЗВО передбачає спрямування освітнього процесу на формування інтегрованих результатів навчання — компетентностей, які поєднують:

- систему професійних знань;
- практичні вміння й навички;
- досвід діяльності;
- цінності та професійну етику;
- здатність до саморозвитку та безперервного навчання.

За концепцією Іван Бех, компетентність є інтегральною характеристикою особистості, що виявляється у здатності діяти ефективно в різних професійних і соціальних ситуаціях. Компетентнісний підхід змінює акценти: від передачі знань — до формування здатності застосовувати їх у практичній діяльності.

Аудиторна робота (лекції, семінари, практичні та лабораторні заняття) повинна забезпечувати активну пізнавальну діяльність студентів[3].

Основні механізми реалізації:

1. Проблемно-орієнтоване навчання — аналіз реальних професійних ситуацій.
2. Кейс-метод — моделювання практичних завдань.
3. Проєктна діяльність — виконання індивідуальних і групових проєктів.
4. Дискусії та дебати — розвиток критичного мислення.
5. Інтерактивні технології та цифрові платформи — формування цифрової компетентності.
6. Формувальне оцінювання — орієнтація на результат і рефлексію.

Важливим є переосмислення ролі викладача: він виступає не лише джерелом інформації, а фасилітатором і наставником. Поза аудиторна діяльність створює умови для розвитку соціальних, комунікативних та лідерських компетентностей. Основними формами є:

- наукові гуртки та студентські наукові товариства;
- участь у конференціях і проєктах;
- академічна мобільність;
- волонтерська діяльність;
- студентське самоврядування;
- стажування та виробнича практика.

Позааудиторна робота сприяє формуванню soft skills (командна робота, тайм-менеджмент, комунікація, відповідальність), які є важливою складовою професійної компетентності.

Педагогічні умови ефективної реалізації:

1. Узгодженість освітніх програм із професійними стандартами.
2. Інтеграція теоретичного навчання з практикою.
3. Використання інноваційних технологій навчання.
4. Забезпечення академічної доброчесності.
5. Постійний моніторинг якості освіти.

Суттєве значення має створення освітнього середовища партнерства між студентом і викладачем.

Компетентнісний підхід у вищих закладах освіти забезпечує підготовку фахівця нового типу — мобільного, конкурентоспроможного, здатного до професійного саморозвитку[4].

Поєднання аудиторної та позааудиторної діяльності створює цілісну систему формування професійних і загальних компетентностей. Реалізація цього підходу потребує модернізації змісту освіти, методів навчання та організації освітнього середовища відповідно до сучасних вимог суспільства та ринку праці.

Список використаних джерел:

1. Бех Іван І. Д. Виховання особистості : у 2 кн. Київ : Либідь, 2013.
2. Вакало Р. Компетентнісний підхід у підготовці фахівців // *Modern Information Technologies & Innovation Methodologies of Education...*. 2025.
3. Волкова Н. П. Педагогіка : навч. посіб. Київ : Академія, 2018. 616 с.
4. Mustafieva N. Competency-based approach and competencies in higher education // *E Conference Zone*. 2023.
5. Фішула М. М. Педагогіка вищої школи : навч. посіб. Київ : Академвидав, 2014. 456 с.

Abstract: *The theses reveal the essence of the competency-based approach in the organization of classroom and extracurricular work in higher education institutions. The regulatory and legal principles of implementing the competency-based model of education in accordance with the Law of Ukraine "On Higher Education" and the principles of the Bologna Process are analyzed. The features of the formation of general and professional competencies of education seekers in the conditions of classroom activity and extracurricular work are determined. The pedagogical conditions for the effective implementation of the competency-based approach are*

outlined, in particular, the integration of theory and practice, the use of interactive learning technologies, formative assessment, and the creation of an educational environment of partnership. It is substantiated that the combination of classroom and extracurricular activities contributes to the formation of professional mobility, the development of soft skills, and the training of a competitive specialist capable of self-development and continuous education.

Key words: *competency-based learning model, integrated learning outcomes, competency-based approach, classroom and extracurricular work.*

Науковий керівник:

Гула Л.В.,

старша викладачка

кафедри методики професійного навчання,

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 378.147

Інноваційні підходи до навчання у закладах вищої освіти (ЗВО)

Марія Філонова,

*здобувачка вищої освіти спеціальності А5.037Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)
Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна*

Анотація: *у тезах розглянуто сучасні інноваційні підходи до навчання у закладах вищої освіти (ЗВО) як відповідь на виклики сучасного суспільства та потреби формування компетентного, мобільного та конкурентоспроможного фахівця. Проаналізовано сутність інноваційного навчання, його основні ознаки та напрями реалізації: активні методи навчання (дискусії, кейс-метод, проєктна діяльність), індивідуалізація та диференціація освітнього процесу, використання інформаційно-комунікаційних технологій, міждисциплінарні та інтеграційні підходи. Наголошено на педагогічних умовах ефективного впровадження інноваційних підходів: інтеграції аудиторної та позааудиторної діяльності, формувальному оцінюванні, створенні стимулюючого освітнього середовища та підготовці викладачів до використання сучасних методик. Зроблено висновок, що інноваційні підходи сприяють активізації навчальної діяльності студентів, розвитку їх критичного мислення, практичних умінь та професійних компетентностей.*

Ключові слова: *інноваційне навчання, заклади вищої освіти, компетентнісний підхід, активні методи навчання, інформаційно-комунікаційні технології, міждисциплінарність, формувальне оцінювання, розвиток компетентностей, студентська активність.*

Сучасна вища освіта орієнтована на підготовку конкурентоспроможних, мобільних та самостійних фахівців, здатних ефективно діяти у мінливих соціально-економічних умовах. Традиційні форми навчання часто не забезпечують достатнього розвитку критичного мислення, креативності та практичних умінь студентів[1].

Інноваційні підходи до навчання у ЗВО є відповіддю на виклики часу та інтеграцію української освіти у європейський та світовий освітній простір, передбачаючи поєднання теорії, практики та цифрових технологій. Інноваційні підходи у ЗВО — це нові методи, технології та організаційні форми навчальної діяльності, спрямовані на підвищення ефективності навчання, мотивації студентів та розвитку їх ключових компетентностей[2]. До основних ознак інноваційного навчання належать:

- активна роль студента у навчальному процесі;
- інтеграція теорії та практики;
- використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ);
- орієнтація на компетентнісний підхід;
- міждисциплінарність та проєктна діяльність.

Активні методи навчання:

- Дискусії, дебати, кейс-метод — розвиток критичного мислення, аналіз реальних професійних ситуацій;
- Проєктна та проблемна діяльність — формування практичних компетентностей та креативності;
- Рольові ігри та симуляції — моделювання професійних процесів.

Індивідуалізація та диференціація навчання:

підбір завдань за рівнем підготовки студентів;

використання адаптивних освітніх платформ;

самостійне опрацювання матеріалу з наставництвом викладача.

Використання інформаційно-комунікаційних технологій:

- Онлайн-курси, платформи дистанційного навчання (Moodle, Google Classroom);
- Інтерактивні лекції, відео- та мультимедійні ресурси;
- Віртуальні лабораторії та симулятори.

Міждисциплінарні та інтеграційні підходи:

- Об'єднання знань з різних дисциплін у межах проєктів;
- Формування системного бачення професійних завдань;
- Розвиток компетентностей, актуальних для сучасного ринку праці.

Педагогічні умови ефективності:

1. Інтеграція аудиторної та позааудиторної діяльності;
2. Створення стимулюючого освітнього середовища;
3. Формувальне оцінювання результатів навчання;
4. Підготовка викладачів до використання інноваційних методик;
5. Підтримка академічної мобільності та співпраці із професійними

установами.

Інноваційні підходи до навчання у ЗВО дозволяють:

- підвищити активність, мотивацію та самоорганізацію студентів;
- формувати ключові та професійні компетентності;
- інтегрувати теоретичні знання з практичними навичками;
- забезпечити підготовку конкурентоспроможного фахівця, здатного до саморозвитку та адаптації у професійному середовищі.

Упровадження інноваційних підходів потребує системного поєднання методик, технологій і педагогічних умов, що відповідають сучасним вимогам освітнього процесу.

Список використаних джерел:

1. Міністерство освіти і науки України. Концепція розвитку освіти України. Київ, 2020.
2. Фіцула М. М. Інноваційні технології навчання у вищій школі : навч. посіб. Київ : Академвидав, 2019. 560 с.
3. Волкова Н. П. Педагогіка : навч. посіб. Київ : Академія, 2018. 616 с.
4. Савченко О. Я. Дидактика початкової освіти : підручник. Київ : Грамота, 2018.
5. Kharkivska A. The competency-based approach as methodology of professional training... *Problems of Engineer-Pedagogical Education*. 2021.

Abstract: *The theses consider modern innovative approaches to education in higher education institutions (HEIs) as a response to the challenges of modern society and the needs of forming a competent, mobile and competitive specialist. The essence of innovative education, its main features and areas of implementation are analyzed: active learning methods (discussions, case method, project activity), individualization and differentiation of the educational process, the use of information and communication technologies, interdisciplinary and integration approaches. The pedagogical conditions for the effective implementation of innovative approaches are emphasized: integration of classroom and extracurricular activities, formative assessment, creation of a stimulating educational environment, and preparation of teachers for the use of modern methods. It is concluded that innovative approaches contribute to the activation of students' educational activities, the development of their critical thinking, practical skills, and professional competencies.*

Keywords: *innovative learning, higher education institutions, competency-based approach, active learning methods, information and communication technologies, interdisciplinarity, formative assessment, competence development, student activity.*

Науковий керівник:

Гула Л.В.,

старша викладачка

кафедри методики професійного навчання,

Миколаївський національний аграрний університет

УДК 159.9:316.6

Психологічний розвиток особистості в соціокультурному та цифровому середовищі

Лукович Катерина,

здобувачка вищої освіти спеціальність 015 Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка та харчові технології)

Миколаївський національний аграрний університет

Анотація: У тезах розглянуто вплив культурних, соціальних і цифрових чинників на психологічний розвиток особистості. Проаналізовано роль культури як системи цінностей, норм і смислів, що визначає зміст соціалізації індивіда. Висвітлено значення сім'ї, освітніх інституцій, соціального оточення та цифрового середовища у формуванні ідентичності, самосвідомості, поведінкових стратегій і психологічного благополуччя особистості. Обґрунтовано, що психологічний розвиток є результатом взаємодії біологічних передумов із соціокультурним середовищем, у межах якого відбувається засвоєння соціального досвіду, конструювання ціннісних орієнтирів і формування власної життєвої позиції.

Ключові слова: психологічний розвиток, особистість, культура, соціалізація, ідентичність, цифрове середовище.

Психологічний розвиток особистості є складним і багатовимірним процесом, що зумовлюється взаємодією внутрішніх і зовнішніх чинників. У сучасних умовах усе більшої уваги потребує аналіз не лише традиційних соціальних впливів, а й ролі цифрового простору, який став важливим середовищем комунікації, самопрезентації та соціального порівняння. Саме тому дослідження впливу культурних, соціальних і цифрових чинників на становлення особистості набуває особливої актуальності.

Культура виступає важливим чинником психологічного розвитку, оскільки саме вона визначає систему цінностей, норм, моделей поведінки та соціальних очікувань, у межах яких формується особистість. Культурне середовище задає смислові орієнтири, впливає на уявлення людини про себе, інших і власне місце в суспільстві. Як засвідчують сучасні дослідження культурної психології, індивідуальна самосвідомість, способи емоційного реагування та особливості міжособистісної взаємодії значною мірою залежать від культурного контексту [5].

Не менш важливою є роль сім'ї як первинного інституту соціалізації. Саме у сімейному середовищі закладаються основи емоційної безпеки, самооцінки, довіри до світу, а також первинні моделі спілкування й реагування. Сім'я передає дитині не лише правила поведінки, а й цінності, традиції та уявлення про соціальні ролі. У цьому контексті сімейне виховання слід розглядати як один із

ключових механізмів формування особистості в соціокультурному середовищі [6].

Важливий вплив на психологічний розвиток мають освітні інституції. Заклади освіти не лише забезпечують засвоєння знань, а й створюють простір для соціальної взаємодії, розвитку критичного мислення, самостійності та відповідальності. У процесі навчання особистість опановує соціальні ролі, набуває досвіду співпраці, вчиться співвідносити власні потреби з очікуваннями соціального середовища. Освітній простір також є важливим чинником формування громадянської позиції та ціннісних орієнтацій молоді.

У сучасному суспільстві суттєво посилюється вплив цифрового середовища. Соціальні мережі, онлайн-комунікація та медіаплатформи стали важливими агентами соціалізації, особливо для молоді. Через цифровий простір особистість отримує доступ до великої кількості соціальних зразків, моделей поведінки, норм і символів, що може як розширювати досвід, так і створювати ризики внутрішньої напруги, тривожності та залежності від зовнішнього схвалення. У сучасних оглядових дослідженнях підкреслюється, що вплив соціальних мереж на психічне благополуччя молоді є неоднозначним і залежить від інтенсивності використання, змісту взаємодії та індивідуальних особливостей користувача [1; 2; 3; 4].

Цифрове середовище також впливає на формування ідентичності. У мережевому просторі молода людина не лише споживає інформацію, а й конструює власний образ через самопрезентацію, соціальне порівняння та реакції інших. Це посилює значення зовнішньої оцінки у формуванні самооцінки й може впливати на емоційну стабільність, відчуття прийняття та впевненості в собі. Водночас за умови сформованої цифрової культури та медіаграмотності онлайн-середовище може сприяти розвитку комунікативності, самовираження та соціальної підтримки [1; 3].

Психологічний розвиток особистості значною мірою визначається і ширшими соціальними умовами: економічною стабільністю, доступом до освіти, рівнем соціальної безпеки, характером суспільних змін. Соціальні кризи, невизначеність і тривалі стресогенні обставини можуть ускладнювати процес становлення особистості, впливати на емоційний стан, систему цінностей і життєві стратегії. Водночас підтримувальне середовище, наявність соціальних ресурсів і позитивних зразків взаємодії сприяють психологічній стійкості та гармонійному розвитку.

Отже, психологічний розвиток особистості є результатом складної взаємодії біологічних, соціальних, культурних і цифрових чинників. Культура задає систему смислів і цінностей, соціальні інституції забезпечують механізми соціалізації, а цифрове середовище істотно змінює умови формування ідентичності та самосвідомості молоді людини. Розуміння цих закономірностей має важливе значення для вдосконалення освітніх практик, розвитку психологічної підтримки молоді та формування безпечного середовища для особистісного становлення.

Перспективним напрямом подальших досліджень є вивчення впливу цифрового простору на психологічну ідентичність молоді, а також аналіз

механізмів формування психологічної стійкості в умовах соціальної нестабільності та війни.

Список використаних джерел:

1. American Psychological Association. Health Advisory on Social Media Use in Adolescence. 2023.
2. U.S. Department of Health and Human Services. Social Media and Youth Mental Health: The U.S. Surgeon General's Advisory. 2023.
3. Valkenburg P. M., Meier A., Beyens I. Social media use and its impact on adolescent mental health: An umbrella review of the evidence // Nature Reviews Psychology. 2022.
4. Odgers C. L., Jensen M. R. Annual Research Review: Adolescent mental health in the digital age: facts, fears, and future directions // Journal of Child Psychology and Psychiatry. 2020. Vol. 61, No. 3.
5. Heine S. J. Cultural Psychology. 4th ed. New York: W. W. Norton & Company, 2020.
6. Kağıtçibaşı Ç. Family, Self, and Human Development Across Cultures: Theory and Applications. 3rd ed. New York: Routledge, 2017.

Abstract. *The theses examine the influence of cultural, social, and digital factors on the psychological development of the individual. The role of culture as a system of values, norms, and meanings that determines the content of an individual's socialization is analyzed. The significance of the family, educational institutions, the social environment, and the digital environment in shaping identity, self-awareness, behavioral strategies, and psychological well-being is highlighted. It is substantiated that psychological development is the result of the interaction between biological predispositions and the sociocultural environment, within which social experience is acquired, value orientations are constructed, and one's own life position is formed.*

Keywords: *psychological development, personality, culture, socialization, identity, digital environment*

Науковий керівник:

Горбунова К. М.,

Кандидат пед. наук, доцент

УДК 378:316.77:159.955:355.01

Розвиток медіаграмотності та критичного мислення майбутніх фахівців професійної освіти в умовах інформаційної війни

Колесник Дар'я,

здобувачка вищої освіти спеціальності 015 «Професійна освіта (Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології)» Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація. У тезах розглядається проблема формування медіаграмотності та критичного мислення майбутніх фахівців професійної освіти в умовах інформаційної війни. Висвітлено сутність ключових понять, схарактеризовано основні ризики сучасного медіапростору — дезінформацію, пропаганду, маніпуляції та інформаційне перевантаження. Визначено роль закладу вищої освіти і викладача у формуванні відповідних компетентностей. Запропоновано практичні методи розвитку медіаграмотності студентів на основі сучасних європейських підходів.

Ключові слова: медіаграмотність, критичне мислення, інформаційна війна, дезінформація, фейки, пропаганда, професійна освіта, медіакомпетентність.

В умовах повномасштабного вторгнення Росії в Україну інформаційний простір перетворився на одне з ключових полів протистояння. Дезінформація, цілеспрямована пропаганда та маніпулятивний контент завдають значної шкоди суспільній свідомості, формують хибні наративи та підривають психологічну стійкість громадян. Особливо вразливими є молоді люди, що перебувають у процесі здобуття освіти. У цьому контексті підготовка майбутніх фахівців професійної освіти до свідомого й критичного споживання інформації набуває стратегічного значення. Здатність розпізнавати маніпуляції, перевіряти факти та приймати зважені рішення в умовах інформаційного хаосу є не лише освітньою, а й громадянською необхідністю.

Сутність медіаграмотності та критичного мислення. ЮНЕСКО визначає медіаграмотність як сукупність знань, умінь і компетентностей, що дають змогу ефективно шукати, аналізувати, оцінювати та створювати медіаконтент у різних форматах [1]. Критичне мислення є невід'ємною складовою цього процесу: воно передбачає здатність ставити обґрунтовані запитання, виявляти логічні суперечності, відрізнити факти від суджень і протистояти маніпулятивним технікам. У сучасному медіасередовищі обидві компетентності є взаємодоповнювальними та утворюють основу інформаційної культури особистості.

Основні ризики інформаційного середовища. Рада Європи наголошує, що соціальні мережі та онлайн/офлайн-контент легко піддаються дезінформації, маніпуляціям і пропаганді, тому студентів необхідно цілеспрямовано навчати виявляти «червоні прапорці» та оцінювати надійність джерел [5]. До ключових ризиків сучасного медіапростору належать: фейки — свідомо сфабриковані матеріали, що імітують достовірні новини; пропаганда — систематичне поширення упередженої інформації на підтримку певних ідеологічних позицій; емоційний тиск — апеляція до страху, гніву чи патріотичних почуттів з метою блокування раціонального аналізу; інформаційне перевантаження — надмірний потік даних, що унеможлиблює якісну перевірку кожного повідомлення. Дослідження Detector Media свідчать, що рівень медіаграмотності українців поступово зростає, проте залишається недостатнім для ефективного протистояння сучасним інформаційним загрозам [3].

Роль закладу вищої освіти та викладача. Заклади вищої освіти відіграють ключову роль у формуванні медіаграмотних фахівців. Відповідно до рекомендацій Європейської комісії, викладачі мають інтегрувати завдання з перевірки інформації, аналізу джерел і розпізнавання дезінформації в навчальні дисципліни [2]. Особливого значення набуває особистісна позиція педагога як взірця критичного споживача інформації. Ласкова-Ярмоленко А. О. акцентує, що медіаграмотність у системі освіти має розглядатися не як окремий предмет, а як наскрізна компетентність, що пронизує всю навчальну діяльність [4]. Для майбутніх фахівців аграрної галузі це особливо актуально з огляду на активне поширення дезінформації щодо продовольчої безпеки та агропромислового сектору в умовах війни.

Практичні способи розвитку медіаграмотності у студентів. На основі аналізу сучасних європейських підходів та вітчизняного досвіду можна виокремити ефективні практичні методи розвитку медіаграмотності та критичного мислення у студентів закладів вищої освіти. По-перше, це верифікація інформації з використанням спеціалізованих ресурсів — таких як StopFake, VoxCheck, Google Reverse Image Search — та алгоритму SIFT (Stop, Investigate, Find better coverage, Trace claims). По-друге, кейс-аналіз реальних прикладів дезінформації: розбір конкретних фейків, що стосуються аграрної тематики або подій в Україні. По-третє, медіадебати та рольові ігри, у яких студенти беруть на себе ролі «детектора фейків» та «генератора пропаганди». По-четверте, проектна робота зі створення медіапродуктів (відео, інфографіки, статей), що формує відповідальність за якість контенту. Нарешті, систематичне використання чекліст-інструментів — переліків критеріїв оцінювання джерел за принципами авторства, достовірності, актуальності та цільової аудиторії.

Таким чином, розвиток медіаграмотності та критичного мислення у майбутніх фахівців професійної освіти є нагальною потребою сьогодення. Інтеграція відповідних компетентностей у освітній процес сприяє підготовці не лише кваліфікованих, але й свідомих, інформаційно стійких громадян, здатних ефективно протидіяти інформаційним загрозам в умовах гібридної війни.

Список використаних джерел:

1. UNESCO. (n.d.). Media and information literacy. <https://www.unesco.org/en/media-information-literacy>
2. European Commission. (2022). Guidelines for teachers to foster digital literacy and tackle disinformation. Publications Office of the European Union.
3. Detector Media. (2024). Media literacy index of Ukrainians: 2020–2024 fifth wave. <https://detector.media>
4. Laskova-Yarmolenko, A. O. (2023). Media literacy in the education system: Modern requirements in the field of social communication. *Sotsial'ni komunikatsii*, 2, 45–53.
5. Council of Europe. (2021). Toolkit for history classes: Debunking fake news and fostering critical thinking. Council of Europe Publishing.

Abstract. *The theses address the issue of developing media literacy and critical thinking among future vocational education professionals in the context of information warfare. The essence of key concepts is clarified, and the main risks of the modern media environment — disinformation, propaganda, manipulation, and information overload — are characterised. The role of higher education institutions and educators in building relevant competencies is defined. Practical methods for developing students' media literacy based on contemporary European approaches are proposed.*

Keywords: *media literacy, critical thinking, information warfare, disinformation, fake news, propaganda, vocational education, media competence.*

Науковий керівник:

Улігіна К.А.,

асистент кафедри методики професійного навчання,
Миколаївський національний аграрний університет

УДК 504.05

Компетентнісний підхід до формування екологічної відповідальності інженерів-енергетиків

Вадим Возіян

здобувач вищої освіти спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація. *У статті розкрито сутність компетентнісного підходу до формування екологічної відповідальності майбутніх інженерів-енергетиків у системі вищої технічної освіти. Обґрунтовано актуальність інтеграції екологічної складової у професійну підготовку фахівців енергетичної галузі в умовах глобальних екологічних викликів та трансформації енергетичного сектору. Визначено структуру екологічної відповідальності як інтегративної якості особистості, що поєднує ціннісно-мотиваційний, когнітивний та діяльнісний компоненти. Проаналізовано зміст професійних та загальних компетентностей, необхідних для забезпечення екологічно безпечної інженерної діяльності, зокрема здатності до оцінювання впливу енергетичних об'єктів на довкілля, прийняття технічно обґрунтованих і соціально відповідальних рішень, упровадження принципів сталого розвитку та енергоефективності. Окреслено педагогічні умови ефективного формування екологічної відповідальності, серед яких інтеграція міждисциплінарних знань, використання практикоорієнтованих завдань, проєктного навчання та моделювання професійних ситуацій. Доведено, що реалізація компетентнісного підходу сприяє формуванню готовності майбутніх інженерів-енергетиків до професійної діяльності на засадах*

екологічної безпеки, раціонального природокористування та соціальної відповідальності.

Ключові слова: компетентнесний підхід, екологічна компетентність, інженер-енергетик, професійна підготовка, сталий розвиток.

Вступ. Сучасна енергетика є однією з ключових галузей, що визначає рівень техногенного навантаження на довкілля. Виробництво, передача та споживання енергії пов'язані з викидами парникових газів, тепловим забрудненням, електромагнітним впливом та утворенням відходів. У контексті реалізації Цілей сталого розвитку ООН та європейського курсу на декарбонізацію економіки особливого значення набуває підготовка інженерів-енергетиків, здатних приймати технічні рішення з урахуванням екологічних наслідків.

Традиційна знаннева парадигма підготовки фахівців поступово поступається компетентнісній моделі, що орієнтується на формування здатності діяти в складних професійних ситуаціях. У цьому контексті актуалізується проблема формування екологічної відповідальності як складової професійної компетентності інженера-енергетика.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми компетентнісного підходу в освіті розглядаються у працях українських і зарубіжних науковців, де наголошується на необхідності інтеграції знань, умінь, цінностей та досвіду діяльності. Питання екологічної освіти досліджуються в контексті формування екологічної культури та екологічної свідомості майбутніх фахівців. Водночас проблема формування саме екологічної відповідальності інженерів-енергетиків на засадах компетентнісного підходу потребує подальшого наукового осмислення[1].

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та розробити модель формування екологічної відповідальності інженерів-енергетиків на засадах компетентнісного підходу.

Результат дослідження. Теоретичні засади дослідження ґрунтуються на положеннях компетентнісного підходу, який орієнтує освітній процес не лише на передачу та засвоєння системи знань, а передусім на формування інтегрованих здатностей особистості ефективно діяти у професійній сфері. У контексті підготовки інженерів-енергетиків це означає формування готовності аналізувати енергетичні системи з позицій екологічної безпеки, прогнозувати можливі екологічні наслідки технічних рішень, застосовувати принципи енергоефективності та ресурсозбереження, а також приймати етично обґрунтовані інженерні рішення. Таким чином, екологічна відповідальність розглядається як інтегрована професійна компетентність, що поєднує систему спеціальних знань, ціннісні орієнтації та практичний досвід діяльності.

Структура екологічної відповідальності інженера-енергетика визначається як багатокомпонентна та включає когнітивний, ціннісно-мотиваційний, операційно-діяльнісний і рефлексивний компоненти. Когнітивний компонент охоплює знання екологічного законодавства, принципів сталого розвитку,

особливостей впливу енергетичних об'єктів на довкілля та методів оцінювання екологічних ризиків. Ціннісно-мотиваційний компонент передбачає усвідомлення соціальної значущості професійної діяльності інженера-енергетика, сформованість внутрішньої установки на прийняття екологічно доцільних рішень і відповідальне ставлення до результатів своєї праці. Операційно-діяльнісний компонент відображає здатність застосовувати енергоефективні технології, мінімізувати втрати електроенергії, знижувати рівень шкідливих викидів і впроваджувати сучасні технічні рішення з урахуванням екологічних вимог. Рефлексивний компонент пов'язаний зі здатністю оцінювати результати власної професійної діяльності з позицій екологічної безпеки, здійснювати самоконтроль та коригування прийнятих рішень.



Рис. 1 – Модель формування екологічної відповідальності

Ефективність формування екологічної відповідальності забезпечується реалізацією відповідних педагогічних умов. Передусім це екологізація змісту технічних дисциплін, що передбачає включення екологічного аналізу до курсів з електропостачання, електроприводу, перетворювальної техніки та систем електроенергетики. Важливого значення набуває міждисциплінарна інтеграція, яка поєднує технічні знання з екологічними, економічними та правовими аспектами професійної діяльності. Доцільним є застосування проблемно-орієнтованого навчання через розв'язання кейсів, пов'язаних з аналізом енергетичних аварій, надмірних втрат енергії чи перевищенням нормативів викиді[2]. Суттєвий потенціал має моделювання професійних ситуацій із використанням програмних засобів для оцінювання енергоефективності та впливу електротехнічних систем на довкілля. Окрему увагу слід приділяти формуванню професійної етики шляхом обговорення етичних дилем, пов'язаних із вибором економічно вигідних, але менш екологічних технічних рішень.

Висновки. У дослідженні теоретично обґрунтовано доцільність застосування компетентнісного підходу до формування екологічної відповідальності інженерів-енергетиків в умовах сучасних викликів енергетичної галузі та екологічної трансформації суспільства. Уточнено сутність екологічної відповідальності як інтегрованої професійної компетентності, що поєднує систему екологічних знань, ціннісні орієнтації, практичні вміння прийняття технічно й екологічно обґрунтованих рішень та здатність до професійної рефлексії.

Визначено структуру екологічної відповідальності, яка включає когнітивний, ціннісно-мотиваційний, операційно-діяльнісний та рефлексивний компоненти, що забезпечують цілісність її формування. Розроблено структурно-блокову модель формування екологічної відповідальності майбутніх інженерів-енергетиків та обґрунтовано педагогічні умови її реалізації, зокрема екологізацію змісту технічних дисциплін, міждисциплінарну інтеграцію, використання проблемно-орієнтованого навчання, моделювання професійних ситуацій і розвиток професійної етики.

Отримані результати мають теоретичне значення для подальшого розвитку компетентнісної парадигми інженерної освіти та створюють підґрунтя для практичного впровадження моделі у процес підготовки інженерів-енергетиків з метою забезпечення їх готовності до екологічно відповідальної професійної діяльності.

Список використаних джерел:

1. Twidell, J., & Weir, T. (2015). *Renewable energy resources* (3rd ed.). Routledge.
2. Yablunovska, K. O. (2018). *Ekolohichna osvita v systemi pidhotovky maibutnoho fakhivtsia* [Environmental education in the system of future specialist training]. Mykolaiv National Agrarian University Repository.

Abstract. *The article reveals the essence of the competency-based approach to the formation of environmental responsibility of future power engineers within the system of higher technical education. The relevance of integrating the environmental component into the professional training of energy specialists is substantiated in the context of global environmental challenges and the transformation of the energy sector. The structure of environmental responsibility is defined as an integrative personal quality that combines value-motivational, cognitive, and activity-based components. The content of professional and general competencies necessary to ensure environmentally safe engineering practice is analyzed, in particular the ability to assess the environmental impact of energy facilities, make technically sound and socially responsible decisions, and implement the principles of sustainable development and energy efficiency. The pedagogical conditions for the effective formation of environmental responsibility are outlined, including the integration of interdisciplinary knowledge, the use of practice-oriented tasks, project-based learning, and the modeling of professional situations. It is proved that the implementation of the*

competency-based approach contributes to the formation of future power engineers' readiness for professional activity based on environmental safety, rational use of natural resources, and social responsibility.

Keywords: *competency-based approach, environmental competence, power engineer, professional training, sustainable development.*

Науковий керівник:

Мардзявко К.О.,

*доктор філософії, асистент кафедри методики професійного навчання
Миколаївського національного аграрного університету*

СЕКЦІЯ
«ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА, МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ
ПРОЦЕСІВ В АПК»

УДК 544.22

Першопринципні розрахунки багатокomпонентних сполук

Владислав Готілов,

здобувач вищої освіти спеціальності

141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація: *Запропоновано метод обчислення термодинамічних характеристик багатокomпонентних твердих тіл.*

Ключові слова: *першопринципні розрахунки, халькогеніди лужноземельних металів.*

Для проведення обчислень застосований пакет QUANTUM ESPRESSO [1] з використанням ультратім'якого псевдопотенціалу Вандербільта [2] і врахуванням обмінних та кореляційних внесків за роботою [3].

Першопринципні розрахунки багатокomпонентних сполук на відміну від розрахунків речовин і більш простих сполук потребують значних обчислювальних ресурсів. Витрати ресурсів помітно зростають зі збільшенням комірки, яку треба враховувати при розрахунках, тому що вже неможливо обмежитись елементарною коміркою. До того ж із збільшенням цієї комірки швидко зростає кількість поліморфів, кожен з яких має свої термодинамічні характеристики. Також треба відмітити, що в переважній кількості випадків немає експериментальних даних для багатокomпонентних сполук.

Для пояснення особливостей таких розрахунків далі розглядається потрійна сполука $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{O}$. Існує досить багато експериментальної інформації про відповідні бінарні сполуки CaO і SrO , але вже для цієї потрійної сполуки даних немає. Така ж ситуація при переході до сполук зі ще більшою кількістю типів атомів у складі.

Будемо розглядати дві величини: постійну ґратки a_c і тиск фазового перетворення $B1 - B2$. Експериментальні дані для бінарних сполук є для a_c : 4,810 Å (CaO) [4] і 5,16 (SrO) [5], для p_{pt} : 63 ГПа (CaO) [6] і 36 (SrO) [7].

Розглянемо спочатку сполуку $\text{Ca}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{O}$, при цьому $x = 0,5$. Результати першопринципного розрахунку разом з результатами для бінарних сполук CaO і SrO шляхом пошуку регресії (лінійної або нелінійної) за трьома точками дають можливість оцінити відповідні величини при всіх інших значеннях x від 0 до 1.

Потім додаємо результати першопринципні розрахунки при $x = 0,25$ і $x = 0,75$ і розшукуємо регресію для п'яти точок. На останньому кроці (який визначається величиною комірки, що тут складається з 16 атомів) додаємо ще чотири точки: $x = 0,125$; $x = 0,375$; $x = 0,625$ і $x = 0,875$. Попередні розрахунки тепер можна порівняти з результатами регресії за дев'ятьма точками.

Стала ґратки в багатьох речовинах, а також в бінарних сполуках у відповідності до закону Вегарда утворює лінійну залежність від складу. Більшість інших величин, у тому числі тиски фазових перетворень, помітно відходять від цієї залежності. Тому передбачення значень величин при довільних значеннях x потребує нелінійної регресії. В цій роботі використовується параболічна регресія.

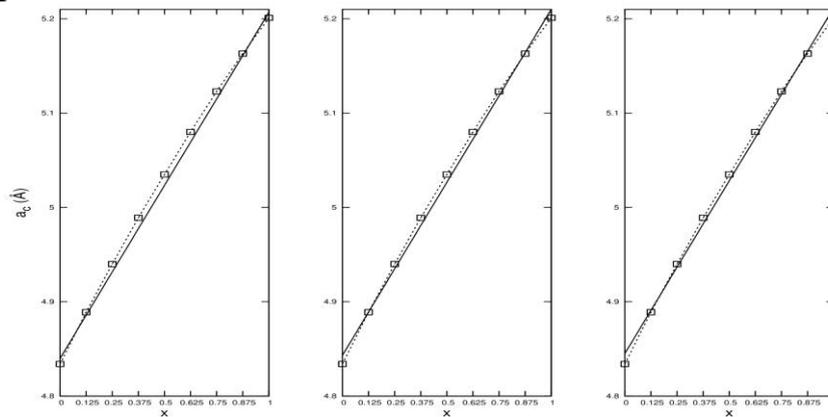


Рисунок 1. Стала ґратки в залежності від складу.

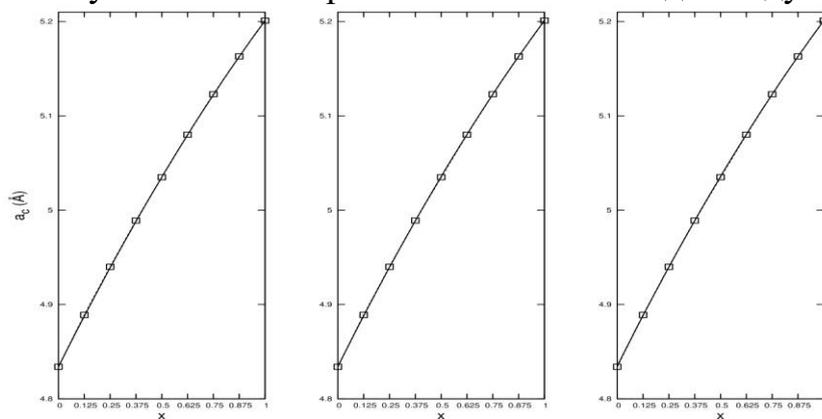


Рисунок 2. Стала ґратки в залежності від складу.

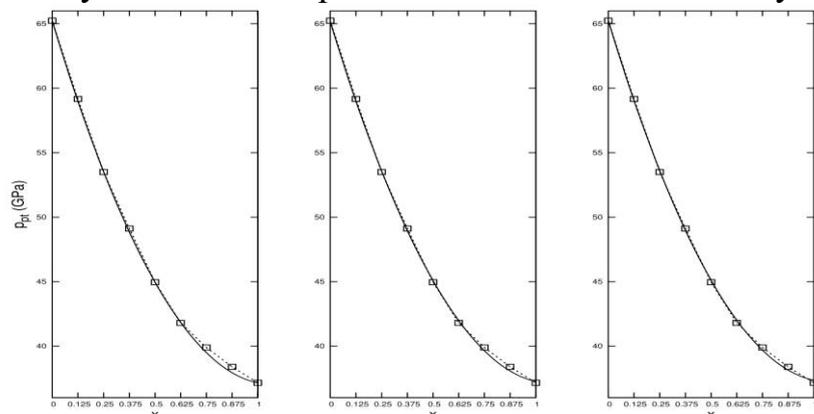


Рисунок 3. Тиски фазових перетворень в залежності від складу.

Результати роботи представлені на рис. 1 – 3. На всіх малюнках зліва направо представлені результати розрахунків 3-, 5- і 9-точкових регресій. На рис.

1 застосована лінійна, а на рис. 2 – 3 параболічна регресії. Квадратики представляють результати першопринципних розрахунків, жирні лінії – регресійні криві.

Рис. 1 демонструє малопомітне відхилення від закону Вегарда, причому зі збільшенням базових точок воно зменшується. Із рис. 2 випливає, що при використанні нелінійної регресії можна обмежитись трьохточковою схемою передбачення з достатньою точністю. На рис. 3 зображено залежність тисків фазових перетворень від складу. При збільшенні базових точок точність регресійного передбачення зростає. Тому краще використовувати найточнішу, тобто дев'ятиточкову регресію.

Список використаних джерел:

1. Giannozzi, P. et al. (2009). QUANTUM ESPRESSO: a modular and open-source software project for quantum simulations of materials. *J. Phys.: Condens. Matter*, 21 (39), 395502. doi: 10.1088/0953-8984/21/39/395502.

2. Vanderbilt, D. (1990). Soft self-consistent pseudopotentials in a generalized eigenvalue formalism. *Phys. Rev. B*, 41 (11), 7892 – 7895. doi: 10.1103/PhysRevB.41.7892.

3. Perdew, J.P., Burke, K., & Ernzerhof, M. (1996). Generalized Gradient Approximation Made Simple. *Phys. Rev. Lett.*, 77 (18), 3865 – 3868. doi: 10.1103/PhysRevLett.77.3865.

4. Richet, P., Mao, H.-K., & Bell, P.M. (1988). Static compression and equation of state of CaO to 1.35 Mbar. *J. Geophys Res. B*, 93 (12), 15279 – 15288. doi: 10.1029/JB093iB12p15279.

5. Liu, L., & Bassett, W.A. (1973). Changes of the crystal structure and the lattice parameter of SrO at high pressure. *J. Geophys Res. B*, 78 (35), 8470 – 8473. doi: 10.1029/JB078i035p08470.

6. Hellwege, K.H., & Hellwege, A.M. (Eds.). (1975). *Numerical Data and Functional Relationships and Technology Landolt – Börnstein Tables, Group III, Vol. 7b1 – Key Element O*. Springer.

7. Sato, Y., & Jeanloz, R. (1981). Phase transition in SrO. *J. Geophys Res. B*, 86 (12), 11773 – 11778. doi: 10.1029/JB086iB12p11773.

Abstract. *The method of calculating the thermodynamic characteristics of multicomponent solids is proposed.*

Keywords: *first-principal calculations, alkaline-earth chalcogenides.*

Науковий керівник:

Поживатенко В.В.

*к.ф.-м.н., ст. викл. кафедри вищої та прикладної математики,
Миколаївський національний аграрний університет*

Чисельне моделювання та розрахунок задачі термомеханіки шарової пластини

Руслан ГОРДОВИЙ,

Миколаївський національний аграрний університет
м. Миколаїв, Україна

Анотація. В роботі досліджується за допомогою програмного засобу FEMAP напружено-деформований стан шарових пластин у відповідь на теплові граничні умови на прикладі біметалевої пластинки «алюміній – сталь». Проаналізовано розподіл температури в шаровій пластинці при заданих теплових граничних умовах. Встановлена закономірність зміни вигину пластинки від співвідношення товщин шарів пластинки.

Ключові слова: чисельне моделювання; термомеханіка; шарова пластинка; біметалева пластинка; напружено-деформований стан; теплові граничні умови; температурні напруження; скінченно-елементне моделювання; FEMAP; алюміній–сталь.

Об'єктом дослідження була обрана біметалева пластинка «алюміній – сталь» з різними співвідношеннями товщин шарів, а саме $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = \frac{1}{7}$,

$\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = \frac{1}{3}$, $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = \frac{3}{5}$, $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = 1$, $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = \frac{5}{3}$, $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = 3$, $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = 7$. При задаванні матеріалів

вказувалися механічні характеристики: модулі Юнга, модулі зсуву, коефіцієнти Пуассона та фізичні параметри: коефіцієнти теплопровідності, теплоємності та теплового розширення для сталі та алюмінію. Модулі пружності та зсуву і коефіцієнти теплового розширення задавалися змінними в залежності від температури.

Задавалися граничні теплові умови: температура оточуючого середовища (20⁰C) та навантаження у вигляді температури у вузлах нижньої поверхні пластини (0⁰C) та верхньої поверхні (100⁰C) і, навпаки.

Розрахунок статичної задачі теплопровідності є попереднім і дає розподіл температур в пластинці при заданих граничних умовах. Спостерігається більш рівномірне поле температур в алюмінієвому шарі, що пояснюється меншими коефіцієнтами теплоємності та теплопровідності.

Отримані скінченно-елементні поля температур переформувались у температурні навантаження у вузлах пластинки для визначення теплових напружень та деформацій.

Для обмеження ступенів вільності руху конструкції виконувалось шарнірне закріплення по чотирьом нижнім вузлам.

Проведені попередні розрахунки для пластинки з відношенням товщин

шарів $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = \frac{1}{3}$ дали розподіл переміщень наведений на рис. 1. Для наочності переміщення показані у п'ятикратному збільшенні. У цілому в пластині рівень напружень невисокий, дещо підвищені напруження мають місце в контактній області шарів пластини. Дуже високі інтенсивності напружень спостерігаються в місцях закріплення пластини.

Максимальні переміщення u_{max} точок деформованої пластинки при різних співвідношеннях товщин шарів алюмінію та сталі наведене в таблиці 1.

Таблиця 1.

| $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}}$ | 1:7 | 2:6 | 3:5 | 4:4 | 5:3 | 6:2 | 7:1 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| u_{max} , МКМ | 119 | 150 | 175 | 188 | 187 | 175 | 160 |

Залежність не є монотонною на всій досліджуваній вибірці співвідношеннях товщин шарів, але спостерігаються ділянка монотонного зростання і ділянка монотонного спадання. Максимально деформованою виявилась пластинка із співвідношенням товщин шарів 4:4.

Проводились дослідження і при зміні граничних умов: на нижній основі пластинки задавалась температура 100°C , на верхній – 0°C . Розподіл переміщень для пластинки з відношенням товщин шарів $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}} = \frac{1}{3}$ при цих граничних умовах

наведений на рис. 2. В цьому випадку вигин пластинки відбувся в іншу сторону, а максимальне переміщення виявилось меншим вдвічі. І в цьому випадку спостерігається однорідне поле напружень за винятком локалізацій в області закріплення, де напруження дуже високі.

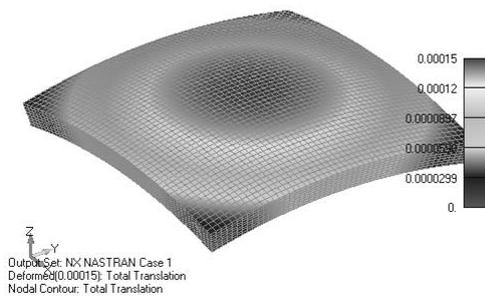


Рис. 1

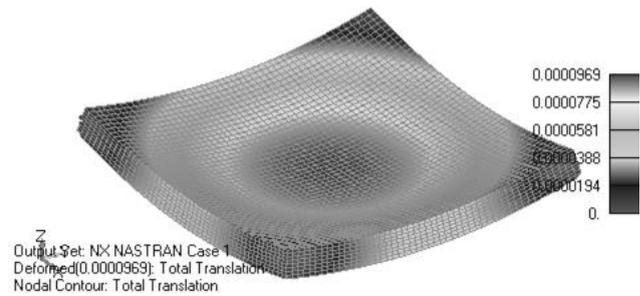


Рис. 2

Порівняння максимальних переміщень u_{max} точок деформованої пластинки при однаково змінених граничних умовах, але різних співвідношеннях товщин шарів алюмінію та сталі наведене в таблиці 2.

Таблиця 2.

| $\frac{h_{Al}}{h_{Fe}}$ | 1:7 | 2:6 | 3:5 | 4:4 | 5:3 | 6:2 | 7:1 |
|-------------------------|------|------|-----|------|------|------|------|
| u_{max} , МКМ | 87,4 | 96,9 | 101 | 97,9 | 89,5 | 80,1 | 78,6 |

Залежність теж містить ділянку монотонного зростання і ділянку монотонного спадання. Максимально деформованою виявилась пластинка із

співвідношенням товщин шарів 3:5.

Графіки залежностей максимальних переміщень точок деформованої пластинки у мікрометрах від співвідношень товщин шарів алюмінію та сталі наведені на рис. 3.

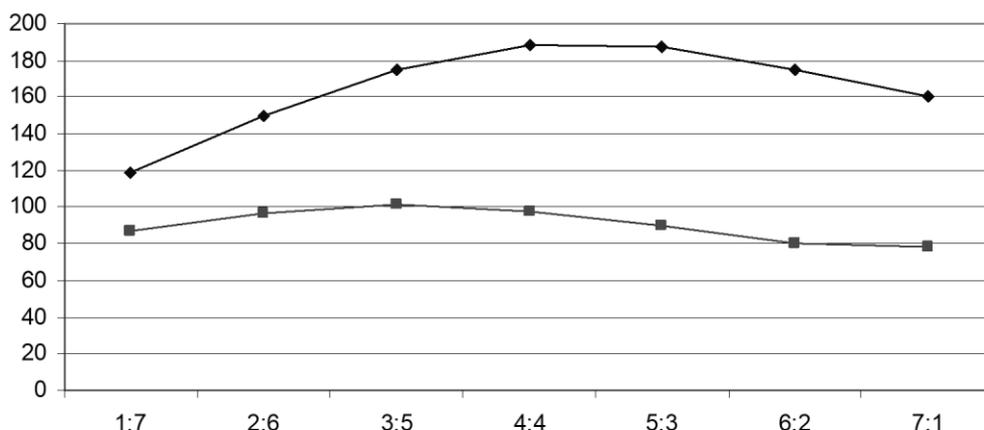


Рис. 3.

Список використаних джерел

1. Методи термодинамічного аналізу термомеханічних систем: основи теорії, приклади та завдання : навчальний посібник / В. М. Арсеньєв, С. О. Шарапов. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 322 с.

2. Рудаков К.М. FEMAP. Геометричне та скінченно-елементне моделювання конструкцій у MSC. visual Nastran for Windows. Посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2005. 218 с.

Abstract. *The work investigates the stress-strain state of layered plates in response to thermal boundary conditions using the example of an aluminium-steel bimetallic plate using the FEMAP software. The temperature distribution in the layered plate under given thermal boundary conditions is analysed. The regularity of the change in the plate bending from all thicknesses of the plate layers is established.*

Keywords: *numerical modeling; thermomechanics; layered plate; bimetallic plate; stress-strain state; thermal boundary conditions; temperature stresses; finite element modeling; FEMAP; aluminum–steel.*

Науковий керівник:

Бойчук О.В.,

к.ф.-м.н., ст. викладач

кафедри вищої та прикладної математики,

Миколаївський національний аграрний університет

Оптимізація структури посівів фермерського господарства в умовах невизначеності погодних умов

Назар Гузенко,

здобувач вищої освіти спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація: У роботі розглядається задача оптимального планування структури посівів фермерського господарства в умовах невизначеності погодних умов. Запропоновано модель прийняття рішень щодо засіву поля двома культурами — картоплею та томатами — з урахуванням обмеження на обсяг реалізації томатів. Для аналізу використано підхід теорії ігор з нульовою сумою, де гравцями виступають фермерське господарство та погодні умови. Отримані результати дозволяють визначити оптимальну стратегію засіву поля залежно від площі та забезпечити максимальний гарантований дохід підприємства.

Ключові слова: теорія ігор, оптимізація, нульова сума, гарантований дохід.

Планування засіву поля кількома різними культурами є важливим інструментом управління ризиками в умовах нестабільних погодних умов. Різні культури по-різному реагують на посуху, надлишок опадів чи коливання температури, тому їх поєднання зменшує ймовірність повної втрати врожаю. Такий підхід дозволяє фермеру збалансувати виробництво, підвищити стійкість господарства та забезпечити більш стабільний економічний результат навіть за непередбачуваної погоди. У зв'язку з цим актуальною стає розробка математичних моделей оптимізаційного планування урожайності, які дозволяють обґрунтовано визначати структуру посівів з урахуванням невизначеності погодних умов. В даній роботі розглядається найпростіша модельна задача про оптимальність засіву поля фермерського господарства двома культурами (картоплею і томатами) при умові обмеження на виробництво томатів.

Розглядається сільськогосподарське підприємство «АгроФірма», яке займається вирощуванням та реалізацією сільськогосподарської продукції в регіоні: переважно картоплі та помідорів. Відомо, що собівартість вироблення однієї тони картоплі складала $z_1 = 5500$ грн., а однієї тони томатів – $z_2 = 9000$ грн., ціна продажу однієї тони картоплі – $c_1 = 28000$ грн., однієї тони томатів – $c_2 = 50000$ грн. [1]. В залежності від погодних умов урожайність картоплі може складати від $y_{12} = 20$ тон/га при несприятливих до $y_{11} = 35$ тон/га при сприятливих погодних умовах, а урожайність томатів від $y_{22} = 20$ тон/га до $y_{21} = 40$ тон/га. Через наявність конкуренції і обмежений термін зберігання

підприємство не зможе реалізувати більше ніж $Y = 300$ тон томатів у сезон. Необхідно знайти оптимальний план засіву поля підприємства «АгроФірма» площею s (до 30 га), який принесе фірмі максимальний гарантований дохід в умовах невизначеності з погодою.

Для розв'язання цієї задачі пропонується використовувати теорію ігор з нульовою сумою [2]. Перший гравець - «АгроФірма». Вона має дві стратегії: A_1 – засівати все поле картоплею; A_2 – засівати все поле томатами. Другий гравець, «Погода», теж має дві стратегії: B_1 – сприятлива для доброї урожайності картоплі і томатів погода ; B_2 – несприятлива. Тоді платіжна матриця має вигляд: $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$, де $a_{11} = (c_1 - z_1) \cdot y_{11} \cdot s$; $a_{12} = (c_1 - z_1) \cdot y_{12} \cdot s$;

$$a_{21} = \begin{cases} \text{якщо } y_{21} \cdot s \geq Y, & \text{то } (c_2 - z_2) \cdot Y - (y_{21} \cdot s - Y) \cdot z_2, \\ \text{якщо } y_{21} \cdot s < Y, & \text{то } (c_2 - z_2) \cdot y_{21} \cdot s, \end{cases}$$

$$a_{22} = \begin{cases} \text{якщо } y_{22} \cdot s \geq Y, & \text{то } (c_2 - z_2) \cdot Y - (y_{22} \cdot s - Y) \cdot z_2, \\ \text{якщо } y_{22} \cdot s < Y, & \text{то } (c_2 - z_2) \cdot y_{22} \cdot s. \end{cases}$$

Задача розв'язувалась в Excel. Було виявлено, що характер розв'язку залежить від значення параметру s - площі засіяного поля. Якщо $s < 14$ га, то оптимальний урожай досягається при засіванні всього поля томатами. Якщо $14 \leq s < 24$ га, то оптимальний урожай досягається при засіванні частини поля картоплею, а іншої частини томатами. При $24 \leq s \leq 30$ засівання всього поля картоплею призводить до гарантованого оптимального урожаю.

Список використаних джерел

1. Головне управління статистики у Миколаївській області. Офіційний сайт. URL: <https://mk.ukrstat.gov.ua> (дата звернення: 05.03.2026).
2. Хемди А. Таха Введение в исследование операций. Operations Research: An Introduction. М.: Вильямс, 2016, 912 с.

Abstract: *The paper considers the problem of optimal planning of the crop structure of a farm under conditions of uncertainty of weather conditions. A decision-making model is proposed for sowing a field with two crops — potatoes and tomatoes — taking into account the restriction on the volume of sales of tomatoes. The analysis uses the zero-sum game theory approach, where the players are the farm and weather conditions. The results obtained allow us to determine the optimal strategy for sowing a field depending on the area and ensure the maximum guaranteed income of the enterprise.*

Key words: *game theory, optimization, zero sum, guaranteed income*

Науковий керівник:

Борчик Є.Ю.,

*к.ф.-м.н., доцент, доцент кафедри вищої та прикладної математики,
Миколаївський національний аграрний університет*

УДК 528.46

Розрахунок площі полігона сільськогосподарських угідь за координатами вершин

Ростислав Дмитренко,

здобувач вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія»

Миколаївський національний аграрний університет

м. Миколаїв, Україна

Анотація: розглянуто ключові математичні концепції, методи та техніки, що застосовуються у геодезії. Дослідження включає аналіз використання математики у вирішенні практичних завдань геодезії, таких як визначення рельєфу місцевості, визначення географічних координат об'єктів, а також розробка нових методів інструментів для покращення точності та ефективності геодезичних вимірювань.

Ключові слова: математика, геодезія, вимірювання, картографія, географічні координати, геометрія, тригонометрія, векторний аналіз, матричні обчислення, числові методи, точність, ефективність.

Геодезія – одна з найдавніших наук («geodesy» грец. у перекладі українською мовою означає «землерозділ»). Геодезія - область відносин, що виникають у процесі наукової, технічної та виробничої діяльності з визначення фігури та розмірів зовнішнього гравітаційного поля Землі, координат та висот точок земної поверхні та їх змін у часі, що проводиться з метою складання карт та планів, а також для забезпечення вирішення різноманітних інженерних завдань на земній поверхні [1]. А з іншого боку - це галузь прикладної математики, що тісно пов'язана з аналітичною геометрією, тригонометрією, математичним аналізом, теорією ймовірностей, математичною статистикою та обчислювальною математикою. Від самого початку в геодезії все береться з математики.

Геодезичні виміри використовуються при створенні топографічних карт, які необхідні для державного планування та розміщення виробничих сил, для проектування інженерних споруд, розвідки та експлуатації природних багатств, необхідні для містобудування, організації сільськогосподарського виробництва, картами користуються під час виконання меліоративних робіт, землеустрою, насадження лісових масивів і т.д. Геодезичні виміри забезпечують дотримання геометричних форм та елементів проекту споруди як у відношенні розташування її на місцевості так і відношенні зовнішньої та внутрішньої конфігурації. [2]

Розглянемо останню з запропонованих опорних геодезичних задач, а саме визначення площі полігона сільськогосподарських угідь за координатами його вершин. Знати площу окремих земельних ділянок необхідно для різноманітних виробничих потреб у сільськогосподарському виробництві: при проектуванні та

експлуатації зрошувальних систем, для землеустрою, насадження лісових масивів. В залежності від форми, розмірів та необхідної точності визначення площа необхідної земельної ділянки може бути визначена аналітичним способом, тобто вираховують площі ділянок, які обмежені прямими лініями за результатами вимірів на місцевості довжин цих ліній та кутів між ними. Площі земельних ділянок, які мають форму правильних геометричних фігур, підраховують за відповідними формулами геометрії.

Якщо земельна ділянка за будовою є багатокутник, то його ділять на елементарні геометричні фігури – трикутники і трапеції. Загальна площа багатокутника отримується як сума площ окремих фігур. [4]

Нехай треба визначити площу полігону S сільськогосподарських угідь з координатами вершин $A_1A_2A_3A_4A_5$. Площу полігону подають у вигляді трапецій в яких абсциси є основами, різниця ординат сусідніх точок є його висотами:

$$S = a_1A_1A_2a_2 + a_2A_2A_3a_3 + a_3A_3A_4a_4 - a_5A_5A_4a_4 - a_1A_1A_5a_5 \quad (7)$$

$$2S = (x_1 + x_2)(y_2 - y_1) + (x_2 + x_3)(y_3 - y_2) + (x_3 + x_4)(y_4 - y_3) + (x_4 + x_5)(y_5 - y_4) + (x_5 + x_1)(y_1 - y_5) \quad (8)$$

Після розкриття дужок і зведення подібних отримаємо:

$$2S = x_1y_2 - x_2y_1 + x_2y_3 - x_3y_2 + x_3y_4 - x_4y_3 + x_4y_5 - x_5y_4 + x_5y_1 - x_1y_5 \quad (9)$$

Після винесення за дужки X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 будемо мати :

$$2S = x_1(y_2 - y_1) + x_2(y_3 - y_2) + x_3(y_4 - y_3) + x_4(y_5 - y_4) + x_5(y_1 - y_5) \quad (10)$$

Якщо з формули (9) винести за дужки $Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5, Y_6$, то будемо мати:

$$2S = y_1(x_5 - x_2) + y_2(x_1 - x_3) + y_3(x_2 - x_4) + y_4(x_3 - x_5) + y_5(x_4 - x_1) \quad (11)$$

В скороченому вигляді ці формули можна записати так:

$$\left. \begin{aligned} 2S &= \sum_{xk} (y_{k+1} - y_{k-1}) \\ 2S &= \sum_{xk} (x_{k-1} - x_{k+1}) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Підрахунок площі полігону за обома формулами дає контроль правильності обчислень. Розрахунки дають однакові значення площі.

Список використаних джерел:

1. Задорожній Ю.В. Геодезія. Методичні рекомендації для виконання курсової роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПП «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної форми здобуття вищої освіти. Миколаїв 2022.

<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11577/1/zadorozhniy-geodeziya-kurs-rab-2022.pdf>

2. Попов А.С., Іскакова О.Ш. Територіальний землеустрій. Методичні рекомендації для виконання курсової роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти ОПП «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної форми здобуття вищої освіти. Миколаїв 2022.

<https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/11593/1/popov-ter-zemleustr-mod-1-2022.pdf>

3. Ващенко В.І., Літинський В.О., Перій С.С. Топографо-геодезичний практикум. Навчальний посібник. Львів. Видавництво «Львівська політехніка». 2018. С. 144.

4. Ступень Р.М., Дудич Г.М., Дудич Л.В. Землеустрій: організація та землевпорядкування сільськогосподарських угідь. Навчальний посібник. Львів. «Галицька видавнича спілка». 2020. С.31-42.

Annotation: *the key mathematical concepts, methods and techniques used in geodesy are considered. The research includes analysis of the use of mathematics in solving practical tasks of geodesy, such as determining the topography of the area, determining the geographic coordinates of objects, as well as the development of new methods of tools to improve the accuracy and efficiency of geodetic measurements.*

Keywords: *mathematics, geodesy, measurement, cartography, geographic coordinates, geometry, trigonometry, vector analysis, matrix calculations, numerical methods, accuracy, efficiency.*

Науковий керівник:

Богданов С.І.,

старший викладач

кафедри вищої та прикладної математики,

Миколаївський національний аграрний університет

Наукове видання

**УЧАСТЬ МОЛОДІ У РОЗБУДОВІ АГРОПРОМИСЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ КРАЇНИ**

**МАТЕРІАЛИ 38-ої СТУДЕНТСЬКОЇ
НАУКОВО-ТЕОРЕТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

18-19 березня 2026 року,
м. Миколаїв, Україна

Технічний редактор: В.О. Мартиненко
Комп'ютерна верстка: Р.Є. Чурило

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 7,75.
Тираж 50 прим. Зам. № __
Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.