АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ



IV Міжнародна науково-практична конференція

ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1-3 квітня 2020

У двох томах

Том 1

АКАДЕМІЯ ТЕХНІЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЗМІСТУ ОСВІТИ
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. ВАСИЛЯ СТЕФАНИКА
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ
УНІВЕРСИТЕТ КОРОЛЯ ДАНИЛА
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
CONNECTIVE TECHNOLOGIES LTD (ВЕЛИКОБРИТАНІЯ)

ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

APPLIED SCIENTIFIC AND TECHNICAL RESEARCH

Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції

(1–3 квітня 2020 р., м. Івано-Франківськ)

У двох томах
Том 1

Партнер конференції:

ІВФ “Темпо”
http://tempo-temp.com.ua/



Івано-Франківськ
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
2020

УДК 60
ББК 30
П75

ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Голова оргкомітету:

Кузь М.В. – доктор технічних наук, президент Академії технічних наук України, професор кафедри інформаційних технологій Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ.

Члени оргкомітету:

Архипова Л.М. – доктор технічних наук, академік Академії технічних наук України, завідувач кафедри туризму Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ;

Новак В. – директор фірми Connective Technologies LTD, Лондон, Великобританія;

Ващишак С.П. – кандидат технічних наук, член-кореспондент Академії технічних наук України, доцент кафедри інформаційних технологій Університету Короля Данила, м. Івано-Франківськ;

Ломотько Д.В. – доктор технічних наук, академік Академії технічних наук України, завідувач кафедри транспортних систем та логістики Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків;

Бакай Б.Я. – кандидат технічних наук, член-кореспондент Академії технічних наук України, доцент кафедри лісопромислового виробництва та лісових доріг Національного лісотехнічного університету України, м. Львів.

П75 **Прикладні** науково-технічні дослідження : матеріали IV міжнар. наук.-прак. конф., 1–3 квіт. 2020 р., м. Івано-Франківськ / Академія технічних наук України. Івано-Франківськ : ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2020. Т. 1. 236 с.

ISBN 978-966-640-483-4

У збірнику надруковано матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції «Прикладні науково-технічні дослідження».

Для студентів, аспірантів, викладачів ЗВО та наукових організацій.

УДК 60
ББК 30

ISBN 978-966-640-483-4

© Авторський колектив, 2020
© ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», 2020

УДК 638.167,171

КОМПОЗИЦІЇ ВОСКУ, МЕДУ, ПИЛКУ І ПРОПОЛІСУ, ЯК ОСНОВА ДЛЯ ЖУВАЛЬНОЇ ГУМКИ

д.т.н. ***Курта С.А.****, к.т.н.* ***Хацевич О.М.****, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. За даними Всесвітньої організації охорони здоровя , які грунтуються на обстеженні 53 країн (в т.ч. України) найбільший рівень захворювань пародонту припадає на вік 35-44 роки (65-98%), а у 80% дітей Землі діагностується гінгівіт. Генералізований пародонтит у старшому віці зустрічається у 90-95% хворих тканинами пародонту. Хвороби пародонту: гінгівіт, пародонтит, і пародонтоз розвиваються на фоні супутніх захворювань. Вони проходять на основі розладів травлення, порушення обміну речовин, серцево-судинних та ендокринних порушень, інфікування людського організму та психоемоційного, стресового стану людини. Це приводить в результаті до катастрофічних наслідків втрати зубів.

Виклад матеріалу. Ми пропонуємо захист, профілактику та лікування тканин пародонту, ясен і зубів. Цей ефект можна забезпечити використанням спеціальних продуктів бджільництва в складі біополімерної композиції звичайної жувальної гумки без використання синтетичних полімерів, цукру, ксиліту, сорбіту, гліцерину, штучних антиоксидантів, барвників та інших не натуральних препаратів.

Біополімерну композицію на основі карамелізованого меду, воску та прополюсу виготовляється у вигляді жувальної гумки для профілактики та лікування ясен і зубів від різноманітних стоматологічних захворювань мікробіологічного та бактеріального типу. Результат досягається шляхом введення в біополімерну композицію спеціально приготованого карамелізованого натурального бджолиного меду, воску і прополісу . На основі цієї композиції виготовляють жувальні гумки для щоденного використання. Ціллю цієї роботи є профілактика, захист та лікування різноманітних стоматологічних захворювань пародонту, в першу чергу гінгівіту, пародонтиту і пародонтозу, як у дорослих так і у дітей, шляхом щоденного використання жуйки на основі карамелізованого меду, воску та прополісу.

На основі попередньо проведених в 2016-2018 роках досліджень вченими кафедри хімії факультету природничих наук Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника, в м. Івано-Франківськ в Україні, було розроблено спеціально біохімічну технологію низькотемпературної карамелізації меду. Були проведені дослідження його біохімічні властивостей. Випробування жуйки, були проведені в умовах in vivo, in vitro, показали високу біологічну активність карамелізованого меду по відношенню до ряду мікробіологічних об’єктів на тканинах пародонту при профілактиці та лікуванні гінгівіту, пародонтиту і пародонтозу.

Таким чином нами було вперше досліджені реакції карамелізації меду та інших продуктів бджільництва з вивченням біохімічних властивостей отриманих продуктів, показана можливість їх перетворення в біологічно-активні сполуки при термохімічній обробці меду в присутності каталізаторів. Досліженно ІЧ спектри, розмір наночастинок у карамелізаційному меді вміст оксиметилфурфуролу та діастазне число, які відрізняється від показників звичайного природного меду (рис.1). При цьому вміст оксиметилфурфулолу при карамелізації меду зростає, а величина діастазного числа одиниць Готе при карамелізації зменшується.

Висновки. В «Науково-дослідному та навчальному Центрі молекулярної мікробіології та імунології слизових оболонок» Ужгородського національного університету, був проведений попередній клінічний експеримент на мікробіологічний висів змивів ротової порожнини пацієнтів. Проведений клінічний експеримент на мікробіологічний висів змивів ротової порожнини 36 пацієнтів до і після прийому препарату-жуйки. Після проведеного курсу лікування при об'єктивному дослідженні було відмічено значне поліпшення стану тканин пародонта у 26 пацієнтів, що складає 72,2%.

Список посилань.
1. S.A.Kurta, O.M. Khatsevich, M. R.Tsap, D. Ondrušová, T.M.Gromovy, N.V.Boyko., // BIOPOLIMERIC NANO STRUCTURAL COMPOSITIONS BASED ON CARAMELI-ZED HONEY. // PHYSICS AND CHEMISTRY OF SOLID STATE T. 20, №4 (2019) C.445-452 : http://journals.pu. if.ua/index.php/pcss/index.
2. Tsap M.R,Kurta S.A., Khatsevich O.M : Chewing gum based on natural honey, wax and bee-glue for the prevention and treatment of periodontal diseases// International XXVII International Conference on the Physics and Technology of Thin Films and Nanosystems ICPTTFN ,May 20-25 2019,Ivano-Frankivsk, Ukraine. p.70-71.
3. Марта Цап, Сергій Курта . Біополімерні композиції на основі меду, воску і прополісу.\\ Тези докладу Всеукраїнській науковій конференції «ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ АСПЕКТИ СУЧАСНОЇ ХІМІЇ ТА МАТЕРІАЛІВ ТАСХ-2019», 10 квітня 2019 року Дніпро. с.59-71. Україна.

УДК 504.06

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

*к.т.н. **Шибанова А.М.**, к.т.н. **Гивлюд А.М.**, к.т.н. **Руда М.В.**, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Вступ. Промисловий комплекс за інтенсивністю впливу на довкілля посідає провідне місце. Целюлозно-паперова промисловість належить до джерел інтенсивного забруднення навколишнього середовища. Головним джерелом утворення забруднених стічних вод є виробництво целюлози, яке базується на сульфатному та сульфітному способах виварювання деревини та відбілюванні напівфабрикату з використанням хлорвмісних продуктів. Підприємства комплексу є також джерелом забруднення атмосферного повітря, грунтів та утворення значної кількості відходів.

Тому виникає необхідність пошуку новітніх способів боротьби із забрудненням навколишнього середовища, що сприятимуть процесам самовідновлення природних екосистем.

Метою роботи є оцінювання впливу ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» на навколишнє середовище та розробка заходів з підвищення рівня техногенно-екологічної безпеки підприємства.

Виклад матеріалу. Встановлено, що ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» не спричиняє негативного впливу на гідросферу та атмосферне повітря, оскільки на підприємстві встановлено ефективні очисні споруди для очищення промислових стоків та газоочисне обладнання.

На території ПАТ «Жидачівський целюлозно-паперовий комбінат» виявлено перевищення вмісту важких металів в грунтах за їх граничнодопустимою концентрацією: міді у 5 разів згідно норм ГДК, свинцю – 2,5 рази. Для приведення земель до стану, придатного для використання в сільському або лісовому господарствах, необхідно проводити рекультивацію цих земель.

У процесі очистки промислових стоків, що поступають із целюлозно-паперового виробництва на очисні споруди повної механічної та біологічної очистки, утворюється скоп. Більшість відходів целюлозно-паперової промисловості вивозиться на сміттєзвалища. Відсутність ефективних виробництв і технологій, здатних переробляти вторинну сировину, є головними причинами накопичення відходів целюлозно-паперових комбінатів. Використання відходів целюлозно-паперової промисловості дасть змогу зекономити первинну сировину і матеріали.

Одним із способів утилізації скопу є його використання у виробництві паперу і картону. Проте введення дрібного волокна до складу паперової чи картонної композиції істотно погіршує фізико-механічні показники товарної продукції. Крупне та середнє

целюлозне волокно, що становить більше 50 % скопу, повертається у виробництво. Залишки дрібних целюлозних волокон і мінеральних домішок негативно впливають на якість паперової продукції, тому використовуються для інших цілей. Наприклад, скоп можна використовувати як наповнювач для виробництва плит; як паливо; у виробництві керамічної цегли; у виробництві конструкційно-теплоізоляційного бетону; для виготовлення сухої гіпсової штукатурки, теплоізоляційних матеріалів на основі скопу та активного мулу; для отримання біогазу (біоетанолу).

Висновки. Отже, впровадження різноманітних технологій перероблення скопу забезпечить зменшення кількості відходів, що приведе до зменшення техногенного навантаження на довкілля, та підвищить рівень екологічної безпеки.

УДК 519.237.5

ВИЯВЛЕННЯ ВИКИДІВ У БАГАТОФАКТОРНИХ РЕГРЕСІЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ КВАДРАТУ ВІДСТАНІ МАХАЛАНОБІСА ВІД НОРМАЛІЗОВАНИХ НЕЗАЛЕЖНИХ ЗМІННИХ

д.т.н. ***Приходько С.Б.****, к.е.н.* ***Приходько Н.В.****, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна*

Вступ. Результати багатофакторного регресійного аналізу можуть бути досить чутливими до викидів або за залежною змінною, або в просторі незалежних змінних. Тому важливо вміти виявляти такі викиди. Згідно з [1], точки даних, які не відповідають регресійній моделі, розглядаються як викиди. Існуючі методи виявляють викиди в регресіях в залежності або від значень залежних змінних (тест Граббса, тест Вайсберга тощо), або в просторі незалежних змінних (методи, засновані на квадраті відстані Махаланобіса, відстані Кука, тощо) [1, 2]. Однак ці методи застосовуються за припущенням, що дані мають розподіл Гауса. Але таке припущення справедливо лише в окремих випадках. Це приводить до необхідності розробки методів виявлення викидів в регресії, що враховують негаусівський розподіл даних. В [3] було запропоновано метод побудови нелінійних регресійних моделей на основі багатовимірних нормалізуючих перетворень із застосуванням квадрату відстані Махаланобіса та інтервалів передбачення, який фактично базується на виявленні викидів в залежних змінних нелінійних регресійних моделей. Однак існують ситуації, коли викиди виявляються у просторі незалежних змінних (факторів), сумісний розподіл яких не є гаусівським. Що в свою чергу потребує врахування.

Виклад матеріалу. В роботі пропонується метод виявлення викидів у багатофакторних регресіях за допомогою квадрату відстані Махаланобіса від нормалізованих незалежних змінних. При цьому як і в [4] для нормалізації значень незалежних змінних ми використовуємо багатовимірні нормалізуючі перетворення. Суть методу, що пропонується, полягає у наступному. Спочатку значення незалежних змінних нормалізують за багатовимірним нормалізуючим перетворенням. Далі для кожної точки багатовимірних нормалізованих даних – відповідних значень нормалізованих незалежних змінних – обчислюють квадрат відстані Махаланобіса та його тестову статистику. Потім значення тестової статистики для квадрату відстані Махаланобіса порівнюють з квантілем відповідного розподілу цієї тестової статистики. Якщо серед даних є такі, для яких значення цієї тестової статистики більше за квантіль відповідного розподілу, то вони відкидаються і ми повторюємо знову всі дії, починаючи з першої, для нових даних. Якщо таких даних (викидів) не було, то повторення зазначених дій завершується.

Значення тестової статистики для квадрату відстані Махаланобіса d_i^2 обчислюється за наступною формулою:

$$F_i = N(N-k)d_i^2 / k(N^2-1), \quad (1)$$

де N – кількість точок багатовимірних даних; k – кількість факторів (незалежних змінних) регресії, $i = 1, k$. Тестова статистика (1) має приблизний F розподіл з k та $N - k$ ступенями свободи.

В роботі наведено приклад виявлення викидів у чотирьохфакторній регресії для оцінювання розміру Java-застосунків з відкритим кодом в залежності від кількості класів; кількості статичних методів; метрики, що характеризує відсутність згуртованості методів; кількості викликів унікального методу в класі. Були використані дані із зазначених чотирьох метрик (факторів) 38 Java-застосунків розташованих на сайті GitHub (https://github.com). Вибір цих факторів був обумовлений тим, що відповідні дані не мають проблеми з мультиколінеарністю: елементи на головній діагоналі оберненої коваріаційної матриці для зазначених чотирьох факторів були менші за 6. Нормалізацію даних ми здійснювали за чотиривимірним перетворенням Джонсона сімейства S_B. Значення тестової статистики (1) для нормалізованих даних порівнювалося з квантілем F-розподілу для рівня значущості, що дорівнює 0,05. Всього було чотири ітерації, після яких залишилося 34 багатовимірні точки даних, тобто всього було чотири викиди. За цими даними (34 багатовимірні точки) було побудовано чотирьохфакторну нелінійну регресійну модель, за якою були отримані результати оцінювання розміру Java-застосунків з відкритим кодом. У якості стандартних оцінок результатів оцінювання залежних змінних за допомогою регресійних моделей ми використовували множинний коефіцієнт детермінації R^2, середню величину відносної помилки MMRE і відсоток прогнозування PRED(0,25). Для цієї моделі значення R^2, MMRE та PRED(0,25) є відповідно такими: 0,947, 0,175 та 0,824. Ці значення вказують на добру якість побудованої нелінійної моделі. Крім того, за цими даними (34 багатовимірні точки) було побудовано чотирьохфакторну лінійну регресійну модель, для якої були отримані відповідно такі значення R^2, MMRE та PRED(0,25): 0,957, 0,683 та 0,529. Значення MMRE більше за 0,25 та PRED(0,25) менше за 0,75 вказують на погану якість побудованої лінійної регресійної моделі для оцінювання залежної випадкової змінної. Добрий результат ця лінійна модель дає лише для оцінювання вибіркового середнього. Отримані результати можна пояснити розподілом багатовимірних даних, який суттєво відрізняється від нормального. Зокрема про це свідчить оцінка багатовимірного ексцесу β_2, яка визначалася як і в [4]. Відомо, що для m-вимірного нормального розподілу $\beta_2 = m(m+2)$. У разі п'ятивимірних даних (залежна змінна та чотири фактори) $\beta_2 = 35$. У нашому випадку оцінка β_2 дорівнює 100,8, що майже в 3 рази перевищує теоретичне значення. І навпаки, для нормалізованих даних, які отримані за п'ятивимірним перетворенням Джонсона сімейства S_B, оцінка β_2 дорівнює 37,45, що всього на 7% відрізняється від теоретичного значення.

Також для цих же даних із зазначених вище чотирьох метрик (факторів) 38 Java-застосунків ми виявляли викиди за допомогою квадрату відстані Махаланобіса без нормазізації значень незалежних змінних. В результаті було вже шість ітерацій, після яких залишилося всього 23 багатовимірні точки даних, тобто було 15 викидів – це на 11 більше ніж за методом, що пропонується. Такий результат можна також пояснити негаусівським розподілом чотирьохвимірних даних зазначених факторів, для яких оцінка β_2 дорівнює 53,83, що в 2,2 рази перевищує теоретичне значення – це 24. І навпаки, для нормалізованих даних, які отримані за чотирьохвимірним перетворенням Джонсона сімейства S_B, оцінка β_2 дорівнює 24,73, що приблизно всього на 3% відрізняється від теоретичного значення.

Висновки. Отримав подальший розвиток метод виявлення викидів у багатофакторних регресіях у просторі незалежних змінних за допомогою квадрату відстані Махаланобіса від нормалізованих незалежних змінних, значення яких нормалізуються багатовимірним перетворенням. Це дає змогу у порівнянні з існуючими методами зменшити кількість даних, які не відповідають багатофакторним регресійним моделям, як лінійним так і нелінійним.

Список посилань.

1. C.C. Aggarwal, Outlier analysis. 2nd ed. Springer International Publishing AG, 2017.
2. S. Weisberg, Applied linear regression. 3rd ed. New York: Wiley, 2005.

3. С.Б. Приходько, та Н.В. Приходько, “Метод покращення нелінійних регресійних моделей на основі багатовимірних нормалізуючих перетворень,” // *Прикладні науково-технічні дослідження: матеріали III міжнар. наук.-практ. конф.*, 3-5 квіт. 2019 р., Академія технічних наук України, Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2019, С.20.
4. N.V. Prykhodko, and S.B. Prykhodko, “Constructing the non-linear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations,” *Electronic modeling*, vol. 40, No. 6, 2018, pp. 101-110. DOI: 10.15407/emodel.40.06.101

УДК 502.4 (477.86)

ПРОДУКТИВНІСТЬ БУКОВО-ЯЛИЦЕВО-СМЕРЕКОВИХ ЛІСІВ КАРПАТСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

***Белей Л.М., Куців Л.П.**, Карпатський національний природний парк, Яремне, Україна*

Вступ. Карпатський національний природний парк входить до складу природно-заповідного фонду України. Територіально знаходиться у межах двох найбільших геоморфологічних масивів Східних Карпат – Горгани (басейн верхнього Пруту) та Чорногора (верхів’я річки Прут та верхів’я лівих приток річки Чорний Черемош), що роз’єднані Верхньопрутським (Ворохтянським) низькогір’ям.

Загальна площа парку становить 50495 га, в т.ч. найбільшу площу – 37316,1 га (73,9%) – займають землі, вкриті лісом. В постійному користуванні парку є 33998,3 га (91,1%) площі лісів та 3317,8 га (8,9%) – на землях «інших користувачів» Верховинського районного лісгоспу та Яремчанської міської Ради [1, 2].

Виклад матеріалу. Буково-ялицево-смерекові ліси на території парку поширені у межах висот 720-1050 (1170) м н.р.м. Верхня межа цих лісів немає чітко окреслених контурів. Нерідко висотні межі цього лісового поясу чергуються з ялицево-смерековими лісами [3]. Найпоширеніший тип лісу – волога буково-ялицева сусмеречина ($С_3$ – бк-яцСм) – займає площу 9213,6 га. Продуктивність лісу (запас стовбурової деревини ($м^3$)) на одиниці площі (найчастіше на один гектар ($м^3$/га)) – найважливіший цифровий показник при таксації деревостанів.

Структура фактичної продуктивності буково-ялицево-смерекових деревостанів:

1) молодняки (I та II вікові групи) – загальний запас деревини становить 713,55 тис. $м^3$; середній фактичний запас – у межах 9-269 $м^3$/га; середній фактичний приріст – у межах 0,9-7,7 $м^3$/га;

2) середньовікові (III група віку) – загальний запас деревини становить 503,1 тис. $м^3$; середній фактичний запас – у межах 366-398 $м^3$/га; середній фактичний приріст – у межах 7,2-8,1 $м^3$/га;

3) пристигаючі (IV група віку) – загальний запас деревини становить 814,8 тис. $м^3$; середній фактичний запас – у межах 451-489 $м^3$/га; середній фактичний приріст – у межах 6,5-6,9 $м^3$/га;

4) стиглі (V група віку) – загальний запас деревини становить 859,5 тис. $м^3$; середній фактичний запас – 556 $м^3$/га; середній фактичний приріст – 6,1 $м^3$/га;

5) перестійні (VI група віку) – загальний запас деревини становить 275,7 тис. $м^3$; середній фактичний запас – 618 $м^3$/га; середній фактичний приріст – 5,6 $м^3$/га;

6) старовікові (VII група віку) – загальний запас деревини становить 173,6 тис. $м^3$; середній фактичний запас – 510 $м^3$/га; середній фактичний приріст – 4,1 $м^3$/га.

Структура продуктивності вологої ялицевої сусмеречини ($С_3$ – бк-яцСм) характеризується закономірним збільшенням запасів із віком. Кульмінація найбільших значень показників фактичних запасів ($м^3$) – 81-100 років. Кульмінація найбільших значень показників середніх фактичних запасів ($м^3$/га) – 101-120 років. Кульмінація найбільших значень показників середніх фактичних приростів ($м^3$/га) – 41-50 років.

Висновки. Продуктивність буково-ялицево-смерекових лісів парку є високою (фактична продуктивність складає 3340,25 тис.$м^3$). Найвищі значення показників середнього

фактичного запасу (489-618 м^3/га) мають пристигаючі, стиглі та перестійні деревостани. Найвищі значення середнього фактичного приросту (7,7-8,1 м^3/га) мають молодняки II класу віку та середньовікові деревостани. Кульмінація найбільшого приросту (8,1 м^3/га) – у віці 41-50 років.

Список посилань.

1. Белей Л.М. Лісові та земельні ресурси Карпатського національного природного парку // Регіон-2014: стратегія оптимального розвитку: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 80-річчю кафедри соціально-економічної географії і регіонознавства Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (6 листопада 2014 р.) – Харків, 2014. – с. 310.

2. Проект організації території, охорони, відтворення та рекреаційного використання природних комплексів і об'єктів Карпатського національного природного парку. – Ірпінь, 2003. – 454 с.

3. Карпатський національний природний парк: монографія/ Киселюк О.І., Приходько М.М., Яворський А.І. [та ін.]; за ред. Приходька М.М., Киселюка О.І., Яворського А.І.. – Івано-Франківськ: Фоліант, 2009. – 671 с. – ISBN 978-966-2988-19-2.

УДК 004.9:620.92

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В НІМЕЧЧИНІ

***Біловус Р.І.**, д.т.н. **Погребенник В.Д.**, Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна*

Вступ. З кожним днем кількість побутових відходів на нашій планеті зростає. На це суттєво впливає не лише розвиток індустрії, а й людства загалом. Населення у 21 столітті споживає набагато більше, ніж людство коли-небудь. Тому проблема відходів набула глобального характеру. За даними Світового банку вже у 2050 році кількість відходів зросте на 70% – 3,4 млрд тон (за даними на 2016 рік кількість відходів становила 2,01 млрд тон).

Метою роботи є принципи побудови системи управління побутовими відходами в Німеччині.

Виклад результатів. Відходи – це речовини або ж предмети, що утворились внаслідок діяльності людини. Їх можна класифікувати на такі групи: побутові, промислові, сільськогосподарські, будівельні, споживчі та радіоактивні.

У директиві Європейського парламенту та Ради 2008/98/ЄС вказано, що управління відходами – це збирання, перевезення, відновлення та захоронення відходів, що містить систему нагляду та подальший контроль над вище переліченими операціями та об'єктами, де це все проводиться, а також над продавцями та посередниками [1].

Німеччина – це високорозвинута країна в Центральній Європі, яка є лідером не лише серед кількості побутових відходів на душу населення, а й лідером серед їх повторного використання. Згідно з даними досліджень IW у 2016 році на кожного громадянина ФРН припало понад 600 кг сміття (рис. 1). Часткове повернення відходів у ФРН становить 66% [2].

Така ситуація була не завжди. До 1991 р. сміття у Німеччині просто вивозили на сміттєзвалища, коли полігони вже настільки були переповнені відходами, уряд запровадив підходи щодо розширеної відповідальності виробника, відповідно до якої виробник несе відповідальність не лише за товар, а й за долю його після споживання. Для промисловості діє «дуальна система» – повторне використання.

У Німеччині побутові відходи поділяють на: біосміття, папір і картон, скло. Кожен вид сміття має й свій контейнер з відповідним забарвленням (рис. 2).

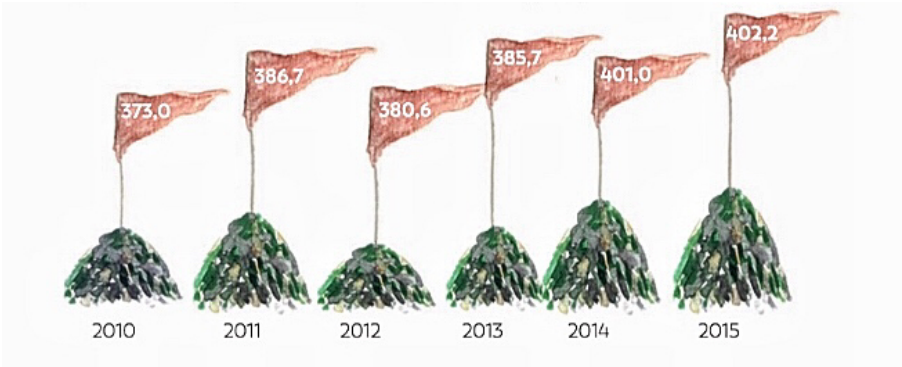


Рисунок 1 – Кількість викинутого сміття жителем Німеччини впродовж 2010-2015 рр. (дані подано у кг)



Рисунок 2 – Сміттєві контейнери Німеччини

Наприклад, у баки коричневого кольору слід складувати харчові відходи, біологічні відходи людини та білі серветки, після чого ці відходи компостують, отримуючи біогаз, який використовують пізніше у промисловості та в побуті. У баки синього кольору слід класти газети, журнали, книжки, папір та картон. Контейнери для скла бувають 3 кольорів відповідно до забарвлення самого предмету – білого, коричневого та зеленого. Викидаючи пляшку, з неї слід вийняти корок та викинути її у жовтий пакет.

У більшості супермаркетах розташовані спеціальні автомати для приймання певних пластикових пляшок, кинувши їх у автомат, можна отримати 8 - 25 центів, або перевести гроші на благочинність.

Існує також жовтий мішок, який слід заповнювати упаковками із позначкою «Der Grüne Punkt». Сюди відносять металеві банки, попередньо ретельно вимиті, будь-які коробки від соку, пакети від молока, фольгу. Усе це мешканець повинен зім’яти, аби в мішку залишилось достатньо місця. Пакети можна купити самостійно у будь-якому магазині або піти у ратушу і отримати його безкоштовно.

У бак чорного кольору слід викинути недопалки, кольорові серветки, різні предмети гігієни. Батарейки та акумулятори теж мають свій відповідний контейнер [3, 4].

Одяг можна здати у баки, що знаходяться на парковках поблизу великих магазинів. Меблі та техніку громадяни виставляють на тротуарах перед своїми будинками у певні дні, зазначенні у календарику відходів.

У кожній федеральній землі є фірма, що займається порядком вивезення сміття. У кінці року мешканець отримує календар вивезення відходів на наступний рік. У цьому календарику на перших сторінках розміщено інформацію про фірму, контактні дані, детальну інструкцію сортування відходів. На наступних сторінках детально розписано, що і куди саме слід класти та пункт приймання деяких видів відходів. У відповідні дні сміттєвоз забирає відповідні відходи. У разі недотримання правил сортування відходів або неналежного сортування є штрафи та адміністративна відповідальність, а також відмова фірми у вивезенні відходів. Влада активно прикладає зусиль щодо покращення екологічної свідомості свого населення. Дітей ще у садочку привчають до сортування сміття, читаючи казки або граючи у тематичні ігри. У школах та університетах також ведуться бесіди на цю

тему. У всіх книжкових магазинах можна знайти літературу про відходи для будь- якого віку.

Висновки. Розглянуто систему управління побутовими відходами у Німеччині. Перейнявши їх досвід, запровадивши таку ж систему та оновивши законодавчу базу, що відповідатиме усім нормами Європейського Союзу, зможемо не лише покращити ситуацію з відходами в Україні, а й можливо уникнути екологічної катастрофи.

Список посилань.

1. Управління відходами та ресурсами: короткий опис Директив ЄС та графіку їх реалізації [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://www.if.gov.ua/files/uploads/Waste_brochure.pd
2. У Німеччині повертають у корисний обіг дві третини відходів [Електронний ресурс]/ Режим доступу: https://www.dw.com/uk
3. Сортування та переробка побутових відходів у Німеччині [Електронний ресурс] / Режим доступу: https://migrant.biz.ua
4. Zero Waste. Alles rund um ein Leben fast ohne Müll (книга) / Elise Timm, Isabelle Vandeplassche, Stephanie Iber und Janina Vogel, Stephanie Iber, Eva Grimme; Tatjana Ströber. – Штутгарт, 2019. – С. 4-13.

УДК 628.4.032 : 502

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ

д.т.н. ***Погребенник В.Д****., Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Вступ. Інтегрований підхід управління ПВ розроблено в 1980-х роках голландською недержавною організацією WASTE спільно з її партнерськими організаціями [1]. Цю методологію було успішно застосовано в багатьох країнах. Нині в Україні відсутні інформаційні системи для управління відходами. Інтегроване управління відходами має свою ієрархію рівнів: перший – мінімізація утворення відходів; другий – повторне використання відходів; третій – переробка ПВ (рециклінг, компостування, повторне використання і спалювання); четвертий – отримання енергії з відходів; п’ятий – захоронення. При цьому управлінню підлягає кожний з цих етапів життя відходів.

Зараз відсутній комплексний метод, який би дав змогу оцінити рівень негативного впливу звалища побутових відходів (ПВ) на екосистеми і на здоров’я людини.

Літературні джерела з управління екологічною безпекою звалищ ПВ [2, 3] свідчать, що нині відсутні принципи побудови системи управління екологічною безпекою звалищ. Тому оцінювання та прогнозування рівнів екологічної небезпеки звалищ ПВ варто реалізовувати із застосуванням як методів індексного оцінювання екологічної небезпеки, так і експертних методів, що надасть змогу класифікувати місця складування ПВ з урахуванням комплексності їх впливу на компоненти довкілля.

Метою роботи є розроблення підходів щодо оцінювання рівня екологічної безпеки регіону.

Виклад матеріалу. У праці [2] для встановлення рівня екологічних загроз, що можуть виникати внаслідок впливів полігонів ПВ, розроблено методику встановлення екологічної ситуації для регіону України. Оцінювання здійснювали за 100 бальною шкалою, що містить вагові коефіцієнти, встановлені експертним оцінюванням: загальна площа полігонів – 40 балів; обсяги захоронення ПВ – 20 балів; перевантаження полігонів ПВ – 15 балів; полігони, які не відповідають нормам безпеки – 15 балів; полігони, які потребують рекультивації – 10 балів. Екологічну ситуацію у регіоні за рівнем небезпечності, залежно від цих характеристик, доцільно згрупувати так: І група – екологічна ситуація дуже небезпечна – ваговий коефіцієнт – 60-100 балів; ІІ група – небезпечна – 21-59 балів і ІІІ група – задовільна – 0–20 балів.

Встановлено, що найнебезпечніша екологічна ситуація характерна для Львівської, Дніпропетровської та Одеської областей – загроза досягає рівня 66 – 79 балів із 100 можливих.

Також нині використовують методи оцінювання екологічної безпеки на основі індексних показників [3]. Їх перевагами є використання безрозмірних індексних оцінок, а це значно спрощує використання таких методів і зменшує складність обчислень.

Основою методології індексного оцінювання рівня екологічної безпеки звалищ ПВ є визначення показників екологічної безпеки і встановлення їх рівнів. Розрахунок цих показників дає змогу оцінювати не тільки рівень впливів звалищ ПВ на навколишнє середовище, але і враховувати ймовірність виникнення негативних наслідків від того чи іншого виду таких впливів [3]. Індекс екологічної небезпеки визначають за виразом:

$$I = max\ (I_1 \cdot I_i \cdot \ldots I_n), \quad (1)$$

де *Ii* – індекс екологічної небезпеки однієї зі складових довкілля (атмосферне повітря, поверхневі води, ґрунт);

$Ii=1\text{-}e^{0,25\cdot КП\text{-}1}$ – для атмосферного повітря, де КП – кратність перевищення нормативного забруднення (КПmax=0, КПmin=8);

$Ii=1\text{-}e^{0,33}\cdot I^{Emax\text{-}1.33}$ – для поверхневих вод, де I^E – інтегральний екологічний індекс ($I^{Emax}=1$, $I^{Emin}=7$); $Ii=1\text{-}e^{0,016\cdot Zc\text{-}1}$ – для ґрунту, де Zc – сумарний показник забруднення ґрунтів (Zcmax =0, Zcmin=128). Отримані у такий спосіб індекси дають змогу прийняти рішення про можливість функціонування звалища або необхідності внесення змін [4].

Але метод індексного оцінювання, даючи змогу встановити рівень екологічного ризику звалища підчас штатного режиму роботи, не передбачає оцінювання екологічного ризику підчас виникнення аварії, зокрема, пожежі внаслідок самозаймання, тобто унеможливлює контроль за рівнем екологічної небезпеки підчас аварійної ситуації [5].

Запропоновано комплексний підхід до оцінювання рівня екологічної безпеки регіону E_w з врахуванням екологічних показників (обсягу відходів, що переробляються, та небезпечних відходів; індексу екологічної небезпеки складових довкілля – атмосферного повітря, поверхневих вод, ґрунту), економічних та соціальних показників.

Рівень екологічної безпеки регіону E_w можна описати функціоналом

$$E_w = F\ (Mw, Kw, Ko, Kr, Mwn; E; P), \quad (2)$$

де: *Mw* – маса утворення ПВ;

Kw – кількість утворених сміттєзвалищ та полігонів;

Ko – питома кількість маси ПВ на душу населення;

Kr – обсяг відходів, що переробляється;

Mwn – обсяг небезпечних відходів в обсязі ПВ;

E – кошти на управління відходами;

P – соціальний показник якості життя.

Максимальний рівень екологічної безпеки регіону E_{wmax} можна отримати тільки за виконання таких умов:

за *мінімальної* маси утворення ПВ – *Mw→min;*

за *мінімальної* кількості утворених сміттєзвалищ та полігонів – *Kw→min;*

за *мінімальної* питомої кількості маси ПВ на душу населення – *Ko→min;*

за *мінімального* обсягу небезпечних відходів в обсязі ПВ – *Mwn→min;*

за *мінімальних* коштів на управління відходами – *E→min;*

за *максимального* обсягу відходів, що переробляється – *Kr→max;*

за оптимального соціального показника якості життя

Встановлено такі рівні екологічної безпеки регіону E_w: дуже низький – $0 \le E_w < 0,2$; низький – $0,2 \le E_w < 0,5$; середній – $0,5 \le E_w < 0,7$; високий – $0,7 \le E_w < 0,9$; дуже високий – $E_w \ge 0,9$.

За результатами експертного оцінювання рівень екологічної безпеки регіону є дуже низьким – 0,1.

Висновки. Використання інтегрованої системи управління відходами дає змогу досягти високого рівня екологічної безпеки регіону – до 0,7.

Список посилань.
1. Scheinberg, A. Closing the Circle: Bringing Integrated Sustainable Waste Management, VNG International, 2008, 89 p.
2. Макаренко Н.А., Будак О.О. Полігони твердих побутових відходів: типізація за рівнем екологічної небезпечності, Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування Україн, 2015, 4 (53).
3. Сагдєєва О.А., Крусір Г.В., Цикало А.Л. Оцінка рівня екологічної небезпеки звалищ твердих муніципальних відходів, Екологічна безпека та природокористування, №1 (25), 2018, С. 75–83.
4. Погребенник В.Д., Коваль І.І. Методи побудови комп'ютерної системи моніторингу побутових відходів, Комп'ютерні технології друкарства: зб. наук. праць Української академії друкарств, 1(39), 2018, 17–28.
5. Попович В.В., Кучерявий В.П. Горіння полігонів твердих побутових відходів як загроза здоров'ю людини та фактор техногенного навантаження на довкілля, Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, 2012, № 1, 162-166.

УДК 504.4.054:614.777

ВПЛИВ ФІЛЬТРАТУ ГРИБОВИЦЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА НА ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД

к.геол.н. ***Гаврилюк Р.Б.****, Інститут геологічних наук НАН України, Київ, к.т.н.* ***Тимченко І.В.****, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, к.хім.н.* ***Михайленко В.П.****, Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна*

Вступ. Грибовицьке звалище твердих побутових відходів (ТПВ) м. Львова експлуатувалось з 1957 р. по 2016 р. Вибір місця розташування даного об'єкту не враховував геологічні, гідрогеологічні умови, не було проведено мінімально необхідної інженерної підготовки території, не був обладнаний протифільтраційний екран. Пожежа, яка відбулась у 2016 підсилила процеси міграції забруднювальних речовин з тіла звалища. Результатом є високий ризик забруднення геологічного середовища, зокрема підземних водоносних горизонтів. Такий ризик полягає у поширенні біогенних і токсичних сполук в масі фільтрату, що утворюються в тілі звалища внаслідок надходження атмосферних опадів на об'єкт площею 26,5 га та залпового обводнення відходів за рахунок гасіння пожежі водою та подальшої інфільтрації тіла звалища.

Виклад матеріалу. Геологічні умови ділянки розміщення звалища виявились відносно сприятливими щодо обмеженого впливу фільтрату – відносно низька проникність верхнього шару відкладів, представлених еолово-делювіальними суглинками, які є основою для звалища, в поєднанні зі значними ухилами поверхні сприяли дренуванню фільтрату в східному напряму до підніжжя звалища. Саме тут були облаштовані збірники фільтратів у вигляді п'яти відкритих водойм (площею 3,2 га). Загальний об'єм накопичених фільтратів оцінюється в 94 500 м^3 [1].

Водночас, за даними інженерно-геологічних вишукувань (ТзОВ «Інститут «Гірхімпром», 2013 р.), суглинистий шар під основною площею полігону є достатньо тонким (кілька метрів). Особливістю крейдяних відкладів, які підстеляють четвертинні на переважній площі звалища, є наявність у їхній верхній частині кори вивітрювання, складеної мергелистою глиною, від 1 - 3 до 5 - 10 м і більше.

Вірогідно, саме сукупність описаних геологічних факторів відтерміновує проблему забруднення підземних вод. Проте, таке забруднення є неминучим, а заплановані заходи з рекультивації полігону можуть лише його пом'якшити, але не здатні усунути повністю. Процеси забруднення підземних вод, а також впливу даного забруднення на поверхневі води залишаються недостатньо дослідженими в Україні та недооціненими в процесі оцінки впливу на довкілля (ОВД) проекту рекультивації Грибовицького звалища ТПВ, що загрожує поглибленням екологічної кризи навколо нього. Обсяг утворення фільтратів становить

352 м^3/добу (ТзОВ «Інститут «Гірхімпром», 2013 р.), з яких близько 50 м^3/добу просочується в геологічне середовище безпосередньо під тілом полігона, а ще близько 10 м^3/добу потрапляє з озер-накопичувачів, що є наслідком відсутності гідроізоляції як під звалищем, так і під водоймами з фільтратом. Розрахунковий щоденний обсяг фільтратів (в середньому за рік), що накопичується в водоймах, становить 292 м^3.

Сучасна система очищення фільтрату оцінюється як недостатньо ефективна. Наразі фільтрат, що утворюється в тілі полігона потрапляє до дренажної канави в його підніжжі, далі, самопливом, до інженерно облаштованого відстійника фільтратів № 5, звідки через розподільчу камеру на установки очищення. Існуюча установка фізико-хімічного очищення, модернізована у 2017 році, має потужність 250 м^3/добу. Проектом рекультивації полігону з метою ліквідації накопиченого фільтрату передбачено будівництво 2-х установок зворотного осмосу загальною потужністю 300 м^3/добу. Залишки фільтрату після очищення передбачається подавати в тіло звалища через систему розподільчих колодязів, що має забезпечити оптимальний режим вологості в умовах перекриття поверхні звалища водопроникною мембраною. Для запобігання надходження атмосферних опадів до звалища та утворення фільтрату передбачено облаштування багатофункціонального покриття полігону із захисним екраном із геомембрани, що має виключити (мінімізувати) інфільтрацію атмосферних опадів, та прокладання канав збору та відведення незабруднених дощових та талих вод з випусками нижче захисної дамби накопичувачів фільтратів.

Проте, зазначені заходи ніяким чином не мінімізують вплив вже сформованого забруднення геологічного середовища, зокрема, його подальше поширення в підземних водах, вплив на поверхневі води. Тому твердження авторів ОВД проекту рекультивації щодо відсутності впливу полігону на геологічне середовище не є об'єктивним.

Територія вододільної частини Розточчя, де знаходиться полігон, характеризується складними гідрогеологічними умовами. Виділяється три водоносні комплекси: четвертинний, неогеновий і верхньокрейдовий, причому усі вони використовуються для водопостачання.

Водоносний горизонт в четвертинних еолово-делювіальних відкладах в межах полігону не фіксується, що є наслідком значної розчленованості рельєфу та свідченням інфільтрації атмосферних опадів в нижчезалягаючий верхньокрейдовий водоносний горизонт, який має в межах полігону безнапірний характер. В таких умовах ймовірна інфільтрація фільтрату до підошви суглинистої четвертинної товщі, яка підстилається мергелистими глинами крейдяного віку чи на окремих ділянках неогеновими відкладами незначною потужності, що представлені пісковиками, мергелями і пісками.

Перетік фільтрату, чи забруднювальних речовин разом з інфільтраційним потоком до тріщинуватої зони мергелів може мати вкрай негативні масштабні наслідки, локалізація яких потребуватиме спеціальних еколого-гідрогеологічних заходів. Рівень залягання верхньокрейдового водоносного горизонту у верхів'ї звалища зафіксований на глибині 42 м, а характер його п'єзометричної поверхні свідчить про радіальне розтікання від полігону, що розташований на водорозділі. Отже, надходження забруднення до водоносного горизонту призведе до його радіального поширення в розчиненому вигляді, в тому числі в напрямку населених пунктів Великі Грибовичі, Дубляни і Малехів. Для оцінки впливу фільтрату як на четвертинні відклади, так і на верхньокрейдовий водоносний горизонт необхідно проведення їх спеціалізованого обстеження [2].

Найбільш інтенсивне забруднення підземних вод слід очікувати на східному борту звалища – в районі водойм збору фільтратів. Втрати з цих водойм, а також потік фільтрату з боку звалища в даному напряму, враховуючи що існуюча дренажна система з високою ймовірністю не перехоплює весь фільтрат, визначають надходження забруднення до ґрунтових вод в четвертинних відкладах, що фіксуються в низинні. Поширення водоносного горизонту алювіально-делювіальних та алювіально-болотних відкладів, який формується у внутрішньопасмовій улоговині та не має жодного природного захисту, визначає ризик розповсюдження забруднення в бік с. Малехів та забруднення колодязів. Аналогічна

ситуація з витоками р. Малехівка, які знаходяться біля східного борту полігону та живиться ґрунтовими водами. Річка зазнала катастрофічного забруднення внаслідок зсуву сміття в 2016 р., коли фільтрат безпосередньо потрапляв до поверхневих вод, проте і зараз вона знаходиться в зоні негативного впливу сміттєзвалища через її підземне живлення.

Висновки. Враховуючи зазначені ризики для довкілля сміттєзвалища, уникнення яких не забезпечить проект рекультивації, рекомендується розробити та запровадити систему гідрогеологічного моніторингу зони впливу Грибовицького полігону. Система має охоплювати водоносні горизонти четвертинних, неогенових та крейдяних відкладів, а також забезпечити визначення їх впливу на стан поверхневих вод. Запропонований моніторинг є необхідною умовою для попередження віддалених в часі негативних впливів сміттєзвалища та запобігання чергових надзвичайних ситуацій спричинених сміттєзвалищем.

Список посилань.

1. Пугач В.К. Звіт з оцінки впливу на довкілля ОВД ЛКП ТПВ "Збиранка" Проведення рекультивації полігону в с. Великі Грибовичі, Жовківського району, Львівської області, Реконструкція» (коригування). – Електронний ресурс – Режим доступу: http://eia.menr.gov.ua/uploads/documents/1480/reports/8ca5d5211f40c8e645ca0d7795834d3c.pdf (станом на 28.10.2019 р.).
2. ДБН В.2.4-2-2005. Офіційне видання. Держбуд України, 2005.

УДК 504.062.4

ЯКІСТЬ ПІДЗЕМНИХ ВОД ПІСЛЯ ЗАКРИТТЯ ГІРНИЧО-ХІМІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

***Джумеля Е.А.**, д.т.н. **Погребенник В.Д.**, Національний університет «Львівська політехніка, Львів, Україна*

Вступ. У результаті завершення видобутку сірки на Роздільському державному гірничо-хімічному підприємстві (ДГХП) «Сірка» зміна геологічних умов території призвела до зміни гідрогеологічних умов: утворилися штучні водоймища та водотоки і техногенні води специфічного складу. Водні об’єкти Роздільського ДГХП «Сірка» знаходяться в басейні річки Дністер, що робить проблему їх забруднення транскордонною.

Метою роботи є дослідження якості підземних вод гірничо-хімічного підприємства після ліквідації.

Виклад матеріалу. Водне середовище забруднене за компонентами сольового складу, еколого-санітарними показниками, показниками токсичної та радіаційної дії. Так само, як важкі метали забруднюють ґрунтове середовище, вони впливають і на водне. На рисунку показано результати режимних спостережень рівня підземних вод на території підприємства. Зміну гідрогеологічної будови зумовлено переміщенням четвертинних відкладів у гідровідвали і заміщенням виробленого простору глинами внутрішніх відвалів, які перерізають водоносний горизонт четвертинних відкладень водотривким бар’єром.

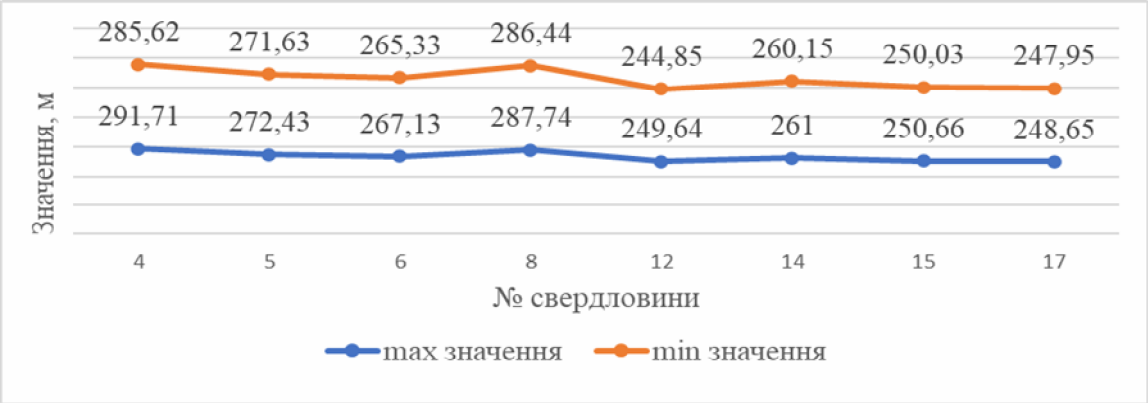


Рисунок – Максимальні і мінімальні результати режимних спостережень рівня підземних вод у свердловинах

Досліджено склад підземних вод за вмістом хімічних елементів. У п'ятьох свердловинах встановлено перевищення норми за різними показниками.

Зокрема, рівень мінералізації становив 3120 мг/дм^3 і 3588 мг/дм^3 за норми 1000 мг/дм^3. Вміст сульфатів становив 1850 мг/дм^3 і 1550 мг/дм^3 за норми 500 мг/дм^3. Вміст фосфатів – 216 мг/дм^3 (норма – 3,5 мг/дм^3), хлоридів – 813,6 мг/дм^3 (норма – 350 мг/дм^3).

За останні двадцять років спостереження за хімічним складом поверхневих вод підприємства є нерегулярними (техногенних озер, що утворилися на місці кар'єрів), а також р. Дністер.

Висновки. Отже, діяльність гірничо-хімічного підприємства порушує ґрунтове та водне середовище навіть після закриття підприємства. Реалізація проектів відновлення екологічної рівноваги і рекультивації порушених гірничими роботами земель у зоні їх діяльності не призвела до кардинального покращення екологічної ситуації, про що свідчать як аналізи вод затоплених кар'єрних виробок, так і наявність зсувних явищ на їх бортах.

УДК 910 : 502

РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРНОЇ СКЛАДОВОЇ ІНКЛЮЗИВНОГО ТУРИЗМУ В ОТГ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

к.т.н. ***Качала С. В.,*** *Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Останнім часом в Україні зростає потреба у розвитку туризму осіб з інвалідністю, інклюзивного туризму. Однак, на сьогодні в області відсутнє облаштування об'єктів туристичної інфраструктури для розвитку цього виду туризму.

Інклюзивний туризм — вид рекреаційного туризму, розрахованого на людей з інвалідністю. Найбільше туристичних фірм які надають послуги для людей з різними фізичними вадами, зосереджено у США та Європі. Хоча розвиток даного напрямку спостерігається у всіх розвинутих країнах, з'являється дедалі більше країн які можуть приймати у себе туристів на інвалідних візках та надати потрібний транспорт.

Інклюзивний туризм поняття досить широке, що поєднує в собі різні види туризму, він включає наявність спеціальних зручностей на пляжах, в готелях і транспорті, особливо важливо для людей на візках, відпочивати, їздити на екскурсії, нарівні з іншими людьми.

Дитячий інклюзивний туризм можна розглядати в окремій рубриці. Для дітей з інвалідністю створені літні табори відпочинку з спеціальними програмами для дітей з порушеннями зору, слуху та мовлення, функцій опорно-рухової системи, а також дітей, які страждають на цукровий діабет [1].

Виклад матеріалу. Згідно вимог, доступний для осіб з інвалідністю туризм повинен включати: Безбар'єрні напрямки: інфраструктура та споруди; Транспорт: повітряний, сухопутній і на морі, підходить для всіх користувачів; Висока якість послуг: досягнута навченим персоналом; Розваги, виставки, атракціони: дозволяє усім брати участь у подіях; Маркетинг, системи бронювання, веб-сайти і послуги : інформація доступна для всіх.

До основних проблем з якими зустрічаються люди з інвалідністю:

- Недоступні, або лише частково доступні веб-ресурси;
- Недолік доступного трансферу з аеропорту;
- Відсутність адаптованих транспортних засобів;
- Відсутність добре адаптованих номерів у готелях;
- Брак професійних кадрів здатних вирішувати проблеми доступності;
- Відсутність інформації про рівень проблем з якими може стикнутися людина;
- Відсутність доступних ресторанів, барів, і інших об'єктів;
- Відсутність адаптованих туалетів в ресторанах та інших громадських місцях;
- Недоступні вулиці і тротуари;
- Відсутність технічних засобів і обладнання для людей з інвалідністю.

У зв'язку з актуальністю та недостатньою вивченістю даного питання в Україні, однією із ключових пропозицій стала можливість заповнити вільну туристичну нішу інклюзивного туризму на рівні об'єднаних територіальних громад. Так як в Україні на даний час не розроблено заходи по сприянню інклюзивним видам відпочинку цей маркетинговий хід дозволить туристичній галузі бути на крок попереду. Івано-Франківська область володіючи багатими природними та кліматичними ресурсами введенням факторів інклюзивності у рекреаційні можливості значно розширить коло зацікавлених осіб, потенційних відвідувачів заходів.

Зараз ОТГ активно працюють над розвитком туризму. І хоча природні та історичні умови для цього виду туризму на території ОТГ Івано-Франківської області вже є, для постійного потоку туристів цього замало. Потрібна ще відповідна інфраструктура – розміщення, харчування, трансфери, екскурсійне обслуговування, оренда обладнання, заходи з безпеки тощо.

Варто розглянути впровадження інклюзивного фактору до наявних рекреаційних ресурсів досліджуваної території. Доступність заходів які проводяться, можливість участі у фестивалях та заняття екстремальними розвагами для людей з інвалідністю є актуальним питанням сьогодення. Інклюзивний туризм є складною для України темою, так як інклюзивність часто відсутня навіть на побутовому рівні, тому ми вважаємо важливим кроком впровадження фактору доступності для всіх категорій населення.

Кількість осіб із інвалідністю станом на 2017 рік становить близько 6% населення. Якщо наприкінці 80-х років загальна чисельність осіб з інвалідністю становила близько 3% усього населення, то у зв'язку з війною в Україні ця цифра постійно зростає. Так, станом на початок 2017 року загальна чисельність осіб з інвалідністю в Україні становила 2 млн 600 тис. осіб, в тому числі понад 240 тис. осіб з інвалідністю 1-ї групи, понад 900 тис. осіб з інвалідністю 2-ї групи і понад 1,3 млн осіб 3-ї групи. Дітей з інвалідністю практично понад 156 тис. При цьому у порівнянні з 2016 роком на 53% збільшилася кількість учнів в інклюзивних класах – з 2700 осіб до 4100 осіб. Також на 7% збільшилася кількість учнів з особливими потребами, для яких навчально-виховний процес організовано у спеціальних класах загальноосвітніх шкіл за місцем проживання [2]. Саме тому так важливо забезпечити можливістю відпочинку всіх охочих, не залежно від фізичних можливостей.

Цілу армію людей з інвалідністю становлять міцні, витривалі молоді люди, які на інвалідних візках грають в баскетбол, беруть участь в змаганнях на максимальну швидкість їзди, підкорюють Ельбрус не тільки влітку, а й взимку на спеціально обладнаних лижних візках. Здійснюють пробіг, за час якого встигають "зносити" три комплекти гуми, тому що вона не здатна витримати такого навантаження. Колишні воїни-десантники успішно стрибають з парашутом, літають на мотодельтаплані і легких літаках. Пілоти з інвалідністю успішно літають в Німеччині, в Україні, у Франції і в інших країнах. Адже колишньому льотчикові, парашутисту, десантникові, конструктору легких літаків, тим більше що вже має високу професійну кваліфікацію, необхідний адреналін, незважаючи на життєві негаразди [3].

Висновки. У зв'язку з цим нами окреслено першочергові завдання, які потрібно вирішити для запровадження та реалізації інклюзивного туризму на рівні територіальних громад:

– проведення з громадами засідань щодо розвитку сільського туризму;
– виготовлення інформаційних таблиць про правила поведінки туристів;
– облаштування відпочинкових зон;
– популяризація туристичного потенціалу краю;
– брендування та просування на ринку впізнаваності такої стратегії;
– налагодження партнерських відносин між владою та бізнесом;
– розробка інклюзивних туристичних маршрутів та їх просування на туристичному ринку;
– порядок забезпечення охорони туристичних груп;
– ремонт під'їзних шляхів до туристичних об'єктів;

– розширення спектру туристичної діяльності в межах наявних заходів;
– розвиток подієвого туризму та розширення його можливостей.

Список посилань.

1. Горбійчук М. І. Ідентифікація статичних характеристик технологічних об'єктів на базі нейромереж / М. І. Горбійчук, М. І. Когутяк, Є. О. Ковалів // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2002. – № 9 (том 2) . – С. 139 – 145.
2. Міністерство соціальної політики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.msp.gov.ua/timeline/invalidnist.html
3. Шаблій О.І. Суспільна географія: теорія, історія, українознавчі студії / О.І. Шаблій. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2001. – 744 с.

УДК 332.64+ 338.124.4+622.276+556

ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ВУГЛЕВОДНЕВОГО ЗАБРУДНЕННЯ У ҐРУНТОВОМУ ПОКРИВІ НА ПРИКЛАДІ БИТКІВ-БАБЧЕНСЬКОГО НАФТОГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА

к.т.н. ***Качала Т. Б.****, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Ґрунтовий покрив є одним із най важливіших ресурсів, саме тому екологічний стан даного компонента природи повинен знаходитись на найвищому рівні. В силу технічного прогресу ґрунтовий покрив піддається значному антропогенному впливу, одним із най серйозніших забрудників являється нафта та нафтопродукти. З метою вирішення проблеми деградації ґрунту, що знаходиться під впливом вуглеводневого забруднення використовують експертну оцінку як один із най ефективніших інструментів для ліквідації такого роду проблем.

Виклад матеріалу. Однією із най поширеніших проблему сьогоденні є вуглеводневе забруднення ґрунтового покриву зокрема у районах розробки та видобутку нафто газових родовищ. Забруднення вуглеводнями відбувається не тільки прямим способам безпосереднього контакту (вуглеводневих сумішей з об'єктом ураження наприклад ґрунтом чи об'єктами зоосфери або ж фітосфери), але і підчас вторинного контакту в якому живий організм отримує дозу вуглеводневого забрудника перебуваючи в активній фазі в ланцюгу харчування[1-3].

Для вирішення такого роду проблем, протягом останнього століття працюють вчені всього світу. Одним із най ефективніших способів виявилась експертна оцінка екологічних даних щодо рівня концентрації, виявлення головного джерела забруднення а також моделювання ймовірного розвитку забруднення при подальшому процесі викиду вуглеводневих сумішей у середовище (в основному розглядається ґрунтовий покрив оскільки більшість видобувної діяльності відбувається саме на суходолі).

В основному експертну оцінку можна відзначити як спосіб прогнозування та оцінки майбутніх результатів дій на основі прогнозів фахівців. При застосуванні методу експертних оцінок проводиться опитування спеціальної групи експертів від 5-ти осіб з метою визначення певних змінних величин, необхідних для оцінки досліджуваного питання. До складу експертів слід включати людей з різними кваліфікаційними рівнями та різною спеціалізацією задля повномасштабного оцінювання проблемного питання також необхідно зважати на типи мислення експертів воно повинно бути – образне і словесно-логічне, що сприяє успішному розв'язанню проблеми[4-6].

Залучені експерти можуть висловити свою думку щодо найкращих способів мобілізації резервів, залучення як інвестицій так і вибір методів вирішення проблеми, а також строків досягнення поставлених завдань, критеріїв відбору оптимальних варіантів рішення тощо. Необхідною умовою ефективного застосування методів експертної оцінки є достатня обізнаність експерта з досліджуваної проблеми, високий рівень ерудиції, здатність його давати чіткі вичерпні відповіді, до того ж експромтом. Крім того, експерт не повинен бути

зацікавленим в тому чи іншому варіанті вирішення поставленої перед ним проблеми. Експерти підбираються за ознакою їх формального професійного статусу – посади, наукового ступеня, стажу роботи та ін. Такий підбір сприяє тому, що в число експертів потрапляють високопрофесійні, з великим практичним досвідом у даній галузі спеціалісти[6].

Сами такого типу експертна оцінка знадобилась для вирішення проблем вуглеводневого забруднення в Івано-Франківській області на території Битків-Бабченського нафтогазоконденсатного родовища.

Проблема яку розглядали експерти були пов'язані з міграція вуглеводневих речовин в ґрунтовому покриві, головними джерелами забруднення якого як виявилось були бурові амбри які після невдалої рекультивації спричинювали підвищення концентрації вуглеводнів у педосфері, цим самим забруднюючи ґрунтовий покрив сіл Битків та Пасічна Надвірнянського району.

Для вирішення поставленої проблеми було запрошено 11 експертів різної кваліфікації та різного наукового прямування. Для початку експертна група виділила всі можливі джерела вуглеводневого забруднення ґрунтового покриву в Івано-Франківській області яких було виявлено понад 400. Наступними кроками експертної групи став розподіл виявлених джерел забруднення на групи відповідно до типу їхньої схожості та встановлення найбільш небезпечних (тих які можуть спричинити найбільший викид вуглеводнів у ґрунтовий покрив).

Для ефективнішого процесу роботи було запропоновано оцінити кожне джерело забруднення в баловому коефіцієнті. Бали були розділені на три категорії відносно до рівня забруднення території а саме (0 балів - не забруднена; 1-5 балів - слабо забруднена, рівень фону до 0,4 ГДК; 6-8 балів - забруднена, вище фону, 0,4-1,0 ГДК; 9-10 балів - сильно забруднена, вище 1,0 ГДК) [4].

Після фази розкладання балів було виявлено беззаперечний факт, в джерел ймовірних забруднень ґрунтового покриву, які за точкою зору експертів можна було віднести до не агресивних і слабо агресивних (а саме ті, що знаходяться на так званій не забрудненій або ж слабо забрудненій території) спів падіння в баловому еквіваленті знаходилось на рівні 87%. В свою чергу при розгляді об'єктів, що можна віднести до агресивних або ж сильно агресивних (території забрудненні та сильно забрудненні відповідно) різниця у баловому еквівалентні суттєво відрізняється спів падіння складало всього 18%. Дані результати можна пояснити різними причинами зокрема, різним рівнем підготовки експертів у вирішенні проблем такого характеру, або ж різний напрямок їх наукового розвитку проте саме ці 18% співпадіть дозволили виявити найбільш небезпечне джерело забруднення ґрунтового покриву Битків-Бабченського нафтогазоконденсатного родовища. Якщо розглянути 11 експертів, що виконували завдання по експертній оцінці то 9 із 11 виставили території родовища максимальні 10 балів і 2 експерти проставили оцінку в баловому еквіваленті рівну 9. Саме за допомогою такого статистичного аналізу вдалося виявити одне із найбільших джерел забруднення ґрунтового покриву нафтою та нафтопродуктами[4-7].

Висновки. Експертна оцінка не тільки допомагає у вирішенні питань виявлення джерел забруднення і їхньої небезпеки, але також демонструє вражаючі результати щодо створення методів вирішення екологічних проблем зокрема таких як забруднення ґрунтового покриву нафтою та нафтопродуктами. Вирішення екологічних проблем є однією із най важливіших проблем сьогодення, саме тому необхідно використовувати всі можливі способи і ресурси для покращення екологічної ситуації. Експертна оцінка є одним з ключових інструментів для вирішення екологічних проблем та вдосконалення методів відновлення природних територіальних комплексів.

Список посилань.

1 Прогнозне забруднення нафтопродуктами транскордонних територій / Я. О. Адаменко, Т. Б. Качала, А. Дескалеску, В. Орос // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування: науково-техн. журнал. – Івано-Франківськ, 2014. – № 1(9). – С. 4-8.

2 Управління земельними ділянками забрудненими нафтопродуктами технічна оцінка та відновлення забруднених нафтопродуктами ґрунтів румунсько-українська транскордонна мережа / Адаменко Я. О., Архипова Л. М., Радловська К. О., Качала Т. Б. // Посібник. Івано-Фрнаківськ, ПП Голіней О. М., 2015.-100 с..

3 Качала Т. Б. Моніторинг ґрунтового покриву виснажених нафтогазових родовищ / Т. Б. Качала // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування науково-технічний журнал, Івано-Франківськ 2016 (№2). – С. 40–44.

4 Качала Т. Б. Експертна модель забруднених нафтопродуктами земельних ділянок Івано-Франківської області / Я. О. Адаменко, Т. Б. Качала // Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, Екологічна безпека, Кременчук. –2014. – №2 (18). – С. 62–66.

5 Качала Т. Б. Дослідження забруднених нафтопродуктами земельних ділянок Івано-Франківської області / Т. Б. Качала // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування, науково-технічний журнал, Івано-Франківськ. – 2014. – Спецвипуск. – С. 4–9.

6 Качала Т. Б. Ризики забруднення ґрунтового покриву нафтопродуктами на Прикарпатті / Т. Б. Качала // Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, Екологічна безпека Кременчук. – 2013. – №1 (15). – С. 186–190.

7 Експертна модель забрудненого ґрунтового покриву вуглеводнями Івано-Франківської області / Т. Б. Качала // Прикладні аспекти техногенно-екологічної безпеки, міжнародна науково-практична конференція (м. Харків, 4 грудня 2015 р.). – Харків. – 2015. – С. 224–225

УДК 621.317.39: 532.574.6

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДРІБНОМАСШТАБНИХ ВИХОРІВ

д.т.н. ***Погребенник В.Д****., Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів*

Вступ. Вивчення океанічних вихорів належить до фундаментальних проблем дослідження Світового океану. Океанічні вихори можна умовно поділити на великомасштабні та дрібномасштабні. Великомасштабні вихори вносять суттєвий вклад у перерозподіл енергії, маси, речовин в океані, в основному формують погоду і клімат океану [1]. Вихори менших масштабів виявляються у відкритих та закритих морях, розвиваються в різних районах океану, як реакція на штормові збурення [2]. Підчас дослідження великомасштабних вихорів використовують непрямі методи вимірювання, основані на отриманні профілів швидкості руху води, замкнених ізоліній температури, солоності, тиску та інших гідрофізичних величин. Але практично не вивчено дрібномасштабні вихори, які діють на гідротехнічні споруди і форму берегів, визначають інтенсивність тепло- і масообміну у верхньому шарі океану, впливають на поширення звукових і оптичних сигналів, розвиток нижчих ступенів життя в океані, несуть важливу інформацію про характер руху об'єктів у рідких середовищах. Тому стають актуальними питання теоретичного і експериментального обгрунтування методів прямих вимірювань основного інформаційного параметру вихора – вихрового компонента швидкості течії (ВКШТ).

У працях [3, 4] запропоновано принципи вимірювання нового інформаційного параметра – вихрового компонента швидкості течії, описано модель дрібномасштабного вихора, розроблено нові модифікації акустичного методу вимірювання, які дають змогу виконувати в реальному часі безпосередні спостереження дрібномасштабних вихрових утворень та подано основні складові похибок акустичного методу, досліджено шляхи його апаратурної реалізації.

Метою роботи є визначення основних параметрів дрібномасштабних вихорів.

Виклад матеріалу. Для реалізації вимірювань ВКШТ в часі у заданих пунктах спостереження необхідно вирішення питання про розроблення раціональних способів організації, проведення і найбільш повної інтерпретації результатів вимірювань. Розглянемо два основних варіанти досліджень стаціонарних вихорів (тобто вихорів, основні параметри

яких не змінюються за час проведення вимірювань). Підчас дослідження вихорів з судна в зоні, де допускається присутність вихора, проводиться вимірювання ВКШТ $rot\vec{v}$ у декількох точках по профілю, який перетне вихор довільним чином, проходячи від його центру на деякій відстані d (рис. 1).

При цьому буде отримано розподіл вихрового компоненту швидкості $rot\dot{\vec{v}}(x)$ по профілю у вигляді симетричного графіку з максимумом в точці x=0, яка відповідає мінімальній відстані d профілю до центру вихора (рис. 2).

Враховуючи, що $$r = \sqrt{x^2 + d^2}\,, \qquad (1)$$
отримуємо розподіл $rot\vec{v}(x)$ за профілем у вигляді

$$rot\vec{v}(x) = a\left(2 - \sqrt{x^2 + d^2}\right)\exp\left(-\sqrt{x^2 + d^2}\right). \qquad (2)$$

Вираз (2) вірний за умови, що виконується співвідношення малості радіусу вимірювального контура в порівнянні з радіусом вихора, тобто $R_к/R_В \le 0{,}01$.

Пронормувавши $rot\vec{v}(x)$ на максимальне значення $rot\vec{v}(0)$, отримаємо безрозмірну функцію

$$F(x,d) = \frac{2 - \sqrt{x^2 + d^2}}{2 - d}\exp\left(-\sqrt{x^2 + d^2} + d\right), \qquad (3)$$

яка вже не залежить від коефіцієнта a і тому дає змогу знайти відстань d за набором палетних графіків, обчислених для безрозмірних параметрів x_0 і d_0 і зображених на рис. 3. Ці ж графіки дають змогу встановити кількісний зв'язок між безрозмірними (відносними) відстанями r_0, x_0 і d_0, з одного боку, і реальними віддалями r, x і d, вираженими в метрах, з іншого боку. Визначивши, якому з теоретичних графіків $F(x_0,d_0)$ найкраще відповідає даний графік $F(x,d)$, за відповідним індексом знаходимо значення безрозмірної відстані d_0.

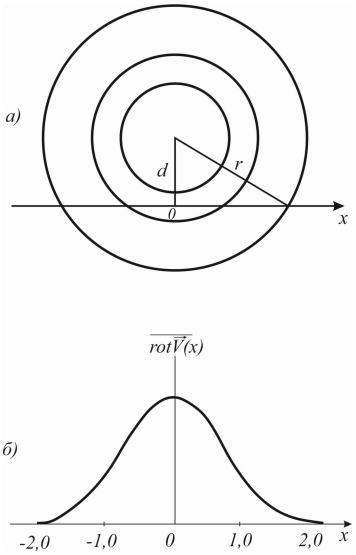


Рисунок 1 – Схема вимірювання параметрів вихорів з судна (а) і розподіл $\overrightarrow{rot\vec{v}}$ за профілем (б)

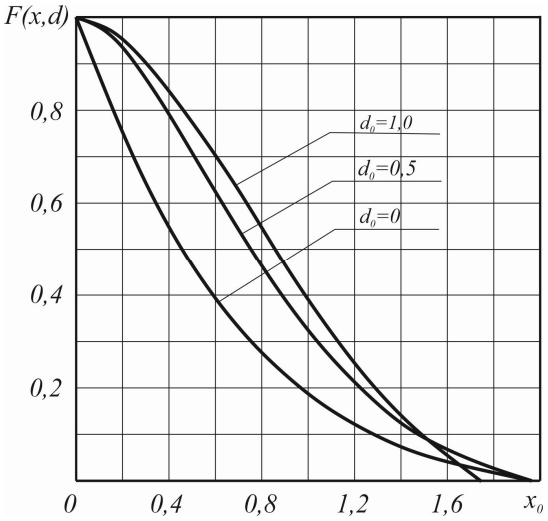


Рисунок 2 – Залежності $F(x, d)$ від x_0

Але оскільки безрозмірній шкалі x_0 тепер відповідає шкала реального профілю x, то при цьому знаходиться і перевідний множник

$$m = r/r_0 = x/x_0 = d/d_0. \qquad (4)$$

Так визначається відстань від центру вихора d. Далі знаходяться і характерні розміри вихора: радіус максимальної швидкості $R_м$, який має місце при r_0=1, тобто $R_м = mr_0 = m$ чи радіус R^*, при якому отримуємо $rot\vec{v} = 0$, тобто $R^* = 2R_м = 2m$. Знаючи відстань d та інтенсивність ВКШТ у точці максимуму $rot\vec{v}(0)$, за (3.96) можна знайти коефіцієнт a:

$$a = \frac{\overline{rot\vec{v}(0)}}{2 - d}\exp(d), \qquad (5)$$

що дає змогу знайти максимальне значення тангенціальної швидкості у даному вихорі

$$v_{max} = v(R_м) = a \cdot exp(-1). \qquad (6)$$

За знаком ВКШТ $rot\vec{v} = 0$ можна відрізнити напрям обертання водних мас у вихорі (для $r_0 < r$ в даній моделі). Крім того, для даної моделі вихора можна визначити інші його характеристики: допустиму глибину поширення вихора, об'єм охопленої вихровим рухом води, запас кінетичної енергії, але ці питання виходять за рамки розглянутої задачі.

При дослідженні вихорів, які проходять через заданий полігон, достатньо використати тільки два (чи три) пристрої, які будуть безперервно виконувати вимірювання вихрового компоненту $\overline{rot\vec{v}(t)}$. При цьому в доповнення до розглянутих вище параметрів вихора d, $R_в$ і v_{max} виявляється можливим визначити також швидкість і напрям всього вихора.

Нехай системи вимірювання ВКШТ розміщено на відстані l одна від одної на прямій, приблизно паралельно середньому чи переважаючому напряму руху води у досліджуваному районі (рис. 3).

Тоді при проходженні вихора зі швидкістю v під кутом α до лінії розміщення систем, яка збігається з віссю OX, буде отримано записи ВКШТ $\overline{rot_1\vec{v}(t)}$ і $\overline{rot_2\vec{v}(t)}$ від систем С1 і С2, також зображені на рис. 3б. Максимуми функцій $\overline{rot_1\vec{v}(t)}$ і $\overline{rot_2\vec{v}(t)}$ будуть отримані в деякі моменти часу t_1 і t_2, для яких описаним вище методом можна визначити d_1 і d_2. Тоді модуль швидкості пересування вихора запишеться у вигляді

$$|\vec{v}| = \frac{l \cdot \cos\alpha}{\Delta t} \approx \frac{l}{\Delta t}; \qquad \Delta t = t_2 - t_1, \qquad (7)$$

(оскільки кут α малий і в першому наближенні $\cos\alpha \approx 1$), а уточнений напрямок буде визначатися кутом α, для якого

$$\sin\alpha = (d_2 - d_1)/l. \qquad (8)$$

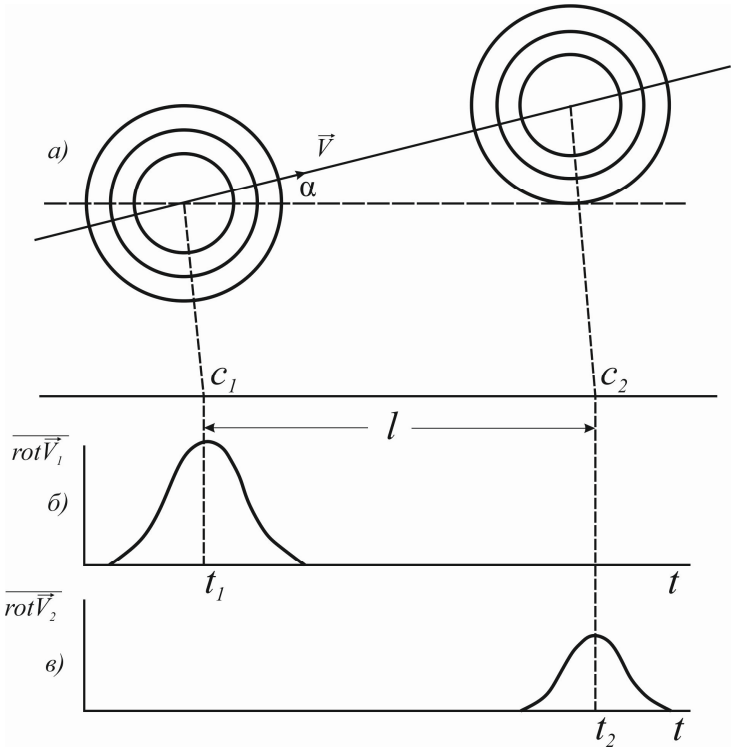


Рисунок 3 – Схема руху вихора (а) по відношенню до систем С1 і С2 і графіки залежностей $\overline{rot\vec{v}_1}$ і $\overline{rot\vec{v}_2}$ від t

Крім того, аналогічно визначають характерні розміри вихора і значення максимальної тангенціальної швидкості.

У випадку, коли напрям руху вихора $\vec{v}$ наперед невідомий навіть орієнтовно, у даному випадку може виявитись, що напрям $\vec{v}$ буде близький до ортогонального до осі OX. Тоді інтервал Δt буде дуже малий, $\cos\alpha \neq 1$ і визначення $|\vec{v}|$ за (7) стане ненадійним, що порушить дану методику розрахунків. Щоб поконати трудність такої ситуації, достатньо застосувати третю систему вимірювання ВКШТ С3, розташовану, наприклад, на такій же відстані l від системи С2, але перпендикулярно до осі OX. Тоді описана методика визначення всіх параметрів, які цікавлять, буде можливою для будь-яких кутів без яких-небудь обмежень.

Щоб знайти вихід з такої ситуації, достатньо застосувати третю систему вимірювання ВКШТ С3, розташовану, наприклад, на такій же відстані l від системи С2, але перпендикулярно до осі OX. Тоді описана методика визначення всіх параметрів, які цікавлять, буде можливою для будь-яких кутів без яких-небудь обмежень. Існує

неоднозначність визначення положення вихора щодо осі OX. Як у першому випадку, при проведенні вимірювань по профілю одною системою, так і в другому – при вимірюваннях двома системами не можна визначити, де знаходиться вихор: справа чи зліва від осі OX. Але при вимірюваннях трьома системами ця ситуація легко виявляється за величиною відстані d_3, так як при $d_3>d_2$ центр вихора буде розміщено на графіку вище осі OX, а при $d_3<d_2$ – нижче, причому, ця відмінність повинна бути суттєвою тому, що різниця $d_3 - d_2$ відповідає відстані між системами С3 і С2 (в даному випадку величині l). Відстань l між системами вимірювання ВКШТ можна визначити за допомогою пристрою [6], принцип дії якого ґрунтується на вимірюванні та функціональному перетворюванні інтенсивності акустичних сигналів у декількох точках досліджуваного середовища.

Висновки. Показано якісно нові можливості інтерпретації результатів спостережень дрібномасштабних вихорів. Отримано аналітичні вирази, які дають змогу визначати параметри стаціонарних вихорів за результатами експериментальних досліджень.

Список посилань.

1. Steele J. H., Turekian K. K., Thorpe S. A. (eds.). The Coastal Ocean: A derivative of the Encyclopedia of Ocean Sciences. Publ.: Elsevier Science & Technology Books, 2010, 742 p.
2. Rossby T. An oceanic vorticity meter. *J. of Marine Res.,* 1975, v.33, No. 2, 213-222.
3. Погребенник В.Д. Методи та засоби вимірювання вихрового компонента швидкості течії : монографія, Львів, Видавництво Львівської політехніки, 2015, 180 с.
4. Pohrebennyk V.D. Investigation of methodical errors of measurement of vortex component of flow velocity, Measurement technique, 1997, No. 9, 60-64.
5. Przystupa K, Pohrebennyk V., Kochan O., Jun Su. Methods and means of measuring the vortex component of the flow velocity // 12th International conference on measurement : proceedings, Congress Center of the Slovak Academy of Sciences, Smolenice Castle, Slovakia, May 27–29, 2019, 236–239.
6. Мичуда Л.З., Погребенник В.Д. Підвищення точності вимірювання віддалі до об'єкта, Комп'ютерні технології друкарства, 2017, 2(38), 112-127.

УДК 502.5

ДИНАМІКА ЗМІНИ СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ (МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ) В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ

к.т.н. ***Тимченко І.В.****, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, к.геол.н.* ***Гаврилюк Р.Б.****, Інститут геологічних наук НАН України, Київ, Україна*

Вступ. На сьогодні, в умовах глобальних змін клімату, в багатьох регіонах України спостерігається значне зменшення водності річок. Дана ситуація стосується і басейну р. Південний Буг. За річці облаштовано 16 руслових водосховищ (загальним об'ємом 303 млн.м^3), з яких Олександрівське водосховище на території Миколаївської області є найнижчим за течією. Внаслідок роботи водосховищ в нижній та середній частині Південного Бугу стік річки повністю регулюється потребами водокористувачів. Розмір мінімальних санітарних попусків, які забезпечують дотримання нормативів якості води та сприятливі умови водокористування нижче за течією, визначається в залежності від господарських потреб, а не об'єктивними екологічними умовами. Зокрема, для Олександрівського водосховища мінімальний нормативний скид в останні роки був знижений від 17 до 12,8 м^3/с. Одним з найбільших водокористувачів в Миколаївській області є Южно-Український енергокомплекс, до якого входять ЮУ АЕС з водоймою-охолоджувачем в балці Ташлик, Ташлицька ГАЕС з 2 діючими гідроагрегатами та верхньою водоймою, відділеною земляною греблею від ставка охолоджувача, та Олександрівська ГЕС разом з Олександрівським водосховищем з нормальним підпірним рівнем 16 м, що виконує функцію нижньої водойми для ГАЕС. Фактично створення та режим функціонування Олександрівського водосховища визначається потребами енергокомплексу.

Метою роботи є дослідити зміни стану річки Південний Буг з урахуванням впливу антропогенних та природних факторів.

Виклад матеріалу. Південний Буг є сильно зрегульованою річкою, екологічний стан якої погіршується з кожним роком. Аналіз зміни скиду води в нижньому б'єфі Олександрівського водосховища в різні періоди (рис.1) свідчить, що в останні роки природний стік є стабільно низьким, а 2019–2020 рр. водність річки є критично малою, що пов'язано передусім з малою кількістю опадів та відсутністю снігового покрову.

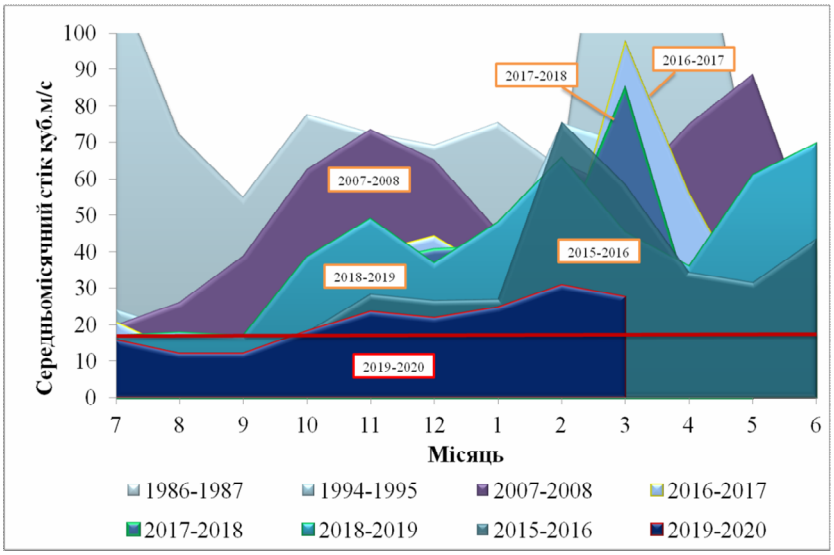


Рисунок 1 – Зміна водності річки в нижньому б'єфі Олександівського водосховища (червона лінія – рівень санітарних попусків 17 м^3/с)

Аналіз показників якості поверхневих показує значне перевищення вмісту сульфат-іонів (рис. 2), що спричинено як впливом енергокомплексу, так природними особливостями та має негативний вплив на рибогосподарські властивості річки. Якщо в поверхневих вод Південного Бугу концентрація сульфат-іону знаходиться на рівні ГДК (Олександрівське вдсх. та нижче за течією поблизу м. Нова Одеса – пункт спостереження біля с. Ковалівка), то їх концентрація в Ташлицькому водосховища стабільно становить 3,5–4 ГДК.

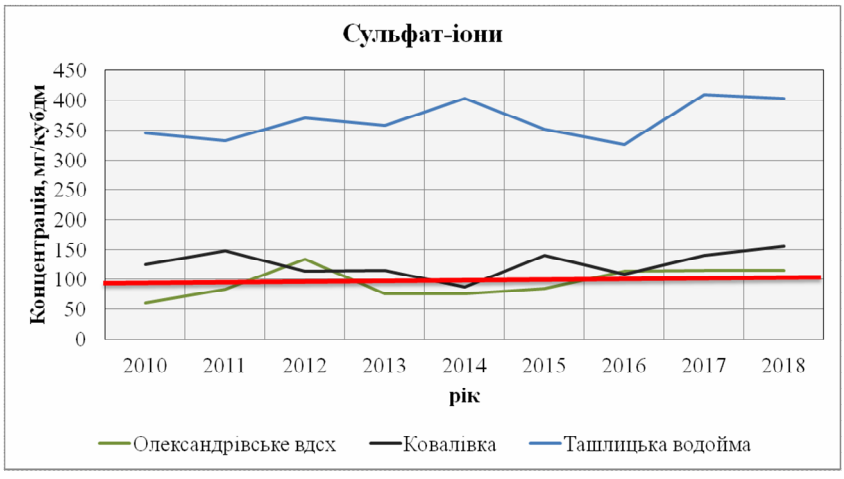


Рисунок 2 – Динаміка концентрації сульфат-іонів за даними Держводагенства (червона лінія – ГДК 100 мг/м^3)

Серед чинників впливу на екологічний стан нижньої течії Південного Бугу найбільш суттєвими є:

- використання води Южно-Українським енергокомплексом;

- скид неочищених та недоочищенних стічних вод комунальними та промисловими підприємствами.

Виділяються наступні технологічні процеси Южно-Українського енергокомплексу, які пов'язані з впливом на стан р. Південний Буг:

1. Добудова Ташлицької ГАЕС (3-6 агрегатів) та підвищення рівня Олександрівського водосховища до НПР +20,7 м (а також попередні підвищення рівня до 10 м, 14,7 м, 16 м).

2. Будівництво бризкальних басейнів для охолодження реакторів ЮУ АЕС, що передбачає зниження рівня води в Ташлицькій водоймі-охолоджувачі та підводному каналі до позначки 90 м та скидання 10,59 млн. $м^3$ високомінералізованої води.

3. Систематична продувка Ташлицької водойми-охолоджувача.

4. Охолодження ректорів.

При цьому можна виділити наступні негативні процеси, які спостерігаються в нижній течії річки:

- значне зменшення біорізноманіття іхтіофауни;
- значне замулювання русла річки;
- погіршення фізико-хімічних властивостей води;
- значне послаблення здатності річки до самоочищення, в тому числі і через уповільнення течії та затоплення порогів річки в процесі підвищення рівнів Олександрівського водосховища.

Висновки. Територія дослідження, яка охоплює Арбузинський, Доманівський та Вознесенський райони Миколаївської області є вододефіцитний районом степової зони Півдня України, де прісна вода найбільш цінним природним ресурсом, а річкові екосистеми мають надзвичайну цінність та є ядрами природно-заповідних територій – НПП «Бузький Гард» та РЛП «Грантіно-степове Побужжя».

На сьогодні існує нагальна необхідність в розробці загальнодержавної цільової програми з комплексного дослідження та відновлення р. П. Буг, перегляду обмежень та правил її використання, зокрема, для потреб енергетики, що визначає доцільність перегляду енергетичної стратегії України, зокрема, щодо відмови від розширенні Южно-Українського енергокомплексу для збереження прісної води й природного різноманіття майбутнім поколінням.

УДК 620.197.6

ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ТРУБ У НАФТОГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ: ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ

к.х.н. ***Сухомлин Д.А.****, Український державний хіміко-технологічний університет Дніпро,*
к.т.н. ***Проскуркін Є.В.****, ДП «Науково-дослідний трубний інститут ім. Я. Є. Осади», Дніпро, Україна*

Вступ. Сучасне нафтогазодобування характеризується посиленням режимів експлуатації свердловинного обладнання, корозійно-ерозійне руйнування якого загрожує нормальній роботі промисловості, призводить до пошкодження трубопроводів, порушення технологічного процесу видобутку нафти і газу, пожеж і вибухів, незворотнього забруднення довкілля нафтою і стічними водами.

Виклад матеріалу. Труби нафтового сортаменту і, зокрема, насосно-компресорні (НКТ) в процесі експлуатації піддаються впливу не тільки механічних навантажень, але й інтенсивному впливу агресивних середовищ, що містять хлориди, CO_2, H_2S, різні тверді частинки, які призводять до корозійного і абразивного зносу поверхні труб. Найбільшою мірою корозії піддаються різьбові ділянки, що призводить до втрати герметичності нарізного з'єднання. Найбільш поширеними причинами аварій НКТ є корозія, зношення нарізки і «втомні» руйнування.

Одним із ефективних шляхів підвищення корозійної стійкості, експлуатаційної надійності НКТ є застосування покриттів, що забезпечують захист від корозії, високу зносостійкість і герметичність різьбових з'єднань труб.

Аналіз покриттів, що використовуються для захисту НКТ, а також досвід експлуатації НКТ на нафтових і газових родовищах показує, що одним з найбільш ефективних видів покриттів є дифузійні цинкові покриття, які, в порівнянні з гальванічними, фосфатними та іншими, мають більш високу твердість і зносостійкість, ступенем зчеплення зі сталевою поверхнею труби за рахунок дифузійного зв'язку, не схильні до старіння і менше піддаються різним механічним впливам.

Результати дослідження кінетики корозійного руйнування зразків НКТ з дифузійним цинковим покриттям на промислових випробуваннях показали, що швидкість корозії була в 4-6 разів нижче, ніж сталевих зразків НКТ без покриття. Електрохімічними дослідженнями були ідентифіковані продукти корозії і показано гальмування анодного процесу розчинення покриття та його сольова пасивація, яка прогресувала зі збільшенням тривалості випробувань. При збільшенні тривалості випробувань спостерігається зменшення швидкості корозії дифузійно оцинкованих зразків і збільшення різниці в швидкостях корозії неоцинкованих і дифузійно оцинкованих зразків на користь останніх. Таким чином, спостерігається ефект самозахисту – бар'єрний ефект продуктів корозії, що утворюються на даному виді покриттів.

Головною перевагою дифузійно оцинкованих НКТ є наявність стійкого до корозії, протизадирного захисного покриття не тільки на внутрішній і зовнішній поверхні труб, а й на різьбових ділянках, а також стійкість даного покриття до механічних пошкоджень при транспортуванні і операціях зі згвинчення-розгвинчування труб при спуско-підйомних операціях (СПО). Це і обумовлює 100% надійність труб при експлуатації.

Використання дифузійних цинкових покриттів для захисту насосно-компресорних труб при видобутку нафти і газу дозволяє одночасно:

• значно підвищити термін служби труб, корозійну стійкість і зносостійкість різьбової пари «труба-муфта»,

• поліпшити герметичність різьбових з'єднань труб,

• збільшити кількість операцій «згвинчивання-розгвинчування» (до 20-30 і більше разів),

• знизити число і трудомісткість ремонтних робіт свердловин,

• знизити витрати на заходи щодо захисту природного навколишнього середовища, підвищити екологічну безпеку при нафтогазовидобутку.

Крім того, дифузійно оцинковані НКТ, виготовлені з низьколегованих сталей за традиційними технологіями, є альтернативою НКТ, виготовленим з легованих сталей, і можуть використовуватися в свердловинах з агресивними середовищами.

Одним із шляхів підвищення корозійної стійкості та збільшення терміну служби оцинкованих металовиробів є нанесення на оцинковану сталь лакофарбових або полімерних покриттів. Цинк-лакофарбові і цинк-полімерні покриття є комбінованими покриттями. У світовій технічній літературі такі покриття визначені як «дуплекс-системи». У таких покриттях електрохімічний захисний ефект цинкового покриття поєднується з гідроізолюючим захисним ефектом лакофарбового. Комбінація дифузійного цинкового покриття, що утворює сплав зі сталлю труби, і органічного покриття має синергетичну дію, ступінь захисту такої системи вище суми ступенів захисту цинкового покриття і покриття з полімерного матеріалу, взятих окремо. Органічне покриття захищає цинкове, досить реакційно-активне, від передчасного окислення.

Характеристикою конкурентоспроможності та економічної оцінки своєї вигоди на етапі вибору дифузійно оцинкованих НКТ замість «чорних» (без покриття) є обов'язкова різноспрямована зміна цін на оцинковані труби у порівнянні з чорними, а саме: ціна за одну тонну труб зростає, а за одиницю ефективності - знижується. Зі збільшенням коефіцієнта ефективності (до 3-5 і вище) при тих же цінах за одну тонну «чорних» і оцинкованих труб економічний ефект у споживача зросте.

Наприклад, конкурентоспроможність НКТ різних груп міцності з дифузійним цинковим покриттям підтверджується тим, що доплата за дифузійне цинкування (у

відсотках) до ціни «чорних» НКТ відповідної групи міцності знижується від 30% (для НКТ групи міцності Д) до 14% (для НКТ групи міцності М). Це свідчіть про зацікавленість споживача у придбанні дифузійно оцинкованих НКТ.

Висновки. Успіх на ринку насосно-компресорних труб забезпечується конкурентною перевагою їх експлуатаційних властивостей та економічною доцільністю використання у нафтогазовій галузі у тому числі у питаннях, пов'язаних з охороною довкілля.

УДК 631.33.02

АНАЛІЗ ЕКСПОРТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗЕРНОВИХ В УКРАЇНІ

к.т.н. ***Васильковська К.В.***, ***Майхровська В.О.***, *Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

Вступ. Україна є потужною аграрною країною. За майже 20 років врожайність зернових культур в Україні зросла більше чім у двічі, що дає змогу стверджувати про значний експортний потенціал країни. Разом з тим, є певна кількість проблем, як внутрішніх, так і зовнішніх, які не дають змоги нашій країні повністю розкрити свій потенціал. Наряду із війною на сході країни та політичною нестабільністю, існує ряд проблем із трансформацією зовнішньої торгівлі та інтеграцією до ЄС.

Виклад матеріалу. Як бачимо (рис. 1), площі під зернові культури починаючи із 2000 року залишались майже незмінними, середнє значення площі під зернові культури за роки досліджень становить 14,9 млн. га.

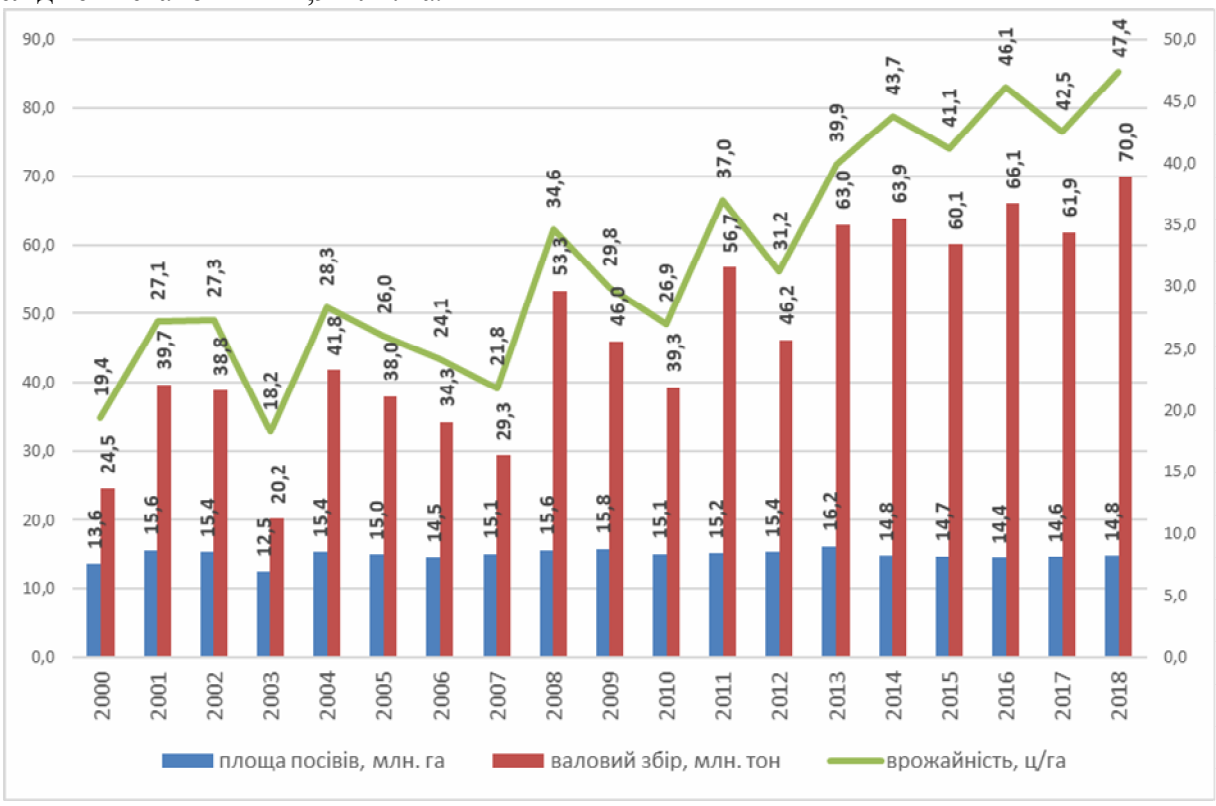


Рисунок 1 – Динаміка площі посівів, валового збору та врожайності зернових в Україні за 2000-2018 р.р.

В той же час, валовий збір зернових мав різні значення, але загальна тенденція зберігалась незмінною з кожним роком відбувався приріст валового збору, окрім вкрай неврожайних 2000, 2003 та 2007 років. Так, за роки досліджень із 2000 по 2018 рр. значення валового збору зросли із 24,5 млн. тон у 2000 році до 70,0 млн. тон у 2018 році. Таким чином, при майже постійній площі під зернові культури, відбувся значний приріст їх валового, а саме: у 2,8 рази.

Проаналізувавши врожайність зернових культур за досліджуваний період, маємо приріст врожайності із 19,4 ц/га у 2000 році до 47,4 ц/га у 2018 році. Середня врожайність зернових культур за роки досліджень становила 32,2 ц/га.

Аналіз динаміки валового збору й експорту зернових (табл. 1) за останні роки в Україні свідчить про те, що, залишаючи на потреби країни від 20,5 до 22,5 млн. тон зернових українські аграрії експортують у середньому 38,9% вирощеного врожаю. Якщо врахувати, що в середньому за період з 2000 по 2018 роки (включаючи вкрай неврожайні, 2000, 2003 та 2007 роки) валовий збір зерна по країні становив в середньому 36,9 млн. т, то стане зрозуміло, що як мінімум 20,7 млн. т зерна щороку формують потенційну частку експорту.

Але зараз мова йшла про усереднені показним за 18 років. Показник експорту зернових поступово зростав кожен рік, починаючи від 1,3 млн. тон в 2000 році і закінчуючи 49,4 млн. тон зерна у 2018 році. Якщо порівняти дані за кожен рік та знайти частку експорту у валовому зборі, отримаємо чітку залежність до збільшення із кожним роком. Але збільшення відбувається не тільки по валового збору у цифровому значенні, відповідно експорту також, а й збільшення його частки у валовому зборі. Так, ми бачимо зростання частки експорту зернових культур із значення 5,3% у 2000 році до значення 70,6% у 2018 році. Середнє значення частки експорту становило 38,9% (табл. 1).

Таблиця 1.

Валовий збір, експорт та частка експорту зернових в Україні

Рік	Валовий збір, млн. тон	Експорт, млн. тон	Відношення, %
2000	24,5	1,3	5,3%
2001	39,7	5,6	14,1%
2002	38,8	12,2	31,4%
2003	20,2	4,2	20,8%
2004	41,8	7,8	18,7%
2005	38,0	12,7	33,4%
2006	34,3	11,2	32,7%
2007	29,3	4,5	15,4%
2008	53,3	16,7	31,3%
2009	46,0	20,9	45,4%
2010	39,3	12,2	31,0%
2011	56,7	21,6	38,1%
2012	46,2	22,8	49,4%
2013	63,0	32,5	51,6%
2014	63,9	35,3	55,2%
2015	60,1	38,5	64,1%
2016	66,1	43,8	66,3%
2017	61,9	39,4	63,7%
2018	70,0	49,4	70,6%
Середнє значення	47,0	20,7	38,9%

Висновки. Тобто з кожним роком відбувалось чітке зростання частки експорту, особливо слід відмітити рік вступу до СОТ та роки курсу України на Євроінтеграцію. Незважаючи на нестабільну ситуацію в країні, захоплення Кримського півострова, ООС та ризик розгортання масштабної війни з Росією, зернотрейдери продовжують «штурмувати» зарубіжні ринки.

УДК 504.05

ВПЛИВ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

к.т.н. ***Шибанова А.М., Троняк М.І,*** *д.т.н.,* ***В.Д. Погребенник****, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Вступ. Теплові електростанції виробляють 60-70% електроенергії у нашій країні і є основним джерелом забезпечення країни електроенергією. На сьогодні використання електроенергії зростає, а це в свою чергу призводить до подальшого інтенсивного збільшення різноманітних впливів шкідливих викидів ТЕС на всі компоненти навколишнього середовища у глобальних масштабах.

Метою роботи є оцінювання впливу ВП «Бурштинська ТЕС» АТ «ДТЕК Західенерго» на стан атмосферного повітря.

Виклад матеріалу. Найбільшим забруднювачем атмосферного повітря на Івано-Франківщині є ВП «Бурштинська ТЕС» АТ «ДТЕК Західенерго», яка входить до списку 100 підприємств України, що завдають найбільшої шкоди довкіллю та здоров'ю населення Карпатського регіону. Викиди електростанції в 2018 році становили 82,6% від загальної кількості викидів стаціонарних джерел Івано-Франківської області. За 2018 рік ВП «Бурштинська ТЕС» АТ «ДТЕК Західенерго» в атмосферу викинуто 182,9 тис. тон забруднювальних речовин, у порівнянні з 2017 роком обсяг викидів збільшились на 14,2%.

Димові труби ВП «Бурштинська ТЕС» АТ «ДТЕК Західенерго» мають значну висоту (дві труби висотою до 250 м і одна – 180 м). Розсіювання викидів шкідливих речовин через висотні труби здійснюється на території не тільки Івано-Франківської, а й Львівської та Тернопільської областей. Викиди розносяться повітрям на відстань до 100 кілометрів. Понад 20 % шкідливих речовин розсіюються за певних погодних умов під час інверсійних процесів за межі не тільки Карпатського регіону, але і нашої країни. Зола та вугільний пил осідають у 30-кілометровому радіусі навколо станції.

У Галицькому районі Івано-Франківської області, питома вага забруднень якого склала 85,1% у загальних викидах в області, в середньому на 1 км^2 обсяги викидів досягли 207,7 т. Це в 16,4 разів більше, ніж в середньому в області.

У димових газах Бурштинської ТЕС містяться газоподібні продукти окиснення вуглецю, сірки та азоту, токсичні органічні сполуки, зокрема, бензапірен, діоксини, деяку кількість фтористих сполук, а також газоподібні продукти неповного згоряння палива. Значна частина викидів в атмосферу припадає на вуглекислий газ (близько 1 млн. т.) і утворюється внаслідок багатотоннажного щодобового спалювання вуглеводневого палива у топках ТЕС. Спалювання вугілля, рідкого палива і природного газу призводить до забруднення атмосфери важкими металами.

Викиди димових газів, що містять часточки золи, легко розповсюджуються на значні відстані та потрапляють в легені людини і є дуже небезпечними. Найбільшу шкоду здоров'ю завдають дрібні зважені часточки діаметром до 2,5 мкм, які за сприятливих погодних умов утворюють аерозолі. Очищення димових газів здійснюється в електрофільтрах з проектним показником ефективності очищення 98 %. Однак через фізичну і моральну застарілість електрофільтрів, низьку якість ремонту газоочисного обладнання, фактична ефективність роботи електрофільтрів становить 70 %.

Висновки. Отже, в основу діяльності теплової енергетики, зокрема Бурштинської ТЕС, першочергово необхідно покласти не економічний аспект, а еколого-економічний. Зниження негативного впливу теплової енергетики на атмосферне середовище можна досягти двома шляхами: вдосконаленням технологічного процесу та встановленням пилогазовловлювальних пристроїв з оптимальним варіантом їх поєднання. Це дасть змогу зменшити обсяги викидів шкідливих речовин і зекономити сировину, паливо та допоміжні матеріали.

УДК 338.2:352:502.131.1

ІННОВАЦІЙНІ СОЦІАЛЬНО ТА КУЛЬТУРНО ОРІЄНТОВАНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В ОТГ (НА ПРИКЛАДІ БУДИНКУ ПРОСВІТИ КОРШІВСЬКОЇ ОТГ)

к.геогр.н. ***Побігун О.В.****, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Використання інновацій в освоєнні туристичних територій дедалі частіше відбувається саме за рахунок культурної спадщини, що має не лише матеріальне втілення у вигляді історико-культурних та природних ресурсів, але й творчий потенціал, який сприяє утворенню нового соціокультурного простору за рахунок нових або збережених туристичних об’єктів та проведення креативних заходів.

Виклад матеріалу. Коршівська об'єднана територіальна громада — об'єднана територіальна громада в Україні, в Коломийському районі Івано-Франківської області. Коршів із ближніми селами розташоване в етнографічному районі Покуття з історичною, культурною і економічною столицею - Коломиєю. Коршівська об’єднана територіальна громада володіє природними, історико-культурними та соціально-економічними ресурсами. На території Коршівської ОТГ розташовано 14 об’єктів історико-культурної спадщини. В тому числі Будинок Просвіти та прилеглий парк, раніше панська оселя поч. 19 ст. 4 з них занесені у Державний реєстр пам’яток археології Івано-Франківської області. Коршівська ОТГ має об’єктивні передумови для розвитку туризму – основний - культурний потенціал, здатний привабити значну кількість туристів.

Для створення культурного-мистецького простору в Коршівській ОТГ пропонується використання Будику Просвіти та присадибного парку. Будинок Просвіти – одноповерхова будівля з 4 кімнатами та коридорами, одним входом та площею 200 м^2. На сьогодні стан Будинку Просвіти є незадовільним, під впливом антропогенних і природних чинників будівля та первісна структура ландшафтного парку продовжують руйнуватися.

Нами пропонується 4 етапи щодо відновлення культурного середовища громади через створення культурно-мистецького центру:

1 Етап - провести реставрацію Будинку «Просвіти» Коршівського ОТГ.

Нами розроблено план організації простору майбутнього культурно-мистецького центру.

2 Етап - облаштування території парку біля Будинку Просвіти.

Для облагородження території парку біля Будинку Просвіти пропонується: очистити паркову зону від сміття та обвалених дерев; здійснити аналіз існуючих насаджень; здійснити насадження та висадку додаткових садово-декоративних дерев, кущів, газонів та квітів; провести благоустрій території парку з влаштуванням місць відпочинку (лавки у вигляді книг, альтанки, фонтани, стежки); монтаж нового енергоефективного освітлення; облаштувати металеве огородження; облаштувати стоянки для автобусів та легкового автотранспорту; облаштувати входи у парк; встановити інформаційні стенди (у вигляді книг) видатних діячів просвітництва Коршівської ОТГ вздовж облагороджених стежок.

Етап 3 - в межах відновленого Будинку Просвіти створити культурно-мистецький центр з сучасними креативними зонами, які функціонуватимуть задля відновлення культурного надбання, збереження історії села та популяризації культурного дозвілля населення: сучасний музей історії, краєзнавства та етнографії, в якому пропонується використання сучасної технології – голографії; облаштування сучасного кінозалу; перфоменс-зона для діяльності театрального, музичного та інших гуртків; створення арт-галереї.

Тематика заходів змінюватиметься кожного місяця в залежності від знаменних та історичних подій Коломийщини і в тому числі і Коршева, для цього розроблений календар знаменних і пам’ятних дат по місяцях, це дозволить повторно залучати відвідувачів. Основною атракцією в музеї стане 3D зображення подій та основних діячів просвітництва та культури Коршівської ОТГ, які стали причиною духовного розвитку населення довоєнного

часу. В музеї зустрічатимуть відвідувачів голограма-персонаж видатного діяча. Для атрактивності даного музею пропонується екскурсійний озвучений супровід. Текст екскурсії може мінятися у відповідності від персонажа, який зустрічатиме відвідувачів. Для музейної експозиції використовуватимуться речі побуту, одяг, картини та результути діяльності видатних діячів: праці, журнали, твори, листи. Особливістю культурно-мистецького центру стане виставка скульптур із книг, які будуть вмонтовані в стіни коридорів.

Етап 4 - розробка і облаштування театралізованої екскурсійної стежки «Вартові просвітницьких скарбів» на території присадибного парку. Для привабливості території парку біля культурно-мистецького центу пропонується створити екскурсійну театралізовану стежку «Вартові просвітницьких скарбів» на основі установлених інформаційних стендів про історію села та видатних діячів краю. В екскурсії братимуть участь актори, які будуть переодягнуті відповідно до тієї чи іншої відомої особистості або постановки. Дана екскурсійна стежка може функціонувати в денний і нічний час, що надасть атрактивності екскурсії і пожвавить попит.

Висновки. Результатом реалізованих рішень буде задоволення потреби населення у послугах сфери культури, підвищення рівня культури населення громади, підвищення привабливості проживання в громаді, покращення культурного життя громади, створення умов для виховання громадянської самосвідомості у молоді, правильної уяви про культуру, побут, звичаї, обряди, традиції, забезпечення якісного та змістовного дозвілля населення, збільшення активності жителів у питанні вирішення соціально важливих проблем та розвитку їх громадського мислення, створення позитивного культурного іміджу громади.

Список посилань.

1. Коршівська громада, Коломийський район, Івано-Франківська область [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://gromada.info/gromada/korshivska/
2. Історія села Коршів [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://ukrainica.org.ua/ukr/yacik/241-projects/ivanofrankivsk/2710-2710
3. Фельдман О. Туризм — як драйвер розвитку ОТГ. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://www.slideshare.net/olFeldman/ss-125787948
4. Театрально-концертні будівлі і споруди [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://compi.com.ua/konspekt-lekcij-za-modulem-4-tipologiya-budivele-i-sporud.html?page=7
5. Креативна Чехія: Культурні центри Праги, досвід яких варто запозичити Україні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://life.pravda.com.ua/culture/2017/08/17/225930/

УДК 502.51:502.175](477.282.247)

ДО ПИТАННЯ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

д.пед.н. ***Мітрясова О.***, ***Олексюк А.***, ***Носик А.***, *Чорноморський національний університет ім. Петра Могили, Миколаїв, Україна*

Вступ. Водні ресурси є обмеженими та вразливими природними об’єктами. Оцінювання їх якості надає можливість з’ясувати часово-просторові тенденції змін, допомагає у визначенні рівня антропогенного навантаження та ефективності водоохоронних заходів.

Виклад матеріалу. Об’єктом дослідження є річка Інгулець. Практично по всій довжині річка знаходиться під техногенним навантаженням, особливо, в середній течії. Значне забруднення басейну річки рудниковими водами та промисловими стоками Криворізьким та Інгулецьким гірничо-збагачувальними комбінатами призвело до того, що деякі рекреаційні зони відпочинку знаходяться у занедбаному стані [1; 2]

Предметом дослідження є гідрохімічні характеристики річки Інгулець, які належать до факторів ризику. Мінералізація р. Інгулець підвищується за рахунок впливу фільтраційних скидів хвостосховищ: Південного ГЗК, НКГЗК, Інгулецького ГЗК, які розташовано уздовж річки. Постійний забруднювач р. Інгулець – ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Негативний вплив на Карачунівське водосховище надають високо-мінералізовані фільтраційні скиди

ЦГЗК. Загальна мінералізація стічних вод дорівнює 40 г/л, кількість хлоридів біля 20 000 мг/л, при ГДК-350 мг/л.

Основні підприємства-забруднювачі: ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» (хлориди та феноли; КП «Фрунзенське ЖКП» (нітрати, БСК, нафтопродукти, зважені речовини, сухий залишок, сульфати, нітроген амонійний, фосфати, ХСК, залізо, ПАР); ТОВ «Терра Консалтинг» (цинк, манган) [3].

Згідно статистичної звітності про використання води по формі 2ТП-водгосп у 2018 році обсяги скидів стічних вод підприємствами міста Кривий Ріг у поверхневі водойми склали 93, 4 млн.м^3, порівняно з 2017 р. (67,7 млн.м^3) збільшилися на 27,5% (25,7 млн.м^3). У дослідженні зроблено порівняльний аналіз оцінювання якості води річок за різними методиками: інтегральної оцінки на основі розрахунок індексів забруднення води, коефіцієнта забрудненості та «Методики оцінки за відповідними категоріями».

Пунктами гідрохімічних спостережень обрано: створ № 1 – с. Іскрівка, Кіровоградська область, нижче впадіння р. Жовта; створ № 2 – с. Архангельське, Херсонська область; створ № 3 – Інгулецька зрошувальна система, біля мосту через магістральний канал, Херсонська область; створ № 4 – с. Дар'ївка, Херсонська область.

Результати моніторингу свідчать, що перевищують ГДК наступні показники: pH, ХСК, $БСК_5$, жорсткість, сухий залишок, сульфати, хлориди, магній, натрій.

За розрахованим індексом забрудненості води (ІЗВ = 1,03) річка Інгулець відноситься до третього класу. Води відповідного класу знаходяться під значним антропогенним впливом, рівень якого близький до межі стійкості екосистем [4; 5].

Розрахований коефіцієнт забрудненості (КЗ = 1,10) означає, що нормовані показники якості води Інгулець загалом у 1,10 разів перевищують ГДК. Під час оцінювання якості води у створах визначено класи та категорії якості: створ №1 – за показником амоній-йонів та $БСК_5$ – III клас якості, води слабко забруднені; за вмістом фосфатів – V клас якості, води дуже брудні; створ № 2 – за вмістом завислих речовин, фосфатів та $БСК_5$ – III клас якості вод, води забруднені; за концентрацією хлоридів – V клас якості, ступінь чистоти – дуже брудні; створ № 3 – значення $БСК_5$, завислих речовин та хлоридів свідчить про забруднені води III класу; за вмістом сульфатів – IV клас, поганий екологічний стан, ступінь чистоти – брудні; створ № 4 – III клас якості, задовільний екологічний стан (за показниками сульфатів, фосфатів та $БСК_5$), IV клас за вмістом хлоридів. ступінь чистоти вод – брудні. Дуже надмірні концентрації забруднюючих речовин у середній течії залишаються на стабільному рівні, екологічний стан є поганим (IV клас якості) (рис. 1).

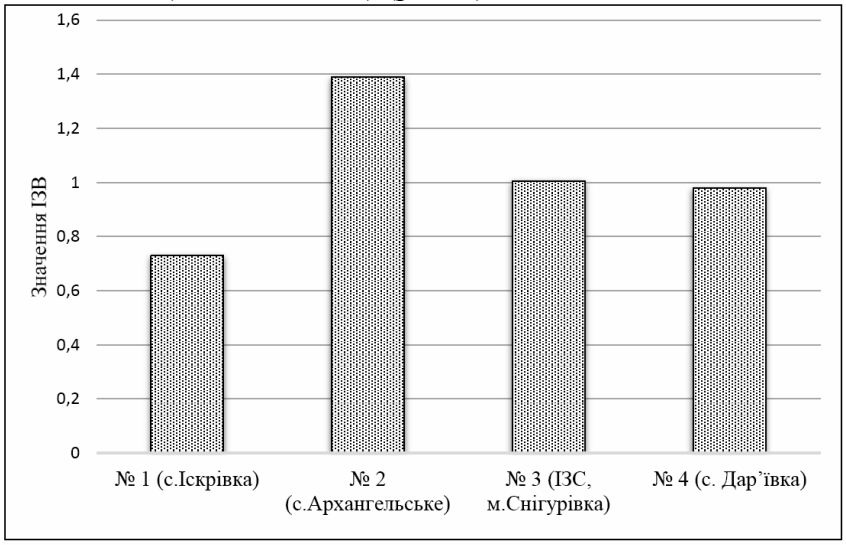


Рисунок 1 - Просторові зміни індексу забрудненості вод (ІЗВ) за течією р. Інгулець

Висновки. Дослідження засвідчило, що екологічний стан поверхневих вод за відповідними методиками класифіковано як задовільний. Проте, незважаючи на отримані

узагальнені результати розрахунків, некоректно загалом оцінювати якість води в річці. Річка – живий об'єкт, екосистема, що розглядається як єдине ціле. Оскільки, в середній течії водний об'єкт надмірно забруднюється високо-мінералізованими шахтними водами і має статус «брудні - дуже брудні води», доречно вважати екологічний стан поверхневих вод річки Інгулець незадовільним. Питання щодо забруднення річки високо-мінералізованими скидами залишається відкритим.

Список посилань

1.Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. Основи екології. – К.: «Либідь», 2004. – 408 с.
2. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Д. : Східний видавничий дім, 2004. – 2013 с.
3. Мітрясова О.П. Річка Інгулець як об'єкт дослідження на предмет забруднення зворотних вод / О. П. Мітрясова, А. В. Олексюк // XXII Всеукраїнська щорічна науково-практична конференція «Могилянські читання – 2019: Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти»: [збірник тез]. – Том 1. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2019. – 89 с.
4. Сніжко С. І. Оцінка та прогнозування якості природних вод/ С. І. Сніжко. – К., 2001. – 264 с.
5. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. – К.: Символ-Т, 1998. – 28 с.

УДК 504.453

УДОСКОНАЛЕННЯ ПОКАЗНИКА САМООЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД

Гринюк В.І., *Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Виснаження поверхневих вод у теперішній час відбувається головним чином за рахунок зниження якісних та кількісних характеристик водних екосистем під впливом дії антропогенних факторів, зокрема внаслідок забруднення промисловими і комунальними стоками. Проте слід зауважити, що річково-басейнові системи та їх компоненти є достатньо чутливими не тільки до промислових скидів стічних вод до природних водотоків, а й змін клімату. Тому актуальним завданням є підвищення рівня екологічної безпеки поверхневих вод шляхом дослідження їх процесів самоочищення під дією природних факторів.

Мета роботи: удосконалити показник визначення інтенсивності розбавлення стічних вод для дослідження процесу самоочищення природних водотоків від забруднюючих речовин з врахуванням гідрометеорологічних факторів.

Виклад матеріалу. При дослідженні самоочищення поверхневих вод важливу роль відіграє інтенсивність розбавлення стічних вод промислових підприємств, яка характеризує, як знизилася концентрація хімічних речовин в розрахунковому створі річки стосовно її концентрації у стічній воді [1]. Для розрахунку даного показника необхідні дані концентрації забруднюючої речовини, що міститься у стічних водах та концентрації забруднюючих речовин у водоймі до і після випуску відповідно. Недоліком методики Родзиллера [2] є відсутність врахування природних факторів, які впливають на самоочисні процеси у річках.

В результаті запропоновано удосконалити показник визначення інтенсивності розбавлення стічних вод, який відрізняється тим, що враховуються коефіцієнти, які залежать від значення швидкості течії річки та температури повітря:

$$S_w = \frac{C_{\text{ст}} - C_{\text{до}}}{\text{C} - C_{\text{до}}} \cdot k_v \cdot k_t, \qquad (1)$$

де S_w – показник самоочищення поверхневих вод від забруднюючих речовин, $C_{\text{ст}}$ – концентрація забруднюючих речовин у стічних водах, мг/дм^3; $C_{\text{до}}$ і С – концентрація забруднюючої речовини у водоймі до і після випуску відповідно, мг/дм^3; k_v – коефіцієнт,

значення якого залежить від швидкості течії річки, k_t – коефіцієнт, значення якого залежить від температури повітря.

Встановлення запропонованих коефіцієнтів здійснюється за такими критеріями:

Якщо V<0,2 м/с, то k_v=1,5; якщо V=0,3-0,8 м/с, то k_v=2,5; якщо V>1 м/с, то k_v=5.

Якщо t < 1 °С (зимовий період), то k_t=1; якщо t = 2 - 9 °С, то k_t=1,5; якщо t = 10-19 °С, то k_t=2; якщо t >20 °С, то k_t=3.

Висновки. Отже, удосконалено показник визначення інтенсивності розбавлення стічних вод, що дасть змогу дослідити процес самоочищення поверхневих вод від забруднюючих речовин з врахуванням гідрометеорологічних факторів. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку шкали оцінки поверхневих вод з можливістю визначення ступеня природного самоочищення для будь-якої річки.

Список посилань.

1. Гринюк В.І. Дослідження процесів самоочищення правих приток річки Свічі басейну Дністра. Науковий вісник НЛТУ України. 2018. Вип. №3(28). С.77-83.
2. Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод. – М.: Стройиздат, 1984.-263 с.

УДК 621.317.39: 532.574.6

ОСОБЛИВОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ПОКЛАДІВ ПРІСНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД ПІВНІЧНО–ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ

*к.геол.н. **Локтєв А.В.**, ТОВ «Надвірнянська нафтова компанія», Надвірна, д.т.н. **Погребенник В.Д.**, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, **Локтєв А.А.**, ТзОВ «Компанія «Геопошук ЛТД», **Пилипів В. В.**, ТОВ «Західнадрасервіс», **Іваніна Т.П.**, ТОВ «Сакцесстепс», Україна*

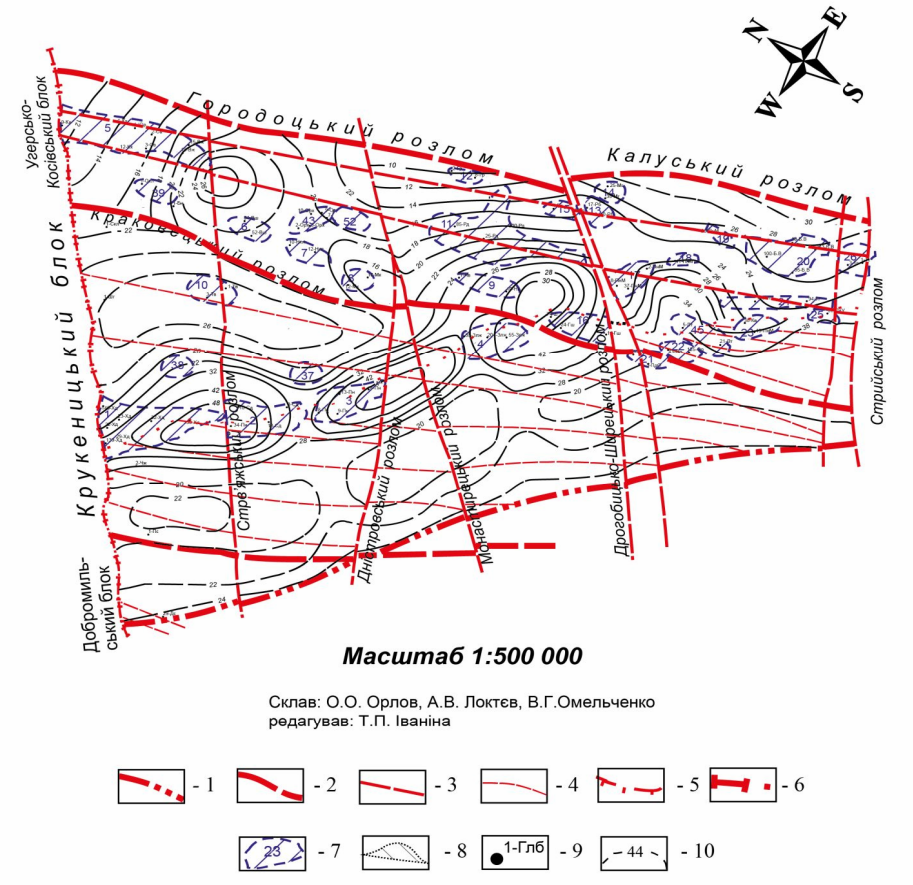
Вступ. На сучасному етапі розвитку України держава має один з найменших у Європі показників питомого водозабезпечення. Актуальним є питання оцінки наявності та кількості залишкових ресурсів екологічно чистих вод, придатних для питного водопостачання. Із загальних запасів води, що формуються на території країни на одного жителя припадає 710 м^3/рік. В той же час мінімальна питома норма, за визначенням Європейської економічної комісії ООН, складає 1500 м^3/рік. Для порівняння, в Білорусі цей показник складає 3300 м^3/рік, Польщі – 1400 м^3/рік [1]. У той час техногенне забруднення охопило всю поверхневу гідросферу і проникає все глибше в підземну гідросферу якісно виснажуючи ресурси екологічно чистих прісних вод. Враховуючи незадовільну якість води у поверхневих водостоках, істотні затрати на її очищення і неможливість ефективного захисту від техногенних забруднень, стратегічного значення набувають пошук використання підземних прісних вод для потреб населення [2].

Мета досліджень. Виявлення та оцінка перспективних, у тому числі не задіяних, джерел екологічно чистих природних вод та наукове обґрунтування можливості їх застосування для питного водопостачання у майбутньому, їх охорони та раціонального використання, у тому числі при виникненні надзвичайних ситуацій. Окреслення перспективних ділянок та глибин, які можливо задіяти до використання джерел питної води у геологічному середовищі четвертинних та неогенових відкладів не тільки в північно–західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину а і у всьому прогині, їх діагностовано і виявлено при проведенні геологорозвідувальних робіт з метою пошуків покладів вуглеводнів із урахуванням різноманіття природних умов.

Виклад матеріалу. Свердловини на воду почали використовувати ще в першому столітті у Китаї у вигляді колодязів глибиною 70-80 м. В 1123 році в французькій провінції Артуа водопостачання забезпечувалося артезіанською водою. На Україні централізоване водопостачання з підземних джерел почалося з XVII ст., коли по прокладених в землі дерев'яних трубах воду стали подавати з Київських гір в духовну академію і конвент св. Миколая. Водою з гір забезпечувались також фонтани Фроловського та Братського

монастирів, діючий і нині фонтан “Самсон” на Подолі. В цей же час починають застосовувати механічні способи подачі води окремим установам і буриться перша артезіанська свердловина. В 1843 році на території шпиталю Київської фортеці була пробурена свердловина глибиною 103м. Перші свердловини споруджувались шляхом забивання в грунт свердловин дерев’яних (соснових або дубових) труб, які мали зовнішній діаметр 325мм, внутрішній - 175м. Такі свердловини глибиною до 200м існували в Одесі, Сімферополі, Керчі, Луганську та інших містах. Київ спочатку одержував воду із Дніпра (1870... 1872рр.), при цьому її очищали на повільних фільтрах. Очистка кольорової води Дніпра проходила погано, тому з 1895 року на Подолі почали бурити свердловини. В 1908 році Київ повністю перейшов на забір води свердловинами (30000 м^3/добу) і це було навіть рятівним під час холери 1908р. [3].

За результатами проведення буріння свердловин в процесі проведення геологорозвідувальних робіт з метою пошуків покладів вуглеводнів, рівень ґрунтових прісних вод в верхніх розрізах свердловин північно–західної частини Зовнішньої зони Передкарпатського прогину коливається в межах 20-300 м (рис.1). Прісні підземні води розкриваються проектними свердловинами і у даному випадку складають два гідрогеологічні поверхи. Перший охоплює інтервал глибин від 0 до 30–40 м, другий від 0 до 70–80м а іноді до 250–300м, це – зони активного водообміну, що характеризується прісними пластовими водами зосередженими в четвертинних відкладах і у верхній частині нижньосарматських горизонтів верхньодашавської підсвіти неогену.



1- Передкарпатський глибинний розлом; 2 - поздовжні регіональні розломи; 3 - поперечні розломи; 4 - оперяючі та меридіональні розриви; 5 - лінія насуву відкладів Внутрішньої зони; 6 - лінія державного кордону; 7- газові родовища з підвищеними значеннями псамітовості; 8 - діпянки відсутності неогенових відкладів; 9 - свердловини; 10 - ізогіпси псамітовості

Газові родовища та перспективні площі Зовнішньої зони Передкарпатського прогину:

1 - Хідновицьке, 2 - Садковицьке, 3 - Пинянське, 4 - Залужанське, 5-Свидницьке, Коханівське, Вижомлянське, 6 - Вишнянське, 7 - Никловицьке, 8 - Макунівське, 9 - Новосілківське, 10 - Твіржівська,11 - Рудківське, 12 - Городоцьке, 13 - Малогорожанське, 14 - Рубанівське, 15 - Верещицьке, 16 - Грушівське, 17 - Північномединицьке, 18 - Грудівське, 19-Північно-Більче Волицьке, 20 - Більче-Волицьке, 21 - Південноопарське,22 - Опарське, 23 - Кавське, 24 - Угерське, 25 - Південноугерське. 26 - Орховицьке.

Рисунок 1 – Тектонічна карта північно-західної частини зовнішньої зони Передкарпатського прогину

Четвертинні відклади насичені ґрунтовими водами. Водоносними є прошарки та лінзи супісків, пісковиків і пісковиків з галечниками з коефіцієнтами фільтрації 11,72 – 23,25 $м^3$/добу. Живляться водоносні горизонти за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Води прісні, гідрокарбонатно–кальцієві або гідрокарбонатно–натрієві з загальною мінералізацією 0,2–1,0 г/л. Дебіти каптованих колодязями чи свердловинами водовідборів коливаються в межах 1,6–17 л/с, статичні рівні встановлюються на глибині 1–9 метрів. В четвертинному шарі відбувається активний водообмін, його товщина порядку 30 м і значних водоносних горизонтів в ньому немає. Розкриття проектними свердловинами великих водоносних горизонтів в четвертинних відкладах є малоймовірним через їх малу товщину.

Неогенові піщано-глинисті горизонти нижньосарматського комплексу порід верхньодашавської підсвіти, що залягають глибше зони активного водообміну, як правило, вміщують мінералізовані чи слабомінералізовані пластові води гідрокарбонатно–натрієвого чи хлоридно–кальцієвого типів, що є показником утрудненого водообміну, а отже, і сприятливих умов для збереження покладів вуглеводнів і є другим гідрогеологічним поверхом. На вододілах, де часто залягає товща суглинків складає 20–30 м, розріз яких завершується відкладами гальки, водоносні горизонти пов'язані із контактною зоною четвертинних і корінних порід. Характерними рисами сарматської осадової товщі є її шарувата будова та ритмічність нашарування піщаних і глинистих порід.

Нині існуючі методи ГДС не дають змогу однозначно обґрунтувати характер насичення порід–колекторів у тонкошаруватому піщано–глинистому розрізі зовнішньої зони Передкарпатського прогину та перспективні об'єкти виділяються з великими труднощами. У переважних випадках при випробуванні перспективних інтервалів на газ, отримано припливи прісних вод. Визначення газоносних об'єктів у піщано–глинистій товщі верхньодашавської підсвіти неогену пов'язано з тим, що глини, як правило, не є колекторами для вуглеводнів. Окремі шари і прошарки глин стають колекторами, якщо в їх складі існує певний відсотковий вміст піщаної фракції.

Визначення продуктивних інтервалів ускладнюється ще тим, що на малих і середніх глибинах пластові води дуже часто слабомінералізовані та навіть прісні [4]. Такі води володіють дуже великим електричним опором, що не дає можливості відрізнити за даними, наприклад, електрометрії водоносні шари і прошарки від пластів, насичених вуглеводнями. Радіоактивні методи ГДС (гама–каротаж (ГК), нейтронний гама–каротаж (НГК), кавернометрія, газовий каротаж та інші методи також не завжди дають відповіді для однозначного виділення продуктивних інтервалів, навіть при їх комплексній інтерпретації. За результатами проведених промислово-геофізичних досліджень інтерпретація щодо насичення флюїдами верхньої частини геологічного розрізу у свердловинах майже не проводиться. В поодиноких свердловинах із розривами по глибинах виконано записи ГДС тільки стандартного каротажу, ГК та НГК. Керн, як правило, не відбирається, а проби шламу не досліджуються належним чином. Випробування та дослідження припливів прісних пластових вод має несистемний та епізодичний підхід.

Висновки. Отже, в розрізах нафтогазоперспективних площ та родовищ північно–західної частини зовнішньої зони Передкарпатського прогину існують перспективні ресурси прісних вод, природна захищеність яких забезпечує довготривалу стабільність їх складу, і їх можна використовувати для питного водоспоживання.

Список посилань.

1. Яковлєв В.В. Перспективні джерела природних вод для питного водопостачання України, їх охорона і раціональне використання: Дис... д-ра геол.. наук: 21.06.01 / Харків. Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків, 2017, 340 с.
2. Підземні води як стратегічний ресурс. В.М. Шестопалов, В.І. Лялько, В.В. Гудзенко та ін., Вісник Національної академії наук України, 2005, №5, С. 32-39.
3. Бурова справа в водопостачанні: Підручник, Рівне: НУ ВГП, 2004, 268 с.
4. Маломинерализованные воды глубоких горизонтов водонапорных бассейнов Украины, Колодий В.В., Щепак В.М., Нудык Б.Н., Горелова Л.В., Панькив Р.П. Киев: Наук. думка. 1991, 184 с.

УДК 004.9:620.92

ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ JAVA ТА PHP-ЗАСТОСУНКІВ З ВІДКРИТИМ КОДОМ ЗА БАГАТОФАКТОРНИМИ НЕЛІНІЙНИМИ РЕГРЕСІЙНИМИ МОДЕЛЯМИ

д.т.н. ***Приходько С.Б., Смикодуб Т.Г., Ворона М.В., Беркунський Є.Ю.****, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, Україна*

Вступ. Задача оцінювання розміру JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом як і іншого програмного забезпечення (ПЗ) на ранній стадії розробки є важливою, оскільки ця інформація використовується для прогнозування трудомісткості створення ПЗ за допомогою такої відомої моделі як COCOMO II. Це потребує відповідних моделей для оцінювання розміру ПЗ, у тому числі і JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом.

Для оцінювання кількості строк коду інформаційних JAVA та PHP-систем з відкритим кодом відомі лінійні регресійні рівняння в залежності від трьох метрик концептуальної моделі даних у вигляді діаграми класів [1]. Ці рівняння побудовані на основі методів множинного лінійного регресійного аналізу. Але, як відомо, при побудові лінійних регресійних моделей необхідно виконання певних умов, зокрема залишки повинні бути розподілені за нормальним законом, що має місце лише в поодиноких випадках. А це веде до необхідності побудови нелінійних регресійних моделей для оцінювання кількості строк ПЗ та застосування відповідних методів множинного нелінійного регресійного аналізу [2].

Тому в [2, 3] для оцінювання розміру інформаційних JAVA та PHP-систем з відкритим кодом були запропоновані нелінійні регресійні моделі, які побудовані за допомогою множинного нелінійного регресійного аналізу із застосуванням чотиривимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B на основі таких же трьох метрик діаграми класів, що і в [1]: загальна кількість класів, загальна кількість зв'язків та середня кількість атрибутів на клас. Але для JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом, що не є інформаційними системами, наприклад, таких як різноманітні фреймворки та конвертори, регресійні моделі можуть залежати в тому числі від інших метрик.

Виклад матеріалу. В роботі для оцінювання розміру JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом побудовано дві багатофакторні нелінійні регресійні моделі. Для оцінювання розміру PHP-застосунків побудовано трьохфакторну нелінійну регресійну модель в залежності від кількості класів (Classes) X_1; суми середньої кількості класів, на які впливає даний клас (Average Afferent Coupling) X_2 і середньої кількості класів, з яких даний клас отримує ефекти (Average Efferent Coupling), та середньої кількості методів (Average Methods) X_3 на основі чотиривимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B. Для оцінювання розміру JAVA-застосунків побудовано чотирьохфакторну нелінійну регресійну модель в залежності від кількості класів X_1; кількості статичних методів (NOSM) X_2; метрики, що характеризує відсутність згуртованості методів (Lack of Cohesion of Methods, LCOM), X_3 та кількості викликів унікального методу в класі (the Response for Class, RFC) X_4 на основі п'ятивимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B. При побудові моделей були використані дані із 38 Java-застосунків та 40 PHP-застосунків розташованих на сайті GitHub (https://github.com). Вибір саме цих факторів був обумовлений тим, що вони не мають проблеми з мультиколінеарністю: елементи на головній діагоналі оберненої коваріаційної матриці для зазначених відповідних факторів були менші за 6.

Нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру PHP-застосунків записується у вигляді [2]

$$Y = \hat{\varphi}_Y + \hat{\lambda}_Y \left[1 + e^{-\left(\hat{Z}_Y + \varepsilon - \hat{\gamma}_Y\right)/\hat{\eta}_Y}\right]^{-1}, \qquad (1)$$

де $\hat{Z}_Y = \hat{b}_0 + \hat{b}_1 Z_1 + \hat{b}_2 Z_2 + \hat{b}_3 Z_3$; $Z_j = \gamma_j + \eta_j \ln \dfrac{X_j - \varphi_j}{\varphi_j + \lambda_j - X_j}$, $\varphi_j < X_j < \varphi_j + \lambda_j$, $j = 1,2,3$;

$\hat{\gamma}_Y = 3{,}22402$, $\hat{\gamma}_1 = 3{,}0914$, $\hat{\gamma}_2 = 0{,}741344$, $\hat{\gamma}_3 = 18{,}3888$, $\hat{\eta}_Y = 0{,}673845$, $\hat{\eta}_1 = 0{,}652695$,
$\hat{\eta}_2 = 0{,}880739$, $\hat{\eta}_3 = 2{,}08381$, $\hat{\varphi}_Y = 0{,}054249$, $\hat{\varphi}_1 = -0{,}023277$, $\hat{\varphi}_2 = 1{,}52687$, $\hat{\varphi}_3 = -1{,}25874$,

$\hat{\lambda}_Y = 1057{,}484$, $\hat{\lambda}_1 = 8737{,}832$, $\hat{\lambda}_2 = 11{,}7836$; $\hat{\lambda}_3 = 52797{,}72$; $\hat{b}_0 = 0$, $\hat{b}_1 = 1{,}05746$, $\hat{b}_2 = -0{,}0428158$, $\hat{b}_3 = 0{,}504146$ [4].

Нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру JAVA-застосунків має вигляд (1) тільки з тією різницею, що до неї входить ще четвертий фактор X_4, а оцінки параметрів мають інші значення.

Для оцінювання точності прогнозування за допомогою регресійних моделей у тому числі і в інженерії програмного забезпечення зазвичай використовуються відомі стандартні показники: множинний коефіцієнт детермінації R^2, середня величина відносної помилки MMRE та відсоток прогнозованих результатів, для яких величини відносної помилки MRE менші за 0,25, PRED(0,25). Допустимі значення MMRE і PRED(0,25) складають не більше 0,25 і не менше 0,75 відповідно. Допустиме значення R^2 приблизно таке ж, як для PRED(0,25).

Модель для оцінювання розміру PHP-застосунків на основі чотиривимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B (1) виявилася кращою за модель, що було також побудовано за нормалізуючим перетворенням у вигляді десяткового логарифму, за двома показниками: R^2 і MMRE. Значення R^2 і MMRE для моделі на основі чотиривимірного перетворення Джонсона складають 0,982 і 0,161 відповідно, що краще за ці показники для моделі на основі десяткового логарифму відповідно на 1,0% і 7,1%. Для моделі на основі чотиривимірного перетворення Джонсона значення PRED(0,25) дорівнює 0,75, що на 3,3% гірше за цей показник для моделі на основі десяткового логарифму. Але основна перевага моделі на основі чотиривимірного перетворення Джонсона у порівнянні з моделлю на основі десяткового логарифму полягає у менших ширинах інтервалу передбачення нелінійної регресії розміру PHP-застосунків з відкритим кодом для більшої кількості даних. Модель на основі чотиривимірного перетворення Джонсона сімейства S_B у порівнянні з моделлю на основі десяткового логарифму має менші ширини інтервалу передбачення для 36 PHP-застосунків.

Приблизно такі ж результати ми отримали і для чотирьохфакторної нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру JAVA-застосунків на основі п'ятивимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B. Тільки з тією різницею, що її відсоток прогнозованих результатів PRED(0,25) виявився кращими за відповідний показник попередньої моделі. Для чотирьохфакторної нелінійної регресійної моделі для оцінювання розміру JAVA-застосунків на основі п'ятивимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B значення R^2, MMRE та PRED(0,25) є відповідно такими: 0,947, 0,175 та 0,824. Ці значення вказують на добру якість побудованої нелінійної моделі. Крім того, було побудовано чотирьохфакторну лінійну регресійну модель, для якої були отримані відповідно такі значення R^2, MMRE та PRED(0,25): 0,957, 0,683 та 0,529. Значення MMRE більше за 0,25 та PRED(0,25) менше за 0,75 вказують на погану якість побудованої лінійної регресійної моделі для оцінювання залежної випадкової змінної. Добрий результат ця лінійна модель дає лише для оцінювання вибіркового середнього.

Отримані результати можна пояснити розподілом багатовимірних даних, який суттєво відрізняється від нормального. Зокрема про це свідчить оцінка багатовимірного ексцесу β_2, яка визначалася як і в [2]. Відомо, що для m-вимірного нормального розподілу $\beta_2 = m(m+2)$. У разі п'ятивимірних даних $\beta_2 = 35$. У нашому випадку для даних із 38 Java-застосунків оцінка β_2 дорівнює 100,8, що майже в 3 рази перевищує теоретичне значення. І навпаки, для нормалізованих даних, які отримані за п'ятивимірним перетворенням Джонсона сімейства S_B, оцінка β_2 дорівнює 37,45, що всього на 7% відрізняється від теоретичного значення.

Кращі показники оцінювання розміру PHP-застосунків з відкритим кодом за моделлю нелінійної регресії (1) на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B також можна в першу чергу пояснити кращою нормалізацією. Так, якщо за критерієм на основі квадрата відстані Махаланобіса гіпотеза про нормальність багатовимірного закону розподілу нормалізованих за допомогою чотиривимірного нормалізуючого перетворення

Джонсона сім'ї S_B даних для 40 застосунків приймається для рівня значущості 0,025, то у випадку застосування одновимірного перетворення та без нього – відкидається.

Висновки. Удосконалено трьохфакторну модель нелінійної регресії для оцінювання розміру PHP-застосунків з відкритим кодом в залежності від загальної кількості класів; суми середньої кількості класів, на які впливає даний клас, і середньої кількості класів, з яких даний клас отримує ефекти, та середньої кількості методів на клас на основі чотиривимірного нормалізуючого перетворення Джонсона сім'ї S_B. Удосконалено чотирьохфакторну модель нелінійної регресії для оцінювання розміру JAVA-застосунків з відкритим кодом в залежності від загальної кількості класів; кількості статичних методів; метрики, що характеризує відсутність згуртованості методів, та кількості викликів унікального методу в класі на основі п'ятивимірного перетворення Джонсона сім'ї S_B. Це дозволяє підвищити достовірність оцінювання залежної змінної нелінійної регресії у порівнянні з використанням одновимірних нормалізуючих перетворень. Моделі, що побудовано на основі багатовимірного нормалізуючого перетворення Джонсона, в порівнянні з іншими регресійними моделями мають більший відсоток прогнозованих результатів, менші середні величини відносної похибки та ширини інтервалу передбачення нелінійної регресії. В подальшому планується використання інших наборів даних для побудови багатофакторних нелінійних регресійних моделей для оцінювання розміру JAVA та PHP-застосунків з відкритим кодом.

Список посилань.

1. Tan H.B.K., Zhao Y., Zhang H. Conceptual data model-based software size estimation for information systems. *Transactions on Software Engineering and Methodology*. 2009. Vol. 19. Issue 2. October 2009. Article No. 4.

2. Prykhodko N.V., Prykhodko S.B. Constructing the non-linear regression models on the basis of multivariate normalizing transformations. *Electronic modeling*. 2018. Vol. 40. No. 6. P. 101-110. DOI: 10.15407/emodel.40.06.101

3. Prykhodko N.V., Prykhodko S.B. The non-linear regression model to estimate the software size of open source Java-based systems. *Radio Electronics, Computer Science, Control*. 2018. No. 3 (46). P. 158-166. – DOI 10.15588/1607-3274-2018-3-17

4. Приходько С.Б., Приходько Н.В., Фаріонова Т.А., Ворона М.В. Трьохфакторна нелінійна регресійна модель для оцінювання розміру Php-застосунків з відкритим кодом. *Науковий журнал «Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки»*. 2020. Том 31 (70) № 1, С. 124-131.

УДК 004.855.5: 004.416.3

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРО-НЕЧІТКИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗРОБКИ АДАПТИВНОЇ МОДЕЛІ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

к.т.н. ***Пікуляк М.В.****, Академія технічних наук України, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Використання новітніх програмних середовищ для створення сучасних адаптивних навчальних систем дає можливість не тільки досягнути високого ступеня засвоєння матеріалу, але і дозволяє забезпечити підвищення інтелектуального рівня студента.

В даний час в інтелектуальних навчальних системах все більшого поширення набувають технології, які дозволяють вирішувати широкий клас задач обробки результатів досліджень за рахунок використання гібридних систем, оскільки вони з однієї сторони дозволяють використовувати як традиційні засоби та методи штучного інтелекту, а з другої – застосовувати новітні моделі та інструментальні засоби на основі інтеграції вже відомих методик.

В роботі запропоновано використання гібридної нейро-нечіткої мережі для розробки адаптивної моделі навчальної системи , застосування якої дозволяє досягти більш високої точності розрахунків, при цьому не втрачаючи здатності функціонувати в реальному часі.

Виклад матеріалу. Побудована нечітка модель адаптивного модуля представлена системою нечіткого логічного виведення, що дозволяє управляти навчальними траєкторіями студента, відповідно до його поточного рівня засвоєння нових знань.

Для моделювання такого підходу в роботі використано структуру ANFIS – адаптивної системи нейро-нечіткого виведення (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System) [1], реалізованої в пакеті розширення Fuzzy Logic Toolbox (пакеті нечіткої логіки) системи MATLAB, яка дозволяє поєднати нейромережевий підхід (здатності до навчання) з математичним апаратом нечіткої логіки.

Побудована ANFIS-мережа представлена мережею нейронів з п’яти шарів – рис. 1.

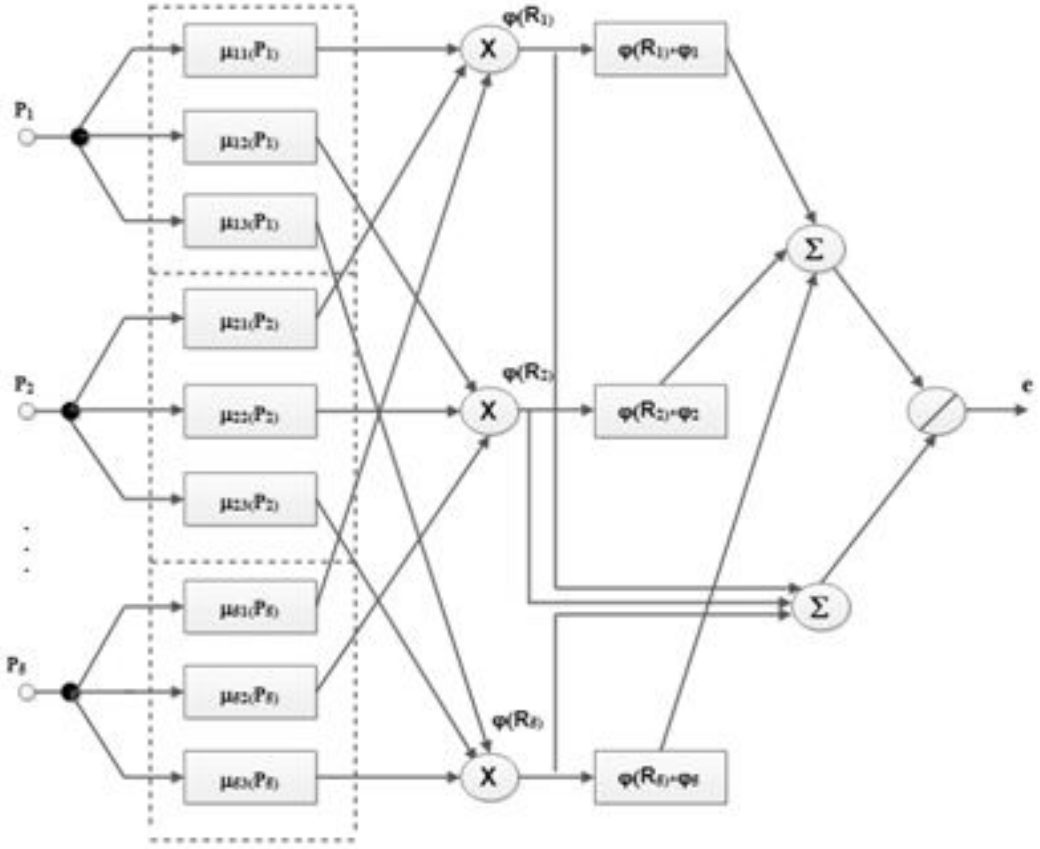


Рисунок 1 – Структура ANFIS мережі

Перший шар визначає нечіткі терми вхідних параметрів, тобто виконує перетворення вхідного сигналу в нечітку змінну, використовуючи функції приналежності (операція фазифікації). На його вхід поступає 5-ти мірний вектор $P_i(P_1, P_2, P_3, P_4, P_5)$, елементи якого відображають поточні навчальні успіхи студента.

У другому шарі перебувають нейрони, які обчислюють рівень істинності правил $\varphi(R_j)$ (використовується логічна операція множення над вхідними змінними).

Третій шар виконує нормалізацію значень другого шару. Інакше кажучи, вихід нейрона цього шару $\bar{\varphi}(R_j)$ видає нормалізоване значення його головного входу відносно усіх інших входів.

Адаптивні вузли четвертого шару розраховують внесок кожного нечіткого правила у вихід мережі за формулою:

$$e_{ij} = \bar{\varphi}(R_j) \cdot \varphi_i; i = 1,...,5; j = 1,...,3,$$

де e_{ij} – внесок кожного нечіткого правила у вихід мережі; $\bar{\varphi}(R_j)$ – відносний ступінь виконання j-го нечіткого правила; φ_i – чітке число, що задає висновок кожного i-го *(отриманого)* правила:

$$\varphi_i = \sum_{i=j}^{n} R_j(P_i), i = 1,...,k .$$

Кожний вузол четвертого шару з'єднаний з одним вузлом третього шару, а також із усіма входами мережі.

І нарешті, п'ятий (вихідний) шар реалізує функцію дефазифікації, в результаті якої визначається сума внесків усіх правил. В даному шарі відбувається генерація результуючого висновку на основі нечітких правил (4-го шару):

$$e = \sum_{j=1}^{k} e_j$$

де e – вихід мережі; $\sum_{j=1}^{k} e_j$ – сумарний внесок всіх нечітких правил.

Для навчання побудованої мережі використано гібридний алгоритм, в якому застосовано комбінацію градієнтного спуску у вигляді алгоритму зворотного поширення помилки і методу найменших квадратів [2].

Процес навчання відбувається у два етапи. Спочатку на вхід модуля управління подаються значення параметрів вектора P_i, що входять у навчальну вибірку. На його основі формується вихідна дія, яка управляє. Цей сигнал розповсюджується по мережі в прямому напрямку, і послідовно з використанням ітераційного методу найменших квадратів розраховуються значення вихідних сигналів проміжних шарів і вихідного сигналу e .

На другому етапі при використанні методу зворотного поширення помилки вихідна реакція $\varphi_a(R_j)$ порівнюється з еталонним значенням $\varphi_e(R_j)$, і за наслідками порівняння модифікуються значення ваг вхідного вектора P_i.

Ітераційна процедура настроювання продовжується поки відхилення перевищує заздалегідь установлене значення похибки. Навчена ANFIS із використанням описаного алгоритму забезпечує необхідну точність визначення режиму навчання та використовується для керування адаптивними навчальними траєкторіями.

Висновки. Запропонована технологія нейро-нечіткого виведення є ефективним інструментом для моделювання адаптивних траєкторій в навчальних системах, оскільки дозволяє підвищити якість навчальних систем за рахунок високої швидкодії обрахунків та можливості оперативного навчання в процесі надходження нових даних.

Список посилань.

1. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. − М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
2. Du K. - L., Swamy M. N. S. Neural networks and statistical learning.– London: Springer-Verlag, 2014. – 824 p.

УДК 004.89:004.773

МНОГОАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*к.т.н. **Абабий В.В.**, к.т.н. **Судачевски В.М.**, **Мунтяну С.**, **Цуркан А.**, Технический Университет Республики Молдова, Кишинев, Республика Молдова*

Введение. Сегодня, развитие производственных процессов, нельзя планировать без использования интеллектуальных систем поддержки принятия решений [1]. Данные системы в состоянии подсказать пользователю достаточно мудрые и разумные решения, которые без

их участия практически невозможны, из-за отсутствия объективного и полного анализа предметной области [2, 3, 4].

В настоящее время достаточно широко используются множество систем поддержки принятия решений в таких областях как: бизнес и менеджмент, инвестиции, инжиниринг, медицина, окружающая среда и др., где основными элементами являются Интеллектуальные Агенты. Наиболее эффективными считаются Много-Агентные распределенные или мобильные системы, которые способны охватывать большие территории для анализа в процессе накопления знаний и обучения [5].

Основным достоинством любого Интеллектуального Агента можно считать наличие знаний и возможность применения этих знаний для персонального обучения через процессы накопления данных, их анализ и формирование новых более прогрессивных знаний [6, 7, 8].

В данной работе предлагается проектирование Многоагентной системы для поддержки принятия решений на базе многокритериального анализа пространства состояний, формирование новых знаний и вычисление предложений для принятия решений.

Постановка задачи.

Пусть задано множество Агентов $\boldsymbol{A} = \left\{ \boldsymbol{A}_{\boldsymbol{m}}, \forall \boldsymbol{m} = \overline{1, \boldsymbol{M}} \right\}$, которая активирует в пространстве $\boldsymbol{D} \subseteq \boldsymbol{R}^{N}$, где $\boldsymbol{N}$ размерность пространства $\boldsymbol{D}$. В пространстве $\boldsymbol{D}$ задан процесс $\mathbf{P}$, который описывается вектором состояния $\boldsymbol{X} = \left\{ \boldsymbol{x}_{\boldsymbol{s}}, \forall \boldsymbol{s} = \overline{1, \boldsymbol{S}} \right\}$, где $\boldsymbol{X} \subseteq \boldsymbol{D}$. Идеальным соотношением процесса $\mathbf{P}$ и пространства $\boldsymbol{D}$ можно считать при условии, что $\boldsymbol{S} = \boldsymbol{N}$ и $\boldsymbol{X} \approx \boldsymbol{D}$.

Каждый Агент $\boldsymbol{A}_{\boldsymbol{m}}$ преследует собственные интересы и воздействует на процесс $\mathbf{P}$ вектором управления (принятия решений) $\boldsymbol{U}_{\boldsymbol{m}} = \left\{ \boldsymbol{u}_{\boldsymbol{m},\boldsymbol{s}}, \forall \boldsymbol{s} = \overline{1, \boldsymbol{S}} \right\}$ с целью получения максимальной прибыли $\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{D}) \to \max, \forall \boldsymbol{m} = \overline{1, \boldsymbol{M}}$. При выполнении условия лояльной конкуренции [9] будет достигнута и максимальная глобальная прибыль $\boldsymbol{P} = \bigcup_{\boldsymbol{m}=1}^{\boldsymbol{M}} \left(\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{m}} \right) \to \max_{\boldsymbol{G}}$.

Так как каждый Агент является конкурентом для других Агентов, обмен данными между ними не предусмотрен. О намерениях Агентов конкурентов можно узнать только в результате анализа состояния процесса $\mathbf{P}$.

Решение поставленной задачи.

Агент это интеллектуальное устройство с индивидуальными характеристиками $\boldsymbol{A}_{\boldsymbol{m}} = \left\{ \boldsymbol{E}_{\boldsymbol{m}}, \boldsymbol{K}_{\boldsymbol{m}}, \boldsymbol{MM}_{\boldsymbol{m}}, \boldsymbol{O}_{\boldsymbol{m}}, \boldsymbol{AC}_{\boldsymbol{m}} \right\}$, где: $\boldsymbol{E}_{\boldsymbol{m}}$ - способность восприятия пространства активности $\boldsymbol{D}$ (ввод вектора состояния $\boldsymbol{X}$); $\boldsymbol{K}_{\boldsymbol{m}}$ - специфические знания, в области деятельности Агента предназначенные для принятия решений и генерации новых знаний; $\boldsymbol{O}_{\boldsymbol{m}}$ - цель деятельности Агента; $\boldsymbol{MM}_{\boldsymbol{m}}$ - математические методы и модели для обработки данных и знаний с целью принятия решений и получения новых знаний; $\boldsymbol{AC}_{\boldsymbol{m}}$ - методы и средства для воздействия на процесс $\mathbf{P}$ (вывод вектора $\boldsymbol{U}_{\boldsymbol{m}}$) для достижения поставленных целей, то есть получение максимальной прибыли $\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{D}) \to \max$.

На Рисунке 1 представлена структура Агента. Функциональность Агента заключается в генерации последовательности операций, которая задается блоком $\boldsymbol{MM}_{\boldsymbol{m}}$, в зависимости от содержания блока знаний $\boldsymbol{K}_{\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{t})$ и условия сходимости для получения максимальной прибыли $\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{D}) \to \max$:

1. Ввод данных о состоянии процесса $\mathbf{P}$ (ввод вектора $\boldsymbol{X}_{\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{t})$);
2. Преобразование данных в знания (блок $\boldsymbol{K}_{\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{t})$);
3. Проверка выполнения условия $\boldsymbol{P}_{\boldsymbol{m}}(\boldsymbol{D}) \to \max$:

4. Вычисление вектора $U_m(t)$ (принятия решений) и воздействие на процесс $\mathbf{P}$, в результате получаем новое состояние процесса $X(t+1)$;
5. Переход на п. 1.

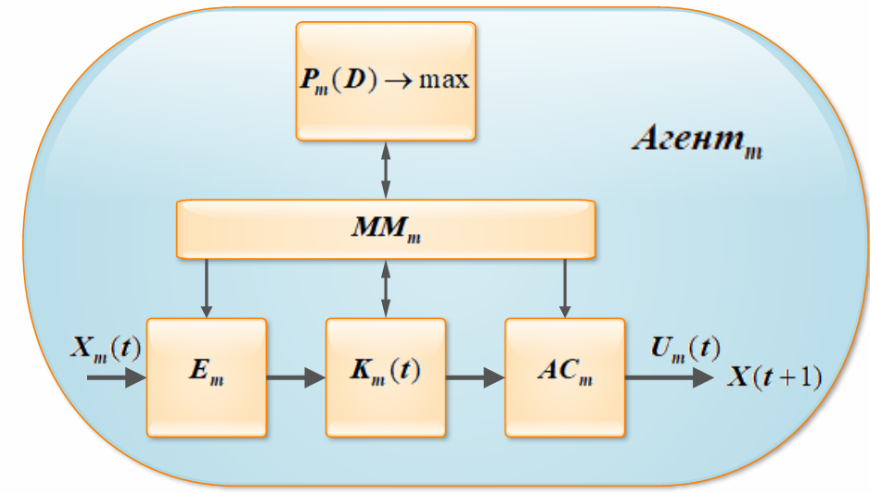


Рисунок 1 – Структура Агента

В данной работе в качестве модели для принятия решений используются нейронные сети. На Рисунке 2 представлена модель нейронной сети Агента A_m для вычисления параметров принятия решений $U_m(t)$, которая состоит из: вектора состояния процесса $X_m(t)$; матрица коэффициентов или набор знаний $W_m^2 = \left\{w_{m,j,i}, \forall j = \overline{1,S}, i = \overline{1,S}\right\}$; сумматоры $\sum$; вектор результатов суммирования $Q_m = \left\{q_{m,j}, \forall j = \overline{1,S}\right\}$; функции для вычисления параметров принятия решений $f_{m,j}, \forall j = \overrightarrow{1,S}$; и вектор параметров для принятия решений $U_m(t) = \left\{u_{m,j}, j = \overline{1,S}\right\}$, где $f_{m,j}\left|q_{m,j} \to u_{m,j}, \forall j = \overrightarrow{1,S}\right.$.

Для вычисления условия получения максимальной прибыли $P_m(D) \to \max$ используется вектор Q_m, вектор коэффициентов или набор знаний $W_m^1 = \left\{w_{m,j}, \forall j = \overline{1,S}\right\}$ и преобразование $f_{m,P}\left|g_m \to P_m(D)\right.$.

Для моделирования и тестирования функциональности модели нейронной сети достаточно подключить выходы $X(t+1)$ с входами $X(t)$.

Выводы.

В данной работе представлен результат проектирования Многоагентной системы для поддержки принятия решений на базе многокритериального анализ пространства состояний, формирование новых знаний и вычисление предложений для принятия решений. Представлена модель и структура Агента. По условиям задачи обмен данными между Агентами не предусмотрен, каждый Агент самостоятельное и индивидуальное устройство. О действиях Агентов конкурентов можно узнать только в результате анализа пространства состояния. Модель принятия решений и вычисление условия достижения цели реализованы в виде искусственных нейронных сетей.

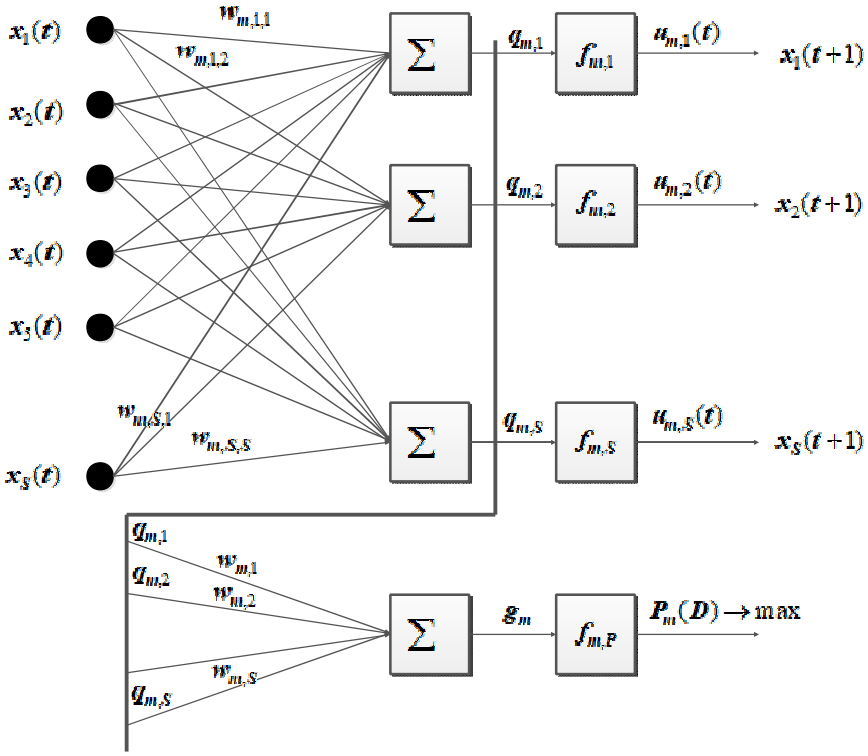


Рисунок 2 - Модель нейронной сети

Список литературы.

1. Городецкий В.И., Карсаев О.В., Самойлов В.В., Серебряков С.В., Прикладные Многоагентные системы группового управления. *Искусственный интеллект и принятие решений, 2/2009*. стр. 3-24.

2. Manolache M. A., *Integrated Decision Making Environment.* PHD Thesis. University Politehnica of Bucharest, Bucharest – 2019, 155p.

3. Coccia M., Critical Decisions in Crisis Management, *Working Paper CocciaLab n. 45/2020, CNR -- National Research Council of Italy*. 2020.

4. Ferasso M., Bergamaschi E. A., Bounded Rationality Effect on Firm's Choices on R&D Investments: A Model for Decision-Making Effectiveness Analysis. *Journal of Research in Emerging Markets, 2020, 2(1),* ISSN: 2663-905X, pp.24-42. doi: 10.30585/jrems.vi4.449.

5. Кузнецов А. В., Краткий обзор Многоагентных моделей. *Управление большими системами. Выпуск 71, 2018*, стр. 6-44.

6. Ababii V., Sudacevschi V., Melnic R., Munteanu S. Multi-Agent System for Distributed Decision-Making. *National Science Journal (Ekaterinburg, Russia), Vol 2, No 45, 2019*, pp. 19-23, ISSN 2413-5291. DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2019.2.45.

7. Ababii V., Sudacevschi V., Munteanu S., Bordian D., Calugari D., Nistiriuc A., Dilevschi S. Multi-Agent Cognitive System for Optimal Solution Search. *The International Conference on Development and Application Systems (DAS-2018) 14th Edition, May 24-26, 2018,* Suceava, Romania, pp. 53-56, IEEE Catalog Number: CFP1865Y-DVD, ISBM: 978-1-5386-1493-8.

8. Safonov Gh., Ababii V., Sudacevschi V. The Decision-Making System Based on Adaptive Agents. Proceedings of the 9th International Conference on Microelectronics and Computer Science & The 6th Conference of Physicists of Moldova, Chişinău, Moldova, October 19-21, 2017. pp. 275-277, ISBN: 978-9975-4264-8-0.

9. Портер Е. М. Конкурентная стратегия: Методика анализа отраслей и конкурентов. Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 454 с. ISBN: 5-6914-0143-0.

УДК 004.67

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПРАЦЮВАННЯ ЦИФРОВИХ СИГНАЛІВ, ОТРИМАНИХ НА ОСНОВІ АУСКУЛЬТАЦІЇ

к.т.н. ***Мануляк І.З.****, Університет Короля Данила, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. На сучасному етапі практичного використання методів аналізу інформаційно-вимірювальних сигналів у медицині є безліч підходів до фізіологічної та клінічної інтерпретації даних, що дозволяють ефективно вирішувати багато завдань діагностичного і прогностичного профілю, оцінки функціональних станів, контролю ефективності лікувально-профілактичних впливів і т.п. Однак, можливості цієї методології далеко не вичерпані і її розвиток триває.

Складність опрацювання таких інформаційно-вимірювальних сигналів, отриманих при аускультації серця та виділення їх інформативних складових є проблемою на етапі проведення ЕКГ. Більшість серцевих порушень пов'язані з поширенням акустичних коливань, які серце випускає. Прослуховування звуку серця або серцева аускультація є важливим методом ранньої діагностики серцевої дисфункції. Для традиційної аускультації необхідний значний клінічний досвід. Крім того, аускультація є одним з провідних методів, що використовуються для об’єктивного обстеження хворих. Вона базується на вислуховуванні звукових явищ, що зумовлені коливаннями в організмі тих чи інших його елементів. При аускультації реєструються звуки, що виникають в організмі самостійно внаслідок зміни в напруженні тканин органів при їх функціонуванні.

Сьогодні основним методом прослуховування ритмів серця є проведення електрокардіограми. Електрокардіографія вважається абсолютно безпечним дослідним методом, що дозволяє отримати максимум інформації про стан і функціональності серцевого м’яза. Серед основних проблемам аналізу ЕКГ можна виділити такі як відсутність обліку деяких особливостей і відомостей, які не містяться в ЕКГ, але враховуються лікарем при інтерпретації сигналу; діагностичні помилки. Є дані, що результати автоматичного аналізу ЕКГ програмою в 5-20% випадків не збігаються з лікарськими висновками. Система може робити помилки або не виявляти патології в сигналі; незручний інтерфейс та дороге в обслуговуванні обладнання. Також серед недоліків процедури можна виділити низьку інформативність в певних випадках.

Виклад матеріалу.

Сьогодні одним з основних методів прослуховування серцевих ритмів є аускультація. Під час роботи серця виникають звуки, які називають тонами. На відміну від музичних тонів ці звуки складаються з суми коливань різної частоти і амплітуди, тобто з фізичної точки зору є шумами. Єдиною відмінністю тонів серця від шумів, які також можуть виникати при роботі серця, є стислість звуку [1].

Основними параметрами тонів є гучність (інтенсивність), тривалість і висота (частотна характеристика). Також обов'язково зазначається наявність або відсутність розщеплення тону і його особливі ознаки (наприклад, грюкання, дзвінкий, металевий і ін. Ці особливості називають характером тонів). Лікар зазвичай порівнює перший та другий тони в кожній точці аускультації, проте складнішим завданням є порівняти чи вислуховується тон з його належною характеристикою в даній точці у здорової людини з такими ж, як у пацієнта, віком, масою тіла і статурою.

Гучність і висота тонів. Абсолютна гучність тонів залежить від багатьох причин, зокрема сюди відносяться фізичний і емоційний стан людини, статура, ступінь розвитку м'язів грудної клітки і підшкірного жиру, температура тіла і т. д. Тому при оцінці гучності тону потрібно враховувати багато моментів. Оскільки вухо значно менш чутливе до дуже низьких і дуже високих звуків, то найкраще сприймаються звуки з частотою в діапазоні 1000-2000 Гц. Тони серця є складними звуками, що включають багато коливань різної частоти та інтенсивності. У першому тоні переважають низькочастотні, у другому – високочастотні складові. Крім того, при сильному тиску стетоскопом на шкіру вона натягується і, стаючи мембраною, гасить низькі і підсилює високочастотні складові.

Тривалість тонів. Цей параметр не може бути оцінений при проведенні аускультації. Хоча перший тон зазвичай триваліший за другий, чутно їх компоненти можуть бути однаково.

Розщеплення нормальних тонів серця. Два компоненти першого тону зазвичай створюють один сигнал, проте інтервал між ними може бути достатньо великий (30-40 мс), що при аускультації визначається як два близьких звуки.

Під час серцевого циклу може виникати від двох до чотирьох тонів серця. Перший тон систолічний, другий, третій і четвертий - діастолічні. Перший і другий тони є завжди. Третій може бути чути у здорових людей і при різних патологічних станах. Чутний четвертий тон, за рідкісним винятком, патологічний. Тони утворюються внаслідок коливань структур серця, початкових відрізків аорти і легеневого стовбура. Фонокардіографія дозволила виділити в першому і другому тонах серця окремі компоненти. Не всі вони чутні безпосередньо вухом або через фонендоскоп. Чутні компоненти 1 тону утворюються після закриття атріовентрикулярних клапанів, а другого – після закриття клапанів аорти і легеневого стовбура [1].

До серця струм потрапляє через синусовий вузол, саме тому серцевий ритм у нормі називається синусовим. Вузол знаходиться у правому передсерді, через що першим збуджується саме воно, надалі імпульс переходить до лівого передсердя. Сигнали від збудження кожного передсердя фіксуються і внаслідок накладання вони утворюють зубець. Три піки разом утворюють комплекс, який відповідає за скорочення шлуночків. Після збудження шлуночків починається процес реполяризації, тобто відновлення серця перед початком нового циклу. На рисунку 1 представлено фази серцевої діяльності [2].

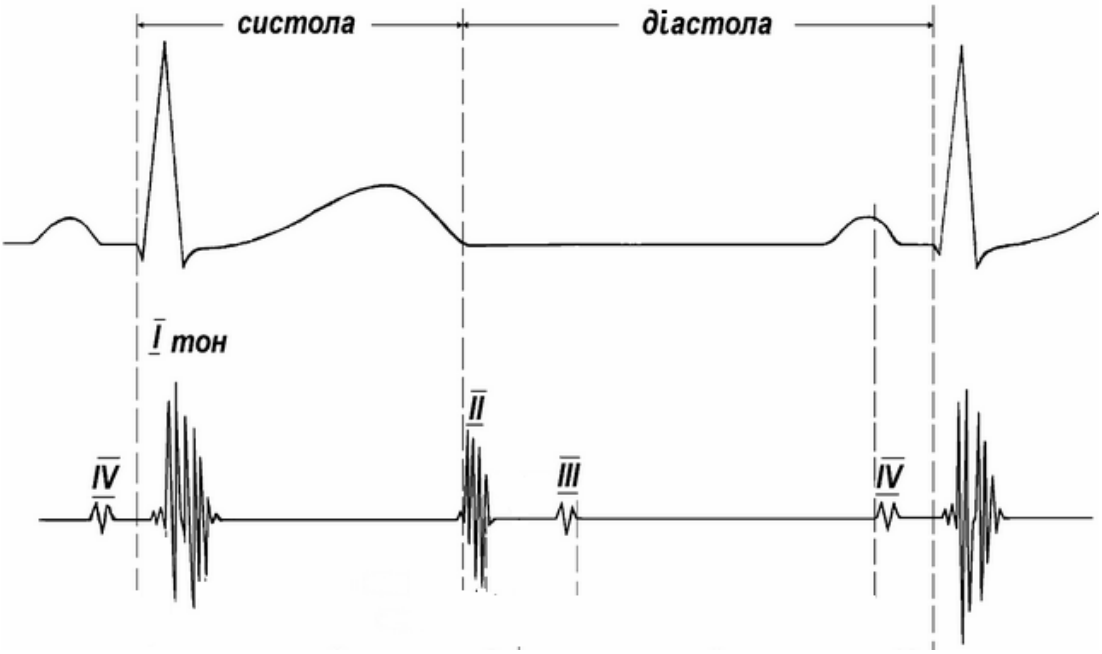


Рисунок 1 – Фази серцевої діяльності

Проведено дослідження аускультації серця, за попереднім аналізом якого можна зробити висновок, що частотний склад такої хвилі не дуже насичений. Фактично це низькі частоти, включаючи інфразвук. Зважаючи на наявність ємнісних диференціюють ланцюгів на шляху поширення сигналу від звукової карти ПК до НЧ-підсилювача, коливання динамічної головки будуть неточно повторювати коливання, представлені на кардіограмі ЕКГ. І це за умови, що ніде не встановлені фільтри, що зрізують наднизькі частоти. Крім того, будуть присутні нелінійні спотворення, що супроводжуються верхніми частотами серцевого ритму [3].

На рисунку 2 представлені отримані в результаті дослідження сигнали.

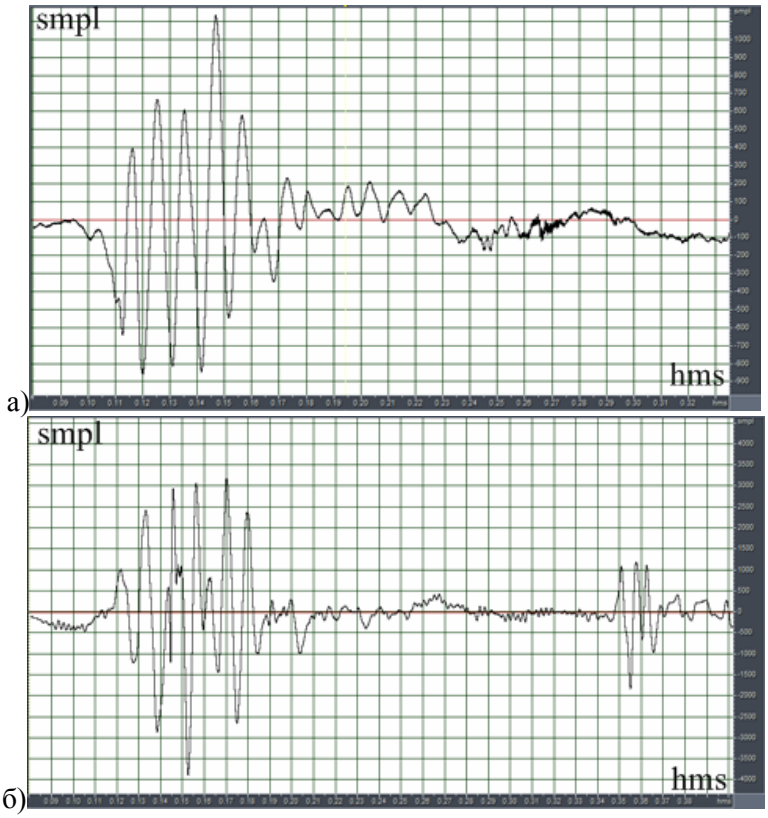


Рисунок 2 – Сигнали серця а) в спокійному стані; б) після навантаження

Перетворивши дані в текстовий формат, отримаємо результат, представлений на рисунку 3.

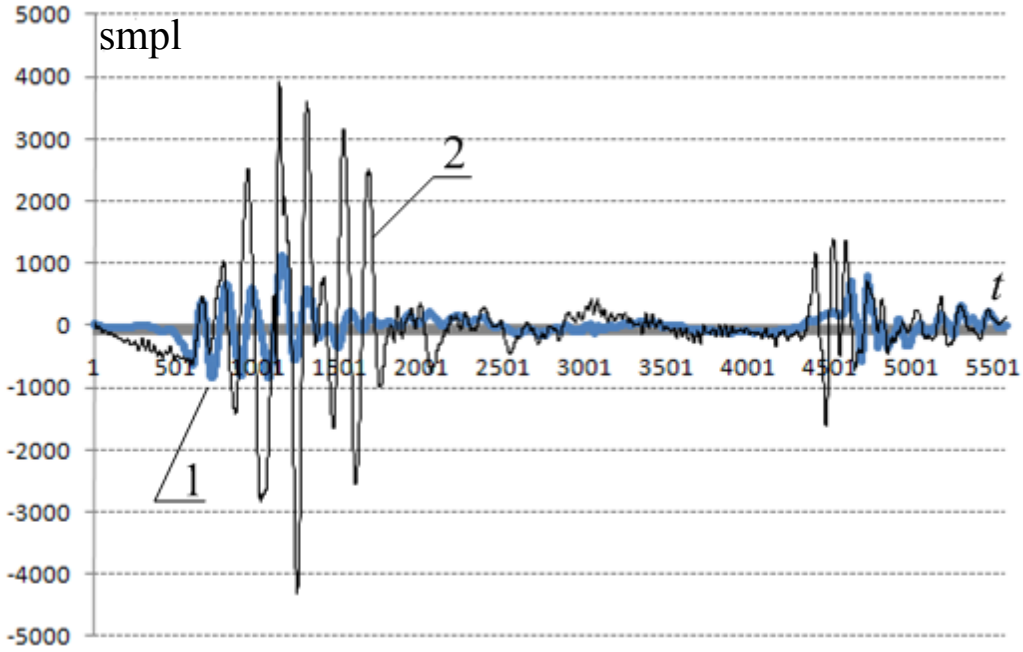


Рисунок 3 – Сигнали серця 1 – без навантаження; 2 – з навантаженням

Як можна побачити, отримані сигнали відрізняються між собою по частоті та формі. Тобто подальші дослідження зміни серцевого ритму та форми сигналу в залежності від впливу зовнішніз факторів будуть доцільні.

Крім того, досліджено спектральні характеристики отриманих сигналів (рис.4).

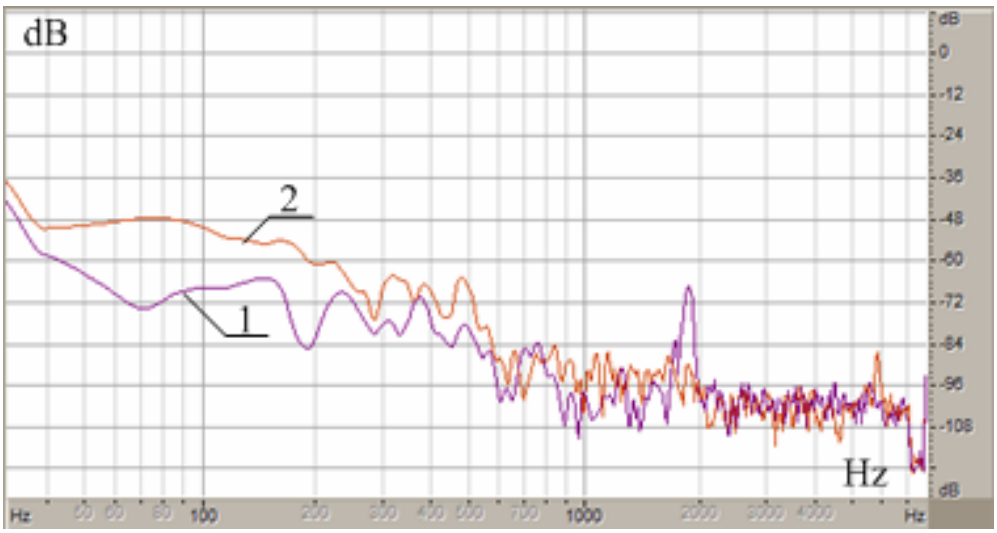


Рисунок 4 – Спектральні характеристики сигналів серця

Як показали результати, спектральні характеристики відрізняються. Доцільно розглянути дослідження інших характеристик для отриманих сигналів.

Висновки. Отже, вплив сторонніх завад і шумів, що виявляються під час аускультації та вислуховуються між тонами серця під час систоли і діастоли – це своєрідне звукове явище, що може вислуховуватися замість тонів, супроводжувати їх або виникати без зв'язку з утворенням тонів. В ході дослідження вимірювальних сигналів, встановлено, що такі шуми унеможливлюють точне виділення інформативних складових сигналу та спотворюють отриманий сигнал. Тому проведення спектрального аналізу процедури аускультації дасть змогу точніше охарактеризувати отримані сигнали та наявні шуми. Крім того, цифрове опрацювання такого сигналу дозволить на етапі первинної діагностики виявити та дослідити зняті сигнали серця і значно спростити апаратні вимоги. Крім того, необхідні тривалі дослідження значно є трудомісткі і дорогі, а аналіз добових записів ЕКГ ще недостатньо розроблений. Отже, розробка систем, які були б невеликого розміру, легко транспортувалися, були відносно дешеві та могли давати попередні висновки згідно отриманих сигналів є перспективним напрямком дослідження.

Список посилань.

1. Аускультация сердца. Тоны. Електронний ресурс. Режим доступу: http://ndgb.ru/2012-07/аускультация-сердца-тоны/.

2. Вовк И. В., Акустика дыхания и сердечной деятельности/ И. В. Вовк, В. Т. Гринченко, А. П. Макаренков// Акустичний вісник. 2011. Том 14, N 1. с. 3–19.

3. Большаков И. А. Статистические проблемы выделения потока сигналов из шума. М.: Советское радио, 1969. 464 с.

УДК 004.415.2

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПОБУДОВИ ІНДИВІДУАЛІЗОВАНОГО НАВЧАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ОНЛАЙН СИСТЕМАХ

***Дутчак М.С.**, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. У світі існує значна кількість автоматизованих освітніх систем (АОС), але більшість із них, використовуючи новітні комп'ютерні технології, зазвичай не є адаптивними та інтелектуальними [1, 2]. Для розширення переліку та якості послуг, що надаються користувачам, необхідний розвиток АОС по декількох напрямках. Одним з напрямків розвитку є поповнення баз освітніми ресурсами (ОР), в тому числі шляхом інтеграції баз з різних систем. Для вирішення проблеми інтеграції ОР розроблений ряд технологій і

стандартів. До них відносяться концепції LOM, стандарти RDF/RDFS, SCORM, протоколи RSS і т.д. На їх основі стало можливим створення організацій та об'єднань, які акумулюють ОР і забезпечують до них відкритий доступ, наприклад консорціум OCW, що виник з ініціативи UNESCO, чи інтегрована система доступу до освітніх ресурсів OER.

Виклад матеріалу. Поряд з інтеграцією ОР, в сучасних АОС актуальною є проблема автоматизації побудови індивідуалізованого навчання, що полягає в створенні і забезпеченні студентів навчальним матеріалом, який відповідає їх можливостям та меті навчання із врахуванням академічних вимог. Вирішенню цієї проблеми сприяє дотримання умов структурування навчального матеріалу, заданих у моделі навчання SCORM. Дана технологія орієнтована на оперативну компіляцію нових навчальних посібників з попередньо розроблених елементів, так званих розділених одиниць контенту (РОК) або навчальних блоків (НБ).

Але згідно моделі SCORM, НБ є автономними фрагментами навчального матеріалу і, отже, є не пов'язаними з іншими НБ, а також не є впорядкованими згідно відношення «ввідне поняття – вихідне поняття", "предок – нащадок", "об’єкт – властивість" і т.д.[3]

Встановлення даних відношень дозволяє автоматизувати процес побудови адаптивних траєкторій навчання. У даній публікації пропонується метод побудови та вибору оптимальної траєкторії навчання в розширених базах навчальних матеріалів, в яких можлива наявність декількох НБ, що пояснюють одне і те ж поняття. Такі НБ можуть відрізнятися тими чи іншими параметрами, наприклад, складністю викладу матеріалу, ступенем зв'язності з іншими НБ, актуальність матеріалів, тривалістю вивчення і т.д. [3]

При описі моделі побудови траєкторії навчання використано такі визначення:

– *ключове поняття (компетенція)* - поняття, яке є кінцевою метою вивчення дисципліни (теми, лекції і т.д.);

– *початкове поняття* - поняття, вивчення якого не потребує попередніх знань;

– *вивчене поняття* - поняття, яке засвоєне студентом на достатньому для зарахування рівні;

– *проміжне поняття* – поняття, яке необхідно вивчити студенту для переходу до вивчення ключового поняття;

– *семантична мережа понять* - мережа, вершини якої відповідають поняттям, а дуги – змістовим зв’язкам між ними. Так, якщо *X* – вихідне поняття, від якого змістовно залежить *Y* – ключове (або проміжне) поняття, то дуга направлена від вершини *X* до вершини Y із вагою 1: $X \xrightarrow{1} Y$, і $X \xrightarrow{0} Y$, якщо поняття змістовно не залежні. При необхідності, можуть бути визначені і проміжні значення змістової залежності;

– *семантична мережа НБ (СМНБ)* - мережа, вершини якої відповідають НБ і являють собою фрейми різних рівнів ієрархії, слоти яких містять наступні метадані: перелік вхідних понять (C_{in}), перелік вихідних понять (C_{out}), множину змістовно-зв’язних НБ, рівень складності (I_z), ступінь важливості (C_z), ступінь засвоєння (L_z), швидкості проходження (τ_z). На деякому етапі роботи частина слотів можуть залишатися порожніми і заповнюватися чи модифікуватися в процесі роботи системи, доповнюватися додатковими параметрами, наприклад такий параметр як ступінь важливості встановлюється в залежності від визначення ключових понять. Дуга $X \xrightarrow{1} Y$ має місце, якщо деяке поняття визначене в НБ *X* і використовується в НБ Y, і означає, що коефіцієнт залежності Y від X zk_{xy}=1. Поняття X, яке пояснюється (визначається) в НБ, називається *вихідним поняттям* цього НБ, а поняття, що використовуються в НБ для пояснення вихідного поняття, називаються *вхідними поняттями* цього НБ;

– *змінна поняття (c-змінна)* - логічна змінна, що приймає значення true, якщо поняття входить в АТН, інакше *c*-змінна дорівнює false. Аналогічно визначається *b-змінна* - логічна змінна НБ;

–*семантична мережа навчального матеріалу (СМНМ)* - орієнтований І-АБО-граф, утворений об'єднанням семантичних мереж понять і НБ;

–*модель траєкторії навчання (МТН)* являє собою І-АБО-підграф СМНМ;

–*змістовий коефіцієнт зв'язку (КЗ*) — міра змістової залежності одних НБ від інших,

Розглянемо три типи змістових КЗ.

1 тип (zk_1) — змістові КЗ встановлюються відповідно до знаходження НБ в ієрархічній структурі НМ. Змістовий КЗ НБ від безпосередньо передуючого йому НБ рівний 1, в інших випадках рівний 0.

2 тип (zk_2) — змістові КЗ встановлюються виходячи з аналізу вхідних і вихідний понять НБ: якщо будь-яке з вихідних понять і-го НБ є вхідним для j-го НБ, то zk_{ij} =1.

3 тип (zk_3) — змістові КЗ, які встановлені викладачем, $zk_3 \in [0;1]$.

Завдання побудови АТН формулюється в такий спосіб.

Побудовано *СМНМ*. Задано множину ключових понять C_{key} . Заповнено всі слоти у СМНБ. Потрібно побудувати оптимальний підграф *СМНМ*, що містить траєкторію переходу від вихідних понять (або від понять, які не мають входів) до кожного ключового поняття. Очевидно, що в загальному випадку задача має багато рішень. Серед них потрібно вибрати одне, оптимальне по заданому критерію. Змінні понять і модулів, що увійдуть в побудовану траєкторію, повинні мати значення true.

Пояснення понять містяться в НБ. Для того, щоб було вивчене поняття C_i потрібно в траєкторії навчання мати хоча б один НБ, що пояснює це поняття. Іншими словами, щоб C_i-змінна мала значення true, потрібне прийняття значення true хоча б однієї з b-змінних тих НБ, в яких визначається C_i. З іншого боку, щоб НБ, який містить пояснення поняття C_i (нехай це НБ b_{ij}) був зрозумілий студенту, студент повинен знати або попередньо вивчити вхідні для НБ b_{ij} поняття. Змінні цих понять повинні мати значення true.

Отже, автоматизована побудова траєкторії навчання повинна здійснюватися з дотриманням наступного правила:

$$C_{\text{key_i}} = \prod_{j \in J_1} b_{ij} + \prod_{j \in J_2} b_{ij}\left(zk_{j,j+1}\right) + \sum_{j \in J_2} \sum_{r \in R_j} b_{ij} \prod c_{jr} = true, \qquad (1)$$

де C_{key_i} – *i*-те ключове (цільове) поняття; $\sum$ і $\prod$ - знаки логічного додавання і множення; J_1– множина НБ, які передують в ієрархії НБ блоку, в якому визначене C_{key_i}, для яких $zk_1 = 1$; J_2 – множина НБ, в яких визначено поняття C_{key_i}, R_j – множина вхідних для НБ b_j понять; J_3– множина НБ, які змістово-зв'язні з НБ, в якому визначене C_{key_i}, для яких $zk_3 > 0$.

З (1) випливає, що вершинам понять відповідає відношення диз'юнкції, і тому ці вершини названі вершинами типу АБО, а вершинам модулів відповідає відношення кон'юнкції, і тому ці вершини – вершини типу І. Приклад моделі НМ наведено на рис.1, де вершини понять показані у вигляді овалів, а вершини НБ - у вигляді прямокутників, над стрілками із суцільними лініями вказані zk_1, під стрілка – zk_3, пунктирними стрілками вказаний тип відношення поняття: вхідне чи вихідне. Наприклад, на рис.1, C_4 є вхідним поняттям b5 і b7 та вихідним для b4.

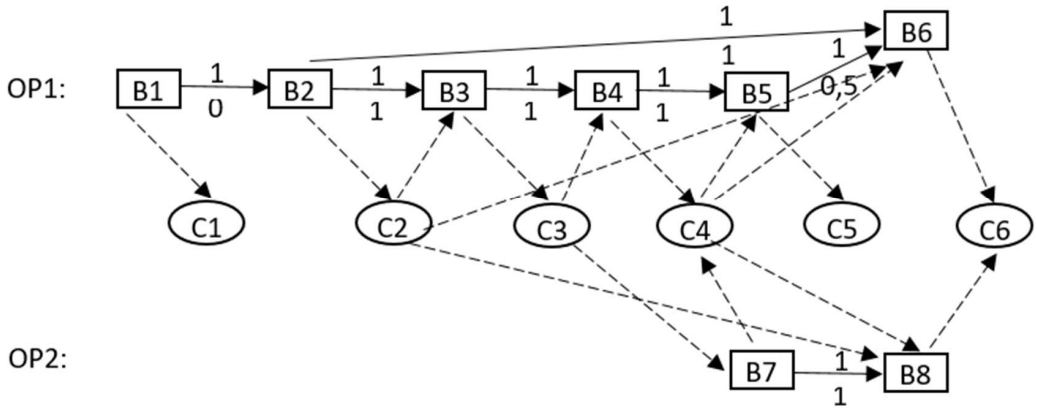


Рисунок 1 – Модель навчального матеріалу

Алгоритм побудови траєкторії навчання

Побудова навчальної траєкторії починається з вибору ключових понять. Цей вибір виконує викладач, орієнтуючись на академічні вимоги. При самоосвіті, студент самостійно вибирає ключові поняття, які є кінцевою метою навчання.

Далі виконується циклічний обчислювальний процес вибору НБ на основі формули (1) для кожного ключового поняття з послідовною заміною в правих частинах формул *c*-змінних на *b* -змінні і нові *c*-змінні. Цей процес триває до тих пір, поки в правих частинах не буде змінних інших понять і НБ, окрім початкових, тобто тих, в яких відсутні вхідні поняття.

При формуванні навчальної траєкторії використовуються наступні очевидні правила:

bi*bj*bi= bj*bi та c*c = c, (2)

де * - знак кон'юнкції, + - знак диз'юнкції.

Після закінчення циклічного процесу і розкриття всіх дужок маємо диз'юнктивну нормальну форму, в якій кожен диз'юнкт відповідає одній з альтернативних траєкторій навчання. Серед них потрібно вибрати траєкторію, оптимальну по одному з критеріїв, які визначаються метою навчання і встановленими обмеженнями.

Розглянемо приклад побудови навчальних траєкторій дисципліни, навчальний матеріал якої ілюструється графом, який зображений на рис.1. Нехай в якості ключових понять встановлені поняття c4 та c6. Позначимо функцію, що характеризує множину всіх траєкторій через F. Кожен диз'юнктивний член цієї функції відноситься до однієї траєкторій навчання F_k.

Виконання алгоритму починається з опису F у вигляді кон'юнкції ключових понять:

F = c4*c6.

Далі слід застосувати правила (1) і продовжити заміни змінних. Згідно першого та другого доданків правила (1) отримаємо наступні траєкторії:

$F_{1:}$ b6* b5*b4*b3*b2*b1; F_2: b8*b7; $F_{3:}$ b6*$_{0,5}$ b5*$_1$b4*$_1$b3*$_1$b2; $F_{4:}$ b6*$_1$b2; F_5: b8*$_1$b7;

Формування траєкторій згідно третього доданку виглядає так:

F =b4 * c3 * (b6 * c4*c2+b8*c4*c2)=

=b4*b3*c2*(b6*(b4*c3+b7*c3)*b2+b8*(b4*c3+b7*c3)*b2) =

=b4*b3*b2*(b6*(b4*b3*c2+b7* b3*c2)*b2+b8*(b4* b3*c2+b7* b3*c2)*b2) =

=b4*b3*b2*(b6*(b4*b3*b2+b7* b3*b2)*b2+b8*(b4* b3*b2+b7* b3*b2)*b2) =

=b4*b3*b2*(b6*b4*b3*b2*b2+ b6*b7* b3*b2*b2+b8* b4* b3*b2*b2+ b8*b7* b3*b2*b2) =

=b4*b3*b2*b6*b4*b3*b2*b2+ b4*b3*b2*b6*b7* b3*b2*b2+ b4*b3*b2*b8* b4* b3*b2*b2+ =b4*b3*b2*b8*b7* b3*b2*b2

З урахуванням правил (2), отримуємо наступний список з чотирьох альтернативних F_k:

F_6: b6*b4*b3*b2; F_7: b6*b7* b3*b2; F_8: b8* b4* b3*b2; F_9: b8*b7* b3*b2.

Оптимізація і вибір однієї з побудованих траєкторій навчання виконується у відповідності до сформульованої мети навчання. Нехай метою навчання є засвоєння максимального обсягу навчального матеріалу курсу та досягнення максимального рівня знань Q при визначеній тривалості навчання T та переліку ключових компетенцій. Функція пристосованості матиме вигляд:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} C_i L^t_{zi_k} \rightarrow max, \text{ при } \sum_{i=1}^{n} t_i \leq T,\ L^t_{zi_k} > d_i, \quad (3)$$

де $L^t_{zi_k}$ – імовірний ступінь засвоєння *i*-го заняття k-ї складності за час *t, n* – кількість занять, C_i ступінь важливості і-го заняття, d_i. – мінімальне значення ступеня засвоєння *i*-го заняття, при якому заняття може бути зарахованим (Табл. 1). Для можливості оптимізації даної функції, НБ групуються у заняття в залежності від тривалості їх вивчення.

Таблиця 1 – Ймовірнісні параметри навчального заняття для конкретного студента

Ідентифікатор заняття	Z_1	Z_2	…	Z_n
Початковий рівень знань студента	Q_1	Q_2	…	Q_n
Ступінь важливості	C_1	C_2	…	C_n
Імовірні ступені засвоєння	$\begin{bmatrix} L^0_{z1_1} & L^0_{z1_2} & L^0_{z1_3} \\ L^1_{z1_1} & L^1_{z1_2} & L^1_{z1_3} \\ L^2_{z1_1} & L^2_{z1_2} & L^2_{z1_3} \\ L^3_{z1_1} & L^3_{z1_2} & L^3_{z1_3} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} L^0_{z2_1} & L^0_{z2_2} & L^0_{z2_3} \\ L^1_{z2_1} & L^1_{z2_2} & L^1_{z2_3} \\ L^2_{z2_1} & L^2_{z2_2} & L^2_{z2_3} \\ L^3_{z2_1} & L^3_{z2_2} & L^3_{z2_3} \end{bmatrix}$	….	$\begin{bmatrix} L^0_{zn_1} & L^0_{zn_2} & L^0_{zn_3} \\ L^1_{zn_1} & L^1_{zn_2} & L^1_{zn_3} \\ L^2_{zn_1} & L^2_{zn_2} & L^2_{zn_3} \\ L^3_{zn_1} & L^3_{zn_2} & L^3_{zn_3} \end{bmatrix}$

Для оптимізації функції пристосованості було використано квантовий генетичний алгоритм вищих порядків *(QGA)*, який забезпечує глобальний пошук розв'язку при швидкій збіжності та невеликому розмірі популяції. [10 Ткачук] Імовірні ступені засвоєння обчислюються виходячи із параметрів моделі студента та результатів початкового тестування рівня знань ключових та проміжних понять.

Висновки. Отже, запропонований новий метод автоматизованої побудови, оптимізації та вибору кращої за певним критерієм АТН, який дає можливість підвищити якість процесу оволодіння знаннями. Даний метод дозволяє будувати АТН в залежності від параметрів моделі студента та виявленого рівня знань ключових та проміжних понять, а також компактніше розмістити більш зв'язні НБ, сприяючи там самим кращому їх засвоєнню. Адаптивне представлення навчального матеріалу здійснюється на рівні надбудови над базою знань ІАСПКЗ, тобто занесені в базу знань НБ фізично не додаються чи видаляються з бази знань в процесі адаптивного представлення навчального матеріалу, а адаптація відбувається в результаті аналізу та модифікації параметрів слотів, що відповідає класичній теорії фреймів.

Список посилань.

1. R. Chantal, L. Danielle, and C. Jennifer, "Applying Best Practice Online Learning, Teaching, and Support to Intensive Online Environments: An Integrative Review," *Frontiers in Education*, no. 2, Nov. 2017, doi: 10.3389/feduc.2017.00059. Available: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2017.00059/full

2. U. Apoki, K. Humam, and G. Crisan, "From Digital Learning Resources to Adaptive Learning Objects: An Overview," in *6th International Conference MDIS 2019*, 2020, pp. 18-32, doi: 10.1007/978-3-030-39237-6_2

3. П. И. Федорук, М. С. Дутчак, «Построение базы знаний адаптивный систем дистанционного обучения на основе фреймовой и продукционной моделей представления знаний», УСиМ: Управляющие системы и машины, К.: Издат. дом "Академпериодика", № 5., с.10-15. 2012

4. V.M. Tkachuk, M.I. Kozlenko, M.V. Kuz, I.M. Lazarovych, M.S. Dutchak, «Function Optimization Based on Higher-Order Quantum Genetic Algorithm», Electronic modeling, №3 (2019), с. 43-58. 2019. DOI: https://doi.org/10.15407/emodel.41.03

УДК 004.852

ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ АНОТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ НАВЧАННЯ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

***Яковлев А.О.**, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Україна*

Вступ. Системи розпізнавання образів на базі моделей штучного інтелекту набувають все більшого розповсюдження. Анотування зображень є важливою складовою процесу навчання нейромереж та напряму впливає на точність роботи системи розпізнавання образів,

що використовують дані мережі. Тренування сучасних систем передбачає анотування до тисяч зображень для отримання необхідного рівня точності при розпізнаванні.

Виклад матеріалу. Анотування передбачає задання точних координат та класу об'єкту на зображенні та перенесення цих даних в систему розпізнавання. Цей процес необхідний для точного виокремлення регіонів та відповідного підвищення точності роботи системи розпізнавання образів. Також даний процес дозволяє анотувати різні класи на одному зображенні, що підвищує ефективність тренування. Тому необхідним, для ефективного застосування моделей штучного інтелекту при вирішення завдань розпізнавання образів, є застосування процесу анотування.

Проаналізувавши сучасні програмні додатки для анотування зображень експериментальним шляхом було встановлено, що час анотування одного зображення займає в середньому до 15 секунд при автоматизації всіх, або більшості етапів (Таблиця 1) процесу анотування. При виконанні певних етапів лише засобами ОС вручну таке анотування може займати до 2 хвилин для одного зображення. Тобто ми бачимо, що неавтоматизовані етапи можуть уповільнювати час обробки до 8 разів. Також всі наявні програмні додатки для анотування зображень лише частково автоматизують кожен з етапів і тому реальний час обробки може збільшуватись при закінченні анотування вручну, лише засобами ОС, або не в повній мірі задовольняти якісним характеристикам процесу анотування.

Таблиця 1 – Відсоток автоматизації етапів анотування зображення

Етапи	Вручну, лише засобами ОС	За допомогою спеціалізованого ПЗ	За допомогою Yoloanno
Робота з файловою системою	<= 40%	<= 35%	39%
Робота з регіонами	0% *	<= 27%	29%
Робота з даними розмітки	<= 30%	<= 18%	28%
Загалом	<= 70%	<= 80%	96%

* неможливо виконувати вручну

Основні етапи анотування зображень було визначено і проаналізовано на предмет шляхів для автоматизації з використанням сучасних апаратних засобів та інструментів для розробки програмного забезпечення. З зазначеного вище, три основних напрями, для дослідження на предмет шляхів автоматизації процесів анотування, було визначено впродовж аналізу, а саме: робота з файловою системою, робота з анотованими регіонами, робота з даними розмітки.

Було проведено аналіз основних параметрів процесу анотування в існуючих програмних додатках та виділено наступні для підвищення ефективності, а саме: час, витрачений користувачем на окремі дії та на процес взагалі, кількість користувацьких дій при виконанні анотування та витрачений час для тренування моделей штучного інтелекту.

Висновки. Після обробки результатів аналізу процесу анотування та дослідження існуючих рішень було запропоновано створення програмного додатку Yoloanno (Рисунок 1), що буде в повній мірі надавати можливості для підвищення ефективності автоматизації процесів анотування зображень для навчання систем розпізнавання образів на базі моделей штучного інтелекту. Дослідження параметрів роботи існуючих програмних застосунків було внесено в таблицю та проаналізовано у порівнянні з запропонованим додатком, що підтверджує очікування підвищення ефективності процесів автоматизації (Рисунок 2).

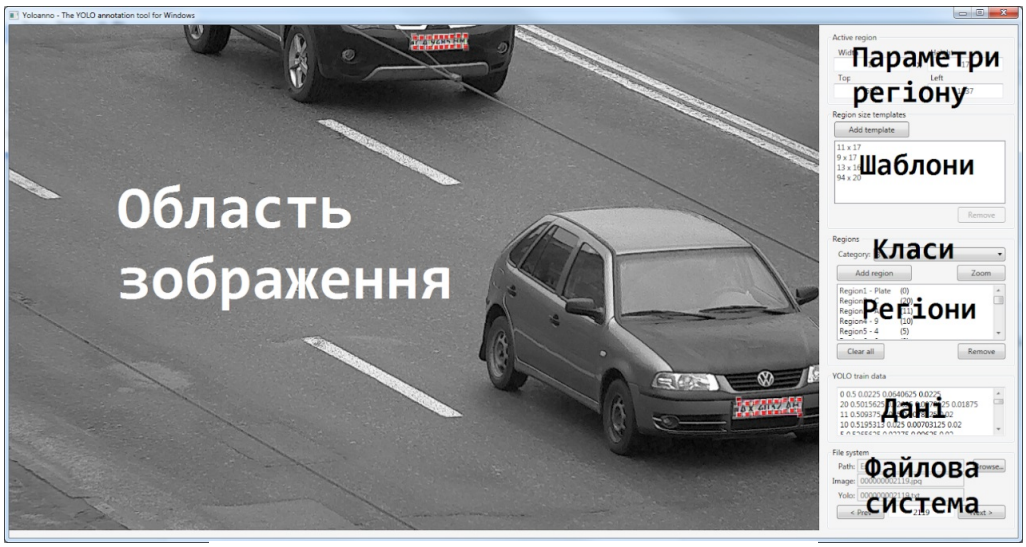


Рисунок 1 - Головне вікно додатку Yoloanno

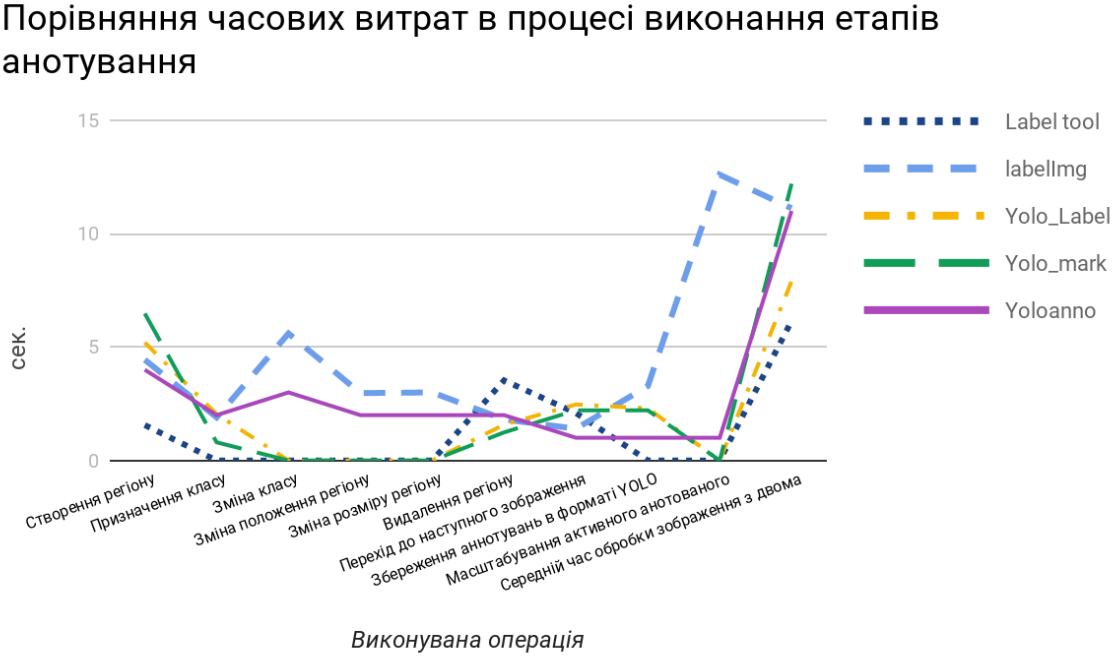


Рисунок 2 - Порівняння часових витрат в процесі виконання етапів анотування

Список посилань

1.Нейротехнології та нейрокомп'ютерні системи: підручник. Л. С. Ямпольский, О. І. Лісовиченко, В. В. Олійник. - К.: "Дорадо-Друк", 2016. - 576 с.
2.BBox-Label-Tool: A simple tool for labeling object bounding boxes in images. URL: https://github.com/puzzledqs/BBox-Label-Tool (дата звернення: 25.03.2020).
3.labelImg: LabelImg is a graphical image annotation tool and label object bounding boxes in images. URL: https://github.com/tzutalin/labelImg (дата звернення: 25.03.2020).
4.Yolo_Label: GUI for marking bounded boxes of objects in images for training neural network Yolo v3 and v2. URL: https://github.com/developer0hye/Yolo_Label (дата звернення: 25.03.2020).
5.Yolo_mark: GUI for marking bounded boxes of objects in images for training neural network Yolo v3 and v2. URL: https://github.com/AlexeyAB/Yolo_mark (дата звернення: 25.03.2020).
6.Yoloanno - The YOLO annotation tool for Windows. URL: https://github.com/AntonYakovlev/Yoloanno (дата звернення: 25.03.2020).

УДК 629.361.3; 628.4.08

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ ЗНЕВОДНЕННЯ ТПВ ШНЕКОВИМ ПРЕСОМ

к.т.н. ***Березюк О. В.****, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Сьогодні важливим питанням є управління твердими побутовими відходами (ТПВ), які, на відміну від твердих промислових відходів [1, 2], характеризуються розосередженістю та неоднорідністю складу. Тому отримання залежностей для визначення оптимальних значень основних параметрів процесу зневоднення ТПВ шнековим пресом від їхніх властивостей є актуальною науково-технічною задачею як однієї із складових для вирішення проблеми створення науково-технічних основ проектування високоефективних робочих органів машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів.

Виклад матеріалу. В роботі [3] розглянуто можливість утилізації ТПВ на наявних комунальних ТЕЦ з генеруючою потужністю 12 МВт, що можуть працювати на енергетичному паливі (суміші ТПВ, зневоднених до 20 % відносної вологості та кам'яного вугілля з масовою часткою 16 %) із розрахунковою нижчою теплотою згорання 10,99 МДж/кг. Це дозволить суттєво скоротити витрати місцевих бюджетів на опалення будівель та споруд, а також на підігрівання води.

Початкова відносна вологість змішаних ТПВ знаходиться в межах 39…53 %, харчової фракції ТПВ у весняно-літній період – 60…64 %, а в осінній – 75…92 % [4]. Тому для визначення можливих шляхів зниження відносної вологості ТПВ до 20 % проведено експериментальне дослідження процесів зневоднення ТПВ шнековим пресом [5, 6], результати якого оброблені за допомогою програми, детально описаної в статті [7].

Для знаходження оптимальних співвідношень факторів прирівняємо до нуля частинні похідні енергоємності зневоднення ТПВ [5] від основних параметрів процесу

$$\frac{\partial Є}{\partial n} = \frac{\partial Є}{\partial(\Delta_ш / D_{\min})} = \frac{\partial Є}{\partial(d_{\min} / D_{\min})} = 0, \tag{1}$$

де $Є$ – енергоємність зневоднення ТПВ, кВт·год/т; n – частота обертання шнека, об/хв; $\Delta_ш$ – зазор між шнеком та корпусом, мм; d_{min} – діаметр осердя шнека на останньому витку, мм; D_{min} – зовнішній діаметр шнека на останньому витку, мм.

В результаті чого отримано вирази для визначення оптимальних значень основних параметрів процесу зневоднення ТПВ шнековим пресом від властивостей ТПВ:

$$n_{опт} = 64{,}86 - 0{,}13 w_0 - 0{,}02664 \rho_0 \text{ [об/хв]}; \tag{2}$$

$$(\Delta_ш / D_{\min})_{опт} = 9{,}892 \cdot 10^{-3} - 8{,}697 \cdot 10^{-5} w_0 + 9{,}624 \cdot 10^{-6} \rho_0; \tag{3}$$

$$(d_{\min} / D_{\min})_{опт} = 0{,}7386 + 8{,}024 \cdot 10^{-4} w_0 - 1{,}275 \cdot 10^{-4} \rho_0, \tag{4}$$

де w_0 – початкова відносна вологість ТПВ, %; ρ_0 – початкова густина ТПВ, кг/м^3.

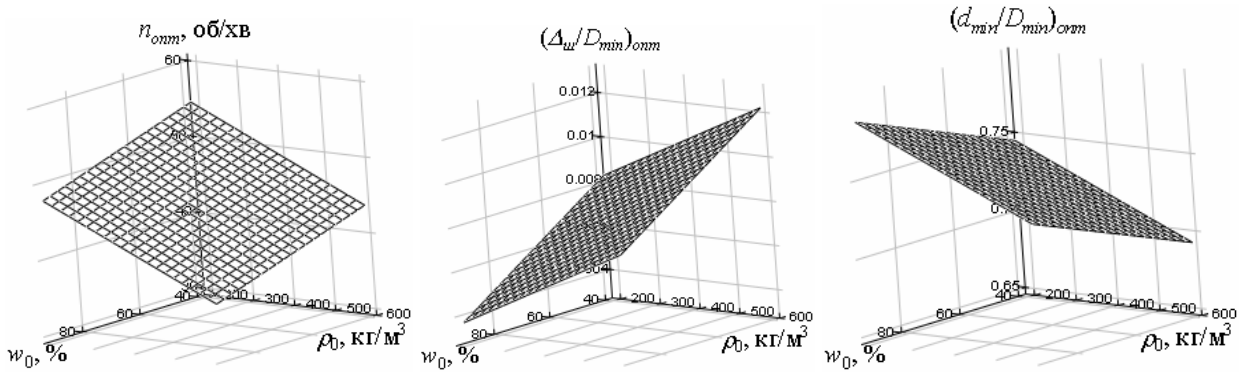
Проведено оптимізацію цільової функції – енергоємності зневоднення ТПВ $Є$ за допомогою виразів (2-4). Встановлено, що мінімальна енергоємність зневоднення змішаних ТПВ складає $Є_{min}$ = 172,3...306,3 кВт·год/т або 396,1...704,1 грн/т для таких оптимальних значень параметрів технологічного процесу зневоднення: $n_{опт}$ = 51,84...54,73 об/хв; $(\Delta_ш/D_{min})_{опт}$ = (7,10...8,71)·10^{-3}; $(d_{min}/D_{min})_{опт}$ = 0,710...0,765, а для вологої фракції ТПВ $Є_{min}$ = 30,7...158,5 кВт·год/т або 70,57...364,4 грн/т для $n_{опт}$ = 36,91...47,20 об/хв; $(\Delta_ш/D_{min})_{опт}$ = (5,45...10,45)·10^{-3}; $(d_{min}/D_{min})_{опт}$ = 0,740...0,757.

Продуктивність зневоднення ТПВ шнековим пресом визначається за виразом [8]

$$Q = \pi (D_{\min}^2 - d_{\min}^2)(T_{\min} - h) n_{опт} \rho_0 / 240 \text{ [кг/с]}, \tag{5}$$

де T_{min} – крок витків шнека на останньому витку, м; h – товщина витка, м.

На рис. 1 показано залежності параметрів оптимізації технологічного процесу зневоднення шнековим пресом від властивостей ТПВ: початкових відносної вологості w_0 та густини ρ_0, які дозволяють наглядно проілюструвати вказані залежності.



а) б) в)

Рисунок 1 – Залежності параметрів оптимізації технологічного процесу зневоднення шнековим пресом від властивостей ТПВ: початкових відносної вологості w_0 та густини ρ_0:
а) $n_{опт} = f(w_0, \rho_0)$; б) $(\Delta_ш / D_{\min})_{опт} = f(w_0, \rho_0)$; в) $(d_{\min} / D_{\min})_{опт} = f(w_0, \rho_0)$

Висновки. Отримано залежності для визначення оптимальних значень основних параметрів процесу зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом від їхніх властивостей: початкових відносної вологості та густини, що можуть бути використані під час створення методики інженерних розрахунків параметрів машин та механізмів для зневоднення твердих побутових відходів. Встановлено, що мінімальна вартість зневоднення змішаних ТПВ складає 396,1...704,1 грн/т, а для їхньої вологої фракції 70,57...364,4 грн/т, що підтверджує необхідність їхнього диференціального (роздільного) збирання.

Список посилань.

1. Ковальський В.П. Передумови активації золи-винесення відходами глиноземного виробництва // Наука і освіта : матеріали VIII міжнар. наук.-практ. конф., 7-21 лют. 2005 р. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. – С. 31-32.
2. Лемешев М.С., Христич О.В., Зузяк С.Ю. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
3. Рижий В.К., Римар Т.І., Тимофєєв І.Л. Утилізація твердих побутових відходів на наявних комунальних ТЕЦ // Вісник НУ "Львівська політехніка". – 2011. – № 712. – С. 17-22.
4. Варнавская И.В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов // Экология и промышленность. – 2008. – № 1. – С. 39-43.
5. Березюк О.В. Експериментальне дослідження процесів зневоднення твердих побутових відходів шнековим пресом // Вісник ВПІ. – 2018. – № 5. – С. 18-24.
6. Bereziuk O.V., Lemeshev M.S., Bohachuk V.V., Duk M. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 // Proc. SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018. – 2018. – Vol. 10808. – No. 108083G. – https://doi.org/10.1117/12.2501557.
7. Березюк О.В. Моделювання компресійної характеристики твердих побутових відходів у сміттєвозі на основі комп'ютерної програми "PlanExp" // Вісник ВПІ. – 2016. – № 6. – С. 23-28.
Татарьянц М. С., Завинский С. И., Трошин А. Г. Разработка методики расчёта нагрузок на шнек и энергозатрат шнековых прессов // ScienceRise. – 2015. – Т. 6. – № 2 (11). – С. 80-84.

УДК 62-23+519.863

МОДИФІКОВАНИЙ ЕВОЛЮЦІЙНИЙ АЛГОРИТМ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗУБЧАСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕДУКТОРІВ ТА КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

к.т.н. ***Бондаренко О.В.****, к.т.н.* ***Устиненко О.В.****,* ***Клочков І.Є.****, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна*

Вступ. У сучасному машинобудуванні широко розповсюджені зубчасті приводи, які використовуються для реалізації зміни моменту та частоти обертання. Основними приводами, що користуються попитом у промисловості, є зубчасті циліндричні редуктори та коробки передач. Загальне машинобудування більше віддає перевагу універсальним та спеціальним двоступінчастим редукторам за розгорнутою схемою та співвісним. Транспортне машинобудування потребує дво- та тривальних коробок передач.

У попередніх працях авторів було розглянуто можливості та адаптацію генетичних алгоритмів при раціональному проектуванні редукторів та коробок передач. Одним з напрямків подальшого розвитку автори вважають використання еволюційних алгоритмів з певними модифікаціями, які дають змогу адаптувати вказаний підхід до розв'язання задачі, що описується.

Таким чином, використання модифікованих еволюційних алгоритмів при раціональному проектуванні зубчастих циліндричних редукторів та коробок передач є актуальною науково-прикладною задачею сучасного машинобудування.

Основна частина. Доповідь присвячена побудові модифікованого еволюційного алгоритму (ЕА) для раціонального проектування зубчастих циліндричних редукторів та коробок передач.

Еволюційні алгоритми (ЕА) – це спеціальні підходи до пошуку, що використовуються для розв'язання задач оптимізації та моделювання станів і процесів шляхом випадкових або спрямованих дій і процесів з параметрами. Такі стратегії є ідентичними процесам відбору та наслідування в живій природі. Основною відмінністю ЕА є те, що у наступні покоління передаються не всі особини, а лише такі, що задовольняють умовам існування – певним обмеженням, що висуваються проектувальником.

При ініціалізації запропонованого ЕА формують початкову популяцію за допомогою псевдовипадкової послідовності. Потім початкова популяція піддається аналізу життєздатності особин, які будуть брати участь у подальшому життєвому циклі. Цей етап запропоновано здійснювати за певними числовими та функціональними умовами, які визначають взаємозв'язок параметрів проектування. Наступним етапом є проведення селекцій та мутацій, які запропоновано проводити декількома способами у межах одного життєвого циклу. Це дає змогу формування більшої кількості нащадків. Для подальшого перебігу життєвого циклу формування батьківських пар запропоновано проводити за стратегією panmixia та outbreeding. Така концепція більше відповідає реальним біологічним процесам.

Було проведено тестування запропонованого алгоритму на двох прикладах. Доведена адекватність та зручність запропонованого підходу, що відображається у кращих комбінаціях геометричних параметрів, швидкості розрахунків та можливості керування еволюційним процесом.

Висновки:

1. Розглянута актуальність поставленої задачі та доведена необхідність використання модифікованих еволюційних алгоритмів при раціональному проектуванні зубчастих циліндричних редукторів та коробок передач.

2. Розглянуто основні теоретичні викладки, що стосуються ЕА. Описано алгоритмічну схему класичного та модифікованого ЕА, які наочно ілюструють їх функціонування. Показано переваги запропонованих модифікацій, які дають змогу адаптувати ЕА до розв'язання задачі раціонального проектування двоступінчастих циліндричних редукторів та коробок передач.

3. Проведено тестові розрахунки, які наочно ілюструють адекватність та переваги запропонованої методики раціонального проектування за допомогою модифікованого ЕА. Результати розрахунків надано у декількох графічних формах, що дає змогу проектувальнику зручно та якісно інтерпретувати отримані результати.

УДК 620.18:621.746

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНИМ КАРБІДОМ КРЕМНІЮ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА МАКРОСТРУКТУРУ ВИЛИВКІВ ІЗ СПЛАВУ АК12

д.т.н. ***Селівьорстов В.Ю.****, к.т.н.* ***Доценко Ю.В.****,* ***Касай О.М.****, Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна*

Вступ. Сплави системи алюміній – кремній є основою більшості ливарних алюмінієвих композицій, широко застосовуваних як конструкційні матеріали для фасонного литва в машинобудуванні, будівництві, транспорті та інших галузях промисловості. У зв'язку зі структурними особливостями литих сплавів – грубими включеннями кремнію і інтерметалевих фаз - міцнісні характеристики цих сплавів не високі, особливо низька пластичність. Для поліпшення структури і механічних властивостей ливарних промислових сплавів алюмінію регулюють режими плавки і лиття, умови кристалізації виливків (лиття в піщані та металеві форми, під тиском і т.д.). Найбільш уживаним в практиці ливарного виробництва та дієвим фактором, що визначає сприятливе структуроутворення силумінів, залишається відомий метод - модифікування, тобто подрібнення структури за рахунок введення в розплав перед його заливанням малих добавок елементів.

Виклад матеріалу. В умовах ливарного цеху ПАТ «Дніпропетровський агрегатний завод» литтям в тонкостінний сталевий неохолоджуваний витряхний кокіль виготовляли циліндричні виливки із сплаву АК12 середнім діаметром 55 мм висотою 150 мм з використанням модифікування ультрадисперсним модифікатором карбідом кремнію (SiC) з розміром часток 3 – 5 мкм у кількості 0,1, 0,2, 0,3 мас. %.

Механічні властивості металу визначали відповідно до ДСТУ 1583-93 на стандартних зразках вирізаних з циліндричних виливків. Вимірювання твердості зразків у вихідному стані та з модифікатором визначали за допомогою методу Бринелля за стандартною методикою, вимірювання мікротвердості проводили на установці ПМТ-3 при навантаженні 0,5 мм/хв. Дослідження щільності алюмінієвого сплаву визначали методом гідростатичного зважування з точністю 0,001 г/см^3. Зразок, що не містить тріщин і порожнин, зважували на аналітичних вагах на повітрі та в чотирихлористому вуглеці. Щільність зразка обчислювали за формулою

$$d_{\text{обр}} = \frac{P_{\text{в}}}{P_{\text{в}} - P_{\text{ж}}}\left(d_{\text{ж}} - 0{,}0012\right) + 0{,}0012 \qquad (1)$$

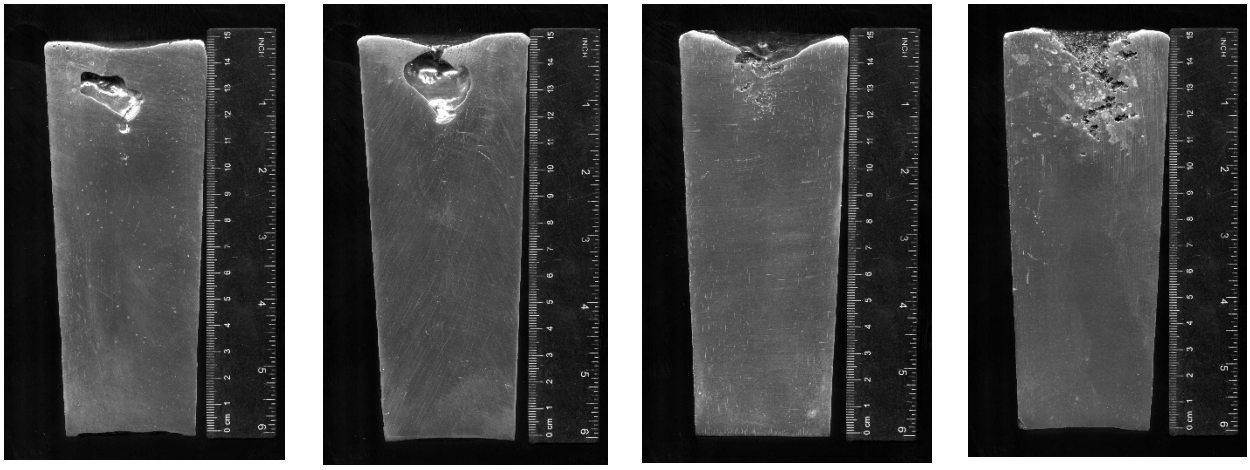
де $d_{\text{обр}}$ – щільність зразка, г/см^3; $P_{\text{в}}$ – маса зразка в повітрі, г; $P_{\text{ж}}$ – маса зразка в $CC1_4$, г; $d_{\text{ж}}$ – щільність CCl_4, г/см^3 .

Результати визначення щільності зразків металу дослідних виливків показали значний розбіг значень від 2,902 г/см^3 до 3,340 г/см^3.

Проведені дослідження показали підвищення усередненої щільності металу виливків, що піддавалися модифікуванню, загалом на 1,4 % відносно металу виливків, отриманих за традиційною технологією лиття в кокіль.

Макроструктура литого сплаву дослідних виливків представлена на рис. 1. У виливку без застосування модифікування утворилася закрита усадкова раковина неправильної форми глибиною 35 мм, присутня розосереджена усадкова шпаристість у вигляді раковин діаметром 1-1,2 мм, а також більш дрібна розосереджена усадкова шпаристість по всьому об'єму виливка. Макроструктура виливка, що піддавався модифікуванню ультрадисперсним карбідом кремнію у кількості 0,1 мас. % включає концентровану усадкову раковину неправильної форми глибиною 35 мм, однак розосереджена усадкова шпаристість відсутня.

Макроструктура виливка, що піддавався модифікуванню в кількості 0,2 мас. % включає усадкову раковину правильної форми на глибиною 15 мм. Окрім того, присутня розосереджена усадкова шпаристість у вигляді раковин розмірами 3, 5 та 10 мм, що розповсюджується на глибину 30 мм від концентрованої усадкової раковини вглиб виливка. Також спостерігається більш дрібна усадкова шпаристість, що розосереджена по всьому об'єму виливка.



а б в г

Рисунок 1 – Макроструктура виливків без (а) та після модифікування: б - 0,1 мас. %; в – 0,2 мас. %; г – 0,3 мас. %.

Макроструктура виливка, при модифікуванні у кількості 0,3 мас. % включає усадкову раковину правильної форми на глибині 24 мм. Присутня розосереджена усадкова шпаристість неправильної форми розмірами 2×1×1 мм, 3×5×3 мм та 12×10×5 мм. Загальна глибина залягання концентрованих усадкових дефектів – 50 мм.

Висновки.

1. Результати досліджень макроструктури та механічних властивостей виливків із сплаву АК12, що заливається в неохолоджуваний тонкостінний сталевий кокіль, показали доцільність модифікування ультрадисперсним модифікатором – карбідом кремнію з розміром часток 3 – 5 мкм у кількості 0,1 мас.%.
2. Визначені фізико-механічні властивості металу дослідних виливків: при введенні SiC щільність сплаву збільшується на 18 % (з 2,929 г/см^3 до 3,430 г/см^3), межа міцності збільшується майже на 5% (з 152 МПа до 159 МПа), відносне подовження збільшується з 2,5% до 6,04%.
3. Встановлено, що модифікування ультрадисперсним карбідом кремнію (SiC) в кількості 0,2 і 0,3 мас.% призводить до ефекту перемодифікування.

Отримані результати показали перспективність проведення подальших досліджень у даному напрямку.

УДК: 620.198

ФРИКЦІЙНА ПОВЕДІНКА ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ В УМОВАХ ГРАНИЧНОГО ТЕРТЯ

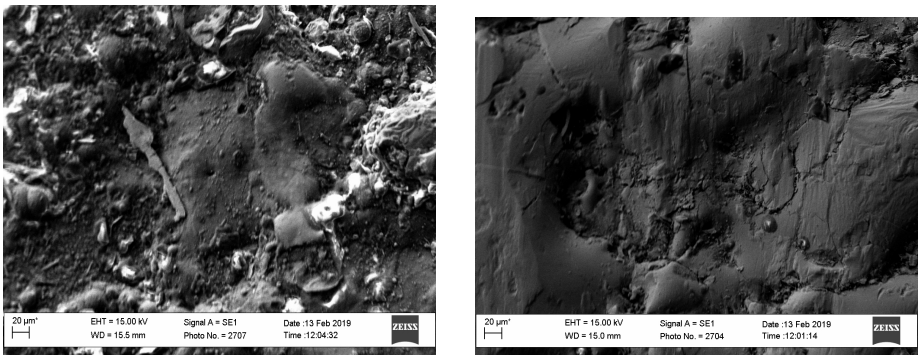
д.т.н. ***Голубець В. М.****, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна;*
д.т.н. ***Пашечко М. І.****, Люблінський політехнічний університет, Польща*

Вступ. Проведена оцінка трибологічних характеристик зміцненого поверхневого шару після електроіскрового легування (ЕІЛ) сталі 45 з використанням в якості електродів твердого сплаву на основі титану Т15К6 і серійного порошкового дроту ПД (80Х20Р3Т) системи Fe-Cr-B-C за умов граничного мащення (індустріальна олива І-20) та встановлено механізм фрикційної взаємодії в зоні контактуючих матеріалів.

Методика досліджень. Трибологічну поведінку контактних пар оцінювали на машині тертя СМЦ-2 за схемою «диск-колодка (сегмент)». Зразок «диск» Ø 40 ± 0,02 мм товщиною 10 мм піддавали гартуванню і низькому відпуску (HRC 54…56), «колодку-(сегмент)» - нормалізації (HRB 85…90). На колодку наносили електроіскрове покриття (ЕІП) із сплаву Т15К6 та ПД Ø 3,2 мм і довжиною 30 мм за допомогою установки «Елітрон - 20». Було сформовано обернену пару тертя, оскільки згідно прийнятих правил у трибології покриття формують переважно на диску. Коефіцієнт взаємного перекриття у трибоспряженні складав 0,125 – тобто контртіло («колодка») у 8 разів довше перебувало у контакті із «диском». Це жорсткі умови випробувань. Фіксували зміну моменту тертя та температуру триборозігріву зразків хромель-алюмелевою термопарою на відстані 0,5 мм від зони контакту. Режими випробувань: V = 0,67 м/с; P = 2 і 5 МПа; τ = 4 год. Зношування зразків оцінювали гравіметричним методом на аналітичній вазі Radwag WAA 160 з точністю ± 0,00012 г. Мікроструктуру та поелементний аналіз утворених вторинних структур на зразках «колодка» вивчали на сканувальному електронному мікроскопі EVO-40XVP (Carl Zeiss) із системою рентгенівського мікроаналізу INCA Energy.

Виклад матеріалу. Встановлено наступні значення твердості та мікротвердості отриманих ЕІП. Так, $H_{\mu_{50}}$ ЕІП з ПД становить 7,767 ГПа (HV 1710), із сплаву Т15К6 - HRC 88…90. Виявлено, що за фрикційної взаємодії практично у всіх експериментах за контактування ЕІП із сталлю (диском) має місце зміна ваги завдяки перенесенню, в основному, заліза (апріорі) із диска на колодку з ЕІП та з ЕІП на стальний диск. Очевидно, через високу мікротвердість і пористість ЕІП відбувається мікрорізання поверхонь дисків та перенесення частинок зносу (сталі) в зону контакту. Так, при P = 2 МПа знос ЕІП отриманого електродом із Т15К6 становив 0,10 г, колодка набула ваги на 0,0028 г; при використанні електроду з ПД знос диска становив 0,012 г, колодка набула ваги 0,0002 г. При P = 5 МПа знос ЕІП з Т15К6 сягнув 0,015 г, колодка набула ваги 0,004 г; при використанні електроду з ПД знос диска склав 0,16 г, колодка набула ваги 0,07 г. Усереднені значення зміни коефіцієнтів тертя знаходиться в межах (0,125) при P = 2 МПа та 0,22…0,26 при P = 5 МПа. Температурний розігрів зони контакту при P = 2 МПа не перевищує 35^0C, при P = 5 МПа сягає $100…110^0$C. Поряд із зафіксованим механічним зношуванням пар тертя з нанесеними ЕІП, не виключається інший механізм фрикційної взаємодії, в т.ч. через трибоелектрохімічну поведінку контактної пари тертя.

Електронно-мікроскопічними дослідженнями встановлено, що у випадку фрикційної взаємодії на поверхні контртіла з ЕІП із ПД порівняно з вихідним станом зменшується кількість Fe із 40,19 до 6,57 ат. % (рис. 1), зменшується кількість Cr із 4,37 до 3,60 ат. %. Поряд з цим зростає кількість O із 11,04 до 23,69 ат. %, Al із 0,57 до 1,97 ат. %. Зафіксовано Mg в кількості 0,52 ат. %.



a) *b*)

Element	Mas/ %	Ат.%
C K	16.17	43.14
O K	5.51	**11.04**
Al K	0.48	**0.57**
Si K	0.34	0.39
Ca K	0.37	0.30
Cr K	7.09	**4.37**
Fe K	70.03	**40.19**
Всього	100.00	

c)

Елемент	Мас. %	Ат.%
C K	39.91	60.70
O K	20.75	**23.69**
Na K	0.65	0.52
Mg K	0.69	**0.52**
Al K	2.91	**1.97**
Si K	1.12	0.73
S K	0.40	0.23
Ca K	3.24	1.48
Cr K	10.25	**3.60**
Fe K	20.08	**6.57**
Всього	100.00	

d)

Рис. 1. Морфологія (*a, b*) та поелементний аналіз (*c, d*) поверхні зразка із ЕІП з ПД (80Х20Р3Т) системи Fe-Cr-B-C. Вихідний стан (*a, c*), після фрикційної взаємодії (*b, d*)

Після фрикційної взаємодії ЕІП із електроду Т15К6 як до випробувань, так і після, на поверхні тертя збільшується кількість Fe із 2,03 до 3,29 ат. %. Це може свідчити про натирання поверхні ЕІП матеріалом із диска, тобто Fe. Зменшується кількість С із 76,89 ат. % до 72,59 ат. %, зростає кількість О із 15,53 до 17,48 ат. %, зростає вміст Ті та W.

Наведені дані свідчать, що за рахунок механічного впливу, зокрема тертя, генеруються локальні температурні спалахи, які за дії активного атомарного середовища (протона H^+) під час фрикційної взаємодії приводять на нанорівні до низькоенергетичних реакцій (cold fussion), спричинених деформацією кристалічної гратки перехідних металів і викликають перетворення одних елементів в інші. Такі перетворення відбуваються за низьких енергій (1…4 eV) внаслідок додавання одного або більше протонів до ядра. При проникненні протону в ядро атома утворюється інший елемент (або інший ізотоп того ж елемента), або цей елемент стає нестійким і розпадається на два чи більше елементи, що є підтвердженням процесу відомого як К-захоплення, коли протон (p) захоплює електрон (e^-) із К-оболонки та перетворюється у нейтрон (n) і випромінює енергію (v) $p + e^- = n + v$ (якщо атомні маси вихідних та кінцевих ядер рівні). При цьому потрібні лише вільні електрони.

Висновок. В загальному випадку знос досліджуваних пар тертя сталі 45 з ЕІП відбувається як за рахунок зношування твердих продуктів трибохімічних реакцій – вторинних структур, так і механічного зношування вихідного матеріалу.

Актуальною надалі залишається потреба у виясненні фрикційної поведінки ЕІП за умов граничного мащення при прямій парі тертя.

УДК 621.941-229.3:531.133

ВЗАЄМОДІЯ ЕВОЛЮЦІЙНИХ ТА РАДИКАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ

к.т.н. ***Крижний Г.К.****, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна*

Якість продукції є головною умовою успіху на ринку [1]. Безумовно, що якість продукції закладається на стадіях маркетингових досліджень ринку та НДДКР [2]. Але стадії виробництва продукції не обминути, а це виробничі технології, які мають свої обмеження [2, 3]. Якщо ці обмеження суттєві, то якість продукції буде нижчою від закладеної на стадіях розробки [2].

Безумовно, виникає намагання підвищувати рівень технологічного потенціалу виробничих підрозділів, з тим щоб він був здатен забезпечити високий рівень якості продукції при помірних витратах на його розвиток.

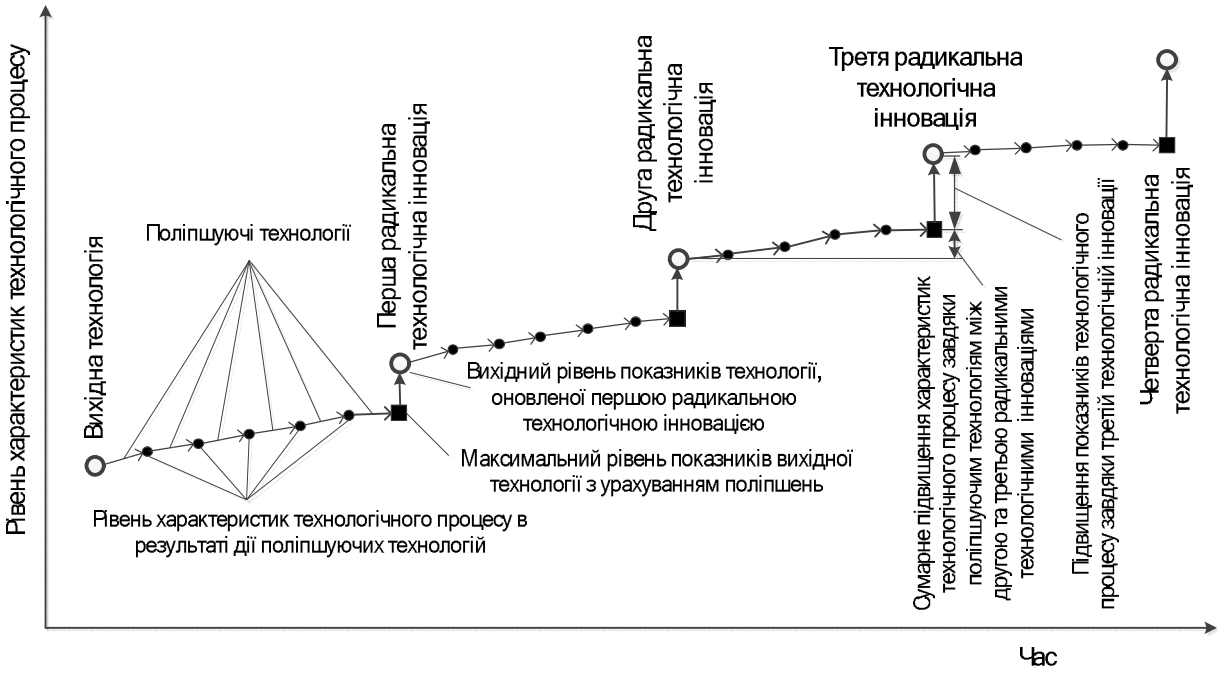


Рисунок 1 – Схема взаємодії поліпшуючих та радикальних технологічних інновацій

Кожна з поліпшуючих (еволюційних) технологічних інновацій дає незначний приріст рівня технологічного процесу, але вона не потребує значних витрат, тому є доцільною. Череда таких інновацій суттєво підвищує рівень якості технологічного процесу. Та через деякий час пропоновані поліпшуючі технології уже не дають ефекту, вони вичерпали свій потенціал. Тепер уже потрібно шукати радикальних (революційних) змін в технологічному процесі: фізичних, матеріалознавчих, в галузі обчислювальної техніки, нових формах організації виробництва та ін. Радикальна інновація дорога, але різко підвищує рівень характеристик процесу і відкриває шлях для нових поліпшуючих інновацій, які оптимізують використання нової радикальної інновації.

Список посилань

1. Орлов П.А. Менеджмекнт качества и сертификация продукции: Учебное пособие. – Х.: Издательский Дом «ИНЖЭК», 2004.– 304 с.
2. Крижний Г.К. Стратегічий технологічний менеджмент: Навч. посібник. – Х.: НТУ «ХПІ», 2003. – 448 с.
3. Duret Daniel, Pillet Maurice. Qualité en production. Paris: Editions d'Organisation, 1998, 312 p.

УДК 669-1: 621.7-97

РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА УСАДКИ МЕТАЛЕВОГО СПЛАВУ У РІДКОМУ СТАНІ

к.т.н. ***Лютий Р.В., Прилуцький М.І., Кривик О.В.,*** *КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

Вступ. Усадка металів і сплавів – природне фізичне явище, при якому об’єм і лінійні розміри литої заготовки при охолодженні зменшуються.

Процеси усадки прийнято поділяти на три стадії: у рідкому стані, під час кристалізації та у твердому стані. Кожен із етапів характеризується своїми окремими коефіцієнтами усадки.

Вказані явища призводять до появи поширених ливарних дефектів. Під час усадки у рідкому стані та під час кристалізації зменшення об’єму металу призводить до виникнення усадкових раковин і пористості.

Коефіцієнти усадки на усіх трьох стадіях експериментально визначено для обмеженого кола ливарних сплавів – тих, які найбільшою мірою застосовуються у промисловості. Поява нових сплавів та литих композиційних матеріалів ставить наукову задачу теоретичного визначення цих фізичних характеристик.

Виклад матеріалу. Автори [1] логічно пропонують розраховувати коефіцієнт об'ємної усадки за зміною густини сплаву, при цьому вказують, що густину можна визначити за правилом адитивності. Дане твердження є технічно некоректним, оскільки за правилом адитивності визначається лише питомий об'єм сплаву – величина, зворотна до його густини [2].

Теоретичне визначення коефіцієнтів об'ємної усадки сплавів у рідкому стані ускладнено тим, що температура плавлення окремих компонентів може бути нижчою за температуру плавлення сплаву. Вказані складнощі можуть виникнути під час розрахунків для сталей із вмістом вольфраму або молібдену, алюмінієвих сплавів із вмістом титану або цирконію, мідних сплавів із вмістом заліза або хрому тощо.

Об'єктом нашого розрахунку вибрано поширений ливарний сплав на основі міді – бронзу БрО3Ц12С5, яка містить близько 3% Sn, 12% Zn, 5% Pb, 80% Cu. Умови розрахунку: температура заливання 1150 °С, температура плавлення сплаву 950 °С.

Для визначення коефіцієнту усадки сплаву у рідкому стані проаналізовано температури плавлення усіх його компонентів: Sn – 232 °С, Zn – 419 °С, Pb – 327 °С, Cu – 1083 °С. Один із компонентів – мідь – має температуру плавлення більшу, ніж сплав.

У рідкому стані сплав зазвичай являє собою механічну суміш розплавлених металів, на відміну від твердого стану, коли у сплаві можуть утворюватися тверді розчини, інтерметаліди, евтектики та інші фази.

Коефіцієнт усадки розрахуємо за різницею густини сплаву при температурі заливання (1150 °С) і температурі плавлення (950 °С). Для визначення густини, у свою чергу, необхідно знайти питомі об'єми сплаву при цих температурах.

Оскільки сплав знаходиться у рідкому стані, незалежно від температури плавлення компонентів до розрахунку необхідно брати їх константи для рідкого стану. Питомі об'єми компонентів сплаву при їх температурах плавлення (густина міді при температурі плавлення 8000 кг/м^3; густина олова – 7000 кг/м^3; густина цинку – 6600 кг/м^3; густина свинцю – 10600 кг/м^3):

$$V_{Cu}^{1083} = \frac{1}{8000} = 0{,}000125 м^3/кг; V_{Sn}^{232} = \frac{1}{7000} = 0{,}000143 м^3/кг;$$

$$V_{Zn}^{419} = \frac{1}{6600} = 0{,}000152 м^3/кг; V_{Pb}^{327} = \frac{1}{10600} = 0{,}000094 м^3/кг.$$

Нагрівання компонентів сплаву у рідкому стані над температурою плавлення призводить до збільшення їх питомого об'єму. Тому при температурі 950 °С розраховані вище значення для усіх компонентів, крім міді, зміняться. Для розрахунку зміни питомого об'єму при нагріванні використано формулу [2]:

$$V_p^t = V_p^{t_{пл}}[1 + \varepsilon_p^0 (t - t_{пл})], \quad (1)$$

де V_p^t – питомий об'єм компонента сплаву у рідкому стані при заданій температурі (в нашому випадку t = 950 °С); $V_p^{t_{пл}}$ – питомий об'єм у рідкому стані при температурі плавлення компонента сплаву, розрахований вище; ε_p^0 - коефіцієнт об'ємної усадки компонента сплаву.

Отже, при температурі 950 °С питомі об'єми становитимуть:

$$V_{Cu}^{950} = 0{,}000125 м^3/кг;$$

$$V_{Sn}^{950} = 0{,}000143 \cdot [1 + 110 \cdot 10^{-6}(950 - 232)] = 0{,}000154 м^3/кг;$$

$$V_{Zn}^{950} = 0{,}000152 \cdot [1 + 154 \cdot 10^{-6}(950 - 419)] = 0{,}000164 м^3/кг;$$

$$V_{Pb}^{327} = 0{,}000094 \cdot [1 + 130 \cdot 10^{-6}(950 - 327)] = 0{,}000102 м^3/кг.$$

Питомий об'єм сплаву при 950 °С (враховуючи відсотковий вміст компонентів):

$$V_{СПЛ}^{950} = \frac{0{,}000125 \cdot 80 + 0{,}000154 \cdot 3 + 0{,}000164 \cdot 12 + 0{,}000102 \cdot 5}{100} = 0{,}0001294 м^3/кг.$$

Густина сплаву при температурі 950 °С:

$$\rho_{СПЛ}^{950} = \frac{1}{0{,}0001294} = 7728 кг / м^3.$$

При температурі 1150 °С усі компоненти сплаву (включаючи мідь) є перегрітими над власними температурами плавлення та над температурою плавлення сплаву в цілому. При температурі 950 °С питомі об'єми компонентів становитимуть:

$$V_{Cu}^{1150} = 0{,}000125 \cdot [1 + 95 \cdot 10^{-6}(1150 - 950)] = 0{,}0001274 м^3 / кг;$$
$$V_{Sn}^{1150} = 0{,}000143 \cdot [1 + 110 \cdot 10^{-6}(1150 - 232)] = 0{,}000157 м^3 / кг;$$
$$V_{Zn}^{1150} = 0{,}000152 \cdot [1 + 154 \cdot 10^{-6}(1150 - 419)] = 0{,}000169 м^3 / кг;$$
$$V_{Pb}^{1150} = 0{,}000094 \cdot [1 + 130 \cdot 10^{-6}(1150 - 327)] = 0{,}000104 м^3 / кг.$$

Питомий об'єм сплаву при 1150 °С (враховуючи відсотковий вміст компонентів:

$$V_{СПЛ}^{1150} = \frac{0{,}0001274 \cdot 80 + 0{,}000157 \cdot 3 + 0{,}000169 \cdot 12 + 0{,}000104 \cdot 5}{100} = 0{,}000132 м^3 / кг.$$

Густина сплаву при температурі 1150 °С:

$$\rho_{СПЛ}^{1150} = \frac{1}{0{,}000132} = 7575 кг / м^3.$$

Коефіцієнт об'ємної усадки сплаву у рідкому стані:

$$\varepsilon_P = \frac{7728 - 7575}{7728 \cdot (1150 - 950)} = 0{,}000099 K^{-1} = 99 \cdot 10^{-6} K^{-1}.$$

Висновки. Розроблено методику теоретичного розрахунку коефіцієнта об'ємної усадки ливарних багатокомпонентних сплавів, які містять метали, що значною мірою відрізняються за температурами плавлення.

Список посилань.

1. Богуслаев В.А., Репях С.И., Могилатенко В.Г. и др. Литейные свойства металлов и сплавов для прецизионного литья: Учебник. – Запорожье: Изд-во АО «Мотор Сич», 2016. – 400 с.
2. Могилатенко В.Г., Пономаренко О.І., Дробязко В.М., Кочешков А.С., Ямшинський М.М. Теоретичні основи ливарного виробництва. – Харків.: НТУ «ХПІ», 2011. – 288 с.

УДК 674.053:621.93.024.74

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ, ЩО ВИНИКАЄ НА ПОВЕРХНІ ЗАГОСТРЮВАННЯ ЛУЩИЛЬНИХ НОЖІВ, НА МІКРОТВЕРДІСТЬ ЛЕЗА

к.т.н. ***Озимок Ю.І.****, д.т.н.* ***Шостак В.В.****,* ***Бень І.О.****, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна*

Вступ. В даний час для оцінки якості дереворізальних інструментів на різних етапах їх життєвого циклу (в процесі виготовлення, зміцнення і експлуатації) використовуються новітні методи контролю із застосуванням сучасного обладнання. Проведення своєчасного комплексного контролю механічних властивостей інструмента в умовах виробничого процесу дозволяє визначити динаміку і період настання деградаційних процесів.

Один з найпоширеніших методів механічних випробувань є визначення твердості та мікротвердості, який використовують для оцінки властивостей металу, а також для математичного опису деградаційних зон і характеру їх формування в поверхневих шарах інструмента.

Виклад матеріалу.Визначення мікротвердості на поверхні леза ножа, який загострювався суцільним абразивним кругом та багаточашковим абразивним інструментом з

планетарним приводом, здійснювалось за методом відновленого відбитка при занурені під малим навантаженням індентора у вигляді чотиригранної призми з квадратною основою і кутом між гранями при вершині рівним 136 ±1° [2] з допомогою твердоміра ПМТ-3.

Результати вимірювань наведені табл. 1.

Таблиця 1 – Результати вимірювань мікротвердості лез ножів
Мікротвердомір ПМТ-3, маса вантажу 100 г, час витримки 10 с
Сталь ножів 9Х5ВФ, відстань від уколу до кромки ножа 50 мкм

№ уколу	Мікро-твердість HV, МПа ножа 1	Мікро-твердість HV, МПа ножа 2	Від-стань від кромки, мкм	№ уколу	Мікро твердість HV, МПа ножа 1	Мікро твердість HV, МПа ножа 2	Від-стань від кромки, мкм
1	5080	6490	50	13	6220	6490	650
2	5080	6490	100	14	6420	6490	700
3	5080	6490	150	15	6420	6460	750
4	5080	6490	200	16	6420	6270	800
5	5080	6490	250	17	6420	6520	850
6	5080	6490	300	18	6420	6770	900
7	5360	6490	350	19	6420	6490	950
8	5420	6490	400	20	6420	6490	1000
9	5420	6490	450	21	6420	6490	1050
10	5660	6490	500	22	6420	6490	1100
11	5990	6490	550	23	6420	6490	1150
12	6120	6490	600	24	6420	6490	1200

На рис. 1. наведені результати вимірювання мікротвердості лез ножів, які загострювались суцільним абразивним кругом та багаточашковим абразивним інструментом з планетарним приводом.

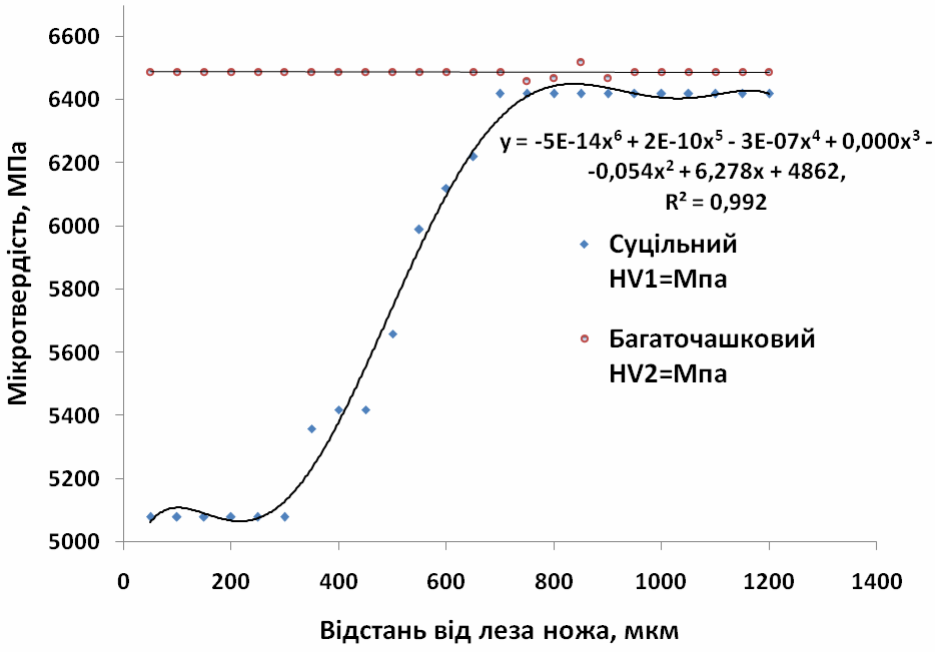


Рисунок. 1 –Розподіл мікротвердості лез ножів після загострення суцільним і багато чашковим абразивним щкругом

З графіка видно, що мікротвердість ножа, який загострювався суцільним абразивним кругом, змінюється від кромки на глибину 850 мкм. На відстані 50 мкм від різальної кромки мікротвердість зменшилась до 5080 МПа.

У другому випадку, коли загострення проводили багаточашковим абразивним кругом, вона залишилась без зміни і відповідала 6500 МПа.

Зменшення мікротвердості в зоні різальної кромки ножа, що загостювався суцільним абразивним кругом, пояснюється відпуском цієї зони, оскільки температура на поверхні шліфування складає більше 500˚ С.

Стабільність мікротвердості ножа, який загострювався багаточашковим абразивним інструментом досягається порівняно не високими температурами, що виникають в процесі шліфування.

Це підтверджується результатами попередніх досліджень температури та добре узгоджується з результатами досліджень температури під час шліфування абразивними кругами з перервною робочою поверхнею [1].

Висновки.Ефективність процесу загострювання дереворізальних ножів багаточашковим абразивним інструментом підтверджують результати дослідженя мікротвердості.Це дасть можливість розробити раціональні режими загострювання. При цьому продуктивність процесу загострювання збільшиться 1,5…2,0 рази.

Список посилань.

1.Озимок Ю.І. Вплив загострення багаточашковим абразивним інструментом сталевих ножів на температуру в зоні шліфування та мікротвердість / Ю. І. Озимок, М. Д. Кірик // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка: збірникнаук.-техн. праць. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 40. – С. 285–290.

2. Измерениемикротвердости вдавливанием алмазных наконечников: ГОСТ 9450-76. [Действующий с 1982-07-01] – М.: Издательство стандартов, 1982. – 32 с. – (Государственный стандарт СССР).

УДК 53.091: 53.096: 57.043

ВПЛИВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПРУЖНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОСУМІСНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Ti-Nb-Mo

***Омельченко Т.А.**, к.т.н. **Холявко В.В.**, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

Вступ. Метастабільні Ti-Nb сплави, додатково леговані β-стабілізуючим Mo привертають постійно зростаючу увагу при розробці нових металевих матеріалів, що використовуються в медицині для заміни або при протезуванні кісткових тканин. Це особливо актуально в розрізі пошуків матеріалів на основі Ti, але вільних від Ni, який є токсичним для організму людини. Підвищений інтерес до цих сплавів пояснюється поєднанням в них модуля Юнга E, порівняного до модуля кісток людини, високої корозійної стійкості та біосумісності.

В роботах багатьох авторів [1], в тому числі і нашої наукової групи, було доведено, що повторна механічна обробка тиском сплавів системи Ti-Nb після загартування та гомогенізуючого відпалу призводить до зменшення рівня модуля Юнга з (60 – 80) ГПа до (30 – 40) ГПа, що порівняно з пружністю кісток людини ($E_к$ = (20-30) ГПа).

Виклад матеріалу. В роботі дослідження були проведені на зразках чотирьох хімічних складів (див. табл. 1). Отримання зразків сплавів здійснювалося у вакуумно-дуговій печі з невитратним вольфрамовим електродом.

Таблиця 1 – Хімічний склад досліджуваних зразків

Номер зразка	Вміст компонентів, ат.%			Вміст компонентів, мас.%		
	Ti	Nb	Mo	Ti	Nb	Mo
№ 1	94	4	2	88,9	7,3	3,8
№ 2	92,5	5	2,5	86,3	9,0	4,7
№ 3	95,5	1,5	3	91,5	2,8	5,8
№ 4	94	2	4	88,8	3,7	7,6

Попередня термічна обробка складалась з субсолідусного відпалу протягом 10 годин за температури 1600 °С та подальшого загартування з температури 870 °С у воду.

Аналіз фазового складу показав наявність в литих зразках певної частки α’’-мартенситу з ромбічною структурою (див. табл.2) та гомогенізацію сплавів зі структурою α’’-фази після відпалу та загартування.

Таблиця 2 – Фазовий склад литих зразків досліджуваних матеріалів

Номер зразка	Кількість α-фази	Кількість α’’-фази	Кількість β-фази
№ 1	91,9	8,1	-
№ 2	75,4	24,6	-
№ 3	63,6	36,4	-
№ 4	29,6	-	70,4

Проведене подальше вальцювання зразків з загальною деформацією 2,5 % виявило зменшення модуля Юнга сплавів на (15 – 20) ГПа.

Висновки. Отже, можна зробити висновок щодо перспективності використання сплавів системи Ti-Nb-Mo в якості матеріалів імплантів, які перебувають під навантаженням (стоматологія, ортопедія та щелепно-лицьова хірургія). Подальші дослідження будуть направлені на встановлення рівня механічних властивостей сплавів після вальцювання. Очікується наявність достатньо високої міцності, пружної деформації та прояв демпфуючої здатності.

Список посилань.

1. Matthias Bönisch, Mariana Calin, Jan van Humbeeck,Werner Skrotzki, Jürgen Eckert. Factors influencing the elastic moduli, reversible strains and hysteresis loops in martensitic Ti–Nb alloys // Materials Science and Engineering C. – 2015, Vol. 48. – P. 511–520.

УДК 523.526:621.182.5

САМОЗМАЩУВАНА ПОВЕРХНЯ ТЕРТЯ

д.т.н. ***Мікульонок І.О.****, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Вступ. У загальному й галузевому машинобудуванні широко використовуються різноманітні конструктивні елементи, які перебувають в умовах тертя і які потребують ефективного змащування для підвищення зносостійкості відповідних поверхонь тертя.

Виклад матеріалу. У машино- та приладобудуванні в парах тертя для зниження інтенсивності зношування часто застосовують поверхні тертя, що мають регулярний рельєф у вигляді заглибин для розміщення в них мастильного матеріалу [1, 2]. Недоліком більшості таких поверхонь є те, що мастильний матеріал під час тертя за умови підвищених температур недостатньо ефективно витискається із заглибин на поверхні тертя, що призводить до більш інтенсивного їх зношування, а отже й зниження терміну служби відповідного виробу.

Пропонована поверхня тертя *1* деталі *2* має регулярний рельєф у вигляді заглибин *3* для розміщення в них мастильного матеріалу *4*, при цьому на поверхні заглибин *3* утворено покриття *5*, виконане з антифрикційного матеріалу, що має більший температурний коефіцієнт лінійного розширення, ніж матеріал поверхні тертя *1* (рисунок 1). У найприйнятнішому прикладі виконання поверхні тертя *1* покриття *5* виконано з політетрафторетилену або поліаміду [3].

Якщо температурний коефіцієнт лінійного розширення Сталі 45 за температури 100–200 °С становить $(11{,}59–12{,}32)\cdot10^{-6}$ $К^{-1}$, то відповідний коефіцієнт політетрафторетилену (колишня назва фторопласт-4) за температури 120–200 °С – $15\cdot10^{-4}$ $К^{-1}$, а поліаміду-6 – $(8{,}2–9{,}7)\cdot10^{-4}$ $К^{-1}$ [4], тобто на два порядки більше, ніж у Сталі 45.

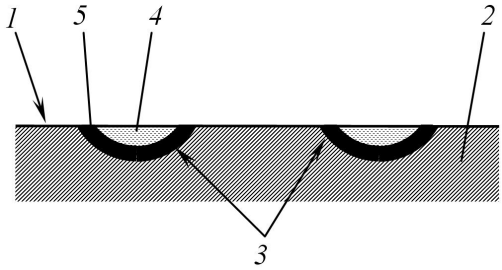


Рисунок 1 – Конструкція поверхні тертя за пат. № UA136178U:
1 – поверхня тертя; *2* – деталь; *3* – заглибини; *4* – мастильний матеріал;
5 – покриття з антифрикційного матеріалу

Під час роботи деталі *2* в умовах тертя мастильний матеріал *4* із заглибин *3* поступово переноситься на поверхню тертя *1*. У разі підвищення температури поверхні тертя *1* завдяки тому, що покриття *5*, виконане з антифрикційного матеріалу, який має більший температурний коефіцієнт лінійного розширення, ніж матеріал поверхні тертя *1*, мастильний матеріал *4* примусово (під дією сили з боку покриття *5*, що розширюється) витискується із заглибин *3* і потрапляє на поверхню тертя *1*, що знижує силу тертя деталі *2* по іншій деталі пари тертя.

Висновки. Пропонована поверхня тертя може бути рекомендована для застосування в механізмах і машинах різноманітного призначення, що експлуатуються в умовах підвищених температур.

Список посилань.

1. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : справочник. Москва : Машиностроение, 1987. С. 305.
2. Мікульонок І. О. Виготовлення, монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв. Київ : НТУУ «КПІ», 2010. 412 с.
3. Поверхня тертя: пат. 136178 U Україна. № u201901494; заявл. 14.02.2019; опубл. 12.08.2019, Бюл. № 15.
4. Физические величины: справочник / под ред. И. С. Григорьева, Е. З. Мейлихова. Москва : Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.

УДК 621.833

МОДИФІКАЦІЯ ПРОФІЛЮ ПРЯМОЗУБИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС З ЕВОЛЮТНИМ ЗАЧЕПЛЕННЯМ

***Протасов Р.В.**, Словацький технічний університет у Братиславі, Братислава, Словаччина, к.т.н. **Устиненко О.В.**, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, Україна*

Вступ. При проектуванні зубчастих передач часто використовують модифікацію або коригування профілю, яка дозволяє підвищити контактну та згинну міцність зубців шестерні, зменшити питоме ковзання, розмістити зубчасту пару з потрібним передавальним відношенням в задану міжосьову відстань. Для стандартного евольвентного зачеплення розроблені рекомендації, таблиці та графіки блокуючих контурів, які дозволяють підібрати коефіцієнти зміщення вихідного контуру, що забезпечують потрібні властивості передачі.

Розроблене українським вченим А. І. Павловим нове сімейство зачеплень, назване їм еволютним, має опукло-увігнутий контакт, який дозволяє передавати більший обертальний момент при збереженні габаритів передачі. Існуючи дослідження еволютних зачеплень

показали, що, наприклад, коефіцієнт перекриття передачі відносно традиційної евольвентної не високий, а саме, при стандартних величинах кута профілю в полюсі та коефіцієнта висоти головки зуба не може бути більшим за 2. Що до питомого ковзання, то воно на голівці та ніжці зуба вище, ніж у евольвентної передачі. Тому дослідження корекції еволютного профілю є важливим, тому що дозволить або покращити геометричні та якісні показники передачі з існуючим профілем, або підібрати оптимальні коефіцієнти рівняння еволютної інструментальної рейки при синтезі нового профілю.

Виклад матеріалу. Авторами запропоновано комплексну методику аналізу впливу коефіцієнтів зміщення на радіус кривизни робочого профілю зуба, приведений радіус кривизни, коефіцієнт перекриття, питоме ковзання, контактну та згинну міцність зубчастої передачі.

Методика складається із наступних етапів.

1. Математичне моделювання кутової та висотної корекції. До рівняння вихідного бічного профілю додається коефіцієнт, який відповідає потрібному типу корекції, тобто розташуванню інструментальної рейки відносно колеса, яке обробляється. Тоді отримане методом профільних нормалей рівняння бічних профілів зубців шестерні та колеса буде містити в собі коефіцієнт зміщення. З огляду на те, які потрібні геометричні та якісні показники передачі, коефіцієнт зміщення буде задано у вигляді діапазону. Це дозволить визначити граничні значення для корекції.

2. Кривизну та приведений радіус кривизни буде отримано за формулами диференціальної геометрії. Ці дані будуть використані при визначенні контактних напружень за формулою Герца.

3. Коефіцієнт перекриття буде визначено з урахуванням фаз переспряження, як відношення кута повороту шестерні ψ_ε до кроку зачеплення P: $\varepsilon = \psi_\varepsilon / P$, де P – крок зачеплення, $P = 2\pi / z_1$.

Кут ψ_ε складається з суми кутів: $\psi_\varepsilon = \psi_z + \psi_a + \psi_p$.

4. Питоме ковзання визначається як відношення абсолютної швидкості ковзання $V_y = PY(\omega_1 + \omega_2)$ до дотичної швидкості ковзання $V_{Fy} = \omega_1 r_y \sin\alpha_y$.

5. Згинна міцність зубців буде визначена за допомогою методу скінченних елементів у CAE-системі ANSYS.

6. Отримані результати будуть зведені до графіку – блокуючого контуру. Він відображає граничні значення коефіцієнтів зміщення та взаємне відношення геометричних і якісних показників для обраної пари зубчастих коліс при конкретному виборі коефіцієнтів.

Висновки. Запропоновано методику аналізу впливу коефіцієнтів зміщення вихідного контуру на геометричні та якісні показники прямозубої передачі з еволютним зачепленням. Запропонований блокуючий контур дозволить призначити коефіцієнти зміщення для отримання оптимальної зубчастої передачі. Зважаючи на те, що еволютне зачеплення – це сімейство профілів, де у рівняння вихідного контуру входить два незалежних один від одного коефіцієнти – кут зачеплення в полюсі α та коефіцієнт різновиду передачі k, то аналіз отриманих блокуючих контурів для вже існуючих еволютних зачеплень дозволить визначити тенденції щодо призначення коефіцієнтів рівняння вихідного контуру при синтезі нових передач.

УДК 669.245.018.044:620.193.53

КАРБІДИ В ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВАХ

к.т.н. ***Глотка О.А****., д.т.н.* ***Ольшанецький В.Ю****., д.т.н.* ***Гайдук С.В.,*** *Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна*

Вступ. У міру вдосконалення системи легування жароміцних нікелевих сплавів ускладнюється їх мікроструктура і змінюється фазовий склад. Крім основних фаз: γ-твердого розчину, високодисперсною γ′ - фази, що виділяється з γ- твердого розчину, і карбідів типу МС, виділяються надлишкові фази, що представляють собою евтектику γ + γ′,

карбіди інших типів ($M_{23}C_6$, Me_6C), фази на основі твердого розчину одного з елементів: (хром, кобальт) σ- фаза, (вольфрам, молібден) μ- фаза і т. п.

Виклад матеріалу. Моделювання термодинамічних процесів, що протікають при кристалізації (охолодженні) або нагріванні в структурі сплавів здійснювалося методом CALPHAD в програмній оболонці JMatPro. В системі багатокомпонентного легування (Ni-13,5Cr-5Co-3,4Al-4,8Ti-7,3W-0,8Mo-0,015B-0,12C), що відповідала середньомарочному складу сплаву ЗМІ-3У, діапазон варіювання елементами був обраний з міркувань максимального і мінімального кількості елемента, що вводиться в жароміцні нікелеві сплави (ЖНС). Таким чином, для дослідження було обрано карбідоутворюючі елементи в наступних діапазонах легування: хром (1-35)%; молібден (1-6)%; вольфрам (1-16)% по масі.

Хром один з основних елементів який підвищує характеристики корозійної стійкості сучасних промислових ЖНС. В середньому вміст хрому знаходиться на рівні 15% за масою, проте для збільшення жаростійкості його кількість може бути піднята до 35% мас. Крім корозійних властивостей, хром бере участь в утворенні одного з вторинних карбідів типу $M_{23}C_6$, який присутній майже у всіх ЖНС. Хоча, хром і є елементом, що впливає на утворення вторинних карбідів, він справляє помітний вплив на температуру розчинення (виділення) первинних карбідів.

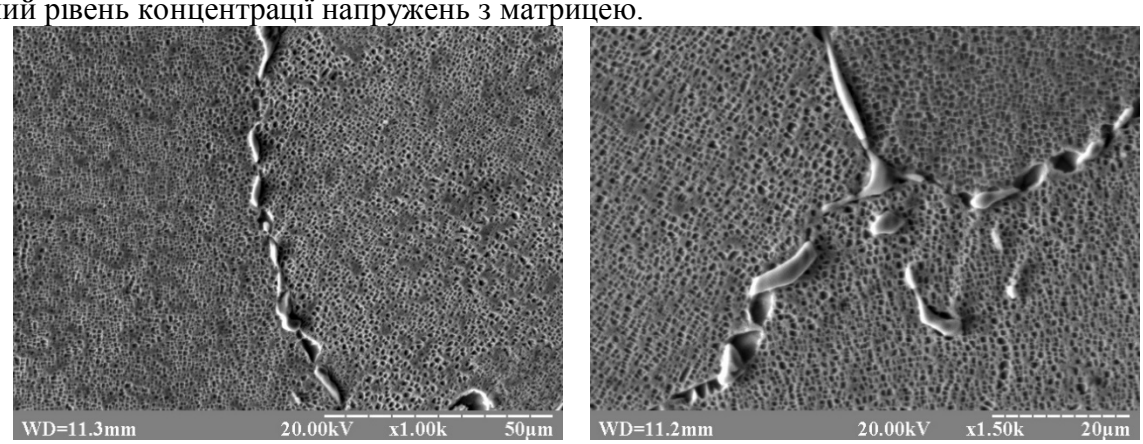
Молібден, один з елементів який бере участь в утворенні вторинних карбідів і на його основі може формуватися карбіди типу M_6C, при цьому молібден може входити до складу карбідів типу $M_{23}C_6$. Оскільки в досліджуваній композиції утворення M_6C малоймовірно, то в подальшому буде розглянуто вплив молібдену на карбіди типу $M_{23}C_6$. Вплив молібдену неоднозначний на температури утворення карбідів (карбідного ліквідусу), для первинних карбідів залежність має параболічний характер, а для температури виділення (розчинення) вторинних карбідів за логарифмічною залежності. Слід зазначити, що в складі первинних карбідів молібден присутній в незначній концентрації (0,2%) і його концентрація підвищується до 0,8% зі збільшенням його вмісту в складі сплаву.

Вольфрам вводиться до складу ЖНС з метою підвищення рівня температур фазових перетворень, а, отже, жароміцності сплаву. Вміст вольфраму в сучасних жароміцних сплавах знаходиться в досить широких межах 1-16% за масою. Подальше збільшення вмісту вольфраму істотно підвищує ймовірність виділення в структурі ТПУ фаз, особливо α_W. Так, вміст вольфраму до 10% по масі в складі сплаву практично не робить помітного впливу на температуру розчинення (виділення) первинних карбідів типу МС. Подальше його збільшення в складі сплаву сприяє помітному зростанню температури карбідного ліквідусу.

Експериментально встановлено, що при збільшенні вмісту вольфраму в складі сплаву більш, ніж 10% за масою, в складі первинних карбідів його концентрація зростає до 29-30%. При утриманні вольфраму в складі сплаву 8% по масі і більш, титан практично не змінює свою концентрацію в складі первинних карбідів. При цьому, в складі первинних карбідів концентрація титану знижується до 55% маси по параболічної залежності. Зміни концентрацій вольфраму і молібдену в складі первинних карбідів, може супроводжуватися утворенням ТЩП фази, типу Р, якщо в складі сплаву вміст вольфраму 8% по масі і більш. При цьому, в складі первинних карбідів концентрація хрому і молібдену знижується до 0,47% і 0,06%, відповідно.Вміст вольфраму в складі сплаву робить істотний вплив на концентрацію легуючих елементів у вторинних карбідах. Так, при вмісті в складі сплаву вольфраму до 10% по масі, концентрація хрому і молібдену змінюється до 74% і 12% відповідно, а якщо вміст вольфраму в складі сплаву перевищує 10% по масі, то знаходяться на рівні 89% Cr і 1,9% Mo.

Результати розрахунку фазового складу, отримані CALPHAD-методом, в подальшому порівнювали з експериментальними даними, отриманими за допомогою електронної мікроскопії в режимі мікрозонду на растровому електронному мікроскопі РЕМ-106І. Типова морфологія вторинних карбідів, яка найбільш часто зустрічається в структурі сплавів даного класу: переривчаста пластинчаста (рис. 1, а) і переривчаста блокова (рис. 1, б). Найбільш

доцільним є блоковий тип виділень вторинних карбідів, оскільки в цьому випадку маємо нижчий рівень концентрації напружень з матрицею.



а ×1000 б ×1500

Рисунок 4 – Типова морфологія вторинних карбідів в структурі ЖНС

Виходячи з отриманих експериментальних значень, були розраховані стехіометричні формули для вторинних карбідів, що дало можливість встановити реальний тип карбідів в структурі досліджених сплавів. Так, для сплаву ЗМІ-3У формула первинного карбіду з перекладом масових % в атомні % відповідає наступному стехіометричному співвідношенню:

$$(Cr_{0,824}W_{0,048}Mo_{0,048}Ni_{0,0589}Co_{0,0189})_{21,6}C_{5,98}.$$

виходячи з отриманої формули для первинних карбідів маємо, що сумарне співвідношення металевих елементів і вуглецю не в повній мірі відповідає правилу жорсткого ставлення 23: 6. Спостерігається деяке підвищення сумарної концентрації металевих елементів в з'єднанні. Така ж особливість і в сплаві Udimet 500, де карбід відповідає наступній формулі сполуки:

$$(Cr_{0,718}Mo_{0,119}Ni_{0,095}Co_{0,066})_{20,8}C_{5,48}$$

що так само, в повній мірі не відповідає правилу співвідношення 23: 6 в карбідах даного типу.

Висновки. Таким чином, розрахункові дані, отримані CALPHAD-методом по визначенню типу і хімічного складу вторинних карбідів, показали добру збіжність і узгодженість з експериментальними даними, отриманими методом електронної мікроскопії.

УДК 674.05

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТОЧНОСТІ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ

к.т.н. ***Пилипчук М.І****., Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна*

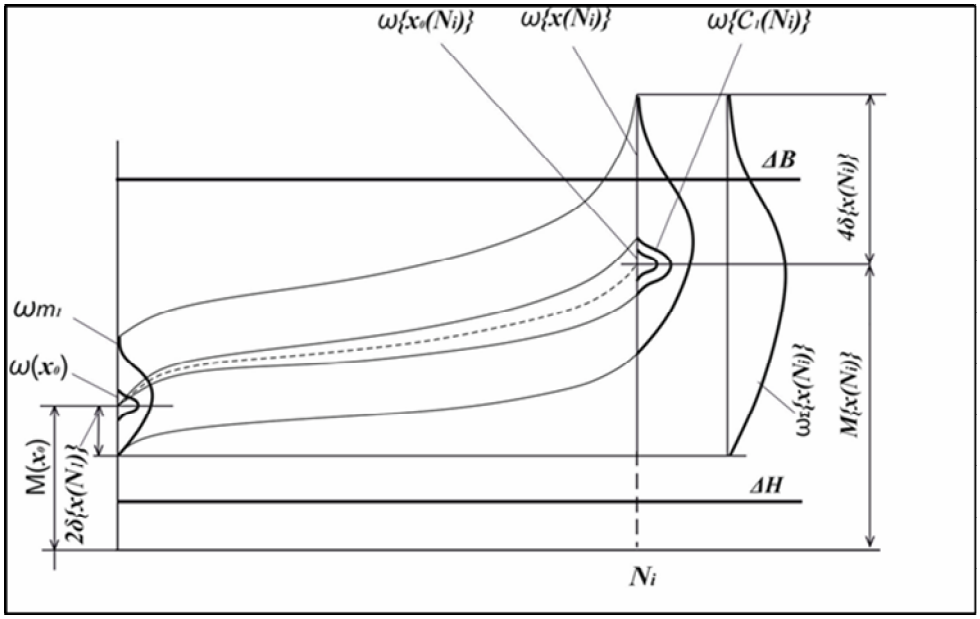
Вступ. Технологічна точність деревообробного верстата у процесі його експлуатації постійно знижується порівняно з початковою. Часткове відновлення стану точності верстата здійснюється шляхом періодичного загострювання різального інструмента та налагодження і ремонту самого верстата. Прийняття конкретних практичних рішень з підвищення або відновлення технологічної точності деревообробного верстата вимагає сучасного науково-теоретичного обґрунтування на основі методів математичного моделювання та комп'ютерних технологій.

Виклад матеріалу. Похибка, що виникає під час виготовлення партії деталей, характеризується параметрами поля розсіювання розміру ω та розмірного налагодження X, які під час обробляння партії заготовок безперервно зростають(рис.1, *а*). Для опису зміни цих параметрів застосовано поліноміальну модель, що має вигляд:

$X_i(t) = B_n t^n + B_{(n-1)}\, t^{(n-1)} + \ldots + B_1 t + X_1$; $\omega_i(t) = C_n t^n + C_{(n-1)}\, t^{(n-1)} + \ldots + C_1 t + \omega_1$,

де B_1-B_n , C_1-C_n – коефіцієнти, що характеризують швидкість та характер зміни середнього значення і поля розсіювання розміру деталей.

Методика досліджень динаміки технологічної точності верстата розроблена у вигляді прикладної програми «ДИН.ТОЧН.xls» , яка забезпечує опрацювання статистичних даних та одержання емпіричних залежностей показників динаміки технологічної точності деревообробних верстатів у вигляді полінома *n*-степеня, а також побудову графічних залежностей (рис.1 *б,в*).



а



б



в

а – модель динаміки технологічної точності верстата за період зносостійкості інструмента; *б* – залежність зміни середнього значення; *в* – залежність зміни поля розсіювання розмірів

Рисунок 1 – Результати дослідження динаміки технологічної точності горизонтального стрічкопилкового верстата СКТП505-2

Висновок. Розроблена методика математичного моделювання динаміки технологічної точності верстатів може використовуватись як для встановлення закономірностей зміни показників технологічної точності різних видів конструкцій деревообробних верстатів, так і в умовах виробництва для прогнозування точності обробляння партії деталей упродовж періоду зносостійкості інструменту.

УДК 621.777.22.07

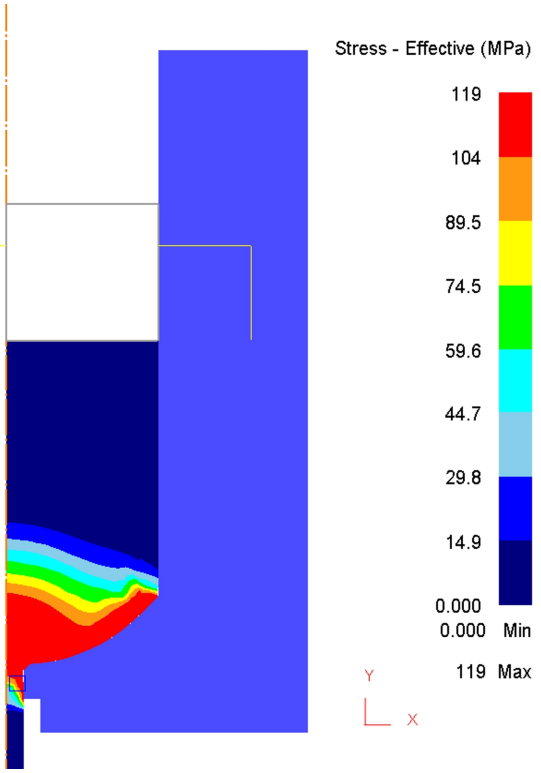
АНАЛІЗ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРЯМОГО ПРЕСУВАННЯ

к.т.н. ***Свяцький В.В.****, Центральноукраїнський національний університет, Кропивницький, Україна*

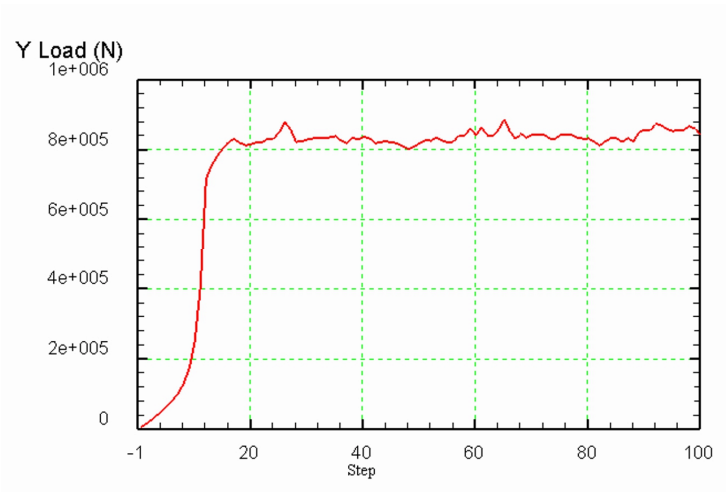
Вступ. Оптимізація технологічних параметрів процесів пресування з метою одержання виробів з мінімальними енергосиловими параметрами має великий науковий і практичний інтерес. Напружений і деформований стан металу, а також розміри вогнища деформації при пресуванні суттєво залежать від конструкції інструмента і, зокрема, від форми матричної лійки. Проте, дотепер не існує єдиної точки зору про вплив геометрії вогнища деформації на енергосилові параметри процесу пресування металів.

Виклад матеріалу. Проведене дослідження з визначення профілю матричної лійки на основі аналізу поля ліній ковзання сталої стадії пресування через симетричну одноканальну матрицю [1]. За допомогою комп'ютерного моделювання прямого пресування сплаву АД1 ГОСТ 4784-97 із величиною витяжки $\mu = 81$ та зі швидкістю деформації 1 мм/сек досліджувалися такі типи профілів матричних лійок [2]: матриця, форма якої відповідає усіченому конусу; увігнутий профіль, побудований по циклоїді з радіусом $R_ц$ виходячи з умови найбільшої рівномірності пластичного течії металу в матричній лійки; опуклий профіль, побудований по експоненті, аргументований умовою сталості логарифмічної деформації λ_z на одиницю висоти матричної лійки; опуклий профіль, обґрунтований умовою забезпечення сталості усередненої швидкості деформації по висоті матричної лійки; матриця, профіль якої виконаний по лінії ковзання, що відокремлює пластичну зону від пружної сталої стадії пресування.

Аналіз комп'ютерного моделювання за допомогою програмного комплексу Deform 3D силових параметрів пресування показав суттєву перевагу ввігнутих профілів матриць щодо інших профілів. При пресуванні через матрицю, профіль якої виконаний по лінії ковзання, що відокремлює пластичну зону від пружної, відзначені найменші енергосилові витрати в порівнянні із іншими профілями матриць (рис. 1).



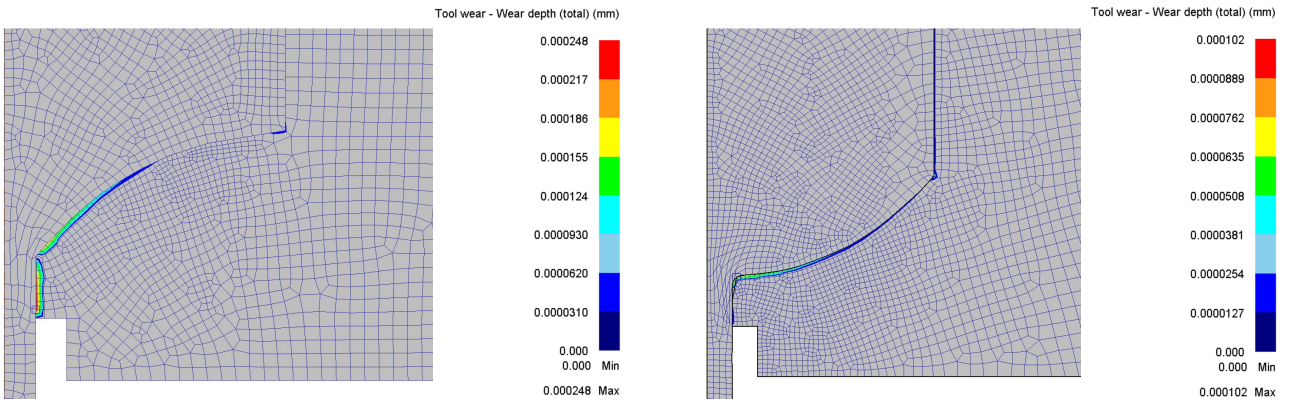
а)



б)

Рисунок 1 – Розподіл інтенсивностей напружень (а) та графік зусилля пресування (б) для сталої стадії пресування через увігнуту по лінії ковзання матричну лійку

Величину спрацювання інструменту оцінювали за моделлю Рейе-Арчарда-Хрущова, яка заснована на теорії контакту з нерівностями і використовується для опису спрацювання ковзання [3]. Спрацювання контактної поверхні матричної лійки при цьому є функцією від тиску пресування на границі поділу "інструмент – заготовка", швидкості ковзання, твердості матеріалу матриці та часу технологічної операції. Відзначено, що найбільше значення спрацювання є характерним для опуклих профілів інструменту (рис. 2, а), мінімальних – для увігнутої по лінії ковзання матричну лійку (рис. 2, б).



а) б)

Рисунок 2 – Характер і величини спрацювання матриць з різними профілями лійки

Експериментальна перевірка теоретичних положень проводилася нами при пресуванні дискретних тіл (гранул) [4 – 5]. Особливості характеру течії гранул, наявність міжгранулярного контактного тертя дає можливість більш переконливо показати розподіл результуючих деформацій у вогнищі пресування. Загальний вид прес-залишків для кожного типу матриць наведено в [4]. Результати експериментальних досліджень кінетики течії металу при пресуванні показали, що форма матричної лійки впливає на розміри вогнища деформації і розподіл результуючих деформацій у випресовці [5]. Відзначено, що для опуклої лійки довжина вогнища деформації найбільша; для конічної течія металу близько до радіального в напрямку усіченого конуса. З аналізу деформацій випливає, що для ввігнутої лійки, побудованої по лінії ковзання, характерне скривлення вісесиметричних часток у напрямку деформації. Ці скривлення зменшуються в міру руху гранул до осі симетрії матриці.

Висновки. Таким чином, результати теоретичних досліджень, комп'ютерного моделювання процесу прямого пресування за допомогою програмного комплексу Deform 3D, експериментальних дослідів показали, що оптимальні енергосилові умови досягаються при пресуванні через матрицю, що має профіль, виконаний по лінії ковзання.

Список посилань.

1. Шепельский Н.В. Оптимизация профиля матричной воронки для прессования / Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2000. – № 8. – С. 10-12.
2. Шепельский Н.В. Выбор рациональной геометрии матричной воронки для прессования / Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий // Физика и техника высоких давлений. – 2000. – Т. 10, № 4. – С. 57-61.
3. Kato K. Classification of wear mechanisms/models // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. – 2002. – № 216(6). – P. 349-355.
4. Шепельский Н.В. Влияние геометрии очага деформации на процесс получения разобщенных волокон при прессовании литых гранул / Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні: Збірн. наук. праць ДДМА. – Краматорськ-Слов'янськ, 2000. – С. 242-247.

5. Шепельский Н.В. Особенности пластического течения гранул при прессовании волокон через криволинейные матрицы / Н.В. Шепельский, В.В. Святкий, Л.П. Лукьяненко // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр. КДТУ. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – Вип. 13. – С. 386-391.

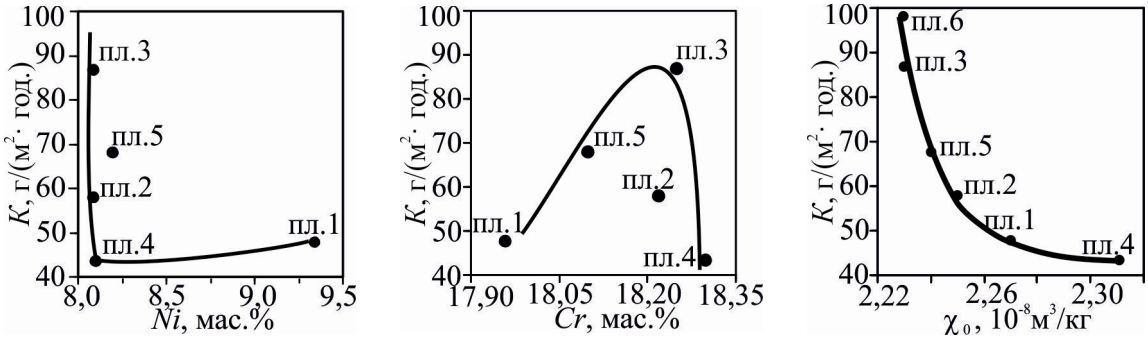
УДК 669.15:537.621.4:620.193.4

МАГНІТОМЕТРИЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ПІТІНГОТРИВКОСТІ АУСТЕНІТНИХ ХРОМОНІКЕЛЕВИХ СТАЛЕЙ У ХЛОРИДВМІСНИХ СЕРЕДОВИЩАХ

д.т.н. ***Сніжной Г.В.****, Національний університет "Запорізька політехніка", Запоріжжя,*
к.ф.-м.н. ***Сніжной В.Л.****, Запорізький національний університет, Запоріжжя, Україна*

Вступ. Широке застосування аустенітних хромонікелевих сталей в хіміко-фармацевтичній промисловості, машинобудуванні та енергетиці вимагає подальшого вивчення корозійної тривкості. Для дослідження корозії застосовують різноманітні методи за допомогою яких досягнуті значні успіхи. Концентрація легуючих елементів (в першу чергу нікелю і хрому) відповідає передбачуваному опору корозії. Труднощі виникають у з'ясуванні причини неоднакової корозійної тривкості для різних плавок однієї марки сталі, в яких вміст хімічних елементів дуже близькій. Це обумовлює необхідність нових напрямків вивчення корозії з метою прогнозування, а отже і підвищення працездатності виробів.

Виклад матеріалу. Для дослідження зв'язку корозійної тривкості і магнітного стану аустенітної матриці обрано п'ять промислових плавок хромонікелевої сталі AISI 304 з хімічним складом (мас. %): пл.1 – 0,071 *C*; 17,96 *Cr*; 9,34 *Ni*; 1,23 *Mn*; 0,22 *Si*; 0,001 *S*; 0,027 *P*; 0,048 *N*; пл.2 – 0,067 *C*; 18,22 *Cr*; 8,09 *Ni*; 1,74 *Mn*; 0,5 *Si*; 0,001 *S*; 0,028 *P*; 0,046 *N*; пл.3 – 0,075 *C*; 18,25 *Cr*; 8,09 *Ni*; 1,65 *Mn*; 0,43 *Si*; 0,004 *S*; 0,024 *P*; 0,055 *N*; пл.4 – 0,05 *C*; 18,3 *Cr*; 8,1 *Ni*; 1,7 *Mn*; 0,41 *Si*; 0,002 *S*; 0,028 *P*; 0,044 *N*; пл.5 – 0,03 *C*; 18,1 *Cr*; 8,2 *Ni*; 1,81 *Mn*; 0,39 *Si*; 0,001 *S*; 0,034 *P*; 0,039 *N*. Аналіз експериментальних залежностей швидкості пітінгової корозії *K* [1] від вмісту нікелю і хрому (рис.1 а, б) не дозволяє виявити однозначну залежність між зазначеними величинами. Згідно залежності *K* від питомої парамагнітної сприйнятливості χ_0 аустеніту (параметр, який характеризує атомно-магнітний стан аустенітної матриці), маємо, що чим більша величина χ_0, тим менша швидкість корозії *K* сталі (рис.1 в).



а б в

Рисунок 1 – Експериментальні залежності швидкості корозії *K* сталі AISI 304 від:
а – вмісту нікелю; б – вмісту хрому; в – питомої парамагнітної сприйнятливості χ_0 аустеніту

Висновки. Виявлена кореляція між швидкістю корозії хромонікелевої сталі AISI 304 і попередньо сформованим атомно-магнітним станом аустенітної матриці, який характеризується питомою парамагнітною сприйнятливістю χ_0 аустеніту.

Список посилань.

1. Нарівський О. Е. Корозійно-електрохімічна поведінка конструкційних матеріалів для пластинчатих теплообмінників у модельних оборотних водах: дис. … кандидата техн. наук: 05.17.14. Львів, 2009. 200 с.

УДК 669.11.018:621:758

ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ЛАТУНІ ЛС59-1 ПІСЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ УДАРНОЇ ОБРОБКИ У РІЗНИХ АТМОСФЕРАХ

д.ф.-м.н. ***С.М. Волошко,*** *к.т.н.* ***А.П. Бурмак,*** *к.т.н.* ***Н.В. Франчік****, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ*

Вступ. Формування модифікованих поверхневих шарів металевих матеріалів методами інтенсивної пластичної деформації (ІПД) є актуальним і широко досліджуваним напрямом інженерії поверхні, оскільки руйнування матеріалів суттєво залежить від шорсткості та механічних властивостей поверхні. Одним з найбільш ефективних методів ІПД є ультразвукова ударна обробка (УЗУО), яка дозволяє змінювати структуру матеріалів, подрібнювати зерна до нанорозмірів, а також суттєво покращувати властивості металів та сплавів. Проте, обсяг досліджень щодо деформаційного формування поверхневих шарів сплавів на основі міді із градієнтними властивостями на сьогодні досить обмежений. Важливим фактором також є середовище обробки, оскільки модифікація поверхневих шарів відбуватиметься за умов перебігу механічно-хімічних реакцій з можливим формуванням оксидів, карбідів та карбонітридів.

Виклад матеріалу. Результати зміни мікротвердості поверхні зразків двофазної латуні ЛС59-1 після УЗУО на повітрі та в інертному середовищі наведено на рис. 1. Вже після 20 с УЗУО досягається ефект зміцнення до 180 % і 200 % за умов поверхневого деформування в аргоні (Hv_{100}=2,25 ГПа) та на повітрі (Hv_{100}=2,5 ГПа), відповідно. В обох середовищах спостерігається насичення ефекту зміцнення і з подальшим зростанням тривалості УЗУО – мікротвердість поверхні змінюється несуттєво.

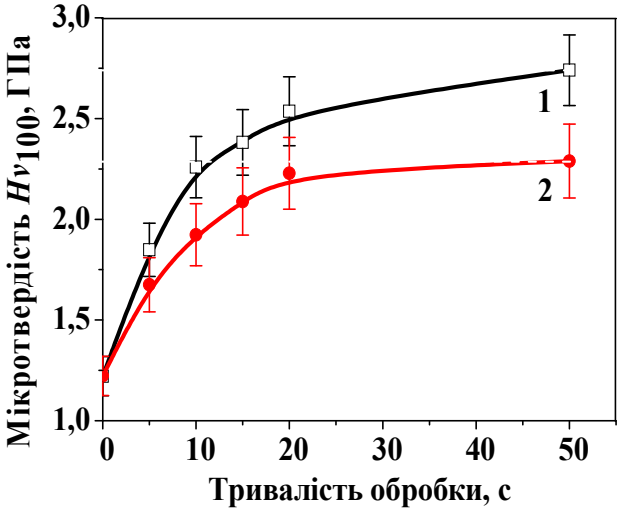


Рисунок 1 – Зміна мікротвердості поверхні латуні ЛС59-1 після УЗУО на повітрі (1) та в інертному середовищі (2)

За результатами рентгеноструктурного фазового аналізу встановлено, що на початкових стадіях УЗУО в обох середовищах відбувається зменшення розмірів областей когерентного розсіяння (з 0,3 мкм до ~ 30-40 нм) та збільшується ступінь деформації кристалічної ґратки (до 12 %) α- та β-фаз в поверхневому шарі. За даними кількісного фазового аналізу після обробки на повітрі та в інертному середовищі відбувається перерозподіл інтенсивностей рефлексів від α- та β-фаз та зміни кількісного фазового складу латуні. Якщо у вихідному стані кількість β-фази складає 45,3 % і близька до кількості α-фази – 54,1 %, то після УЗУО на повітрі кількість α-фази збільшується до 92,5 %, ймовірно завдяки деформаційному витісненню більш твердої β-фази вглиб деформованого шару та відповідного виходу на поверхню α-фази (рис. 2). За умов оброблення в інертному середовищі цей процес уповільнюється через меншу ступінь деформації і кількість α-фази

складає 84,3 %. Відповідно, залишки β-фази після УЗУО в аргоні є вдвічі більшими, ніж на повітрі (15,1 % та 7,3 %, відповідно).

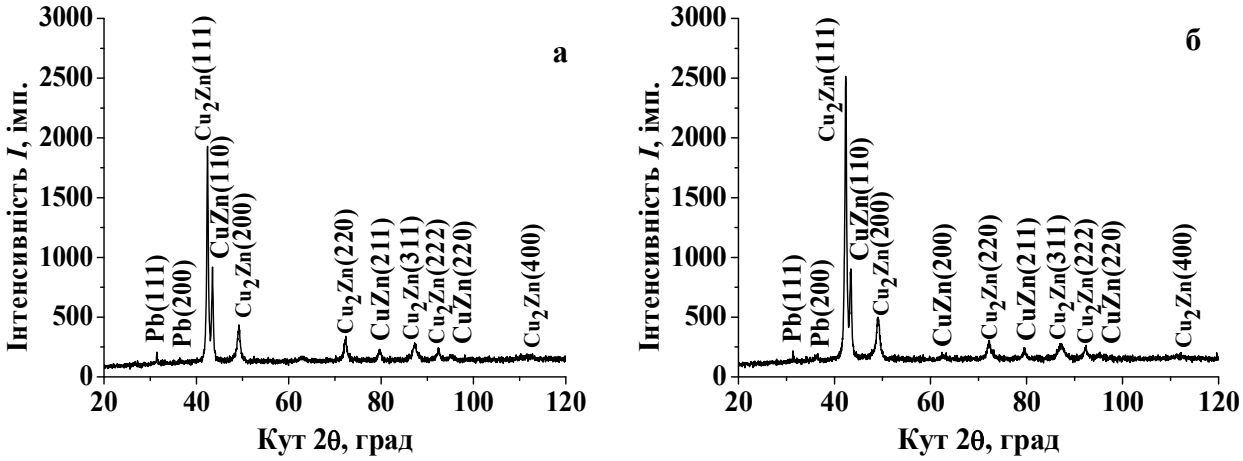
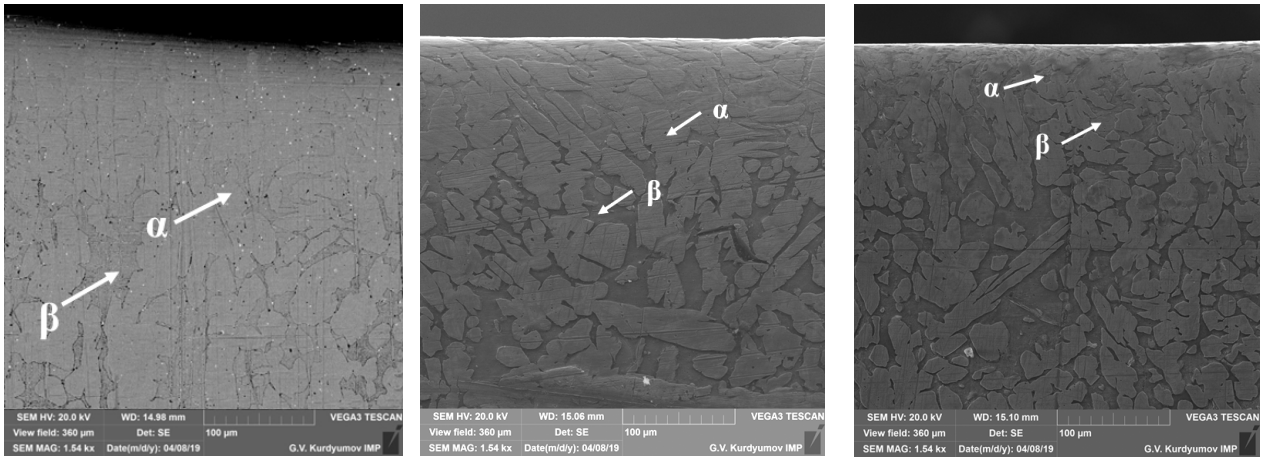


Рисунок 2 – Рентгенограми зразків латуні ЛС59-1:
а – УЗУО у середовищі аргону τ=10 с, б – УЗУО на повітрі, τ = 10 с

Морфологія поперечного перерізу латуні ЛС59-1 після УЗУО не тільки суттєво відрізняється від вихідного стану із зернами обох фаз доволі великих розмірів (рис. 3, а), а і сутєво залежить від середовища обробки (рис. 3, б, в). В обох випадках пластична деформація сприяє суттєвому зсуву зерен поверхневого шару, що проявляється у нахилі границь зерен відносно напряму, перпендикулярного до поверхні.



а б в

Рисунок 3 – Морфологія поперечного перерізу латуні ЛС59-1:
а – вихідний стан; б – УЗУО на повітрі, τ=50 с; в – УЗУО у середовищі аргону, τ=50 с.

Висновки. Підвищення мікротвердості поверхні латуні ЛС59-1 після УЗУО досягається за рахунок синергетичного впливу деформаційного наклепу, подрібнення зеренної структури та змін фазового складу – в інертному середовищі (в ~1,8 разів) та процесів диспергування зеренної структури, змін фазового складу та утворення залишкових напружень – на повітрі (у ~2 рази). Зростання мікротвердості після УЗУО в інертному середовищі, у порівнянні з обробкою на повітрі, спричинене меншими ступенями еквівалентної деформації, меншою кількістю у поверхневих шарах більш міцної β-фази, меншою переорієнтацією зерен α-фази, порівняно зі станом поверхневих шарів після УЗУО на повітрі.

УДК 621.315.1

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ІНВЕСТУВАННЯ У ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ 35 – 750 кВ

д.т.н. ***Черкашина В.В.****, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна*

Вступ. Закон України «Про ринок електричної енергії» передбачає в якості підвищення конкурентоспроможності енергопостачальних організацій зниження власних витрат на транспортування та розподілення потужності (електроенергії) [1]. В таких умовах ймовірність вкладення капіталу в той чи інший інвестиційний проект (ІП) визначаються його рентабельністю, можливими ризиками зниження прибутковості інвестицій [2].

Для визначення доцільності інвестування в об’єкти електроенергетики та вибору фінансування ІП має сенс проведення комплексної оцінки ІП, всебічне вивчення безпосередньо пов'язаних з проектом витрат і отриманих результатів. Тобто, необхідно вирішення питання прибутковості або збитковості ІП.

Виклад матеріалу. Під час визначення доцільності інвестування у вдосконалення повітряних ліній (ПЛ) 35 – 750 кВ за рахунок оптимізації параметричного ряду перерізів проводів перевага віддається ІП з найбільшим значенням економічного ефекту. Відповідно до цього в основу розрахунків покладено аналітичні вирази визначення доцільності інвестування в ПЛ за такими показниками, як [3]:

- чистий дисконтований прибуток (ЧДП):

$$П_{дpi} = \sum_{t=0}^{15} \frac{П_{pti}}{\left(1+E\right)^t}, \tag{1}$$

де $П_{дpi}$ – чистий дисконтова ний прибуток для ПЛ i-го класу напруги, тис. грн.; t – роки реалізації ІП, включаючи етап будівництва, років; $П_{pti}$– чистий потік платежів у році t для ПЛ i-го класу напруги, тис. грн.; E – норма дисконтування, у.о.;

- внутрішня норма рентабельності (ВНР):

$$\sum_{t=0}^{15} \frac{П_{дti}}{\left(1+IRR_i\right)^t} = 0, \tag{2}$$

де $П_{дpi}$ – дисконтований річний чистий прибуток для i-го класу напруги, тис. грн.;
IRR_i – внутрішня норма рентабельності.

Позитивне значення ЧДП (1) свідчить про те, що даний проект ефективний, тобто інвестор поверне свій капітал і отримає прибуток. Нульове значення ЧДП говорить про те, що інвестор може бути впевнений, що вкладений капітал не знецініться. Негативне значення ЧДП свідчить про те, що вкладення капіталу приведе до зменшення його вартості, тобто економічно не доцільне [3].

Показник ВНР (2) характеризує рівень ризику, пов'язаний з ІП. Перевага цього показника в його об'єктивності та в оцінці відносної прибутковості проекту. До недоліку показника слід віднести наявність залежності від точності оцінки майбутніх грошових потоків [3].

ВНР використовується як критерій загальної ефективності інвестицій, умовою якої є нерівність:

$$\text{ВНР} > E.$$

Для визначення доцільності інвестування у вдосконалення ПЛ за рахунок оптимізації параметричного ряду перерізів проводів у відповідності нормативній документації України, і свідчить, що для ПЛ 35 – 110 кВ доцільно перерізи проводів АС 120/19 мм^2 і АС 240/32 мм^2, а для ПЛ 330 – 750 кВ переріз проводу АС 400/51 мм^2 з відповідною кількістю проводів в фазі, використано вирази (1) і (2).

Умови, за яких визначається доцільність інвестування у вдосконалення ПЛ з оптимальним параметричним рядом перерізів проводів в порівнянні з ПЛ, які виконано існуючим параметричним рядом, наступні:

- навантаження в обох варіантах однакове й залишається таким же до кінця розрахункового періоду;
- нерівномірна зміна витрат в процесі всього експлуатаційного періоду ПЛ;
- термін підсумку витрат приймається рівним нормативному терміну служби лінії;
- розмір інвестицій у будівництво ПЛ визначено за укрупненими базовими техніко-економічними показниками;
- розрахунок приведено на 1 км довжини ПЛ.

Результати розрахунків доцільності інвестування у вдосконалення ПЛ з оптимальним параметричним рядом (вдосконалена ПЛ) і ПЛ з існуючим рядом перерізів проводів (існуюча ПЛ) представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунків доцільності інвестування у ПЛ 35 – 750 кВ

U, кВ		ЧДП	ВНР
35	Вдосконалена ПЛ	19,7	1,0
	Існуюча ПЛ	18,71	0,98
110	Вдосконалена ПЛ	15,5	0,59
	Існуюча ПЛ	7,11	0,39
330	Вдосконалена ПЛ	168,97	2,6
	Існуюча ПЛ	154,9	2,57
750	Вдосконалена ПЛ	452,2	3,72
	Існуюча ПЛ	321,3	3,40

Порівняльний аналіз розрахунків (табл. 1) підтвердив, що залежно від норми дисконтування ЧДП для вдосконалених ліній вище, відповідно, й рентабельність вища. Отже інвестиції вкладені у вдосконалення ліній за рахунок оптимізації параметричного ряду перерізів проводів, будуть мати більший ефект при більших ставках позичкового відсотка.

Висновок. У варіант вдосконалення повітряних ліній 35 – 750 кВ з оптимальним параметричним рядом перерізів проводів доцільніше інвестувати чим в варіант ліній з існуючим параметричним рядом перерізів проводів.

Список посилань.

1. Закон України «Про ринок електричної енергії України» від 13 квітня 2017 року № 2019-VIII, http://www.ukrenergo.energy.gov.ua.
2. Á Sleisz, D Raisz. Efficient formulation of minimum ncome condition orders on the all-European power exchange. Periodica Polytechnica Electrical Engineering and Computer Science. 2007. № 59. P132 – 137.
3. Черемісін М.М., Мороз О.М., Черкашина В.В., Мірошник О.О. Економічні розрахунки в інженерній діяльності на прикладах задач електроенергетики: підручник. / Харків: ФОП Панов А.М., 2018. 228 с.

УДК 621.314.572

СИНХРОННО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА БАЗЕ ШИМ-ИНВЕРТОРОВ

д.т.н. ***Олещук В.И.****, Институт энергетики Молдовы, Кишинёв, Молдова*

Введение. Преобразовательные системы модульного типа являются перспективными для использования в регулируемых электроприводах повышенной мощности. На рис. 1 приведена топология преобразователя с многоуровневым выходным напряжением на базе

трех модулей (ШИМ-инверторов) и промежуточного трансформатора [1]. Основной сферой применения подобных устройств являются электроприводы средней и большой мощности.

Синхронное регулирование многоуровневых преобразователей. Управление инверторами системы на базе модернизированных алгоритмов синхронной векторной ШИМ, базовые особенности которых описаны в [2], позволяют улучшить гармонический состав линейного напряжения преобразователя за счет исключения из его спектра субгармоник.

На рис. 2 представлены результаты расчета взвешенного коэффициента искажения *WTHD* (в функции коэффициента модуляции инверторов) для линейных напряжений в системе с ШИМ-инверторами регулируемыми на базе двух видов синхронной модуляции (средняя частота коммутации вентилей автономных инверторов равна при этом *1кГц*). Анализ представленных результатов показывает, что использование модифицированных алгоритмов прерывистой синхронной модуляции (DPWM) позволяет обеспечить существенно лучший спектральный состав линейного напряжения преобразователя V_{ab}, по сравнению с использованием в системе алгоритмов прямой модуляции (DDPWM).

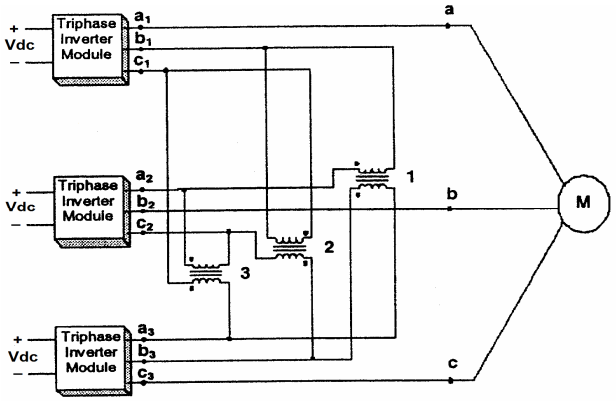


Рис. 1 – Топология многоуровневого преобразователя с тремя ШИМ-инверторами

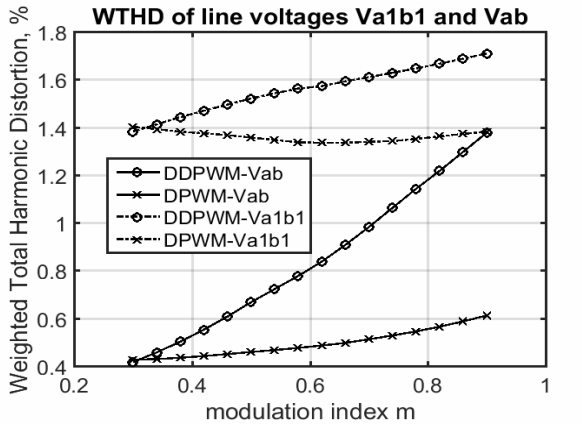


Рис. 2 - Коэффициент искажения *WTHD*

Выводы. Модифицированные (для применения в представленной на рис. 1 структуре многоуровневой преобразовательной системы) алгоритмы синхронной векторной модуляции обеспечивают улучшение спектрального состава линейных напряжений в системе за счет исключения из спектра линейного напряжения четных гармоники и субгармоник (основной частоты), способствуя тем самым общему снижению потерь в подобных системах и повышению эффективности их функционирования.

Список использованной литературы.

1. Cengelci, E., Sulistijo, S.U., Woo, B.O., et al. A new medium voltage PWM inverter topology for adjustable speed drives. IEEE Trans. Ind. Appl., 35(3). – 1999. – P. 628-637.

2. Oleschuk, V., Barrero, F. Standard and non-standard approaches for voltage synchronization of drive inverters with space-vector PWM: A survey. International Review of Electrical Engineering, 9(4). – 2014. – P. 688-707.

УДК 62-83:681.5

ЛАБОРАТОРНИЙ СТЕНД З БЕЗДРОТОВИМ ІНТЕРФЕЙСОМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

к.т.н. ***Кулинич Е.М.****, к.т.н.* ***Назарова О.С., Гончаров Д.В., Чернишев С.Г.,*** *Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна*

Вступ. Стрімкий розвиток сучасної обчислювальної техніки, цифрових комунікацій, робототехніки та інформаційних технологій сприяє впровадженню мікропроцесорної техніки, цифрових приладів з дискретною формою подання сигналу у різноманітні електромеханічні системи [1, 2], що покращує їх технічні характеристики, зменшує

енергоспоживання, габаритні розміри, підвищує надійність, швидкість обробки та передачі даних. Це, у свою чергу, відкриває нові шляхи та підходи до вирішення завдань підвищення якості підготовки студентів. Тому розробка лабораторного стенду з бездротовим інтерфейсом для вивчення та дослідження режимів електропривода постійного струму є актуальною задачею.

Виклад матеріалу. Двигуни постійного струму знайшли застосування в багатьох галузях промисловості, вивчаються у більшості освітніх програм галузі «Електрична інженерія», а також спеціальності «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», тому виникає необхідність у вивченні та дослідженні систем автоматичного керування (САК) двигуном постійного струму (ДПС) зі зворотним зв'язком за ЕРС з урахуванням сучасних ІТ-технологій передачі та обробки даних.

Метою роботи є розробка лабораторного стенду з бездротовим інтерфейсом для вивчення та дослідження автоматизованого електроприводу постійного струму.

В ході дослідження було розглянуто та проаналізовано переваги та недоліки існуючих розробок за цією тематикою з урахуванням економічності, мобільності, надійності і простоти виконання, а також можливості використання як навчального стенду. В результаті чого було обрано двигун, який має редуктор та регулятор моменту обертання (тріскачка, як у шуруповертів) , потужністю 9 Вт – 300 Вт. Розроблено альтернативні варіанти підключення стенду: USB та Wi-Fi. Для силового комутатора та системи автоматичного керування використано мікроконтролер ATmega8A – AU, розроблено силову плату та плату керування двигуном за допомогою ШІМ. Для передачі інформації та програмування стенду застосовано інтерфейс UART – USB. Передбачено можливість поточної дистанційної передачі інформації про режими та параметри роботи двигуна до комп'ютера з виводом на браузер шляхом встановлення модуля Wi-Fi ESP8266MOD. Інформація, що надходить з лабораторного стенду попередньо зберігається мікроконтролером в модулі microSD-card в режимі реального часу.

Висновки. Розроблено лабораторний стенд з бездротовим інтерфейсом для вивчення роботи ДПС та проведення досліджень замкненої системи автоматичного керування ДПС зі зворотнім зв'язком за ЕРС та ПІД регулятором. Програмне забезпечення стенду дозволяє на основі знятих з ДПС даних відображати їх у вигляді графіків на різних гаджетах (смартфоні, планшеті, ноутбуці, персональному комп'ютері) через Wi-Fi. Використання цього лабораторного стенду у навчальному процесі розширить можливості вивчення електроприводу постійного струму та дозволить студентам отримати навички передачі та обробки даних через бездротовий інтерфейс.

Список посилань.

1. Осадчий В. В. Лабораторный стенд для исследования алгоритмов микропроцессорных систем управления шаговыми двигателями / В. В. Осадчий, Е. С. Назарова, С. Ю. Тоболкин // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах : міжнар. наук.-техн. конф., 14-16 трав. 2014 р.: тези доп. – Кременчук, 2014. – №1/(2). – С.159-161.

2. Осадчий В. В. Лабораторный стенд для исследования микропроцессорных систем управления двухмассовым электроприводом / В. В. Осадчий, Е. С. Назарова, В. В. Брылистый, Р. И. Савилов // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – 2016. – № 22(98).– С. 33-38. http://dx.doi.org/10.15276/eltecs.22.98.2016.05

УДК 620.179

ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПИТОМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ СТАЛЕЙ

*к.т.н. **Доценко Є.Р.**, Івано-Франківський національний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

У практиці неруйнівного контролю та технічної діагностики питомий електричний опір як інформативний параметр застосовують для сортування металів, ідентифікації сплавів,

моніторингу режимів термічного оброблення конструкційних сталей та виявлення дефектів, які змінюють електропровідність матеріалу. У роботі [1] вказується на можливість визначення ударної в'язкості сталей за виміряними значеннями питомого електричного опору, а науковим колективом кафедри технічної діагностики та моніторингу ІФНТУНГ раніше було розроблено метод контролю границі плинності конструкційних сталей за їх питомим електричним опором [2]. Крім того, значення питомого електричного опору регламентуються в сертифікатах і нормативних документах на сталі.

На сьогоднішній практично відсутні технічні засоби для вимірювання малих значень (порядку 10 nΩ·m) питомого електричного опору феромагнітних матеріалів. Наявні вихрострумові прилади контролю питомої електропровідності (величина, обернена до питомого електричного опору) поширюються тільки на немагнітні матеріали. Теоретичні дослідження показали, що для вирішення такої задачі найдоцільніше використати чотиризондовий електроконтактний метод на постійному струмі, оскільки при цьому магнітна проникність металу не впливає на результати вимірювання [3]. Крім того, він дає змогу отримати значення питомого опору у товщі металу, що неможливо досягнути вихрострумовим методом через невелику глибину проникнення електромагнітного поля.

У даній роботі представлено опис і принцип дії розробленої дослідної інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) для визначення питомого електричного опору сталей.

Розроблена ІВС для вимірювання питомого електричного опору чотиризондовим методом складається з контактного та вимірювального блоків. Вимоги до контактного блоку такі: оптимальні розміри взаємного розташування зондів для досягнення високої чутливості методу; односторонній доступ до поверхні об'єкта контролю; висока міцність матеріалу зондів, до вимірювального такі: високий вхідний опір вимірювача напруги для уникнення впливу контактних перехідних опорів на результати вимірювання; можливість вимірювання низьких значень активного електричного опору.

Як вимірювальний блок використали атестований мікроомметр типу БСЗ-010-2. Для контактного блоку, за результатами математичного моделювання, було запропоновано конструкцію чотиризондового вимірювального перетворювача з одностороннім доступом до поверхні об'єкта контролю (рис. 1).

У вимірювальному перетворювачі зонди круглого перерізу виготовлені зі термостійкої нержавіючої сталі марки 95Х18 і загартовані. Діаметр зондів 5 мм. Відстань між внутрішніми потенціальними зондами (60±0,1) мм, а між струмовими та відповідними потенціальними зондами – (10±0,1) мм. Такі лінійні розміри системи зондів, отримані під час математичного моделювання, оптимальні для забезпечення заданої чутливості чотиризондового методу за напругою, що доцільно для вимірювання малих значень питомого опору сталей [4].

У кутах корпусу розміщено чотири опори, підпружинені пружинами стиску за напрямком корпусу. Підпружинення опор та зондів дає змогу самовстановлюватись корпусу та лінії зондів відносно досліджуваної поверхні з урахуванням її незначних нерівностей. Окрім того, зонди та опори виготовлено з можливістю осьового переміщення відносно корпусу, що дасть змогу в перспективі проводити вимірювання питомого електричного опору на циліндричних поверхнях, наприклад, трубах великого діаметру.

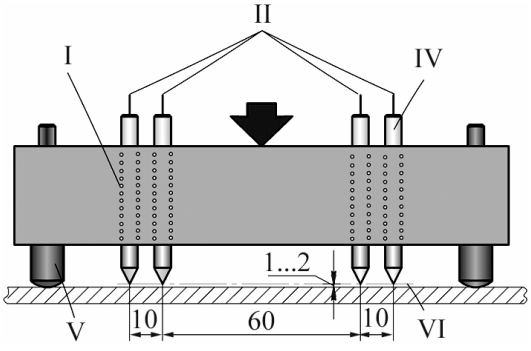


Рис. 1. Конструкція чотиризондового вимірювального перетворювача: I – пружина; II – до мікроомметра; III – навантаження; IV – зонд; V – опора (діаметр 10 mm); VI – умовна лінія зондів.

Переваги розробленої конструкції чотиризондового вимірювального перетворювача такі: підвищена чутливість, невеликий операційний час на контроль, односторонній доступ до поверхні ОК.

Загальний вигляд дослідного взірця ІВС для визначення питомого електричного опору сталей зображено на рис. 2.

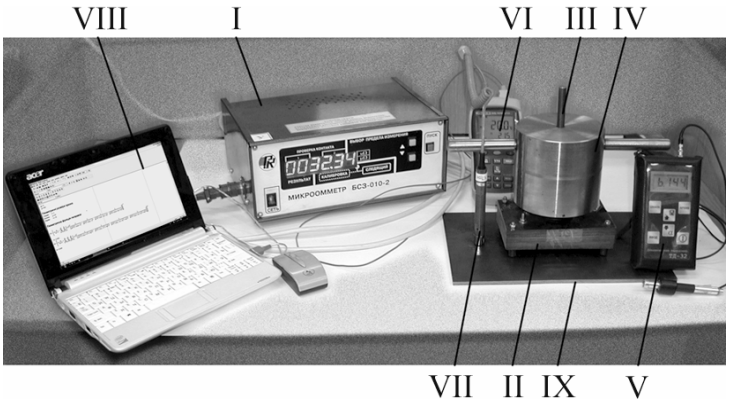


Рис. 2. Загальний вигляд дослідного взірця інформаційно-вимірювальної системи: I – мікроомметр БСЗ-010-2; II – чотиризондовий вимірювальний перетворювач; III – стрижень; IV – навантажувальна гантель; V – динамічний твердомір ТД-32; VI – цифровий термометр Fluke 54-II; VII - контактна термопара; VIII – портативний комп'ютер; IX – об'єкт контролю.

Технологія визначення питомого електричного опору за допомогою розробленої ІВС така. Чотиризондовий вимірювальний перетворювач без навантаження встановлюють на попередньо підготовлену досліджувану поверхню ОК. Гайками, нагвинченими на упори підлаштовують положення корпусу разом із зондами для забезпечення зазору 1…2 мм між ними і поверхнею ОК (див. рис. 1). Після цього плавно насаджують навантажувальну гантель на стрижень. Як наслідок, пружини на опорах стискаються, забезпечуючи самовстановлення корпусу на поверхні ОК. Таким чином, встановлюють необхідний для вимірювання стабільний електричний контакт зондів із об'єктом контролю.

Розрахунок питомого електричного опору об'єктів плоскої форми здійснюється на портативному комп'ютері на основі розробленої раніше математичної моделі [2]. Вхідними даними для розрахунку є геометричні параметри об'єкта контролю і електричний опір, виміряний мікроомметром.

Список посилань.

1. Nahm S.H. Evaluation of fracture toughness of degraded Cr-Mo-V steel using electrical resistivity / S.H Nahm., Y.I. Kim, K.M.Yu, A. Kim // Journal of Materials Science. - 2002. – V.37. - N16. - P.3549-3553.

2. Karpash O.M. Complex method for checking physicomechanical characteristics of materials of metalworks / O.M. Karpash, E.R. Dotsenko, M.O. Karpash // Materials Science. – 2012. - Vol.47, Issue 5 – P.613-620, DOI: 10.1007/s11003-012-9435-8.

3. Карпаш О. М., Доценко Є. Р., Карпаш М. О. Питомий електричний опір як інформативний параметр визначення фактичних фізико-механічних характеристик матеріалів металоконструкцій довготривалої експлуатації // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. – 2009. – № 1. – С. 36–41.

4. Доценко Є. Р. Математичне моделювання контролю питомого електричного опору матеріалів електроконтактним чотиризондовим методом // Розвідка та розробка нафтогазових родовищ. – 2010. – № 1. – С. 82–90.

УДК 620.9

ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ ГІБРИДНОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ

к.т.н. ***Ващишак С.П.****, ПВНЗ Університет Короля Данила, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. За даними міжнародних експертів вітроенергетика в Україні має найбільші перспективи розвитку з усіх джерел відновлюваної енергії. Однак, найбільш цікавими з них є установки, що дають змогу цілодобово забезпечувати електроенергією споживачів у

районах, віддалених від електропостачання. Цими установками є гібридні ВЕУ, що поєднують у собі кілька джерел енергії, основним з яких є вітрогенератор.

Виклад матеріалу. Гібридна ВЕУ складається з вітрогенератора, розміщеного на щоглі, сонячних панелей або дизель-генератора, гібридного контролера, інвертора та акумуляторів [1]. Напруга змінного стуму від вітрогенератора та напруга постійного струму від сонячних панелей подаються на гібридний контролер, який випростовує змінний струм від вітрогенератора та сумує його з постійним струмом від сонячних панелей. Цим струмом заряджаються акумулятори, приєднані до інвертора, який перетворює постійний струм у змінний з частотою 50 Гц та відповідною напругою (220/380 В) і подає його споживачеві.

Алгоритм роботи гібридної ВЕУ полягає у наступному. Гібридний контролер порівнює значення напруг і струмів від вітрогенератора та сонячних панелей з занесеними у його пам'ять даними та вмикає пристрій зарядки акумуляторів. Після заряджання акумуляторів до необхідного рівня, контролер вмикає інвертор, що працює на навантаження у споживача. Інвертор працюватиме доти, поки рівень заряду акумуляторів не впаде нижче заданого. Тоді контролер відімкне інвертор і постачання енергії споживачеві припиниться.

У випадку сильного вітру чи яскравої сонячної погоди, або при мінімальному споживанні енергії виникає її надлишок, який гібридний контролер розсіює у виді тепла на потужних резисторах. Цей надлишок енергії може бути доволі значним, особливо в день, коли рівень споживання її є мінімальним.

Для підвищення енергетичної ефективності комбінованої ВЕУ пропонується замість потужних резисторів застосувати батарею елементів Пельтьє, розміщених вздовж поверхні водяного бака з циркуляційним насосом, і оптимізувати алгоритм її роботи. Керування роботою елементів Пельтьє та насоса здійснюється гібридним контролером, який має додаткові виходи і може перепрограмовуватись під потреби споживача.

Оптимізація алгоритму роботи ВЕУ полягає у тому, що надлишок енергії гібридний контролер тепер спрямовуватиме на елементи Пельтьє, які одним боком нагріватимуть бак з водою, а іншим охолоджуватимуть повітря. Також контролер ввімкне циркуляційний насос, що перемішує воду у баці. Це триватиме до того часу, поки градієнт температури у водяному баці не досягне заданого рівня. Після цього контролер вимкне насос і елементи Пельтьє. Якщо ж надлишок енергії існуватиме і далі, то контролер перемкне полярність елементів Пельтьє, які тепер охолоджуватимуть воду у баці. Таким чином бак з водою служитиме стоком надлишкової теплоти для ВЕУ. У нічну пору доби, коли сонячні панелі не працюють, або у випадку слабкого вітру, бак з нагрітою водою відіграватиме роль додаткового джерела енергії. В цьому випадку контролер відімкне виходи сонячних панелей і приєднає виходи батареї елементів Пельтьє. Через різницю температур бака з водою і оточуючого повітря елементи Пельтьє почнуть генерувати постійний струм, який контролер спрямує або на зарядку акумуляторів, або відразу на інвертор, а звідти – до споживача.

Висновки. Оптимізація алгоритму роботи гібридної ВЕУ дозволяє підвищити її енергоефективність та утилізувати надлишкове тепло за допомогою гідроакумулятора.

Список посилань.

1. Схеми організації вітряних електростанцій. Автономна вітроустановка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.atmosfera.ua/uk/vitryani-elektrostancii/sxemi-organizacii-vitryanix-elektrostancij/. Дата доступу: 02.03.2020.

УДК 620.9

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПАЛЕННЯ В БУДІВЛЯХ

к.т.н. ***Цих В.С.****, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. На сьогодні питання ефективного використання енергетичних ресурсів стає все важливішим через постійне та нерівномірне зростання їх вартості. Однією із найвагоміших

проблем енергоефективності є необхідність забезпечення комфортних умов перебування людей в будівлях при правильному та економному використанні як теплової, так і електричної енергії. Враховуючи сучасні тенденції до зростання тарифів, саме питання оптимального вибору системи опалення будівель набуває надзвичайно важливого значення в умовах українських реалій.

Виклад матеріалу. Важливим моментом при плануванні вибору системи опалення є необхідність врахування усіх основних особливостей будівлі, в якій така система опалення буде розміщуватися. Це потребує проведення ґрунтовного аналізу можливих систем теплозабезпечення, а також аналізу можливості та доцільності підключення до різних інженерних мереж.

Серед основних видів теплозабезпечення будівлі слід виділити наступні:

- теплопостачання від централізованої системи;
- індивідуальна котельня із звичайним газовим котлом чи з конденсаційним котлом;
- електричне опалення.

Враховуючи той факт, що централізована система теплопостачання є найбільш характерною для великих міст і, в той же час, потребує значних витрат на транспортування теплової енергії до споживача, тому в розрізі звичайної (приватної) будівлі доцільно розглядати саме індивідуальні системи теплопостачання. Використання газу в ролі основного джерела стримується насамперед залежністю таких систем від наявності усіх необхідних інженерних мереж та неможливістю переорієнтувати такі системи на альтернативні види палива. В той же час, система електричного опалення може бути забезпечена як традиційними енергетичними ресурсами, так і з використанням альтернативної енергетики (сонячна, вітрова і т. ін.).

До основних видів електричного опалення будівель можна віднести наступні варіанти:

- електричні котли;
- електричні конвектори;
- електрокаміни;
- інфрачервоні обігрівачі;
- електротепловентилятори;
- підлогові електрообігрівачі.

Для оцінювання ефективності роботи того чи іншого виду електричного опалення доцільно насамперед розділити наведені вище варіанти на два типи, а саме: ті, які можуть ефективно використовуватися як самостійне джерело опалення, а також ті, які доцільно застосовувати як додаткове джерело опалення. Якщо брати до уваги приміщення значних об’ємів, то до першого типу можна віднести електричні котли та інфрачервоні обігрівачі (стельового типу), які саме доцільно розглядати в ролі основного джерела тепла.

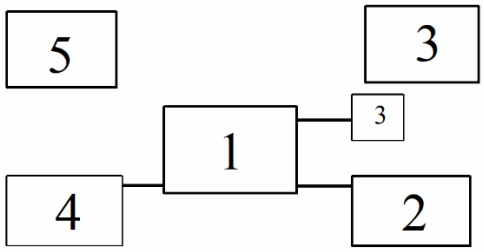
На даний час, підбір необхідної потужності системи опалення відбувається, зазвичай, залежно від опалюваної площі приміщення. Однак, при такому підборі не враховуються особливості самої будівлі, а саме теплотехнічні та енергетичні характеристики її огороджувальних конструкцій, а також умови, в яких така будівля розміщується. Неправильний підбір необхідної потужності системи опалення досить суттєво впливає як на вартість такої системи в цілому, так і на подальшу ефективність її експлуатації. Тому, насамперед, першим кроком при виборі оптимальної системи опалення будівлі повинна бути оцінка реальної енергетичної потреби цієї будівлі із врахуванням усіх її особливостей.

Оцінювання реального значення енергетичної потреби будівлі слід на основі ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [1]. Враховуючи отримане значення енергетичної потреби на метр квадратний площі (метр кубічний об’єму) будівлі [2], можна правильно обирати необхідну потужність системи опалення.

Як було сказано вище, серед електричних систем опалення, які можна використати як основне джерело опалення, доцільно розглядати системи з електричним котлом та з інфрачервоними обігрівачами. Ефективність роботи таких систем оцінюється насамперед через вартість теплозабезпечення будівлі в цілому. Однією із особливостей щодо

оптимального використання наявної системи опалення є необхідність управління цією системою із можливістю поділу будівлі за температурними зонами та, відповідно, із можливістю встановлення різних норм температур для кожної із них. Наприклад, приватна будівля може бути поділена на такі зони: кухня, житлова зона, дитяча кімната, ванна кімната і т. ін.

Кращою з точки зору можливості регулювання по зонах та з можливістю централізованого управління є система з електричним котлом. На рисунку 1 наведена рекомендована схема побудови системи опалення будівлі із можливістю регулювання та можливістю постійного збору даних щодо параметрів мікроклімату всередині приміщень.



1 – електричний котел; 2 – радіатори опалення; 3 – термостат з радіоканалом; 4 – модуль індикації та управління; 5 – дата-логер

Рисунок 1 – Загальна схема побудови системи опалення приватної будівлі

Алгоритм роботи системи побудований на наступних моментах:

1) встановлення меж мінімально допустимої температури в кожному із приміщень будівлі з використанням термостата та модуля управління;

2) поділ будівлі на зони відповідно до потреб теплозабезпечення;

3) встановлення часових проміжків доби із заданням відповідних мінімально допустимих температур для кожного з них;

4) постійний моніторинг внутрішньої температури за допомогою датчиків термостату, розміщених в кожному приміщенні, а також за допомогою модуля індикації;

5) збір інформації щодо температури та вологості в приміщенні будівлі за допомогою дата-логера з можливістю подальшого аналізу та моніторингу, а також збір інформації щодо споживання паливно-енергетичних ресурсів будівлею;

6) внесення змін в роботу системи опалення при потребі у випадку можливості підвищення ефективності її роботи на основі отриманих даних щодо моніторингу та споживання.

Основним моментом запропонованого алгоритму роботи системи опалення є можливість поділу будівлі на окремі зони із встановленням окремих значень внутрішньої температури. Такий поділ можливий за рахунок використання спеціального програматора, який дозволяє встановити чіткі допуски мінімальної та максимальної температури всередині приміщень. Робота програматора повинна також враховувати інерційність зміни температури в приміщеннях будівлі. Особливо це актуально для різних пір року та часу доби.

Висновки. Запропонований алгоритм роботи електричної системи опалення дозволяє підвищити ефективність її роботи та отримати комфортні умови перебування в будівлі.

Список посилань.

1. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» – К.: Мінрегіон України. – 2015. – 140 с.

2. ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – 2017. – 33 с.

УДК 681.518.3

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ У ПНЕВМОТРАНСПОРТІ

к.т.н. ***Назарова О.С.****, асп.* ***Мелешко І.А****., Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна*

Вступ. В наш час в багатьох галузях промисловості при переробці різних сипких матеріалів застосовується пневмотранспортування. До переваг пневмотранспорту слід віднести високу продуктивність, високі екологічні характеристики установок, можливість побудови розгалужених систем, адаптованих до повної автоматизації керування. До недоліків пневмотранспорту відносяться порівняно висока питома витрата електроенергії на одиницю маси, що транспортується та знос пневмомагістралей внаслідок абразивного ефекту. При пневмотранспортуванні необхідний оперативний контроль і облік витрат сипких матеріалів, для побудови сучасних швидкодіючих і точних систем автоматичного керування (САК), тому огляд методів вимірювання витрат сипких матеріалів є актуальною задачею.

Матеріали та результати досліджень.

Досить поширеними завданнями є вимірювання швидкості руху потоку речовини та його витрати. Ці фізичні величини часто пов’язані між собою і розглядати їх окремо недоцільно. При виборі вимірювача витрат або швидкості руху для конкретного експерименту, крім загальних для всіх засобів вимірювання критеріїв (метрологічні та експлуатаційні характеристики), необхідно враховувати і специфічні фактори вимірюваної величини, а саме, стан речовини (рідина, газоподібна речовина, пара, багатофазне середовище, сипка речовина), властивості досліджуваного середовища, (щільність, в’язкість, хімічний склад, електропровідність тощо), поточні характеристики вимірюваної величини (температура, тиск, багатофазність стану, вологість). Крім того, слід враховувати умови та можливості монтажу засобів вимірювання, геометрію та матеріал трубопроводу, умови проведення експерименту, вимоги додаткового обладнання, необхідність зовнішнього джерела живлення тощо.

Для вимірювання масових витрат розроблені тензометричні, крильчасті, відцентрові, лоткові та вібролоткові витратоміри, а також вимірювачі витрат на основі визначення електричних та геометричних параметрів потоку.

Метод вимірювання за перепадом тиску оснований на використанні звужувального пристрою (діафрагма, сопло, труба Вентурі тощо), що створює перепад тиску на ділянці трубопроводу, де встановлений дросельний пристрій. Як вторинний прилад у цьому випадку використовується диференціальний манометр, що вимірює перепад тиску. Для вимірювання швидкості та витрат широко застосовуються ультразвукові (УЗ) методи, що мають кілька переваг [1]: не виникає зменшення тиску у трубопроводі, відсутній вплив приладу на потік, відсутня можлива корозія деталей приладу, простота роботи з автономними приладами (установка, заміна). У сучасних УЗ-витратомірах застосовуються два методи: вимірювання різниці часів затримки розповсюдження УЗ-сигналу у рухомому середовищі і вимірювання зміни частоти УЗ-сигналу, що відбивається від рухомих частинок, заснований на ефекті Доплера. Наприклад, мікрохвильовий витратомір використовує мікрохвильову технологію, джерело випромінює енергію в 24-125 ГГц, зміна відбитих мікрохвиль передається сенсором, як сигнал 4-20 мА в контролер для перетворення у витрати.

Висновки. Огляд методів вимірювання витрат сипких матеріалів у пневмотранспорті показав, що у зв’язку з абразивністю матеріалів перспективним є застосування безконтактних ультразвукових чи мікрохвильових витратомірів. Установка таких вимірювальних приладів не порушує цілісність пневмотраси та структуру потоку.

Список посилань.

1. Назарова, О. С. Дослідження явища транспортного запізнювання у пневмотранспортній системі сипких матеріалів / О. С. Назарова, В. І. Бондаренко, І. А. Мелешко // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. – Кременчук : КрНУ, 2018. – Вип. 5/2018. – С. 27-29.

УДК 620.9

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛОВОРОТНОЇ МІНІГЕС

к.т.н. ***Ващишак І.Р.****, Івано-Франківський національний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Мала гідроенергетика в Україні має всі можливості для широкого розвитку. Це зумовлено наявністю великої кількості річок та водойм які знаходяться поблизу населених пунктів, що суттєво спрощує і здешевлює їх під'єднання до існуючих електричних мереж. Також позитивним фактором є те, що малі ГЕС не створюють негативного впливу на навколишнє середовище, є незначними за розмірами, легкозамінними та високонадійними, а терміни їх експлуатації можуть сягати десятків років. За [1] видно, що на річках у межах м. Івано-Франківськ, а саме Бистриці Солотвинська, Надвірнянська, Ворона – є достатній гідроенергетичний потенціал для встановлення об'єктів малої гідроенергетики (мікроГЕС).

Виклад матеріалу. Оскільки потужність міні ГЕС залежить від напору води (різниці висот), то для її встановлення доцільно вибирати місця, де нахил русла ріки є найбільшим. Враховуючи, що середній нахил русел рік Бистриця Надвірнянська, Бистриця Солотвинська та Ворона становить 3,8 м на 1 км, міні ГЕС, встановлені на них, повинні мати можливість працювати з низькими перепадами висот. Крім того, з економічної точки зору, необхідно було отримати найкоротші довжини водоводів і електричних мереж, що йдуть до споживачів. З аналізу отриманих профілів рельєфу річок обрано три потенційних місця для встановлення міні ГЕС на Бистриці Надвірнянській (а), одне на Бистриці Солотвинській (а), два на Бистриці в районі села Клузів (б), два на Бистриці в районі села Ямниця (в) та показано жовтими колами на рисунку 1. Світлоголубими лініями позначено місця розміщення водоводів, а стрілками – напрямок руху води у них; червоними лініями позначено електромережі, що йдуть від міні ГЕС до споживачів.



а) б) в)

Рисунок 1 – Потенційні місця встановлення міні ГЕС

Для спорудження міні ГЕС запропоновано використати нові технології – гравітаційно-коловоротні міні ГЕС (рисунок 2) як найбільш оптимальні для електростанцій потужністю до 150 кВт, ККД у яких з'являється, починаючи з перепаду висот більше 0,7 м. Гребля представляє собою бетонний циліндр, до якого вода підходить по дотичній та зривається в центрі в глибину. Так в центрі циліндра утворюється вир, який і закручує турбіну. Водяний потік 1 розділяється на дві частини. Одна його частина 2 подається по бетонному жолобу 3 в циліндр 4, де закручується у вир і витікає по жолобу 5. Інша частина 6 водяного потоку подається на шлюз 7, що регулює рівень води у циліндрі, і витікає з нього в канал 8. Така конструкція дозволяє покращувати динамічні характеристики водяного потоку за рахунок виру і ефективно контролювати рівень води.

Найкращим з точки зору мінімальних розмірів робочого колеса та високого ККД є варіант встановлення гідротурбіни наведений на рисунку 3. Перевагою такого способу встановлення гідротурбіни є те, що вона практично не впливає на формування виру 5, який, закручується з максимальною швидкістю і має круті стінки. При цьому вся енергія виру

використовується для обертання турбіни, бо практично весь об'єм води контактує з її лопатками.

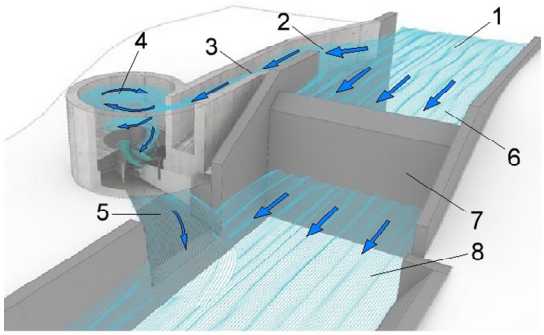


Рисунок 2 – Принцип дії водоводу гравітаційно-коловоротної міні ГЕС: 1, 2, 6 – водяний потік, 3, 5 – бетонний жолоб, 4 – циліндр, 7 – шлюз, 8 – канал

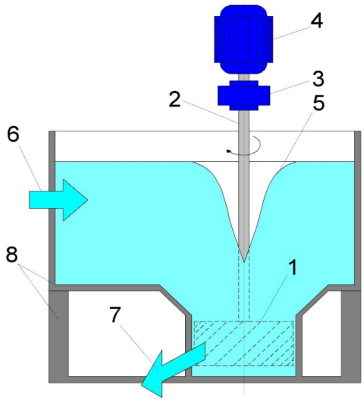


Рисунок 3 – Гравітаційно-коловоротна міні ГЕС з розміщенням гідротурбіни у нижній частині виру: 1 – робоче колесо турбіни, 2 – вал, 3 – редуктор, 4 – електрогенератор, 5 – вир, 6, 7 – канали для подачі та витоку води, відповідно, 8 – бетонний корпус

Турбіна повинна задовольняти кільком умовам. По-перше, висота її робочого колеса повинна бути мінімальною, оскільки від цього залежить потужність міні ГЕС. По-друге, вона повинна працювати при низьких обертах, щоб не причинити шкоди рибі, ікрі та земноводним, які можуть попасти у водозабір, а звідти (по водоводу) – в турбіну. По-третє, турбіна повинна працювати при низьких напорах води. З проведеного аналізу типів турбін обрано пропелерну турбіну (турбіну Томсона) як одну з найменш швидкохідних.

Далі проведено підбір необхідного обладнання та проведено розрахунок потужності ГЕС з орієнтацією на середній багаторічний стік річок для запропонованих місць їх розміщення (вказаних на рисунку 1). Результати розрахунку основних характеристик міні ГЕС на річках в районі м. Івано-Франківська подано в таблиці 1. Як видно з таблиці 1, на деяких ділянках (5-8) потужність ГЕС перевищує 100 кВт, що дозволяє віднести їх до класу міні ГЕС.

Таблиця 1 – Результати розрахунку основних характеристик міні ГЕС

Параметри	Номер міні ГЕС на карті							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Потужності електрогенератора P_E, кВт	10,59	87,94	87,94	21,32	106,68	106,68	130,45	130,45
Річний виробіток, кВт·год	46384,20	385177,20	385177,20	93381,60	467258,40	467258,40	571371,00	571371,00

Висновки. Розраховано основні характеристики гравітаційно-коловоротних міні ГЕС для всіх 8-ми вибраних ділянок. Їх вихідна електрична потужність склала від 10 до 130 кВт. Енергетична ефективність гравітаційно-коловоротних міні ГЕС по відношенню до звичайних міні ГЕС підвищується на 12%.

Список посилань.

1. Загальний гідроенергетичний потенціал річок українських Карпат / О. Ободовський, К. Данько, О. Почаєвець, // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2017. – Вип. 1 (66)/2(67). – С. 15-28.

УДК 621-926

ЕНЕРГЕТИКА ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПАРАМЕТРИЧНОГО СПОСОБУ УПРАВЛІННЯ АСИНХРОНИМ ПРИВОДОМ

к.т.н. ***Бородай В.А.****, к.педагог.н.* ***Нестерова О.Ю.****,* ***Ковальов О.Р.****, Національний технічний університет „Дніпровська політехніка”, Дніпро, Україна*

Вступ. Успішність будь-якого сучасного виробництва безумовно повинна базуватися на впровадженні інноваційних ресурсозберігаючих та енергоощадних технологій. Очевидно, що рішення цієї задачі має виключно актуальний характер, як для окремого виду економічної активності, та і для держави в цілому.

Майже всі механізми виконання технологічних робіт рухаються завдяки електричному приводу, а енергія яка ним споживається складає переважну частку у загальному балансі генеруючих компаній. Тому не потребує доказу необхідність подальшого вдосконалення способів збереження енергії, що забезпечуються засобами електропривода.

Серед механізмів, графік навантаження яких мало змінюється (наприклад, насосно-вентиляційні установки), можуть виникати періоди роботи за незначного навантаження або навіть холостого ходу. Як наслідок, загальна енергетика привода падає, а витрати ресурсного та фінансового характеру ростуть.

Виклад матеріалу. Сучасні способи підвищення енергетики [1] електроприводу базуються на таких різноманітних підходах:

- залучення Європейського досвіду підтримки середнього коефіцієнта завантаження двигуна на рівні 0,6 відносних одиниць;
- задіяння енергоефективних двигунів, які мають підвищений вміст активних матеріалів, що врешті підвищує ККД машини до 3 %;
- здійснення компенсації реактивної потужності в мережі живлення;
- використання перемикання двигуна зі схеми трикутник на схему «зірка» за наявності зниженого навантаження;
- застосування методів частотного управління із енергоощадними алгоритмами керування;
- використання комбінованих способів управління, наприклад, частотного керування із спеціальним енергоефективним двигуном;
- впровадження параметричного спосібу керування за встановленої перехідної функції нелінійного регулятора [1].

Отже, наданий перелік засобів демонструє необхідність комплексного вирішення питання енергоефективності. Тобто потрібний розгляд ефективності на ділянках енергетичного каналу, перетворювача, двигуна та механізму. У джерелі [1] вирішене питання економії активної потужності двигуна до 47 % за умови падіння навантаження. Але використання перетворювача напруги із фазним методом регулювання параметру залишає низьким значення його коефіцієнта потужності. Тому потрібний інший підхід для регулювання напруги на вхідних клемах двигуна.

Авторами пропонується для параметричного способу регулювання користуватися перетворювачем напруги із широтно-імпульсним модулятором мережної напруги від цифрової системи управління із координатно-фазовим управлінням шпаруватості [2]. Попередніми дослідженнями встановлено, що запропонований перетворювач досить добре працює на активне навантаження, а його зовнішня характеристика (рис.2) має майже лінійний характер. До його переваг слід віднести відсутність ланки постійного струму та отримання майже синусоїдальної форми регульованої напруги. Це сприятиме зниженню витрат на ланці перетворення, що і є кінцевим завданням дослідження.

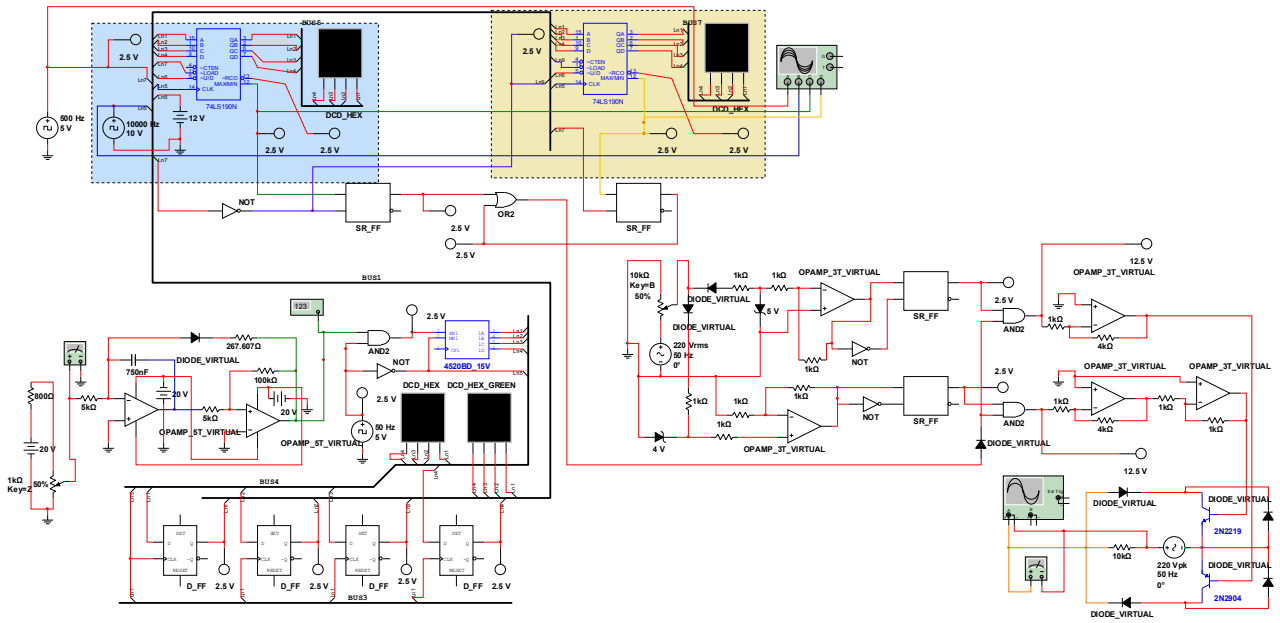


Рисунок 1 – Модель перетворювача

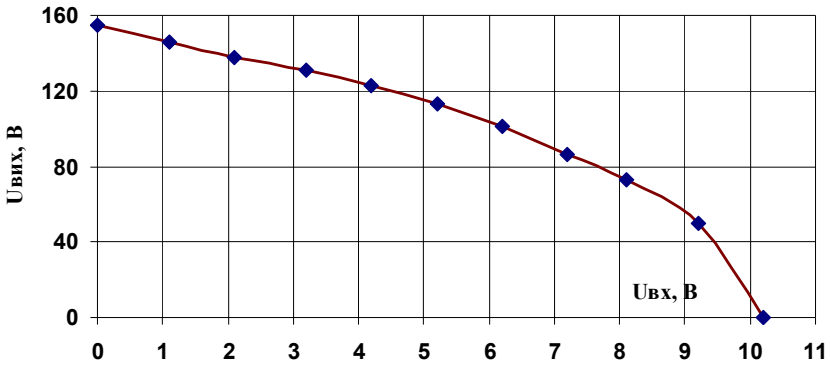


Рисунок 2 – Зовнішня характеристика перетворювача

Висновки. Виходячи з аналізу, що виконано, можемо зробити такі висновки:

- Енергетика перетворювачів напруги із фазним способом регулювання має низький коефіцієнт потужності, що вимагає пошуків іншого підходу до вирішення цього питання.
- Максимальна енергоефективність електромеханічних систем забезпечується комплексним підходом до енергоощадності. Тобто систему необхідно аналізувати на ланках енергетичного каналу, перетворення, двигуна та робочої машини.
- Підвищити коефіцієнт потужності перетворювача пропонується шляхом використання ШІМ модулятора із системою керування шпаруватістю координатно-фазовим способом [2].

Список посилань.

1. Бородай В.А. Спосіб синтезу регулятора енергоефективного управління асинхронним приводом механізмів без прямої стабілізації швидкості [Текст] / В.А. Бородай, Р.О. Боровик, О.Ю. Нестерова //Електротехніка та електроенергетика. – 2019. – № 3 – С. 16-23. DOI 10.15588/1607-6761-2019-3-2.

2. Бородай В.А. Широтно-импульсный регулятор с координатно-фазовым управлением скважности /В.А. Бородай, А.Р. Ковалев // Гірн. електромеханіка та автоматика: Наук. – техн. зб. – 2015 – Вип. 95. – С 54 – 58.

УДК 621.311

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

д.т.н. ***Шевченко С.Ю.****, к.т.н.* ***Довгалюк О.М., Олубакінде Е., Асадов Е.Д., Кучеренко І.Д.,***
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Вступ. Втрати електричної енергії є невід'ємною складовою процесу передачі електричної енергії від генеруючих станцій до місць розташування споживачів. Величина цих втрат визначає ефективність роботи як електричних мереж, так і енергосистеми в цілому. Частиною загальних втрат електричної енергії є втрати потужності коронного розряду ліній електропередачі (ЛЕП), які відносяться до технічних втрат. Саме тому їх дослідження та розробка економічно доцільних заходів щодо зменшення їх величини є однією з важливих задач енергетичної галузі будь-якої країни.

Дослідженням величини втрат потужності в елементах електричних систем, прогнозуванню їх величини, вдосконаленню методів розрахунку та пошуку шляхів зниження величини цих втрат присвячено багато уваги такими вченими як Піком Ф.В., Хольмом Р., Майром О., Попковим В.І., Железко Ю.С., Александровим Г.Н., Воротницьким В.Е., Тамазовим А.І., Костюшко В.А., Арзамасцевим Д.А., Кузнецовим В.Г., Тугай Ю.І. та іншими [1-4]. Проте розвиток технологій передачі електричної енергії та керування режимами електричних мереж сприяє підтримці постійної актуальності питань розрахунку, дослідження та зниження втрат потужності на корону ЛЕП.

Виклад матеріалу. Величина втрат електроенергії в мережах не носить системного характеру, хоча статистичні спостереження дозволяють стверджувати, що їх величина за визначених умов роботи енергосистем знаходиться в певному діапазоні значень. Як показали дослідження, величина технічних втрат електроенергії знаходиться в діапазоні 3,5 - 6,5 % в енергосистемах таких країн як Фінляндія, Німеччина, Австрія, Данія та інших, не перевищує 8,5 % для Великобританії, Греції, Італії, Швеції та становить до 15 % в Естонії, Болгарії, Угорщині. Для електричних мереж України цей показник дорівнює до 12 %, при цьому для магістральних та міждержавних мереж технічні втрати протягом останніх п'яти років дорівнюють 3,2 - 3,5 % [5]. В структурі технічних втрат величина втрат потужності на корону становить близько 5 %.

Втрати потужності через ефект корони високовольтних ЛЕП проявляються у вигляді розсіювання тепла, світла, звуку, іонізації повітря, хімічного впливу (утворення озону і оксидів азоту в повітрі) і високочастотного випромінювання (радіоперешкоди від корони). Їх величина визначається роботою сил електричного поля з переміщення в повітрі іонів, що утворюються при коронному розряді біля поверхні проводів. Якщо напруженість поля в зовнішній зоні коронного розряду збільшується, то робота сил поля зростає, і значення втрат потужності на корону збільшуються.

Слід зазначити, що величина втрат потужності коронного розряду залежить від багатьох факторів (режиму роботи електричних мереж, рівня напруги в мережі, технічного стану обладнання, радіусу проводу ЛЕП, кількості проводів у фазі, відстані між проводами, кліматичних умов тощо), які змінюються за випадковим характером, внаслідок чого прогнозувати їх досить складно. Проте не зважаючи на складність і багатофакторність задача дослідження втрат потужності на корону потребує повноцінного дослідження.

Використовуються різні методи визначення величини втрат потужності коронного розряду, які базуються на результатах тривалих досліджень дослідних і діючих ЛЕП. Огляд методів розрахунку втрат потужності коронного розряду дозволяє зробити висновки, що всі існуючі в даний час підходи до визначення величини втрат потужності коронного розряду відносяться до наближених, оскільки відсутня можливість точного врахування всіх факторів та визначення поточного виду погоди уздовж ЛЕП [3, 6]. Також всі методи використовують обґрунтовані низки припущень для полегшення процесу одержання результатів розрахунку. До найбільш поширених у використанні відносяться методи розрахунку за питомими значеннями втрат потужності на корону, які побудовані на застосуванні усереднених даних

вимірів залежності втрат на корону від досліджуваних параметрів. Їх використання потребує обґрунтування в залежності від наявних вихідних даних та мети розрахунку.

Аналіз проведених досліджень експлуатації високовольтних ЛЕП показав, що максимальні втрати потужності на корону характерні для підвищених напруг на високовольтних ЛЕП при їх слабкому завантаженні, а також при поганій погоді. Так, підвищення напруги на 5 % при низькій завантаженості ліній призводить до збільшення втрат потужності на корону до 30 %. При дощових опадах втрати потужності на корону для ЛЕП 330 кВ збільшуються в 10 раз у порівнянні з втратами в гарну погоду, для ЛЕП 500 кВ підвищення втрат становить 12 раз, а для ЛЕП 750 кВ – 13 раз. При паморозі спостерігаються максимальні втрати потужності на корону, які для ЛЕП 330 кВ збільшуються в 23 рази у порівнянні з втратами в гарну погоду, для ЛЕП 500 кВ підвищення втрат становить 25 раз, а для ЛЕП 750 кВ – 21 раз.

Слід зазначити, що погіршення погодних умов, при яких має місце збільшення втрат потужності на корону, спостерігаються понад 20 % від всього терміну роботи ЛЕП протягом року. За таких умов відбувається понад 80 % сумарних втрат потужності на корону в ЛЕП.

Для забезпечення ефективної роботи енергосистем необхідно вживати економічно доцільні заходи для зниження втрат електроенергії до мінімуму, в тому числі і втрат потужності коронного розряду. До основних заходів зниження втрат потужності коронного розряду в магістральних мережах відносяться: збільшення діаметру проводів повітряних ЛЕП; збільшення кількості проводів у фазі при розщепленні; регулювання режиму напруги з урахуванням величини втрат на корону; зміна поверхні проводу; зміна матеріалу проводу і його структури; нанесення спеціальних покриттів на зовнішню поверхню проводу та інші.

Аналіз досвіду застосування перелічених заходів показує, що найбільш розповсюдженими є збільшення кількості проводів у фазі при розщепленні та нанесення спеціальних покриттів на зовнішню поверхню проводу. Активно запроваджується також застосування оперативного регулювання напруги, яке базується на поточних вимірах втрат від корони в проводах в реальному часі, що потребує більших затрат, проте є досить перспективним щодо можливостей підвищення ефективності роботи електричної мережі.

Висновки. Дослідження величини втрат потужності коронного розряду ЛЕП є необхідним для розробки та запровадження організаційних і технічних заходів, направлених на зниження втрат елктроенергії, що є важливим практичним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню ефективності роботи електричних мереж України.

Список посилань.

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии в оборудовании сетей и подстанций / Ю.С. Железко // Электрические станции. - 2005. - № 7. - С. 41 - 49.

2. Кузнецов В.Г. Вплив коронного розряду на кратність внутрішніх перенапруг у магістральних електричних мережах / В.Г. Кузнецов, Ю.І. Тугай, В.В. Кучанський // Технічна електродинаміка. - 2017. - № 6. - С. 55-60.

3. Тамазов А.И. Исследования коронного разряда и расчёты потерь мощности на корону воздушных линий / А.И. Тамазов // International Conference Energy of Moldova. - Chisinau. - 2005. - P. 508-512.

4. Yahaya A. Power loss due to Corona on High Voltage Transmission Lines / A. Yahaya, J. Tsado, M. Nwohu, A. Abubakar // Journal of electrical and electronics engineering. - 2013. - № 8(3). - PP. 2320-3331.

5. Національна енергетична компанія «Укренерго». Офіційний веб-сайт. - Режим доступу: https://ua.energy/.

6. Alibašić E. A New Approach to Calculating Electrical Energy Losses on Power Lines with a New Improved Three-Mode Method / E. Alibašić, B. Fažo, I. Petrović // Tehnički Vjesnik. - 2019. - Vol. 26 (2). - PP. 405-411.

УДК 681.586

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО СЕНСОРА АБСОЛЮТНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ

к.т.н. ***Граняк В.Ф.****, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Розроблено математичну модель накладного параметричного вихрострумового сенсора абсолютного переміщення. Показано, що у функціональній залежності від відстані між сенсором та струмопровідним середовищем при стабільній напрузі живлення перебуває як діюче значення вихідного струму так і зміщення його початкової фази. Встановлено, що при забезпеченні прийнятних габаритних розмірів даний сенсор має достатню для забезпечення необхідної точності вимірювання чутливість при перетворення переміщення у діюче (амплітудне) значення вихідного струму, що є постійною в діапазоні переміщення від 0 до 5 мм.

Виклад матеріалу.

Типова конструктивна розрахункова схема накладного параметричного ВВП без каркаса та елементів кріплення наведена на рис. 1.

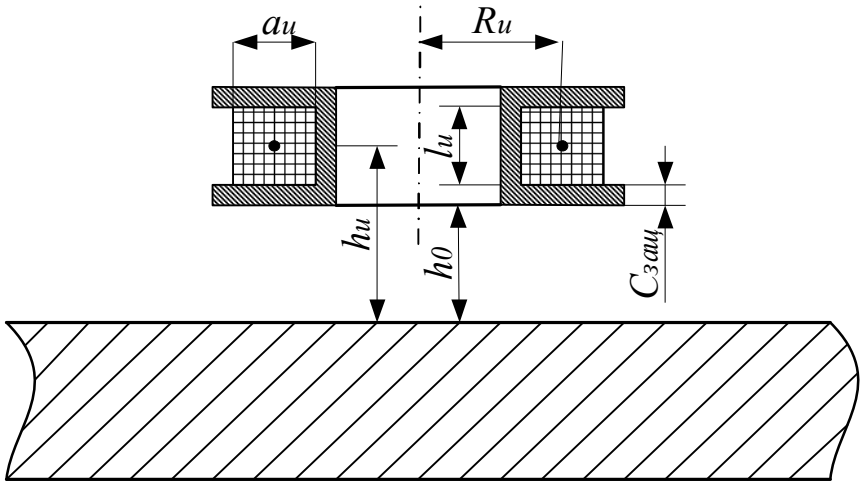


Рисунок 1 – Конструктивна розрахункова схема накладного параметричного ВВП

Реакція струмопровідного середовища, якими є конструктивні елементи ротора електричної машини, на котушку з струмом I еквівалентна (наближено) впливу дзеркального відображення цієї ж котушки зі струмом [1]. Використовуючи це положення, а також вводячи припущення, що вісь сенсора перпендикулярна поверхні середовища, можна записати вираз для повної напруги на котушці (у тому числі з магнітопроводом) та впливом струмопровідного середовища

$$\underline{U} = \underline{U}_n + \underline{U}_{вн} = \underline{Z}_n \underline{I} + \underline{I} j\omega M(\lambda, x) \tag{1}$$

де $\underline{U}_n$ та $\underline{U}_{вн}$ – відповідно, початкова та внесена напруга; M – коефіцієнт взаємоіндуктивності між котушкою і дзеркальним відображенням; x – відстань між сенсором та струмопровідним середовищем;

$$\lambda = \frac{2}{3r_e}, \tag{2}$$

де r_e – еквівалентний радіус сенсора.

Розділивши вираз (1) на струм $\underline{I}$, отримаємо вираз для повного опору сенсора, розташованого над струмопровідним середовищем.

$$\underline{Z} = \underline{Z}_n + j\omega M(\lambda, x) \tag{3}$$

Оскільки M є експоненціальною функцією шуканої відстані між сенсором та струмопровідним середовищем x [2], то її значення може бути визначено наступним чином:

$$M = M_0 e^{-\lambda x} \tag{4}$$

Остаточний вираз для повного опору сенсора, що розміщений на відстані x від поверхні струмопровідного середовища

$$\underline{Z} = \underline{Z}_n + j\omega M_0 e^{-\lambda x}. \quad (5)$$

При цьому комплексне діюче значення струму у котушці може бути визначено наступним чином:

$$\underline{I}(x) = \frac{\underline{U}_{ж}}{\underline{Z}} = \frac{\underline{U}_{ж}}{\underline{Z}_n + j\omega M_0 e^{-\lambda x}}. \quad (6)$$

Залежність (6) є математичною моделлю накладного параметричного ВВП у стаціонарному режимі роботи. Як випливає з (6) для вихідного струму даного сенсора від відстані між сенсором та струмопровідним середовищем будуть залежати як амплітудне (діюче) значення вихідного струму, так і його фазове зміщення. Тож, для кожного із зазначених параметрів вихідного струму на основі (6) можна отримати рівняння перетворення.

Рівняння перетворення відстані між сенсором та струмопровідним середовищем у діюче значення вихідного струму:

$$I(x) = \frac{U_{ж}}{\sqrt{R_n^2 + \omega^2 (L_n + M_0 e^{-\lambda x})^2}}, \quad (7)$$

де R_n – початковий активний опір; L_n – початкова індуктивність.

Рівняння перетворення відстані між сенсором та струмопровідним середовищем у зміщення фаз вихідного струму::

$$\Delta\varphi(x) = arctg(\frac{\omega(L_n + M_0)}{R_n}) - arctg(\frac{\omega(L_n + M_0 e^{-\lambda x})}{R_n}). \quad (8)$$

Як випливає з аналізу статичних характеристика, задовільна чутливість при забезпеченні прийнятних габаритних розмірів сенсора забезпечується лише за діючим значенням вихідного струму. Тоді як чутливість, що забезпечується при вказаних габаритних розмірах накладного параметричного ВВП є недостатньою для вимірювання осьового зміщення ротора у діапазоні від 0 до 5 мм з необхідною точністю.

Висновки.

1. Отримано математичну модель параметричного накладного ВВП. Показано, що у функціональній залежності від відстані між сенсором та струмопровідним середовищем при стабільній напрузі живлення перебуває як діюче значення вихідного струму так і зміщення його початкової фази.
2. Показано, що при збереженні допустимих габаритних розмірів сенсора чутливість при перетворенні відстані між сенсором та струмопровідним середовищем у зміщення початкової фази вихідного струму є не достатньою, для забезпечення необхідної точності вимірювання. Тоді як при перетворенні відстані між сенсором та струмопровідним середовищем у діюче значення вихідного струму при тих же габаритних розмірах чутливість сенсора буде значно вищою, що обумовлює доцільність саме первинного вимірювального перетворення типу «відстань – діюче (амплітудне) значення вихідного струму».

Список посилань.

1. Russel F. J., Schuster V. E., Wiedelich D. L. Communication and electronics Munich. 1962. 232 p.
2. Соболев В. С., Шкарлет Ю. М. Накладные и экранные датчики. Монография: Новосибирск: Наука. 1967. 144 с.

УДК 681.121

ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ КАЛІБРУВАННІ ЕТАЛОННОГО ЛІЧИЛЬНИКА ГАЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕТАЛОННОЇ ДЗВОНОВОЇ УСТАНОВКИ

Кепещук Д., *к. т. н.* ***Витвицька Л.А****., Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

З метою забезпечення єдності вимірювань при відтворенні, передачі та зберіганні одиниці фізичної величини створюються еталони або еталонні засоби вимірювальної техніки вищої точності. Також еталони необхідні і для калібрування високоточних засобів .

Найчастіше для відтворення одиниці витрати і для калібрування лічильників використовуються повірочні установки дзвонового типу [1]. При цьому необхідно визначити точність проведення калібрування. Проведено розрахунок невизначеності вимірювань коефіцієнта перетворення лічильника *K* (*K*-фактор) в імп./м^3 при його калібруванні. При цьому було отримано ряд значень: *25171,37; 25169,72; 25204,69; 25212,67; 25230,18; 25206,08; 25206,12.* Калібрування проводились при температурі навколишнього середовища 21°С. Зміна температури повітря протягом калібрування становила 0,5°С. Зміна тиску протягом калібрування 50 Па.

Рівняння вимірювання, яке використовується при визначенні коефіцієнта перетворення еталонного лічильника описується наступним виразом:

$$K = \frac{N}{V_E} \cdot \frac{P_E}{P_Л} \cdot \frac{T_Л}{T_E},$$

де N – кількість імпульсів відтворених імпульсним перетворювачем еталонного лічильника при проходженні контрольного об'єму газу; V_E – контрольний об'єм газу, що відтворюється еталонною дзвоновою установкою, м^3; P_E, $P_Л$ – абсолютні тиски газу в еталонній установці та в лічильнику, відповідно, Па; T_E, $T_Л$ – температури газу в еталонній установці та в лічильнику, відповідно, °С. Було здійснено оцінку стандартної невизначеності кожної вхідної величини.

Невизначеність кількості імпульсів зумовлена тим, що на початку і на кінці вимірювання можливо недооблікувати по 1 імпульсу. Цю складову оцінюємо за типом *B*, постулюючи рівномірний закон розподілу із симетричними границями: $u_B(N) = \frac{2}{\sqrt{3}} = 1{,}154$ імп.

Контрольний об'єм газу, що відтворюється еталонною дзвоновою установкою, становить 1 м^3 із невизначеністю ± 0,001 м^3, ця величина взята із свідоцтва про державну метрологічну атестацію еталонної установки. Відповідна невизначеність, зумовлена неточністю відтворення контрольного об'єму газу: $u_B(V_E) = \frac{0{,}001}{\sqrt{3}} = 0{,}000577$ м^3

Невизначеність вимірювання тиску зумовлена неточністю калібрування вимірювальних каналів тиску та зміною тиску протягом вимірювання. Першу складову отримано на основі свідоцтва про калібрування вимірювального каналу тиску: $u_B(P) = \frac{2}{2\sqrt{3}} = 0{,}577$ Па, другу складову: $u_{B,\Delta P}(P) = \frac{50}{\sqrt{3}} = 28{,}868$ Па. Стандартна невизначеність вимірювання тиску становить: $u(P) = \sqrt{u_B^2(P) + u_{B,\Delta P}^2(P)} = 28{,}874$ Па. Ця складова невизначеності повинна враховуватися двічі: для еталонної установки та еталонного лічильника.

Невизначеність вимірювання температури зумовлена неточністю калібрування вимірювальних каналів температури та зміною температури протягом вимірювання.

Перша складова отримується із свідоцтва про калібрування вимірювального каналу

температури: $u_B(T)=\frac{0{,}05}{2\sqrt{3}}=0{,}014$ °С. Друга складова: $u_{B,\Delta T}(T)=\frac{0{,}5}{\sqrt{3}}=0{,}115$ °С. Стандартна невизначеність вимірювання тиску становить: $u(T)=\sqrt{u_B^2(T)+u_{B,\Delta T}^2(T)}=0{,}289$ °С

Ця складова невизначеності повинна враховуватися двічі: для еталонної установки та еталонного лічильника.

Стандартна невизначеність, зумовлена повторюваністю результатів, визначається за типом А:

$$u_A(K)=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(K_i-\overline{K}\right)}{n(n-1)}}=8{,}315\ \text{імп./м}^3$$

Оцінка результату калібрування розраховується як середнє арифметичне з ряду результатів вимірювань: $\overline{K}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}K_i=25200{,}11\ \text{імп./м}^3$

Вважаючи всі вхідні величини некорельованими, розраховується сумарна стандартна невизначеність коефіцієнта перетворення еталонного лічильника диференційним методом за формулою:

$$u_c(K)=\sqrt{\begin{array}{l}u_A^2(K)+\left(\frac{\partial K}{\partial N}\right)^2\cdot u_B^2(N)+\left(\frac{\partial K}{\partial V_E}\right)^2\cdot u_B^2(V_E)+\left(\frac{\partial K}{\partial P_E}\right)^2\cdot u^2(P)+\\ +\left(\frac{\partial K}{\partial P_Л}\right)^2\cdot u^2(P)+\left(\frac{\partial K}{\partial T_E}\right)^2\cdot u^2(T)+\left(\frac{\partial K}{\partial T_Л}\right)^2\cdot u^2(T)\end{array}}=15{,}765\ \text{імп./м}^3$$

Прийнявши коефіцієнт охоплення рівним 2, розраховуємо розширену невизначеність $U_{0.95}(K)=2\cdot u_c(K)=31{,}53$ імп./м^3.

Отже, результат калібрування: $K=\left(25200{,}11\pm 31{,}53\right)$ імп./м^3

Таким чином, розраховане значення невизначеності дає можливість правильно оцінити результат калібрування та свідчить про достатньо високу точність відтворення заданого об'єму газу.

Список посилань

1. МК 005 РД/03-2015 Установки повірочні дзвонового типу. Методика калібрування.

УДК 004.75: 519.854: 006.9

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВІРКИ РЕЛЕ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИМ СТЕНДОМ

к.т.н. ***Бутенко В.М.****, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

Вступ. У роботі [1] розглядається модель технічної перевірки реле інформаційно-вимірювальним стендом (ІВС). Автором, під час участі у дослідженні, було запропоновано об'єднати засоби вимірювальної техніки, електронно-обчислювальну машину (ЕОМ) та допоміжне обладнання з метою поліпшення технології ремонту та контролю реле шляхом систематизації процесу перевірки й автоматизації дій.

Презентація матеріалу. Удосконалення процесу перевірки здійснювалось за декількома стратегіями. Одна з яких базувалася на залежності сили притягування якоря нейтрального реле клапанного типу до полюсу осердя яка оцінювалась по співвідношенню, із формули Максвелла [2] :

$$F=6{,}4\cdot 10^{-8}\frac{I^{э^2}w^2S}{\delta^2}[кг], \qquad (1)$$

де $I^э$ – максимальна сила стрму в обмотці, δ – повітряний проміжок між якорем і полюсом, w – кількість витків у обмотці, S – площа торця осердя.

При реалізації алгоритму випробувань фіксація досягнення осердям фронтових контактів нейтрального спеціалізованого реле здійснювалась електричним способом, через замкнення відповідних контактів пристрою. Вхідні, електричні, параметри моделі контролювалися цифровими засобами вимірювальної техніки з інтерфейсом для ЕОМ. Таким чином об'єднання засобів вимірювальної техніки, ЕОМ та конструкцій стенду дозволили автоматизувати засобами апаратно-програмного типу інформаційно-вимірювальні дії з перевірки реле й отримати базу даних перевірки, формування всіх видів звітності та подальший аналіз статистики перевірки й прийняття рішення про відповідність ремонтного реле всім нормативно-технічним вимогам. Автоматизація зазначених дій здійснена тільки для часових та електричних параметрів вимірювання спеціалізованих реле.

Алгоритм технологічної перевірки реалізується як при регулюванні пристроїв так і при прийманні. Дослідженням встановлено, що застосування стенду доцільно тільки для робочого місця електромонтера контролера ремонтно-технологічної дільниці. Це зумовлено технологією перевірки приладів, маніпуляціями персоналу та документообігом під час перевірки, що регламентується галузевими або корпоративними нормативними вимогами.

Алгоритм автоматизованої технології перевірки дозволяє його застосовувати для всіх нейтральних, поляризованих та комбінованих реле. Однак застосування реалізованих у дослідженні автоматизованих та автоматичних процедур для реле змінного струму впроваджено не для усієї номенклатури пристроїв. Обмеження виникли через особливості реалізації управління живленням змінного струму великого діапазону номіналів та інших параметрів струму живлення цієї категорії пристроїв.

Масове створення модернізованих стендів підвищить інформативність вимірювальних систем, та створить розгалужену мережу інформаційно-вимірювальних пристроїв фіксації якості ремонту спеціалізованих реле й як наслідок зменшить собівартість їх експлуатації.

Висновок. Доповідь розгорнуто презентує розподілену метрологічну концепцію з застосуванням формули Максвела у ІВС з перевірки спеціалізованих реле, в тому числі й залізничного транспорту. Створена, шляхом систематизації процесу перевірки й автоматизації дій, автоматизована технологія перевірки дозволила зменшити витрати часу на контроль якості регулювання реле з декількох десятків хвилин до двох хвилин.

Список посилань.

1. Дослідження та розробка інформаційно-вимірювального стенду для контролю технологічних норм перевірки електричних та часових параметрів спеціалізованих реле// Звіт про науково-дослідну роботу/В.Мойсеєнко та інші// Харків, УкрДУЗТ, 2014 – 151 с.
2. Воропай А.В. Моделирование нестационарного деформирования прямоугольной пластины с гасителем колебаний. //Х.-Вестник ХНАДУ – 2011. – вып.53. – С. 87 – 89.

УДК 620.179

АПРОБАЦІЯ ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЮ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПАЛИВНИХ ГАЗІВ ЗА ЇХ ТЕМПЕРАТУРОЮ ПРИ СПАЛЮВАННІ

Малісевич Н.М., *д.т.н.* ***Середюк О.Є.****, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ., Україна*

Вступ. Одним із факторів покращення обліку природного газу є його здійснення в одиницях енергії. Це потребує розроблення нових технічних засобів для вимірювання і контролю калорійності природного газу як однієї з найважливіших якісних характеристик.

Авторами запропоновано спосіб експрес-контролю теплоти згорання природного газу [1], який дозволяє визначати цей параметр за температурою полум'я при його згоранні. Для апробації цього способу розроблений лабораторний стенд, який забезпечує можливість спалювання суміші газ-повітря з різними їх об'ємними співвідношеннями [2].

Експериментальні дослідження показали вплив витрати досліджуваного газу і витрати додаткового повітря на температуру полум'я [2]. Однак досі не є вивченим вплив калорійності спалюваного газу на температуру полум'я, що є метою даного дослідження.

Виклад матеріалу. Для вивчення температури згорання різних газів в умовах лабораторного стенда використовувалися природний газ з теплотворною здатністю 35,3 МДж/м^3 і пропан-бутанова газова суміш, яка отримувалася при випаровуванні скрапленого стану цієї суміші калорійністю 46,8 МДж/кг. Результати експериментальних досліджень з умовами їх проведення наведені на рис. 1, де конкретизовані витрата спалюваного газу $q_{ГС}$ і витрата додаткового повітря $q_{ПДС}$.

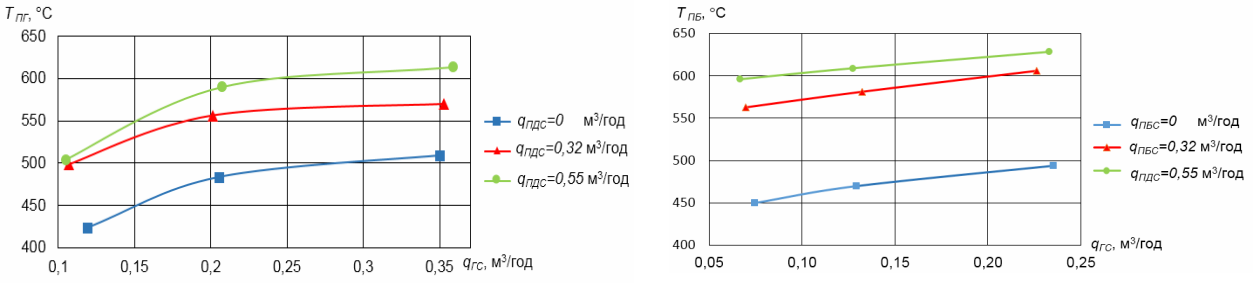


Рисунок 1 – Зміна температури згорання природного газу $T_{ПГ}$ і пропан-бутанової газової суміші $T_{ПБ}$ при вимірюванні термопарою

При побудові графіків витрата двох видів газів розраховувалась за їх значенням за стандартних умов, а різні діапазони витрат стосуються технологічних можливостей лабораторного стенду.

Висновки. Встановлено нелінійні закономірності зростання температури полум'я для досліджуваних паливних газів при збільшенні як витрати газу так і витрати додаткового повітря. Підтверджено очікуване збільшення температури полум'я паливних газів із збільшенням їх калорійності. Кількісна оцінка чутливості зміни температури полум'я від зміни калорійності паливних газів буде предметом подальших досліджень.

Список посилань.

1. Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу / Середюк О.Є., Лютенко Т.В, Малісевич Н.М. : пат. 112737 С2 Україна, МПК (2006.01) G01N25/20. № a201512215; заявл. 09.12.2015; опубл. 10.10.2016; Бюл. № 19. 7 с.

2. Середюк О.Є., Малісевич Н.М. Дослідження методичної похибки вимірювання температури полум'я при згоранні природного газу. *Technical Using of Measurement –2020* : Тези доп. VI Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених у царині інформаційно-вимірювальних технологій та метрології, м. Славське, 4-7 лютого 2020 р. Львів: ТзОВ «Галицька видавнича спілка», 2020. С. 146-149.

УДК 681.518.22

ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ ARDUINO ПРИ РОЗРОБЦІ МЕТОДУ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ЕХО-ІМПУЛЬСНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ

к.т.н. ***Рагулін С.В.***, ***Ушаков В.В.***, *Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна*

Вступ. Проведення експериментів з метою підтвердження та уточнення експлуатаційних характеристик методу інфрачервоної ехо-імпульсної дефектоскопії [1], вимагає побудови автоматизованого вимірювального комплексу, який забезпечував би збір експериментальних даних, їх попередню обробку і відображення в зручній для оператора формі. Крім того, необхідно забезпечити автоматизоване управління використовуваним при проведенні експериментів лабораторним стендом. Зазначеним вимогам до апаратної

платформи найбільш повно відповідає платформа Arduino. Arduino - відкрита електронна платформа, що відрізняється простотою у використанні, універсальністю і відносною дешевизною в порівнянні з її аналогами. Відкрите програмне забезпечення та архітектура даної платформи дає можливість використовувати її для прийому і передачі аналогових і цифрових сигналів, перетворення сигналів за допомогою вбудованих цифро-аналогових (ЦАП) і аналого-цифрових (АЦП) перетворювачів, управління різними пристроями і обміну даними з комп'ютером за допомогою різних інтерфейсів.

Виклад матеріалу. Завдання автоматизованого вимірювального комплексу в рамках досліджень методу інфрачервоної ехо-імпульсної дефектоскопії з використанням лабораторного стенду зводяться до наступного:

1. Управління лабораторним стендом, зокрема забезпечення переміщення досліджуваного зразка уздовж вимірювальної головки з точністю не гірше ± 0,1 мм, надійну фіксацію рухомої платформи в будь-який момент при проведенні контролю і повернення її в вихідну точку, прийняту за «0» координат по командам з пульта управління стендом або з персонального комп'ютера.

2. Прийом, обробка, збереження і передача на комп'ютер діагностичного сигналу від інфрачервоного луна-імпульсного дефектоскопа. Дана задача розділяється на кілька складових, а саме: прийом і перетворення аналогового сигналу в цифровий, обчислення середнього рівня діагностичного сигналу з метою фільтрації сторонніх шумів, збереження і передача рівня діагностичного сигналу з прив'язкою до поточної координаті по довжині досліджуваного зразка, видача отриманого пакета даних на персональний комп'ютер.

При розробці системи управління лабораторних стендом враховані наступні вимоги:

1. Можливість контролю зразків матеріалів різних лінійних розмірів.

2. Автоматичний останов рухомої платформи при досягненні нею крайніх положень при будь-якому режимі роботи стенду.

3. Можливість завдання початкової точки переміщення рухомої платформи в будь-якому місці в межах діапазону переміщення платформи із забезпеченням подальшого автоматичного повернення платформи в початкову точку.

4. Можливість завдання швидкості переміщення рухомої платформи.

5. Забезпечення подвійного управління роботою стенду (з пульта управління і безпосередньо з персонального комп'ютера).

6. Забезпечення захисту від подачі некоректних команд стенду.

Для управління кроковим двигуном використаний підключається програмний модуль Stepper (розробник RyanOrendorff). Для обмеження діапазону переміщення рухомої платформи використані безконтактні кінцеві вимикачі (геркони), підключені до цифрових входів модуля Arduino UNO. Пульт управління стендом є клавіатурою, що складається з 8 кнопок, також підключених безпосередньо до цифрових входів модуля Arduino UNO.

Для забезпечення зв'язку з персональним комп'ютером використовується інтерфейс паралельного порту Arduino IDE. За допомогою даного інтерфейсу забезпечена можливість видачі стенду перерахованих вище команд, а також завдання поточної довжини досліджуваного зразка. Блок-схема управління лабораторних стендом приведена на рис.1.

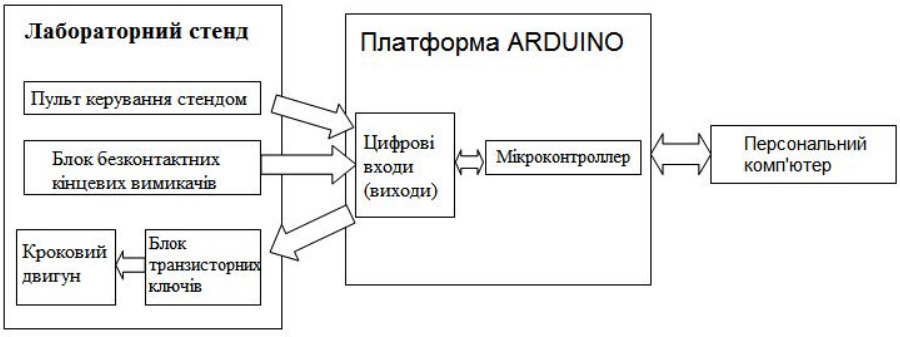


Рисунок 1 – Блок-схема керування лабораторним стендом

Особливістю створеного експериментального пристрою відпрацювання методу інфрачервоної ехо-імпульсної дефектоскопії є та обставина, що діагностична інформація видається пристроєм у вигляді аналогового сигналу, а саме у вигляді напруги постійного струму, що змінюється в діапазоні від 0,1 В до 4,9 В. Таким чином для прийому і подальшої обробки діагностичного сигналу необхідно перетворити його в цифрову форму. Вбудований в платформу Arduino аналого-цифровий перетворювач (АЦП) з базовою швидкістю опитування аналогового входу з частотою 500 Гц дозволяє виконувати це завдання з достатньою точністю.

Програмний код прийому, обробки і передачі даних реалізований в нескінченному циклі «loop» скетчу Arduino [2, 3, 4].

Для попередньої фільтрації діагностичного сигналу виробляється обчислення середнього значення сигналу за 10 останніх вимірювань. Отримані значення записуються в динамічний масив в оперативній пам'яті платформи Arduino, який згодом передається на персональний комп'ютер і обробляється за допомогою інтерфейсу PLX-DAQ, що дає можливість подання діагностичної інформації в табличній і графічній формі, а також збереження файлу даних.

Висновки. Використання платформи Arduino при створенні автоматизованого вимірювального комплексу в рамках дослідження методу інфрачервоної ехо-імпульсної дефектоскопії дозволяє вирішити завдання управління лабораторним обладнанням а також обробки і передачі експериментальних даних з мінімальними витратами матеріальних ресурсів і часу. Істотною перевагою застосування платформи Arduino є також простота монтажу обладнання.

Продемонстровано можливість здійснення подвійного управління лабораторним обладнанням, розроблені алгоритми управління обладнанням і обробки експериментальних даних із забезпеченням необхідної точності

Список посилань.

1. Pusyryov. O.L. Development of Airframe Design Elements Control Technique under Operational Conditions / O.L. Pusyryov, V.O.Volkogon, O.M.Alekseev, V.V. Ushakov - Electronics and control systems, №4 (50), 2016. С. 46-49.

2. Пономаренко В.И. Использование платформы Arduino в измерениях и физическом эксперименте/ В.И. Пономаренко, А.С. Караваев - Изв. вузов «ПНД», т. 22, № 4, 2014. С. 77-90.

3. Омельченко Е.Я. Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino / Е.Я. Омельченко, В.О. Танич, А.С. Маклаков, Е.А. Карякина - «Электротехнические системы и комплексы», №. 21, 2013. С. 28-33.

4. Протасов А.Г. Универсальное устройство для сбора данных с аналоговых и цифровых преобразователей / А.Г. Протасов, А.С. Корогод, Е.Ф. Суслов - Вестник НТУУ “КПИ”. Серия Приборостроение. – 2015. – Вип. 49(1). С. 145-152.

УДК 620.91

ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

***Кузь Г.М.**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. В Україні, на сьогоднішній час, облік природного газу здійснюється у метрах кубічних. В залежності від походження газу та технології його підготовки природний газ може мати різні енергетичні показники, зокрема теплоту згорання. Тому, для забезпечення більш якісних розрахунків за спожитий природний газ, доцільно враховувати його енергетичні показники і обліковувати газ в одиницях енергії, оскільки від теплоти згорання природного газу напряму залежить кількість отриманої енергії.

Виклад матеріалу. На офіційному сайті АТ «Укртрансгаз» подана інформація про фізико-хімічні показники природного газу і всіх областях України (помісячно) починаючи з 2015 р. На рис. 1 наведено графічні залежності калорійності природного газу в кожному календарному місяці з 2015 р. по 2019 р.

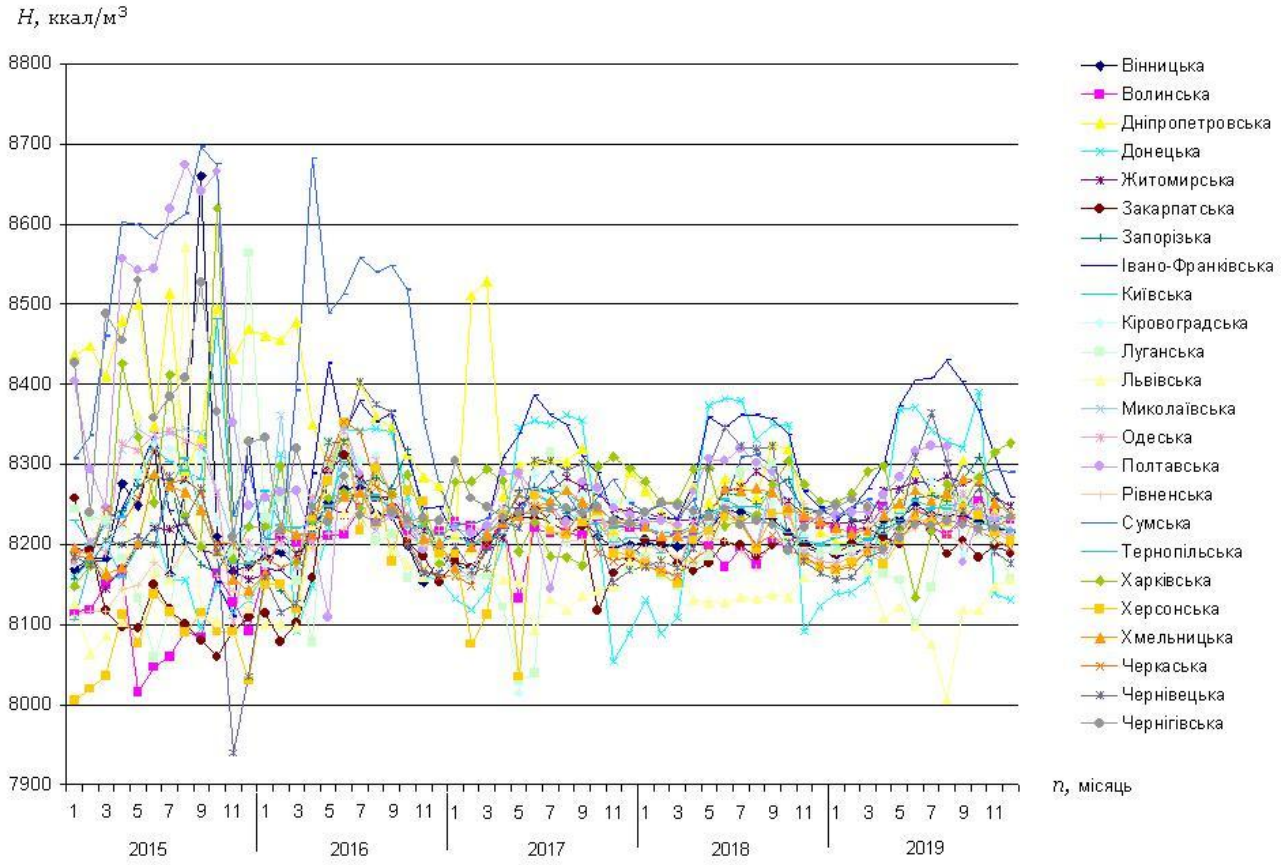


Рисунок 1 – Характеристика калорійності природного газу в 2015-2019 р.р.

Як видно із рис. 1 теплота згоряння природного газу H впродовж 2015-2016 р.р. коливалася в межах від 7940 ккал/м^3 до, приблизно, 8700 ккал/м^3, а вже починаючи з середини 2017 року, її значення стало більш стабільним і коливалося в межах 8050-8430 ккал/м^3. Оскільки в 2018-2019 р.р. зберігалася тенденція стабільності показників калорійності природного газу, а коливання значень теплоти згоряння були незначні (в межах 8000-8430 ккал/м^3), то, з метою оцінки теперішньої калорійності газу, доцільно розглядати показники теплоти згорання природного газу лише за останні два роки.

Діапазон значень теплоти згоряння природного газу в 2018-2019 р.р. наведено на рис. 2.

За результатами аналізу виміряних даних, графічне представлення яких наведено на рис. 2, встановлено, що їх середнє значення 8229 ккал/м^3, а максимальні відхилення виміряних значень від середнього становлять 2,4 % та мінус 2,7 %. Враховуючи те, що побутові лічильники газу вимірюють об’єми природного газу з похибкою, границі якої становлять 3 % та мінус 6 %, а максимальні відхилення виміряних значень теплоти згоряння газу від середнього значення знаходяться в цих межах і не перевищують границь похибки вимірювань об’єму газу, то при обчисленнях енергії газу можна використовувати єдине (середнє) значення теплоти згоряння газу.

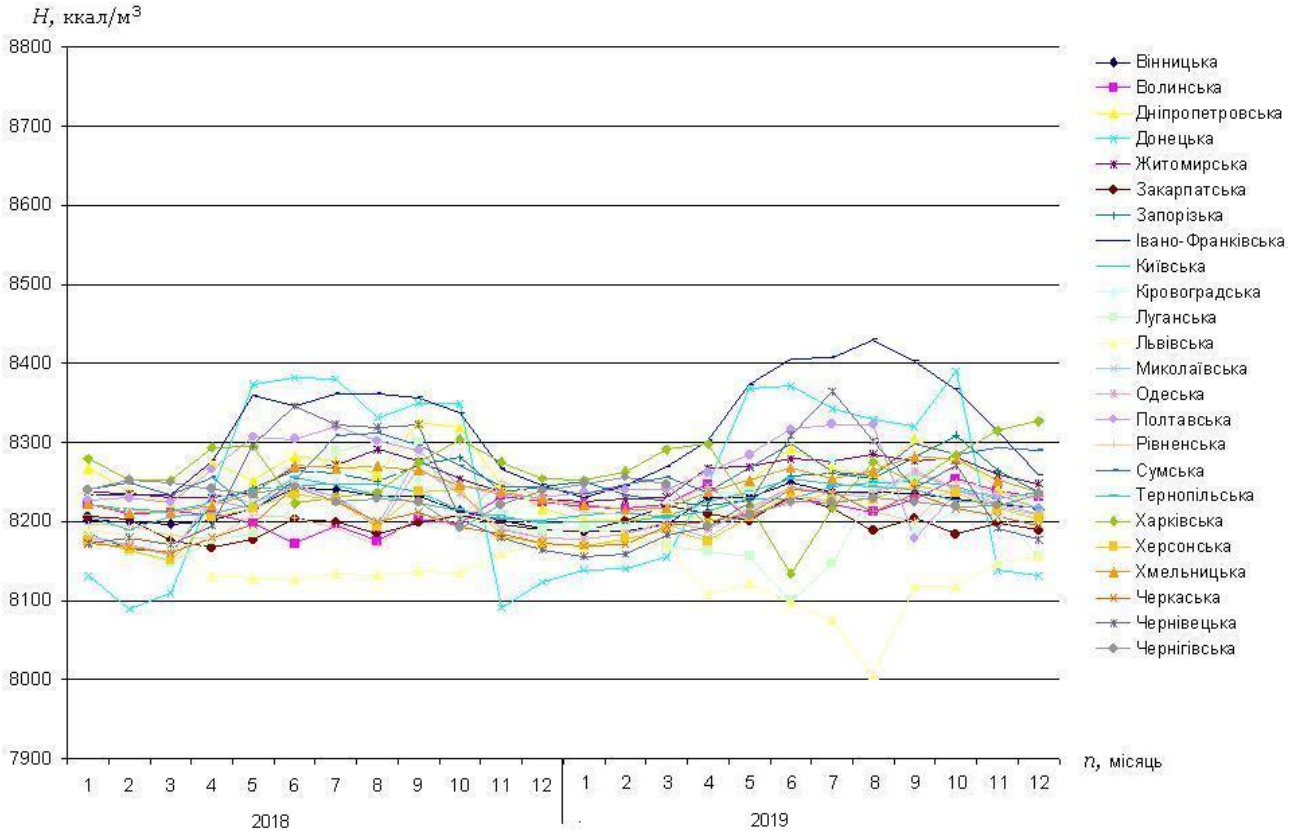


Рисунок 2 – Характеристика калорійності природного газу в 2018-2019 р.р.

Висновки. Беручи до уваги дані про якість газу за попередні роки (рис. 2), з достатньою імовірністю можна стверджувати, що прогнозовані значення теплоти згоряння природного газу в 2020 році будуть знаходитись в межах 8100-8400 ккал/м^3, а середнє значення становитиме приблизно 8250 ккал/м^3, яке і можна використовувати при обчисленнях енергії природного газу, що подається українським побутовим споживачам.

Список посилань.

1. Якість газу : Укртрансгаз. URL: http://www.utg.ua/utg/business-info/yakst-gazu.html (дата звернення: 20.02.2020).

УДК 621.791.3

ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ЗМОЧУВАННЯ ПРИПОЄМ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ПАЯННЯ

к.т.н. ***Чуйко М.М.***, ***Завальський В.І.***, *Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Процес паяння радіоелектронних деталей та деталей мікроелектроніки в промислових масштабах ускладнений тим фактом, що пайка компонентів має бути швидкою, точною, і , таким чином, максимально ефективною.

Виклад матеріалу. Змочування припоєм поверхонь матеріалів з'єднуваних елементів є необхідною умовою забезпечення якісного спаяного з'єднання. Тільки при змочуванні основного матеріалу можливі розтікання припою, його затікання в щілини, встановлення фізичного контакту рідкого металу з твердим основним матеріалом, створення умов для протікання між ними дифузійних процесів і утворення з'єднання при кристалізації припою. При чому, чим краще змочуватиметься основний матеріал, тим міцніше буде з’єднання і кращим буде електричний контакт в системі «припій – основний матеріал», за умови

дотримання вимог технологічного процесу (температури, часу паяння, відсутності поверхневих забруднень та шлаків).

Якість монтажу елементів в процесі паяння сильно залежить від правильного вибору підходящих припоїв і флюсів, щоб забезпечити хороше розтікання припою та надійний електричний контакт між елементами паяння. Щоб досягнути цього необхідне глибоке дослідження змочувальних властивостей паяльних матеріалів, а саме дослідження крайового кута змочування θ (ККЗ).

Оскільки основною складністю методів вимірювання ККЗ є отримання чіткого профілю лежачої краплі, на основі якого здійснюються подальші розрахунки чи виміри. Тому запропоновано визначати ККЗ припоєм основного матеріалу шляхом застосування інфрачервоних перетворювачів (ІЧ) для встановлення основних параметрів лежачої краплі (діаметру d_k та висоти h_k). Розрахункова формула даного методу має наступний вигляд [1]:

$$\theta = 2arctg\frac{2h_k}{d_k}. \qquad (1)$$

Оскільки поверхня припою є криволінійною, тому для фіксації відбитого променя від цієї поверхні необхідно використовувати не один перетворювач, а декілька, розміщених у вигляді матриці 3х3 над об’єктом контролю, що дозволяє визначити величину максимальної висоти краплі, для якої час проходження променя є мінімальним. Розрахунок висоти краплі припою здійснюється на основі виміряних значень того перетворювача матриці, який зафіксує мінімальну віддаль до поверхні припою.

Функціональна схема розробленого пристрою подана на рисунку 1.

В якості первинного перетворювача використовується оптичний давач з транзисторним виходом VCNT2020, що дозволяє випромінювати і приймати ІЧ коливання певної довжини. Запропонований перетворювач фірми Vishay Intertechnology в мінімалістичному SMD форматі, має компактну конструкцію 2.5х2х0.8 (мм), де джерело ІЧ випромінювання і приймач зібрані в одному корпусі.

Приймач створений з ІЧ кремнієвого фототранзистора. У даному датчику аналоговий сигнал (фотострум) викликається за допомогою відбитого від об’єкта ІЧ випромінювання.

Принцип дії розробленого приладу на основі інфрачервоних імпульсних перетворювачів заснований на вимірюванні інтервалу часу між моментом випромінювання зондуючого ІЧ моноімпульса (старт-імпульс) і моментом прийому випромінювання, відбитого від об'єкта (стоп-імпульс). Імпульс формується ІЧ перетворювачами, які розташовані на матричному модулі 1, який, в свою чергу, керуються блоком управління матричним модулем 2. Відбите від об'єкта контролю випромінювання потрапляє в фототранзистор ІЧ перетворювача 1 і підсилюється за допомогою підсилювача 3. Вимірювач часових інтервалів 4, що зв’язаний із тактовим генератором 5, починає роботу в момент випромінювання ІЧ імпульсу діодом матриці і завершує її в момент прийому відбитого випромінювання приймальним фототранзистором, сигнал якого підсилюється, видаючи цифровий код отриманого результату. Блок синхронізації і управління 6 здійснює інтерпретацію коду у висоту краплі припою, формує сигнал на індикаторі 7, а також приймає команди органів управління 8. Нагрівання об’єкта контролю 9, а саме зразка основного матеріалу з певною дозованою масою припою здійснюється нагрівачем 10, роботою якого керуємо за допомогою блоку управління нагрівачем 11. Для забезпечення робочої температури матричного модуля 1 у розробленому приладі передбачено охолоджувач 12 на основі елементів Пельтьє, який, в свою чергу, керується блоком управління охолоджувачем 13. Живлення нагрівача та охолоджувача здійснюється від блоку живлення 14, а елементи вимірювальної схеми через низьковольтний стабілізатор напруги 15.

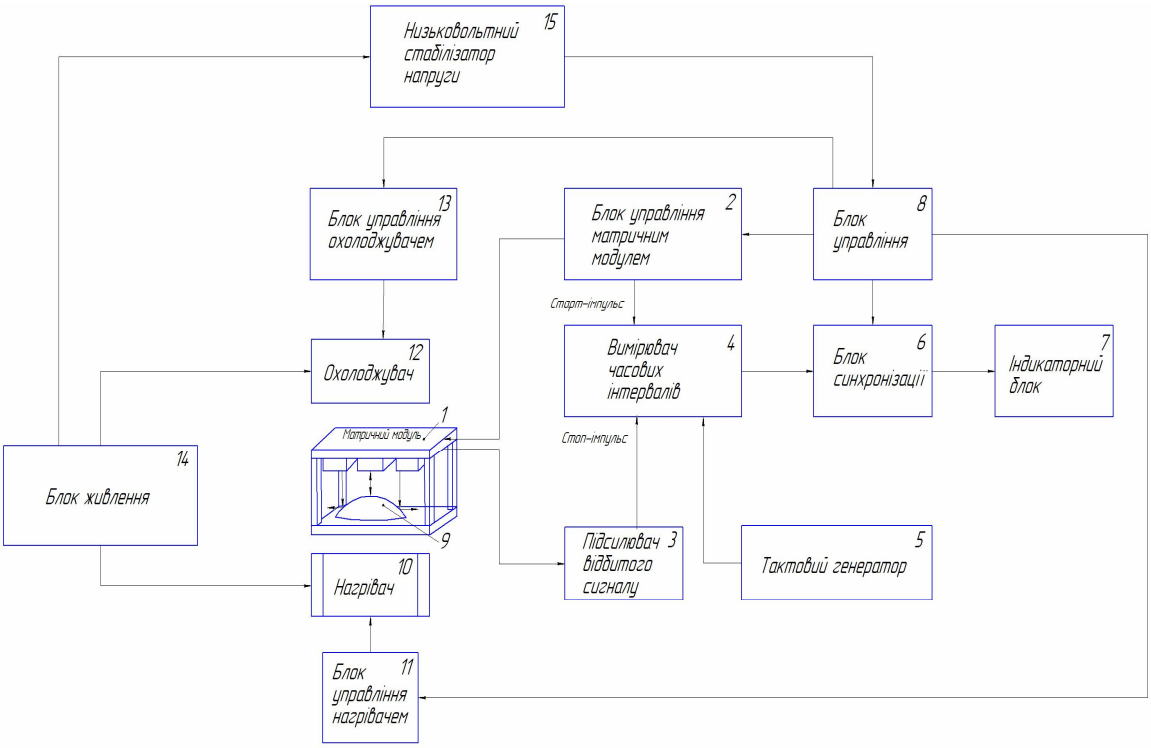


Рисунок 1 – Функціональна схема розробленого пристрою для контролю змочування припоєм основного матеріалу

Висновки. Розроблений пристрій контролю дозволяє вимірювати крайовий кут змочування припою на основі параметрів лежачої краплі, градуювати припої за їх змочувальними властивостями відносно основного матеріалу паяння та здійснювати підбір припоїв з найкращими поверхневими властивостями для забезпечення якісного з'єднання деталей в процесі паяння.

Список посилань.

1. Кісіль І. С. Вимірювання поверхневих властивостей на межах розділу фаз. Методи максимального тиску у бульбашці, лежачої і висячої крапель та об'єму / І.С. Кісіль, Р.І. Кісіль. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 298с.

УДК 681.518

АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

к.т.н. ***Грига В.М.***, ***Гуменицький М.Б.***, ***Сачовський А.М.***, ***Рудик Р.Д.,*** *ДВНЗ "Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника", Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. За підрахунками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), в результаті забруднення атмосферного повітря кожного року призводить до 4,2 мільйона випадків передчасної смерті у світі, причиною цього є вплив дрібних твердих частинок діаметром менше 2,5 мкм (PM2,5). Останні підрахунки захворювань вказують на дуже значний вплив забруднення повітря в розвитку серцево-судинних, онкологічних і респіраторних захворювань та смерті від них.

Серед інших шкідливих речовин які потрібно брати до уваги при визначенні ступеня забруднення повітря є концентрація летких органічних сполук, формальдегіду та вуглекислого газу.

Одним із методів визначення вмісту шкідливих речовин є взяття проб повітря на так званих стаціонарних постах спостереження. Кількість таких постів залежить від населеного пункту де буде здійснюватися вимірювання та особливостями промисловості яка розміщена в даному регіоні.

Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою моніторингу якості повітря з можливістю автоматичного реєстрування, зберігання та відображення показників складу повітря з побудовою графіків зміни концентрацій шкідливих речовин на дисплеї приладу за попередню годину та день.

Методи вимірювання запиленості повітря. Кількість джерел забруднення з кожним роком тільки збільшується, у зв'язку з розвитком нової промисловості в повітрі з'являються нові небезпечні і токсичні хімічні речовини, які змінюють склад атмосфери.

Методи визначення запиленості повітря поділяють на дві групи:

1. З виділенням дисперсної фази з аерозолю – ваговий або масовий (гравіметричний), лічильний, радіоізотопний, фотометричний;

2. Без виділення дисперсної фази з аерозолю – фотоелектричні, оптичні, акустичні, електричні.

В основу гігієнічного нормування вмісту пилу в повітрі покладено масовий (гравіметричний) метод. Метод будується на протягуванні повітря через фільтр, який затримує пилові частинки. Перед даним вимірюванням визначають масу фільтра і після відбору проби знову вимірюють вагу фільтра, а також кількість відфільтрованого повітря, розраховують вміст пилу в одиниці об'єму повітря.

Суть лічильного способу полягає в наступному: проводиться відбір певного обсягу повітря, з якого частинки пилу осідають на спеціальний мембранний фільтр. Після чого проводиться підрахунок числа частинок, досліджується їх форма і дисперсність під мікроскопом. Концентрація пилу при лічильному методі виражається числом пилинок в 1 $см^3$ повітря.

Радіоізотопний метод вимірювання концентрації пилу заснований на властивості радіоактивного випромінювання (зазвичай α-випромінювання) поглинатися частинками пилу. Концентрацію пилу визначають за ступенем ослаблення радіоактивного випромінювання при проходженні через шар накопиченого пилу.

Опис функціональної схеми пристрою. Функціональна схема розробленого пристрою (рис.1) містить: модуль Arduino Nano (1), модуль годинника реального часу DS3231 (2), давач вологості, температури та тиску BME280 (3), фоторезистор (4), який грає роль давача освітлення, давач формальдегіду ZE08-CH2O (5), давач CO_2 MH-Z14 (6), давач летких органічних сполук CCS811 (7), стабілізатор для живлення Arduino (9), батарея для резервного живлення (10), давач пилу GP2Y1010AU0F від Sharp (11), кнопка для навігації по меню (12), RGB світлодіод (13), роз'єм для живлення і зарядки приладу (14), символьний дисплей LCD2004 для відображення поточних даних концентрацій шкідливих речовин та графіків зміни за останню годину та день (15).

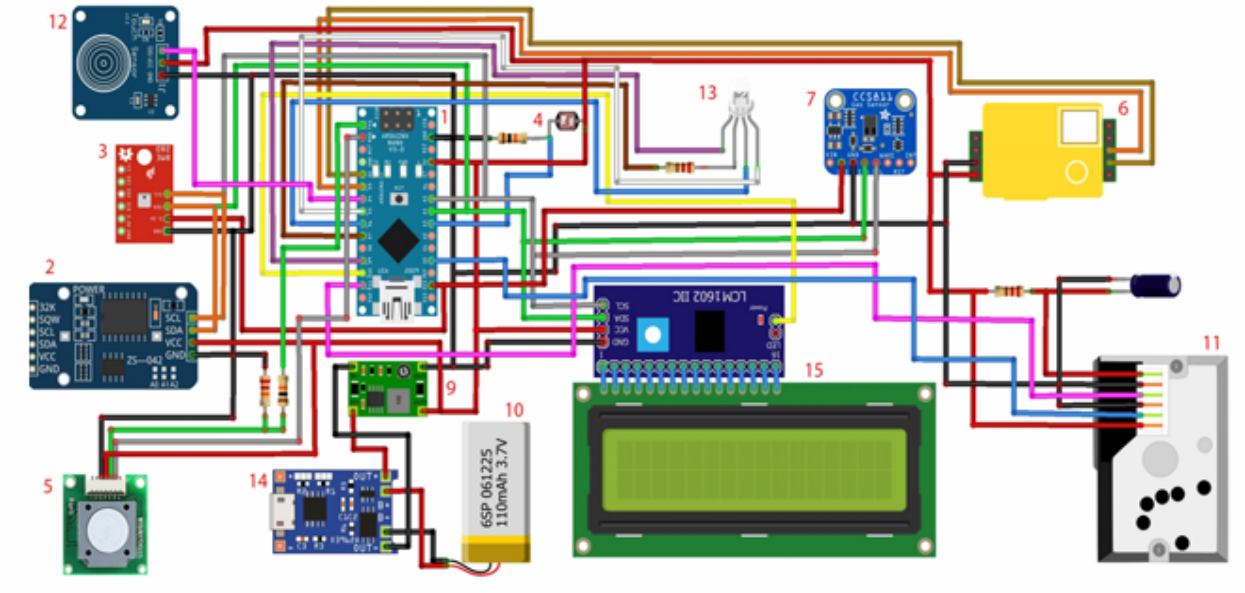


Рисунок 1 – Функціональна схема пристрою

Основне призначення Arduino Nano – це реєструвати дані з давачів та сенсорів та виводити показання на дисплей пристрою, сигналізувати про перевищення концентрації шкідливих частинок в повітрі, а також зберігати дані для подальшої побудови графіків зміни показників з можливістю їх подальшого перегляду на дисплеї пристрою. Для взаємодії Arduino с дисплеєм по шині I2C та давачами розроблено програмне забезпечення в Arduino IDE з використанням стандартних бібліотек.

Результати дослідження. В результаті тестування прототипу готового пристрою отримано графіки залежностей шкідливих частинок на протязі 48 годин. На рис. 2 подано графік залежності значення CO_2 протягом 48 годин.

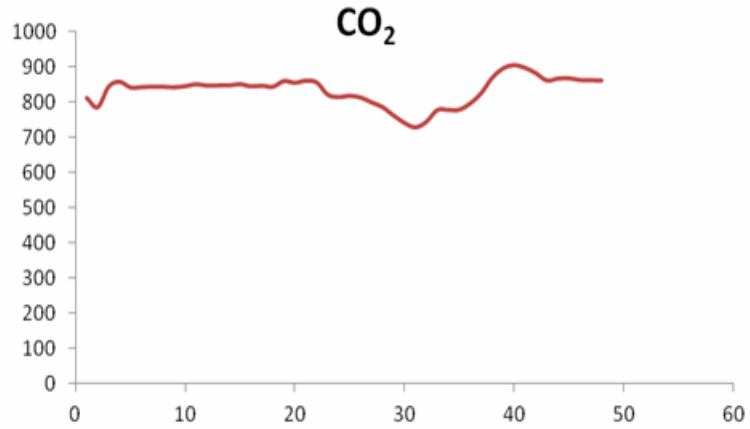


Рисунок 2 - Графік залежності значення вуглекислого газу протягом 48 годин

Аналізуючи отриманий графік можна бачити, що збільшення показів здавачів вимірювання CO_2 відбувається в час пік, коли суттєво збільшується трафік автомобілів та в час опалювального сезону.

Висновки. В результаті виконання даної роботи розроблено автоматизований інформаційно-вимірювальний пристрій якості повітря з візуальним оповіщенням при перевищенні допустимої норми забруднення, відображенням поточних показників концентрації пилу, формальдегіду, летких органічних сполук, вуглекислого газу, температури, вологості повітря і тиску та побудовою графіків зміни концентрації шкідливих речовин в повітрі за останню визначений час.

УДК 001.57:681.5.015:681.542.35

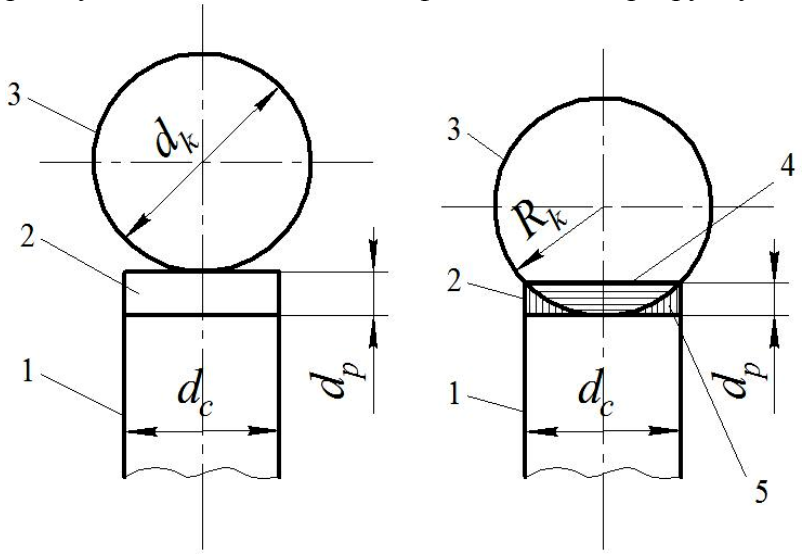
ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДІАМЕТРА КУЛІ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ РУДИ В КУЛЬОВОМУ МЛИНІ

к.т.н. ***Мацуй А.М.****, д.т.н.* ***Кондратець В. О.****, студ.* ***Абашина А.А.****, Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький, Україна*

Вступ. В Україні значну кількість чорних металів отримують з концентратів бідних залізних руд, які перед збагаченням необхідно подрібнювати. В перших стадіях подрібнення здійснюють в кульових млинах, що працюють в замкнених циклах з механічними односпіральними класифікаторами. Такі кульові млини мають низький механічний коефіцієнт корисної дії і перевитрачають значну кількість електроенергії. Це відбувається тому, що кульові млини працюють з низькою енергоефективністю подрібнення руди, яка нині не контролюється. Контроль енергоефективності руйнування руди запропоновано здійснювати безпосередньо в барабані кульового млина за втратою енергії кулі, яка при падінні руйнує матеріал.

Виклад матеріалу. Взаємодія падаючої кулі з матеріалом показана на рис.1. Руйнування руди будемо здійснювати на стержні, пропущеному в отвір через футеровку, діаметр якого складає 0,7 діаметра кулі. Стержень при деформуванні, яке можливо контролювати, може бути перетворювачем енергоефективності подрібнення руди. При

падінні кулі в зоні руйнування (на вільному торці стержня) може не знаходитись крупних шматків руди або знаходитись їх кілька, що впливатиме на енергоефективність подрібнення. Найбільший об'єм руди товщиною d_p під кулею перед руйнуванням буде відповідати номінальному навантаженню кульового млина. Подамо руду суцільним кругом (рис.1) товщиною d_p на певній площадці барабана млина. Повністю зруйнований круг руди з найбільшою товщиною d_p для даного процесу буде відповідати номінальному завантаженню млина матеріалом і найвищій енергоефективності руйнування. Такий же круг руди меншою товщиною відповідає недовантаженню, а більшою товщиною – перевантаженню технологічного агрегату, що відноситься до неефективного енергоруйнування.



а) б)

Рисунок 1 – Положення падаючої кулі перед руйнуванням (а) і після руйнування (б) суцільного шматка руди:
1 – стержень; 2 – суцільний шматок руди; 3 – куля; 4 – кульовий сегмент, що відповідає об'єму зруйнованої руди; 5 – залишки недоруйнованої руди, яка була під тиском кулі

Вимірювальні особливості даного підходу можливо охарактеризувати чутливістю об'єму V_{pp} зруйнованої руди до її розміру d_p. Об'єм зруйнованої руди відповідає об'єму кульового сегмента, що знаходиться під тиском падаючої кулі. Об'єм кульового сегмента дорівнює

$$V_{pp} = \frac{1}{3}\pi d_p^2\left(3R_к - d_p\right), \tag{1}$$

де $R_к$ – радіус кулі;

d_p – висота шару (розміру) руди.

Чутливість оцінюється першою похідною (1) за розміром руди d_p

$$S_{pp} = d\,V_{pp}/dd_p = \pi d_p\left(2R_к - d_p\right). \tag{2}$$

Дослідимо S_{pp} (2) на екстремум. Перша похідна виразу (2) за d_p дорівнює

$$\frac{dS_{pp}}{d_p} = 2\pi\left(R_к - d_p\right). \tag{3}$$

Прирівняємо праву частину виразу (3) до нуля $2\pi(R_к–d_p)=0$, звідки $R_к=d_p$. Це недостатня умова екстремуму. Оскільки друга похідна виразу (3) дорівнює -2π, тобто від'ємна, то маємо максимум. Максимум чутливості буде при $R_к=d_p$, що реалізувати не можливо. Тому найбільше значення чутливості слід знаходити серед різних за розміром куль в технологічному агрегаті.

Відомо, що кулі в млині розташовуються зонами з практично однаковим розміром, діаметр яких від завантажувальної горловини до розвантажувальної збільшується. Розмір

крупних шматків руди, навпаки, зменшується. Конкретним діаметром куль вздовж барабана кульового млина відповідають наближені значення розміру шматків руди. Вихідні дані і чутливості, розраховані за (2) приведені в табл.1. З даних таблиці видно, що в умовах роботи кульового млина спостерігається максимум чутливості при S_{pp}=829мм^2.

Таблиця 1 – Визначення чутливості зруйнованого падаючою кулею матеріалу від розміру шматків

Параметри	Діаметр кулі, мм				
	20	30	40	50	60
Товщина рудного шару (розмір шматків), мм	12	10	8	6	4
Чутливість S_{pp}, мм^2	376,8	628,0	803,8	829,0	703,4

Висновки. Отже, найбільша чутливість процесу вимірювання відноситься до розміру куль, наближених до 50 мм. Тому, в якості мололього тіла в первинному перетворювачі доцільно прийняти розмір кулі $d_к$=50 мм.

УДК 681.5.08

МЕТОДИКА ГРАДУЮВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА ПРИРОДНОГО ГАЗУ

к.т.н ***Романів В.М.****, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано–Франківськ, Україна*

Вступ. У роботі [1] запропонований метод визначення енергетичної цінності природного газу безпосередньо на газопроводі. В основі методу є застосування багатокомпонентного інфрачервоного газоаналізатора природного газу. Метрологічні характеристики такого газоаналізатора залежать від точності заповнення порівняльних кювет визначеними компонентами природного газу у певному їх співвідношенні та у підборі перевірювальних зразків сумішей близьких до складу природного газу, що аналізується.

Виклад матеріалу. Згідно [2] градуювання газоаналізатора рекомендується проводити у чотирьох рівновіддалених точках діапазону вимірювання. Однак для запропонованого газоаналізатора в роботі [1] необхідно 12 балонів перевірювальних сумішей, що є досить не практично. Крім того, для визначення основних компонент природного газу (метану, етану, пропану), згідно запропонованої методики, необхідно одночасно вимірювати три вказані компоненти. Це потрібно для врахування впливу кожної із них одна на одну. Вирішення даної задачі можливе із застосуванням змішувача основних компонент природного газу запропонованого у роботі [3]. Даний змішувач є газодинамічним дросельним синтезатором перевірювальних сумішей, побудований на капілярних елементах з кратними газодинамічними опорами. Для запропонованого газоаналізатора необхідно використати схему із 4 газів: CH_4, C_2H_6, C_3H_8, Не та дросельних елементів відповідної провідності.

Концентрацію r_i і-го компонента суміші можна визначити за формулою[3]

$$r_i = \frac{S_i}{S_\Sigma} = \frac{S_i}{\sum_{j=1}^{N} S_j}; (i, j = 1...N), \qquad (1)$$

де: S_i , S_j – сумарна провідність всіх увімкнених дроселів і-го, j-го компонента відповідно; S_Σ – сумарна провідність всіх увімкнених дроселів у каналах усіх компонентів; N – кількість компонентів суміші (для цієї схеми N=4).

Розраховані провідності дроселів дозволяють задавати визначені концентрації компонентів газової суміші із відносною похибкою концентрації компонентів з найменшим вмістом - 0,1%, а з великим вмістом -0,01%.

Висновки. Застосування газодинамічного синтезатора дозволить з високою точністю відтворити перевірювальні суміші із визначеною концентрацією компонентів природного

газу і як наслідок підвищити метрологічні характеристики багатокомпонентного газоаналізатора.

Список посилань.

1. Романів В.М. Удосконалення оптичного методу оцінювання енергетичних параметрів природного газу: автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.01.02. Харків, 2018. – 20 с.
2. ДСТУ ГОСТ 13320:2008 Газоанализаторы промышленные автоматические. Общие технические условия.[Чинний від 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 38 с.
3. Теплюх З.М. Змішувач основних компонентів природного газу для метрологічної перевірки хроматографів / З. М. Теплюх, І. В. Ділай // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2004. – № 500 : Автоматика, вимірювання та керування. – С. 123–130.

УДК 681.518.3:004.9

МІКРОПРОЦЕСОРНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ЯК ЗАСІБ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

к.т.н. ***Назарова О.С.***, ***Шевченко В.О.,*** *Національний університет «Запорізька політехніка» Запоріжжя, Україна*

Вступ. При вимірюванні, контролюванні і дослідженні параметрів технологічного процесу висновки про якість роботи обладнання і систем автоматичного керування робляться на підставі аналізу величин, які отримані при вимірюванні його параметрів. Однак на практиці часто буває важко вимірювати деякі параметри безпосередньо внаслідок конструктивних або технологічних особливостей, тому отримання вимірювальної інформації про ці параметри непрямим шляхом, використовуючи математичні моделі є актуальним.

Виклад матеріалу. Для вирішення завдання вимірювання електромеханічних параметрів в умовах металопрокатного виробництва існує діагностичний багатоканальний комплекс [1, 2]. За допомогою якого можна оптимізувати настройку систем керування як окремими каналами регулювання, так і багатовимірною системою в цілому. Практична цінність полягає в підвищенні ефективності процесу керування якістю продукції на етапах освоєння і вдосконалення виробництва.

Метою роботи є підвищення ефективності функціонування мікропроцесорного діагностичного комплексу за рахунок непрямого вимірювання і контролю сили натягу смуги металу при прокатуванні на станах холодної прокатки.

В ході дослідження було проаналізовано структурну схему діагностичного багатоканального комплексу. Виявлено, що сусідні агрегати прокатного стану, такі як розмотувальний механізм, прокатна кліть (або кліті), намотувальний механізм пов’язані між собою смугою металу, що прокатується. Пропонується розглядати двомасову систему з пружним зв’язком другого роду [2]. За наявності датчиків швидкості цих агрегатів і за умови, що радіуси валу прокатної кліті та рулону металу, що прокатується, відомі, можемо визначити непрямим шляхом силу натягу смуги металу.

$$\left.\begin{aligned} F_C(p) &= \frac{C_p}{p}\{\upsilon_1(p) - [1+\varepsilon(p)]\upsilon_2(p)\}; \\ \varepsilon(p) &= \frac{1}{C_p l}F_C(p); \quad \upsilon_1(p) = R_1\omega_1(p); \quad \upsilon_2(p) = R_2\omega_2(p). \end{aligned}\right\}$$

Використовуючи дані кривої діаграми розтягу [2] відомий математичний опис доповнимо гранично допустимими умовами для сили натягу $0{,}8F'_{C\max} < F'_C < 0{,}9F'_{C\max}$. $F'_{C\max} = K_r \cdot F_{Crab}$, де K_r – коефіцієнт межі міцності матеріалу (K_r=1,5) F_{Crab} – сила натягу смуги металу при робочих режимах прокатування. Величини K_r, F_{Crab} визначаються з

урахуванням фізико-механічних властивостей матеріалу і геометричних розмірів смуги, що прокатується.

Висновок. Пропонується вдосконалити існуючий діагностуючий комплекс стана холодної прокатки шляхом розширення кількості контрольованих електромеханічних параметрів цього стана, а саме, вимірювання непрямим шляхом та контролювання сили натягу смуги металу, що прокатується, з метою дослідження і використання отриманої інформації при побудові нових і модернізації існуючих систем автоматичного керування станами холодної прокатки.

Список посилань.

1. Назарова, Е. С. К вопросу разработки систем диагностирования электромеханических систем станов холодной прокатки / Е. С. Назарова // Електротехніка та електроенергетика. – 2013. – № 1. – С. 36-41. DOI: https://doi.org/10.15588/1607-6761-2013-1-6

2. Новое в моделировании и исследовании электромеханических систем станов холодной прокатки : монографія / А. В. Садовой, Е. С. Назарова, В. И. Бондаренко, А. В. Пирожок; Запорізьк. нац. техніч. ун-т, Дніпродзерж. держ. теніч. ун-т – Запоріжжя: «Просвіта», 2014. – 144 с.

УДК 621.317

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ПРИ КОНТРОЛІ СТРУКТУРИ МЕТАЛЕВОГО ВИРОБУ ЗА РЕЗУЛЬТАТОМ АНАЛІЗУ ДЕКІЛЬКОХ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ

***Божак В.В.**, к.т.н. **Габльовська Н.Я.**, к.т.н. **Кононенко М.А.**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Правильна організація та здійснення постійного моніторингу стану виробів у процесі їх експлуатації методами та засобами неруйнівного контролю завжди була, і залишається актуальною задачею, вирішенню якої присвячено багато праць як вітчизняних так і зарубіжних вчених та дослідників.

Виклад матеріалу. Чисельні дослідження міцнісних характеристик конструкційних матеріалів доводять наявність різних за розміром і характером прояву дефектних утворень. Інформативні параметри, що характеризують появу/розвиток дефектних утворень іноді носять ймовірнісний характер. Тому, для підвищення надійності та точності контролю стану виробів доцільно здійснювати контроль за декількома інформативними параметрами, враховуючи природу їх виникнення та кореляційні зв'язки між ними. Це можна досягнути шляхом застосування багатопараметричного контролю виробу при різних навантаженнях та на різних стадіях експлуатації за допомогою декількох методів і засобів.

Кожен з неруйнівних методів контролю має як свої переваги, так і недоліки. Це обумовлено різними факторами: оперативність і чутливість контролю, ціна апаратури і складність її обслуговування, кількість вимірюваних параметрів та труднощі у розшифруванні результатів контролю, можливість постійного моніторингу стану об'єкта контролю протягом певного періоду експлуатації.

Однією з задач створення систем для комплексного моніторингу стану металевих виробів, заснованих на застосуванні одночасно двох і більше методів повинні мати порівняно просту технічну реалізацію, високу інформативність і задовільну швидкість передачі інформації про технічний стан об'єкта по каналу зв'язку. Дане завдання можна вирішити шляхом поєднання методу акустичної емісії та теплового методу контролю, що дає можливість здійснювати реєстрацію змін енергопотоків, котрі генеруються у металі, і за значеннями отриманих інформативних параметрів від контактних швидкодіючих температурних мікроелектронних сенсорів та широкосмугових давачів акустичної емісії встановлювати момент зародження мікротріщин.

Але подальші дослідження аспектів реалізації такого підходу свідчать про складність обробки інформативних параметрів.

Спрощення апаратурної реалізації призводить до необхідності введення певної величини допустимої помилки [1], яка обумовлена спотвореннями, що є аналогом шуму. Щоб зберегти ефективність таких систем необхідно не тільки забезпечити необхідну швидкість передачі інформації, а й швидкість обробки параметрів корисного сигналу.

Необхідно звернути увагу і на складність у розшифруванні результатів контролю методом акустичної емісії полягає у накладанні на хвильовий процес акустичної емісії паразитних акустичних параметрів багатократно відбитих хвиль, шумів і довкілля [2], що також ускладнює сам технічний засіб контролю.

Вимоги до оперативності контролю і вартості апаратури ставлять наступні задачі, пов’язані з спрощенням апаратурної реалізації.

Для вирішення задачі контролю стану матеріалів широке застосування одержали акустичні (ультразвукові) системи різного типу через їх надійність і високу інформативність. Серед актуальних напрямків розвитку акустичного методу слід відмітити таку загальну тенденцію підвищення точності (імовірності) виявлення мікродефектів, яка повинна бути пов'язана з глибоким вивченням змін просторово-часової структури акустичних полів і сигналів, викликаних гетерогенністю середовища. Для цього необхідно знайти спосіб підвищення чутливості до дефектів малих розмірів, забезпечити більш високу локальність вимірювань в порівнянні з традиційними методиками ультразвукового контролю, удосконалювати методи обробки акустичної інформації. Використання сфокусованих пружних хвиль високої частоти (сотні МГц) дозволить візуалізувати мікродефекти в матеріалі на різних глибинах, в тому числі і в оптично непрозорих середовищах.

Висновки. Подальші дослідження у визначеному напрямку дозволять отримати нову інформацію про степінь мікропошкодження середовища і може бути покладено в основу нового способу реалізації неруйнівного методу виявлення етапу передруйнування металу. На наступних етапах досліджень заплановано провести експериментальні дослідження з виявлення часу появи ультразвукового сигналу від утвореної тріщини після зафіксованого стрибка температури у момент зародження мікротріщини та визначити найефективніше місце розташування акустичного перетворювача у зоні утвореного дефекту.

Список посилань.

1. Черепков С.Т., Рачинський К.О., Пашков Д.П. Особливості адаптивних методів підвищення завадостійкості приймальних пристроїв// Системи обробки інформації, випуск 12 (40), 2004, С. 248-251

2. Габльовська Н.Я. Використання комп’ютеризованої системи для комплексного моніторингу зміни інформативних параметрів від джерел енергопотоків в матеріалі конструкції, що перебуває під дією навантажень /Н.Я.Габльовська, М.А.Кононенко //Збірник матеріалів І Всеукраїнської інтернет-конференції «Теоретико-практичні проблеми використання математичних методів та комп’ютерно-орієнтованих технологій в освіті та науці”, м.Київ. 2017. С.125-126

УДК 544.654.2

ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ НІКЕЛЮ В ПРИСУТНОСТІ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ

*к.х.н **Демчишина О.В**., **Євтехова К.Є**., Криворізький національний університет, Кривий Ріг, Україна*

Вступ. Процес електроосадження нікелю є найбільш розповсюдженим в гальванотехніці. Нікелеві покриття використовують в різних галузях промисловості, які повинні відповідати специфічним вимогам мати корозійну стійкість, декоративний зовнішній вигляд, сприяти підвищенню твердості виробу.

На сьогодні, відомо багато видів складу електролітів нікелювання, але велика кількість досліджень пов'язана з вивченням процесу електроосадження з розчинів, що містять як органічні так і неорганічні добавки. Органічні речовини, в якості добавок до електролітів нікелювання, можуть суттєво вплинути на кристалізаційні стадії електродного процесу, перебіг побічних реакцій, утворення комплексів і відповідно на склад і структуру осадів.

Метою роботи є дослідження впливу карбонових кислот, таких як, акрилова та амінооцтова, на процес електроосадження нікелю.

Виклад матеріалу. Електровідновлення нікелю з сульфатнокислих розчинів, частіш за все, супроводжується одночасним виділенням на катоді іонів гідрогену

$$Ni^{2+} + 2\bar{e} \rightarrow Ni^{0}$$
$$2H^{1+} + 2\bar{e} \rightarrow H_2 \qquad (1)$$

і одночасним утворенням гідроксид-іонів в прикатодному просторі. Встановлено [1, 2], що виділення водню починається при більш позитивних потенціалах, ніж розряд Ni-іонів.

Електровідновлення іонів Ni^{2+} в усьому діапазоні потенціалів електрода протікає в умовах підвищення pH^S, що може призвести до появи гідроксокомплексів, які включаються в катодний осад і тим самим, змінюють фізико-хімічні властивості та структуру нікелевих покриттів [3].

До складу електроліту нікелювання додавали відповідні органічні добавки. Для отримання гальванічних покриттів використовували кутову комірку Хулла (об'єм 40 мл) при силі струму 300мА. В якості катода використовували мідну фольгу.

Базовий розчин містив 0,1М $NiSO_4$, в який додавались різної концентрації Na_2SO_4 та H_3BO_3. Всі використовувані розчини готувались на бідистильованій воді, реактиви марки «ч.д.а» та «х.ч». Величина pH розчинів, контролювалась pH-метр-мілівольтметром, який був відкалібрований за допомогою буферних розчинів.

Досліди показали, що при збільшенні концентрації акрилової кислоти спостерігається розширення області матового покриття, амінооцтова кислота ж створює позитивні умови для отримання блискучого нікелевого покриття.

Висновки. Отже, при додаванні до базових розчинів електролітів нікелювання карбонових кислот зовнішній вигляд нікелевих покриттів різний. Тонкошарове матове покриття утворюється при використанні акрилової кислоти, при додаванні ж амінооцтової кислоти отримано більш блискуче покриття.

Список посилань.

1. Хейфец В.Л., Грань Т.В. Электролиз никеля. Москва: Металлургия, 1975. 334 с.
2. Долгих О.В., Стоцкая Н.В., Шаманаева Е.С. Электроосаждение никеля из растворов, содержащих глицин. Конденсированные среды и межфазные границы. 2007. Т.9. №1. С. 32–39.
3. Кунтий О.І. Електрохімія та морфологія дисперсних металів. Львів: Львівська політехніка, 2008. 207 с.

УДК 66.099.2+66.021.1

МЕТОДИКА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВІБРОГРАНУЛЯЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДА СКІНЧЕННИХ ОБ'ЄМІВ

***Дем'яненко М. М.**, к.т.н. **Павленко І. В.**, к.т.н. **Скиданенко М. С.**, д.т.н. **Склабінський В. І.**, д.т.н. **Ляпощенко О. О.**, **Старинський О. Є.**, **Самойленко В.О.**, Сумський державний університет, Суми, Україна*

Вступ. Сфера виробництва азотовмісних і комплексних мінеральних добрив неможлива без застосування грануляційного обладнання. При цьому виробництво здійснюється приллюванням в баштах або гранулюванням. Перший спосіб полягає в руйнуванні струменя розплаву, що витікає з приллеру (диспергатору), на краплини, що падають у повітряному середовищі башти, кристалізуючись та охолоджуючись. Цим способом виробляється близько 70% азотних добрив [1], а найбільш ефективними дисператорами є віброгранулятори, що впливають на струмінь розчину як відцентровими силами за рахунок обертання корзини, так і накладеними вібраціями. Джерелом останніх є диск, що здійснює коливання у розплаві [1].

Виклад матеріалу. Покращення якості отримуваних гранул, у тому числі їх монодисперсного складу, є основною проблемою грануляції. Проте, незважаючи на поширення у хімічній промисловості грануляторів вищезазначеного типу, методика їх розрахунку ґрунтується переважно на емпіричних даних, отриманих у результаті численних експериментальних досліджень. При цьому відповідні розрахункові залежності отримано для відносного спокою рідини, що не відображає гідродинамічних особливостей рідинного шару, на який накладається вібраційний вплив. Більше того, значний внесок у поширення вібрацій вносить жосткість механізму передачі вібрацій від актуатора до диску (мембрани) через розплав. Урахування вищезазначених чинників і дослідження їх впливу на гідромеханічні процеси може бути реалізованим із використанням методу скінченних об'ємів і програмних модулів із застосуванням програмного комплексу «ANSYS». Наукове дослідження поділяється на декілька етапів, першим з яких є дослідження жосткості ротора та підшипникових опор, реалізованого методом скінченних елементів [2]. На наступному етапі досліджень застосовується модуль «ANSYS Fluent», який містить потужний функціонал динамічних сіток. При цьому для використання усіх можливостей програмного комплексу необхідно будувати розрахункову модель з чітким розбиттям поверхонь. Починаючи з ротора, для якого необхідно застосовувати модель динамічних сіток «Linearly Elastic Solid Smoothing», модель деформує границю за правилами лінійно-пружного тіла із заданими модулем пружності першого роду і коефіцієнтом Пуассона. Тому пропонується поділ ротора на ділянки з різною жорсткістю з урахуванням жосткості підшипникових опор. Такий підхід дозволить урахувати не лише вплив конструкції на коливання шару рідини між вібруючим диском і корзиною віброгранулятора, а й взаємний вплив рідини на коливання ротора. При цьому немає необхідності у використанні ресурозатратного методу «Fluid Structure Interaction (FSI)» для моделювання даної взаємодії.

Висновки. Використання запропонованої методики комп'ютерного моделювання із застосуванням програмного комплексу «ANSYS», зокрема його модуля «ANSYS Fluent» із можливістю створення динамічних сіток дозволить дослідити вплив жорсткості механізму передачі руху, у тому числі жорсткості підшипникової опори на поширення вібрацій від привода до корзини та дослідити гідромеханічні процеси під час віброгрануляції розплаву.

Список посилань.

1. Скиданенко М. С. Аналіз гідродинаміки в порожнистій перфорованій оболонці відцентрового вібраційного гранулятора. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. № 3 (7). С. 30–35.

2. Pavlenko I. V., Simonovsky V. I., Pitel' J., Verbovyi A. E., Demianenko M. M. Investigation of critical frequencies of the centrifugal compressor rotor with taking into account stiffness of bearings and seals. *Journal of Engineering Sciences*. 2017. Vol. 4 (1). P. C1–C6.

УДК 621.396

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Луцишин А. С., *к.т.н.* ***Березюк О. В.****, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Шумовим забрудненням називають перевищення природного рівня шуму на робочих місцях [1], в населених пунктах [2-3] та інших місцях. При досягненні інтенсивності шуму 90-100 дБ спостерігається підвищена стомлюваність людини, зниження розумової активності, зниження продуктивності праці (до 40-70%), тощо [4]. Прикладом джерела шуму може слугувати сміттєвоз [5-8], оснащений двигуном внутрішнього згорання та технологічним обладнанням [9].

Виклад матеріалу. На рис. 1 наведено структурну схему вимірювача шуму, невід'ємною частиною якої є електроакустичний перетворювач або мікрофон. Після того, як мікрофон перетворює сигнал в електричний, він повинен бути посилений до вхідного рівня АЦП. Посилення сигналу і виділення корисного сигналу здійснюється за допомогою каналу нормалізації. Наступна ланка включає АЦП, який перетворює аналоговий сигнал в цифровий, а також блок управління, який отримує цифровий сигнал від АЦП і виводить результат вимірювання на цифровий індикатор або, якщо це буде потрібно, через Wi-Fi модуль передає дані до будь-якої підключеної мережі для подальшого аналізу даних. Представлена схема базується на встановлених параметрах роботи, а її структура пояснюється принципами проведення даного роду досліджень. Частота вхідного сигналу від 10 Гц до 20 кГц, а отже необхідно використовувати два фільтра: ФНЧ і ФВЧ, загальна характеристика яких буде аналогічна характеристиці смугового фільтра.

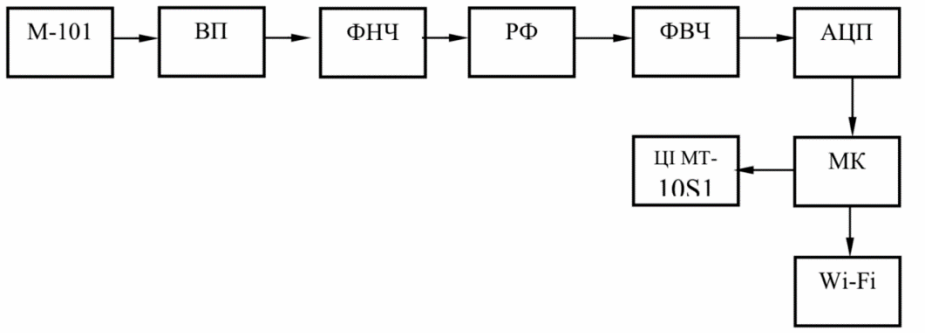


Рисунок 1 – Функціональна схема вимірювача шуму

На рис. 1 представлено: ВП – вимірювальний підсилювач, ФНЧ – фільтр нижніх частот, РФ - режекторний фільтр, ФВЧ та ФНЧ – фільтри верхніх та нижніх частот відповідно, АЦП - аналого-цифровий перетворювач, МК – мікроконтролер.

До того ж виникає необхідність у використанні високочутливого мікрофону, тому запропонована модель М-101, що володіє необхідними параметрами. Режекторний фільтр необхідний для придушення частоти в 50 Гц. По-друге, основна похибка не більше 1%, отже, необхідно використовувати високоточний вимірювальний підсилювач.

Рідкокристалічний модуль MT-10S1 складається з БІС контролера управління та РК панелі. Модуль випускається зі світлодіодним підсвічуванням. Модуль дозволяє відображати 1 рядок з 10 символів. Символи відображаються в матриці 5×8 точок. Між символами є інтервали шириною в одну відображену точку.

Тип Wi-Fi модуля ESP-01. Завдяки даному модулю реалізується вебінтерфейс пристрою. Як керуючий прилад застосовується персональний комп'ютер або мікроконтролер, що має UART інтерфейс. Якщо комп'ютер не має COM-порту, то застосовується перетворювач USB-COM. Програму, яка керує роботою модуля можна оновити з сайту виробника або розробити власне рішення. ESP-01 поставляється із

передвстановленим програмним забезпеченням, яке забезпечує роботу в режимі моста UART-Wi-Fi для підключення до мікроконтролера, в тому числі і сімейства Arduino [10, 11].

Однією з основних переваг такого вимірювача є низька, порівняно з аналогами, похибка вимірювання (0,6%, але не більше 1%). Враховуючи, що діапазон вимірювання складає від 20 до 150 дБ, то можна розрахувати, похибку при максимальному рівні шуму за допомогою виразу

$$x = \frac{P_{\max} \cdot \Delta_{відносна}}{100\%} = \frac{150 \cdot 0,6}{100} = 0,9(дБ).$$

До складових частин такої похибки можна віднести: похибку датчика, похибку підсилювача та похибку АЦП. Отримана точність дозволить ефективно керувати рівнем шуму у навколишньому середовищі, місцях роботи та проживання.

Висновки. Запропоновано структуру вимірювача шумового забруднення навколишнього середовища високого класу точності (не більше 1 дБ), що реалізується на операційних підсилювачах ФВЧ, ФНЧ та керуючих мікроконтролерних схемах, характеризується простотою виконання і відносно невисокою ціною елементної бази, дозволяє здійснювати контролювати шум у місцях проживання та роботи людей.

Список посилань.

1. Лемешев М. С. Основи охорони праці для фахівців радіотехнічного профілю : навчальний посібник / М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 108 с.

2. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.

3. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності : практикум / О. В. Березюк, М. С. Лемешев, І. В. Заюков, С. В. Королевська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 99 с.

4. Суворов Г. А. Гигиеническое нормирование производственных шумов и вибраций / Г. А. Суворов, Л. Н. Шкаринов, Э. И. Денисов. – М. : Медицина, 1984. – 240 с.

5. Березюк О. В. Вплив характеристик тертя на динаміку гідроприводу вивантаження твердих побутових відходів із сміттєвоза / О. В. Березюк, В. І. Савуляк // Проблеми тертя та зношування. – 2015. – № 3 (68). – С. 45-50.

6. Berezyuk O. Approximated mathematical model of hydraulic drive of container upturning during loading of solid domestic wastes into a dustcart / O. Berezyuk, V. Savulyak // Technical Sciences. – Olsztyn, Poland, 2017. – No. 20 (3). – P. 259-273.

7. Попович В. В. Ефективність експлуатації сміттєвозів у середовищі "місто-сміттєзвалище" / В. В. Попович, О. В. Придатко, М. І. Сичевський та ін. // Науковий вісник НЛТУ України. – 2017. – Т. 27, № 10. – С. 111-116.

8. Berezyuk O. V. Dynamics of hydraulic drive of hanging sweeping equipment of dust-cart with extended functional possibilities / O. V. Berezyuk, V. I. Savulyak // TEHNOMUS. – Suceava, Romania, 2015. – No. 22. – P. 345-351.

9. Березюк О. В. Застосування комп’ютерних технологій під час вивчення студентами дисциплін циклу безпеки життєдіяльності / О. В. Березюк // Педагогіка безпеки : міжнародний науковий журнал. – 2016. – № 1 (1). – С. 6-10.

10. Bereziuk O. Ultrasonic microcontroller device for distance measuring between dustcart and container of municipal solid wastes / O. Bereziuk, M. Lemeshev, V. Bogachuk, W. Wójcik, K. Nurseitova, A. Bugubayeva // Przeglad Elektrotechniczny. – Warszawa, Poland, 2019. – No. 4. – Pp. 146-150. – http://dx.doi.org/10.15199/48.2019.04.26

11. Bereziuk O. V. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 / O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, M. Duk // Proceedings of SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018. – 2018. – Vol. 10808, No. 108083G. – http://dx.doi.org/10.1117/12.2501557

УДК 621.391

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ

д.т.н. ***Штомпель М.А.****, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

Вступ. Перехід до інформаційного суспільства в Україні вимагає постійного розвитку телекомунікаційної інфраструктури шляхом удосконалення методів передавання, обробки та захисту інформації. При цьому суттєво зростає роль захищених телекомунікаційних мереж, що забезпечують задані показники конфіденційності, цілісності, надійності тощо. Побудова даних мереж повинна здійснюватися на основі системного підходу на нормативно-законодавчому, адміністративному, процедурному та програмно-технічному рівнях для забезпечення високого ступеню інформаційної безпеки. Однією з важливих задач при реалізації програмно-технічного комплексу захищених телекомунікаційних мереж є створення ефективних механізмів та засобів аналізу виявлення вторгнень на основі різноманітних правил та принципів, зокрема математичного апарату нейронних мереж.

Виклад матеріалу. При виявленні вторгнень у телекомунікаційних мережах можна використовувати такі підходи: виявлення аномальної поведінки; виявлення зловмисної поведінки; комбінований підхід. У першому випадку ворожа дія (аномалія) розглядається як відхилення від нормальної (типової) поведінки, наприклад, збільшення трафіку у мережі, зростання навантаження на мережевий вузол тощо. Для реалізації систем виявлення аномальної поведінки необхідно створити профіль об’єкту та визначити граничні значення характеристик та параметрів об’єкту. З іншого боку, системи виявлення зловмисної поведінки засновані на порівнянні поточних показників об’єкту з наявним набором сигнатур вторгнень, що дозволяє значно знизити складність їх технічної реалізації.

При побудові сучасних систем виявлення вторгнень разом з традиційними методами (статистичний аналіз, експертні системи тощо) застосовуються інтелектуальні методи (нейронні мережі, генетичні алгоритми тощо), що є універсальними через можливість їх використання як у системах першого, так і другого виду.

Проведений аналіз показав, що нейронні мережі як механізм виявлення вторгнень характеризується гнучкістю, швидкодією, здатністю до навчання (адаптивністю), можливістю роботи з неповними та/або неточними даними. При цьому існує проблема вибору конкретної моделі, параметрів та методу навчання нейронної мережі в залежності від типу системи виявлення вторгнень та наявних вимог до неї. Некоректний вибір даних складових може привести до неповного та/або неточного навчання нейронної мережі, зниження збіжності, потрапляння в локальні мінімуми обраної цільової функції тощо.

При реалізації систем виявлення аномальної поведінки нейронні мережі навчаються заданий період часу шляхом аналізу нормальної роботи телекомунікаційної мережі, після чого використовується режим розпізнавання (класифікації) та у випадку наявності нетипової поведінки об’єкту фіксується факт вторгнення.

У системах виявлення зловмисної поведінки нейронні мережі навчаються на обраних сигнатурах вторгнень різних класів. У подальшому у режимі розпізнавання (класифікації) нейронна мережа здійснює аналіз поведінки об’єкту та його віднесення до деякого класу вторгнень.

Висновки. Для підвищення ефективності систем виявлення вторгнень доцільно використовувати нейромережеві методи, що виступають у ролі універсального класифікатору. Якість роботи нейронної мережі залежить від обраних параметрів, методу навчання та обраної навчальної множини, що містить зразки типової поведінки телекомунікаційної мережі або обрані сигнатури вторгнень. Перспективним напрямом подальших досліджень є порівняння ефективності різних моделей нейронних мереж при побудові систем виявлення вторгнень у телекомунікаційних мережах різного призначення.

УДК 621.396

РОЗРОБКА СХЕМИ ЦИФРОВОГО ВОЛОГОМІРА ДЛЯ ПОВІТРЯ

Паламарчук Р. П., *к.т.н.* ***Березюк О. В.***, *Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Мікрокліматичні умови виробничого середовища – найважливіший санітарно-гігієнічний фактор, що залежить від: особливостей технологічного процесу, видів обладнання, клімату, сезону або періоду року, числа працівників, опалення та вентиляції, розмірів і стану виробничого приміщення. До основних показників мікроклімату повітря робочої зони відносяться температура, відносна вологість, швидкість руху повітря [1].

У виробничому приміщенні вологість повітря оцінюється відносною вологістю, тобто відношенням абсолютної вологості до максимальної і вимірюється у відсотках [2, 3]. Високі рівні вологості повітря характерні для травильних, гальванічних, рибообробних, фарбувальних цехів, шкіряного, паперового, будівельного [4, 5] та інших виробництв. У деяких цехах (прядильне, ткацьке виробництво) підвищена вологість створюється штучно, з метою реалізації завдань технологічного процесу [6-9].

Виклад матеріалу. Для зв'язку з контролером використовується однопровідна шина з відкритим колектором, тому обов'язкова підтяжка резистором 5-10 кОм до плюса живлення.

Схема пристрою показана на рисунку 1. Основою всієї схеми є мікроконтролер PIC16F628 і датчик для вимірювання відносної вологості повітря DHT-11, на відміну від вимірювача відносної вологості сипучих середовищ [10, 11]. Датчик DHT-11 також може бути використаний для врахування поправки на температуру та відносну вологість повітря при визначенні швидкості звуку в повітрі [12].

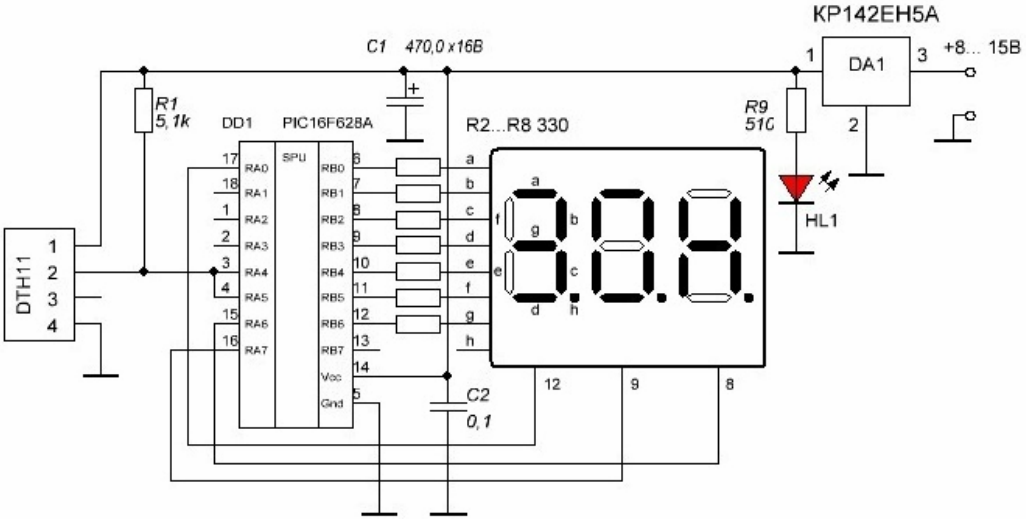


Рисунок 1 – Схема цифрового вимірювача вологості повітря

Числове значення вологості в процентному відношенні виводяться на трирозрядний, семисегментний індикатор з загальним катодом. Лівий і середній розряди використовуються для виведення показань вологості, а на правий розряд виводиться латинська буква «H» (Humidity – вологість). Обмін інформацією між датчиком та контролером відбувається однопровідною шиною. Резистор R1 є підтягуючим, тобто служить для підтримки шини в одиничному стані, коли контролер і датчик знаходяться в режимі очікування. Для спрощення програми, для передачі команд в датчик і прийняття даних від нього, використовуються два виводи порту А. Вивід RA5 контролера, завжди налаштований на прийом, а RA4, що має вихід з відкритим стоком налаштований на видачу команд. Таким чином, в програмі відпадає необхідність постійно перемикати стани і змінювати конфігурацію виводів мікроконтролера під час обміну з датчиком.

Живиться схема від мікросхемного стабілізатора КР142ЕН5А [13]. Струм споживання всієї схеми багато в чому залежить від величини резисторів R2...R8. На схемі вказано резистор номіналом в 330 Ом. Для індикації включення пристрою в схему введений світлодіод HL1 і резистор R9.

Отже, запропонований пристрій виконує роль цифрового вимірювача вологості повітря та може бути використаний у виробничих приміщеннях чи домашніх господарствах.

Висновки. Запропоновано схему цифрового вимірювача вологості повітря на базі датчика DHT11 та мікроконтролера PIC16F628A. Даний вимірювач забезпечує необхідну точність вимірювань для його використання у виробничих приміщеннях та домашніх господарствах. Діапазон вимірювань знаходиться у межах від 20% до 80% (±5%), що є достатнім для вимірювання у виробничих приміщеннях та домашніх господарствах.

Список посилань.

1. Ткачук К. Н. Основи охорони праці : підручник. 3-тє видання, доповнене та перероблене / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та інші. – К. : Основа, 2011 – 480 с.
2. Полуденко О. С. Радіоелектронні пристрої для вимірювання вологості / О. С. Полуденко, Г. Л. Антонюк, О. В. Березюк // Електронне наукове видання матеріалів XLVI регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2017/paper/view/2084/2642.
3. Березюк О. В. Охорона праці в галузі радіотехніки : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 159 с.
4. Лемешев М. С. Ресурсозберігаюча технологія виробництва будівельних матеріалів з використанням техногенних відходів / М. С. Лемешев, О. В. Христич, С. Ю. Зузяк // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – 2018. – № 1. – С. 18-23.
5. Ковальський В. П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'яжучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне : Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186-193.
6. Лемешев М. С. Основи охорони праці для фахівців радіотехнічного профілю : навчальний посібник / М. С. Лемешев, О. В. Березюк. – Вінниця : ВНТУ, 2007. – 108 с.
7. Березюк О. В. Застосування комп'ютерних технологій під час вивчення студентами дисциплін циклу безпеки життєдіяльності / О. В. Березюк // Педагогіка безпеки : міжнародний науковий журнал. – 2016. – № 1 (1). – С. 6-10.
8. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.
9. Березюк О. В. Безпека життєдіяльності : практикум / О. В. Березюк, М. С. Лемешев, І. В. Заюков, С. В. Королевська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 99 с.
10. Bereziuk O. V. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 / O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, M. Duk // Proceedings of SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018. – 2018. – Vol. 10808, No. 108083G. – http://dx.doi.org/10.1117/12.2501557
11. Березюк О. В. Вологомір. Патент України № 134336 U, МПК(2016.01) G01N 27/22 / О. В. Березюк. – u201812515; Заявл. 17.12.2018. Одерж. 10.05.2019, Бюл. № 9.
12. Bereziuk O. Ultrasonic microcontroller device for distance measuring between dustcart and container of municipal solid wastes / O. Bereziuk, M. Lemeshev, V. Bogachuk, W. Wójcik, K. Nurseitova, A. Bugubayeva // Przeglad Elektrotechniczny. – Warszawa, Poland, 2019. – No. 4. – Pp. 146-150. – http://dx.doi.org/10.15199/48.2019.04.26
13. Кичак В. М. Радіочастотні та широтно-імпульсні елементи цифрової техніки : монографія / В. М. Кичак, О. О. Семенова. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 163 с.

УДК 621.3.019.3

ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ В ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЯХ ІЗ СТРУКТУРНОЮ НАДЛИШКОВІСТЮ

д.т.н ***Савченко Ю.Г.****, к.т.н.* ***Макаренко В.В.****, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського", Київ, Україна*

Вступ. На сьогодні застосування структурної надлишковості (резервування на апаратному рівні) вже не є чимось екзотичним і притаманним лише електронним системам промислового або оборонного призначення, але й інформаційним системам у комерційній та банківських сферах. Такі системи здебільшого є відновлюваними, тобто за умовами експлуатації при відмові деякі їх компоненти можуть бути замінені новими, і час пошуку таких компонентів найбільш суттєво впливає на головний показник надійності відновлюваної системи – а саме її коефіцієнт готовності. Тому є актуальним дослідити можливості та особливості організації самодіагностики технічного стану в електронних системах із структурною надлишковістю.

Виклад матеріалу. Традиційно під функціональним контролем на відміну від тестового розуміють контроль технічного стану апаратури безпосередньо під час виконання об'єктом контроля (ОК) своїх робочих функцій, визначених специфікацією. Тобто, дещо спрощуючи ситуацію, мова йде про контроль правильності сигналів на виходах ОК при реальних (а не спеціальних тестових) вхідних впливах. КО - це деякий "контрольний орган", якому доступні сигнали на входах і виходах ОК, а його функцією є виявлення невідповідності між цими сигналами, тобто фактично помилки на виходах ОК. У цьому випадку формується деякий сигнал, наприклад, R=1, який блокує використання вихідного сигналу і свідчить про наявність помилки (несправного технічного стану ОК). Як очевидний і простий варіант контролю можна використати схему із дублюванням ОК та порівнянням сигналів на виходах. Хоча таке рішення може здатися примітивним, але саме воно використовується на практиці доволі часто. І для цього є вагомі причини.

По-перше, це майже 100-відсоткова повнота контролю: схема виявляє всі будь-які помилки на виходах ОК, якщо тільки на виходах дублюючого пристрою ОК* не виникають точно такі самі помилки, що і в контрольованому ОК. Але при незалежній реалізації ОК та ОК* ймовірність виникнення таких ситуації дуже мала. До того ж у багатьох випадках існує можливість реалізувати ОК* іншим способом. Наприклад, коли мова йде про математичні задачі, то здебільшого та сама задача може бути розв'язана різними способами. І з цієї точки зору бажано, щоб ОК та ОК* користувалися різними способами або процедурами утворення результату (тут можна навести таку аналогію: якщо ви хочете перевірити, чи правильно розв'язано деяку задачу, то можна повторити самі розрахунки ще раз, але для більшої надійності бажано ту саму задачу розв'язати іншим способом, і при співпадінні результатів рівень впевненості в правильності розв'язку буде суттєво вищим).

По-друге, очевидною вадою схеми з дублюванням є досить високі витрати – як мінімум подвоєння апаратури. Але, коли мова йде про використання сучасних мікроелектронних компонентів, то цей фактор стає другорядним (наприклад, основний та дублюючий ОК можуть бути реалізовані в одному корпусі інтегральної мікросхеми).

Зазначимо, до речі, що для зменшення апаратних витрат для реалізації ОК* можуть бути використані так звані "відсічені" алгоритми або обчислення з вхідними даними меншої розрядності, а результати порівнювати з урахуванням внесеної похибки. Прикладом такого підходу може слугувати популярний в свій час так званий "контроль по модулю", що застосовувався для перевірки правильності арифметичних обчислень.

Але, з іншого боку, сьогодні у більшості випадків масо-габаритні і навіть вартісні параметри електронної апаратури не є вирішальними в питанні застосування (чи не застосування) введення структурної надлишковості. Зокрема, це стосується комерційної та банківської сфери, де втрати від ненадійності можуть на порядки перевищувати витрати на закупівлю додаткового (надлишкового) обладнання. Але електронні (комп'ютерні) системи, які застосовуються в комерційній та банківських сферах здебільшого є відновлювальними

системами і тому для оцінки їх надійності необхідно враховувати особливості відновлення, тобто обслуговування. Можна показати, що обслуговування систем із надлишковістю суттєво спрощується завдяки можливості простими технічними засобами забезпечити організацію самодіагностики технічного стану структури, що дозволяє до мінімуму скоротити час, що витрачається на пошук несправних компонентів структури.

Але необхідно зразу ж звернути увагу на принципову відміну між цифровими (двійковими) та аналоговими сигналами. У випадку використання мінімально можливого рівня резервування, коли один пристрій (схема) замінюється двома пристроями, і коли сигнали на їх виходах стають різними, цей факт легко виявити та зафіксувати. Але коли це двійкові сигнали 0 та 1 або 1 та 0, не існує способу визначити, який з них правильний, а який хибний. Тому про відновлення правильного сигналу не може бути й мови, і 2-кратна надлишковість застосовується лише як засіб функціонального контролю технічного стану обладнання та підвищення достовірності результатів обробки сигналів. І саме тому рівень 2-кратної надлишковості для забезпечення відмовостійкості не розглядається.

Інша справа – аналогові сигнали. Виявити "неправильний" сигнал, який свідчить про несправність відповідної схеми в більшості випадків для аналогових сигналів можна на основі аналізу їх фізичних параметрів. Тобто при мінімально можливому рівні надлишковості (2-кратному) вже можливо визначити, який з двох пристроїв формує хибний сигнал.

Слід зазначити, що основною проблемою при побудові систем відновлення аналогових сигналів є, зокрема, виявлення зникнення (пропадання) аналогового сигналу в каналі його обробки для включення резервного каналу. За основу можна прийняти у якості критерія виникнення такої ситуації миттєве значення огинаючої аналогового сигналу. Такий критерій дозволяє з великою вірогідністю виявити зникнення модульованих аналогових сигналів з амплітудною (АМ), частотною (ЧМ) чи фазовою (ФМ) модуляцією.

Із цієї точки зору для систем обробки дискретних сигналів аналіз можливих засобів самодіагностики доцільно почати з наступного рівня надлишковості, тобто 3-кратної. У цьому класі структур на сьогодні найбільш популярним методом, без сумніву, залишається мажоритарний метод [1,2], який в апаратурі фірми Tandem відповідає лінії Tandem Integrity. За логікою роботи таких структур ознакою відмови (несправності) одного з компонентів структури є відмінність сигналу на його виходах від інших сигналів. Очевидно, зафіксувати таку ознаку досить просто та організувати відповідну сигналізацію для швидкого відновлення. Сама по собі ця можливість є очевидною та лежить, так би мовити, "на поверхні". Але, на нашу думку, з концептуальної точки зору наявність апаратної надлишковості у відновлюваних системах створює принципово нові умови для побудови високонадійного електронного обладнання [3].

При зростанні рівня надлишковості, як і можна було очікувати, умови для організації самодіагностики суттєво поліпшуються. Для прикладу розглядаються структури фірми Tandem лінії Non Stop. Логіка роботи таких систем полягає у обробці інформації двома ідентичними парами однакових пристроїв та неперервному порівнянні сигналів на виходах кожної пари. У разі виникнення неспівпадіння сигналів відповідна пара миттєво відключається від утворення результуючого сигналу. Таким чином, мова йде про 4-кратну апаратну надлишковість, і можна виділити такі технічні стани структури:

1. Всі чотири компоненти справні, структура має максимальний запас надійності, відновлення не потрібно. Умовно цей стан можна вважати "зеленим", сигнали на виходах достовірні та можуть бути використані для, наприклад, керування реальними фізичними об’єктами.

2. В одній з двох пар сигнали на виходах не співпадають, така пара підлягає відновленню. Стан умовно можна вважати "жовтим", відповідна сигналізація попереджає про необхідність застосування процедури відновлення, але результуючі сигнали на виходах залишаються достовірними.

3. На виходах обох пар сигнали не співпадають, або, якщо співпадають, мають протилежні значення (00 та 11 або 11 та 00), що свідчить про неможливість визначити правильний результуючий сигнал. Ситуація відповідає "червоному" (аварійному) технічному стану, і використання будь-якого результуючого сигналу для керування має бути заблоковано.

Таким чином, заплативши досить високу ціну (4-кратне збільшення апаратних витрат), можна створити високонадійний апаратний комплекс і зручним режимом обслуговування. До речі, фірма Tandem надає рівень ймовірності безвідмовної роботи для своїх так званих "промислових" комп'ютерів 0,99999 за рік неперервної роботи, що відповідає лише 5 хвилинам непрацездатності за рік.

Висновки.

1. Реальний технічний стан структури з надлишковістю. можна визначати у термінах "запасу міцності" структури, тобто, у кількості компонентів, що утворюють структуру і залишаються працездатними. Такі можливості виникають саме у надлишкових структурах та розширюються із зростанням рівня надлишковості.
2. У разі, коли обладнання обслуговується (відновлюване) у процесі експлуатації, така інформація є ключовою для мінімізації часу відновлення і дозволяє суттєво збільшити коефіцієнт готовності апаратури за рахунок зменшення часу на пошук компонентів, які необхідно замінити (відновити).
3. І, нарешті, головне, на думку авторів, це створення умов для виявлення прихованих помилок у сигналах на виходах структури в цілому. Це набуває першорядного значення у випадках, коли такі сигнали використовують для безпосереднього управління реальними фізичними об'єктами.

Список посилань.

1. Neumann V.J. Probabilistic Logics and Synthesis of Reliable Organisms from Unreliable Components. *Automata Studies* / eds. C. Shannon, J. McCarthy. Princeton University Press, 1956. P. 43–98.
2. Федухин А.В., Сеспедес Гарсия П.Д. К вопросу о структурах отказоустойчивых компьютеров фирмы Stratus Computer Inc. Математичні машини і системи. 2018. № 4. С. 87–100.
3. Буценко Ю.П., Савченко Ю.Г. Показники надійності кластерів високої доступності як резервованих систем із структурною надлишковістю. *Математичні машини і системи*. 2018. № 4. С. 101-109.

УДК 621.38

ГЕНЕРАТОР ОЗОНУ НА КОРОННОМУ РОЗРЯДІ З ДРОТОВИМ КАТОДОМ

д.т.н. ***Кузьмичєв А.І.,. Дрозд І.М., Андрієнко О.В.****, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, Україна*

Озоно-кисневі та озоно-повітряні суміші досить широко використовуються при обробці води, в хімічних технологіях, біомедицині та екології. Великий інтерес викликає розробка генераторів озону простої конструкції та при цьому надійних в роботі. Найкращим методом отримання озону в тих випадках, коли необхідні відносно невеликі його концентрації, є електросинтез в коронному розряді постійного струму. В даній роботі досліджувалась генерація озону в іонізаційній камері з розрядом даного типу.

Камера являє собою коаксіальну систему електродів, внутрішній катод був виконаний із вольфрамового дроту діаметром 0,01 мм, натягнутого по осі; діаметр зовнішнього трубчатого електрода 62 мм, довжина дротового катоду – 30 см. Для живлення камери використовувався імпульсний тиристорний генератор ударного збудження з підвищуючим трансформатором Тесла, навантаженим на випрямляч-множник напруги. Для вимірювання концентрації озону використовували спектрофотометричний газоаналізатор типу «Циклон 5.41». На рис. 1 представлено зовнішній вигляд генератора озону. Дослідження були проведені при величині потоків газу (кисню чи повітря) крізь іонізаційну камеру в діапазоні

1-10 л/хв, розрядній напрузі до 20 кВ і струмі до 1 мА, коли має місце безстрімерна корона. При цьому опір розряду на постійному струмі складає 80 МОм при напрузі 8 кВ і знижувалось до 20 МОм при 20 кВ.

Залежність концентрації озону C від величини потоку газу Q і розрядного струму I апроксимується виразом типу $C \sim I \cdot Q^{-n}$, де $n < 1$. Значення С представлені в таблиці 1. Де чисельник відноситься до кисню, а знаменник – до повітря, які були робочими газами.



Рисунок 1 Зовнішній вигляд генератора озону

Таблиця 1 Параметри генератора озону

I, мА	0,15	0,45	0,9		
Q, л/хв	3	3	3	6	10
C, г/м^3	0,18/0,06	0,4/0,18	0,82/0,42	0,48/0,24	0,32/0,17

Генератор озону використовується при виконанні лабораторних і науково-дослідницьких робіт на кафедрі електронних пристроїв та систем КПІ ім. Ігоря Сікорського.

УДК 339.2:621.315

РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПЛОСКОЇ МОНОХРОМАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ У ДВОВИМІРНОМУ ОДНОРІДНОМУ ІЗОТРОПНОМУ СЕРЕДОВИЩІ З ДИСКРЕТНОЮ БУДОВОЮ

Казанко О. В., Пєнкіна О. Є., *Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

Одним із сучасних питань сьогодення є питання виготовлення, розробки та впровадження композитних матеріалів. Серед провідних вчених колективів, які ведуть розробки у цьому напрямі, колектив британського фізика с. Джона Пендрі в імперському коледжі у Лондоні (Англія) та колектив російського фізика-математика, доктора наук, П. А. Белова при ІТМО у Санкт-Петербурзі (Росія). Розвиток концепції метаматеріалів тісно пов'язаний з уявленнями про структуру матерії, де головне місце займає атом [1]. Атоми мають високу щільність, тому при розповсюдженні електромагнітних хвиль у даній речовині діють як розсіювачі (резонатори), до того ж, той чи інший характер розсіяння зумовлюється формою та взаємним розташуванням атомів у даній речовині. Таким чином, хвиля у середовищі, що заповнено даною речовиною не може поширюватися незалежно від властивостей, форми та взаємними співвідношеннями атомів. Керуючись поглядами про атомарно-молекулярну структуру речовин, учені висунули ідею, що полягає у створенні

внутрішньої будови штучних середовищ у яких, фактично, симулюється атомарно-молекулярна структура на макроскопічних масштабах. А саме, якщо у деякій речовині розташувати деякі макроскопічні розсіювальні тіла зі значно більшою щільністю, то форма хвилі у цьому середовищі визначатиметься взаємним розташуванням та геометрією цих розсіювальних тіл [1]. Таким чином, зміна форми геометрії та взаємного розташування розсіювальних тіл призведе до зміни форми хвилі. Ця ідея набуває особливого сенсу, коли довжина хвилі значно більше габаритів розсіювальних тіл (макро-корпускул) [1]. Слід додати, що формуванню концепції метаматеріалів також сприяли досягнення у нанотехнологіях, стрімкий розвиток яких відмітився з кінця 80-их рр. минулого сторіччя [2]. Для позначення цих композиційних конструкцій приблизно у 1999 році був прийнятий термін «метаматеріал». За словами авторів статті [2], одним з перших, хто увів термін «метаматеріал» був Р. М. Уэлсер [2], доктор наук, з університету штату Техас в Остине (США).

Концепція метаматеріалів базується на уявленнях про те, що атомарно-молекулярна структура речовини визначає форму хвилі (характеристики хвилі: швидкість, частоту, поляризацію, амплітуду тощо) яка, відповідно, розповсюджується у даній речовині – це по-перше, а по-друге, у концепції передбачається виконання співвідношень між габаритами розсіювальних тіл та довжиною хвилі [1]. Ще один важливий бік, концепції метаматеріалів – це періодичність мета-атомів. Така структура метаматеріалів дає можливість увести поняття коефіцієнту заломлення для композиційного матеріалу. Власне, уведення цієї характеристики, серед іншого, й підкреслює цінність нового напрямку у розвитку технологій керування електромагнітними хвилями. Розробка цих технологій у тому чи іншому сенсі зводиться до пошуку речовини з заданим коефіцієнтом заломлення. Проте, у природі як правило не знаходиться матеріал із заданим коефіцієнтом заломлення [3]. У протиставлення, цієї обставини концепція метаматеріалів відкриває можливість розробити середовище із заданим коефіцієнтом заломлення.

Один з напрямків закласти основу у сучасну теорію дифракції ґрунтується на уявленнях про поведінку плоскої монохроматичної хвилі в однорідному ізотропному середовищі [4-6]. Коли електромагнітна хвиля розповсюджується у речовині, атоми стають джерелами вторинної хвилі [4]. Цей принцип може бути покладений у розуміння однорідності та ізотропії. А саме, атомарно-молекулярна структура речовини має бути такою, щоб відбувалось взаємознищення вторинних хвиль в усіх напрямках окрім напрямку розповсюдження первинної хвилі (принцип Гюгенса-Френеля). Всередині таких середовищ хвилі не змінюють форму (дифракції не відбувається). Для суцільних середовищ однорідність означає, що властивості середовища залишаються однаковими у будь-якому об’ємі. Стосовно дискретних середовищ однорідність може означати, що середовище складається з однакових будівних одиниць, наприклад, атомів (молекул) однієї речовини. Наприклад, повітря при певних припущеннях є однорідним середовищем, але при віддаленні під поверхні землі щільність повітря зменшується. Тому у планетарних масштабах повітря не є ізотропним, принаймні, у напрямку від землі.

У роботі здійснюються спроби побудувати дискретне ізотропне середовище (рис. 3, 4), розуміти чи геометрична дійсність накладає обмеження щодо побудови дискретних ізотропних середовищ. На рисунках 1 та 2 наведені приклади схем двовимірного дискретного середовища з двома або та трьома напрямками ізотропії. Проте побудова дискретного ізотропного середовища у більшої кількості просторових напрямків виявляється щонайменше неочевидною задачею. Відтак, з точки зору геометрії виявляється можливим середовище з ізотропією у трьох напрямках – рис. 3. Наведена на рисунку система точок також виявляється повною (самодостатньою) структурою, тобто всі точки, що входять у структуру мають протифази в усіх трьох напрямках. Віднесемо умовно цю систему до структур типу А. Цікавим та невипадковим, на думку авторів, є те що зазначена структура – повна. Ця структура може бути покладена в основу побудови структур з більшою кількістю напрямків ізотропії.

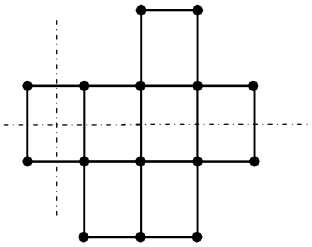


Рисунок 1 – Двовимірна модель дискретного середовища з двома напрямками ізотропії

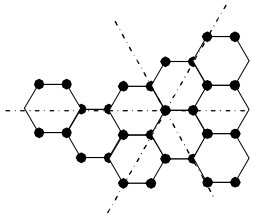


Рисунок 2 – Двовимірна модель дискретного середовища з трьома напрямками ізотропії

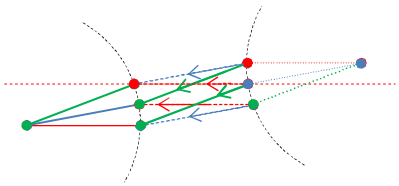


Рисунок 3 – Двовимірна модель дискретного середовища з трьома напрямками ізотропії.

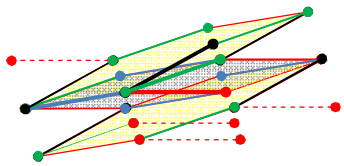


Рисунок 4 – Двовимірна модель дискретного середовища з чотирма напрямками ізотропії.

На рисунку 4 представлено середовище з чотирма напрямками ізотропії. Наведена структура, на відміну від структури з трьома напрямками не є цілком повною. Але цей факт, з іншого боку, й дає можливість для виконання реплікації. Виконаємо реплікацію шляхом здійснення повороту та паралельного перенесення структури типу А, таким чином додаючи ще один напрямок у якому імовірно очікується ізотропія – як показано на рисунку 4 (жовтим кольором). Отримана у такий спосіб структура має чотири напрямки ізотропії. Логічно зробити висновок, що спільні точки, тобто точки які належать вихідної системі та репрлікованої системі матимуть протифази в усіх чотирьох напрямках.

Література

1.Yablonovitch E. Inhibited Spontaneous Emission in Solid-State Physics and Electronics [Text] / E. Yablonovitch // Phys. Rev. Lett. – 1987. – Vol. 58, № 20. – P. 2059-2062A.

2.Слюсар В. (2009). Метаматериалы в антенной технике: история и основные принципы // Электроника: наука, технология, бизнес — № 7. С. 70-79.

3.J. Pendry Negative refraction makes a perfect lens [Text] / I.B. Pendry // Phys. Rev. Lett. – 2000. – Vol. 85, № 18. – P. 3966-3969.

4.Сивухин Д. В. Общий курс физики / Дмитрий Васильевич Сивухин. – Москва: Наука, 1980. – 752 с. – (4).

5.Казанко О.В., Пєнкіна О.Є. Диференціювання дисперсійного рівняння у дифракційній задачі для необмеженого двовимірного періодичного шаруватого середовища. Wiadomości o postępie naukowym i rzeczywistych badaniach naukowych współczesności.: зб. наук. праць «ΛΌГОΣ» z materiałami międzynar. nauk.-prakt. konf., Krakow, Polska, 17 czerwca 2019 rok. Ukraina, Winnica: ОР «Europejska platforma naukowa», 2019. Т.4. С. 36-42.

6.Казанко О.В., Пєнкіна О.Є. Дослідження дисперсійного рівняння в задачі про розсіяння плоскої монохроматичної лінійно поляризованої хвилі на шаруватої структурі. Експериментальні та теоретичні дослідження в сучасних науках.: зб. наук. праць «ΛΌГОΣ» з матеріалами міжнар. наук.-практ. конф.,Суми, 5 серп. 2018 р. Вінниця : ГО «Європейська наукова платформа», 2018. Т.3. С. 82-89.

7.A. Shmat'ko, A. V. Kazanko, V. N. Mizernik, E. N. Odarenko, V. A. Yampol'skii, T. N. Rokshanova. «Proc. 8th Int. Conf.» Exterordinary reflecton from photonic crystal with metamaterials. Odessa: UWBUSIS, 2016. 160-162.

8.Веселаго В. Г. Электродинамика веществ с одновременно отрицательными ε и μ [Текст] / В.Г. Веселаго // УФН. – 1967. – Т. 92, № 3. – С. 517-526.

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ PV/T-КОЛЕКТОРІВ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

к.т.н. ***Миндюк В.Д., Луцький П.З.****, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Впровадження енергозберігаючих заходів на усіх рівнях господарського механізму є першочерговим завданням для зменшення додаткових витрат на забезпечення електричною і тепловою енергією. Для удосконалення систем енергопостачання різних об'єктів рекомендовано впровадження альтернативних джерел енергії, що в більшості випадків дозволяє частково компенсувати, або навіть замінити використання викопних видів палива. Одним із перспективних видів пристроїв перетворення енергії від відновлювальних джерел є плоскі PV/T-колектори, які генерують як електрику, так і тепло з одного гібридного колектора.

Виклад матеріалу. PV/T-колектори, на відміну від звичайних фотоелектричних модулів, є більш функціональні завдяки їх подвійним функціям. Вони показують більш оптимальне перетворення енергії, одержуваної від сонячного світла, аніж класичні фотоелектричні панелі або сонячні колектори окремо. Охолоджуючи сонячні елементи потоком речовини, якою є повітря або вода, можна поліпшити генерацію електроенергії. Але концептуально кращим рішенням є повторне використання теплової енергії, що витягується теплоносієм. Це стимули, які призводять до розвитку гібридної технології перетворення сонячної енергії типу PV/T. Типова конструкція гібридного колектора показана на рисунку 1.

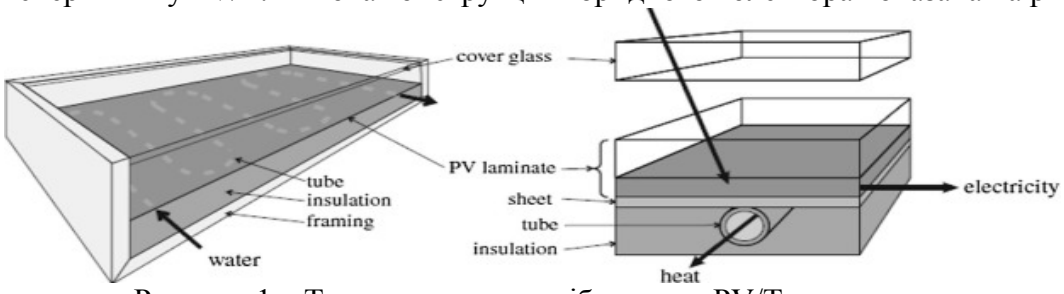


Рисунок 1 – Типова структура гібридного PV/T-колектора

Для проектування та розроблення системи для часткового задоволення попиту, наприклад, промислових об'єктів на електричну та теплову енергії, потужність, підвищення енергетичної ефективності комбінованих систем електропостачання за умови використання відновлюваних джерел енергії було здійснено моделювання режимів роботи гібридного PV/T-колектора та вивчення особливостей його режимів. Результати моделювання показали, що використання системи з насосом з ШІМ-контролером на 4% ефективніше, ніж використання системи з насосом з фіксованим масовим потоком, що дає додаткову економію електроенергії та більш високу ефективність установки

На основі результатів моделювання було запропоновано систему, яка складається з 5 основних елементів: PV/T-колектора, мережевого інвертора, акумуляторів, резервуара з теплообмінником, насосів з ШІМ-контролерами. За допомогою Веб-додатку Polysun було змодельовану принципову схему роботи станції. Дана схема передбачає роботу системи для часткового забезпечення потреб гарячого водопостачання, опалення, електроенергії (рисунок 2). Оптимальний кут нахилу панелей становить 40°.

При даній конфігурації системи можна з використовувати відведену теплоту від нагрітих панелей для нагрівання води в системі гарячого водопостачання. На конструкцію тепловідводу від фотоелектричних перетворювачів накладаються протилежні вимоги: з одного боку, тепловідвід повинен мати значні коефіцієнти теплопровідності, а з іншого – повинен забезпечувати малі значення електропровідності для запобігання замикання електричного кола фотоелектричних перетворювачів на активні поверхні фототермічного модуля та конструкцію гідравлічного контуру охолодження, які виготовляються з матеріалів (міді, алюмінію, сталі) з високою електричною провідністю.

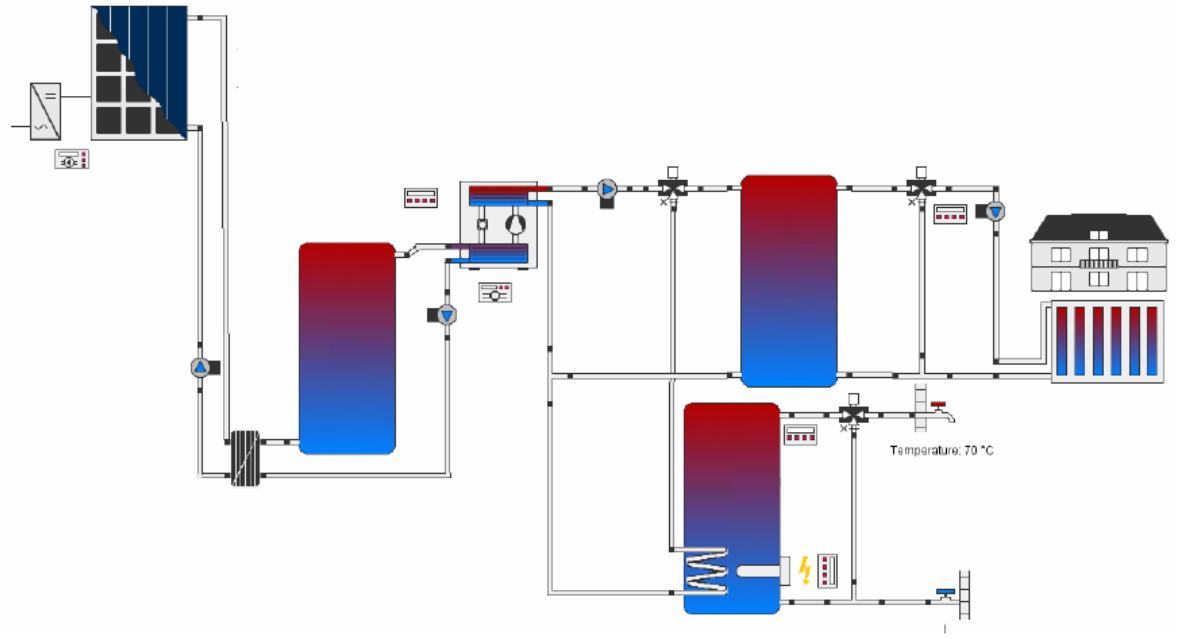


Рисунок 2 – Принципова схема гібридної сонячної станції з використанням PV/T-колекторів

Теплова схема складається з двох контурів. В першому контурі, який пов'язаний безпосередньо з геліоустановкою, використовується спеціальний незамерзаючий теплоносій - антифриз. Теплова енергія при роботі PV/T-колектора передається від теплоносія першого контуру до теплоносія другого контуру, в якості якого застосовується вода, що використовується в побутових цілях. Переваги такої схеми полягають у тривалому терміні експлуатації, можливості роботи установки при низьких температурах, а недоліки – в меншій ефективності і необхідності заміни теплоносія першого контуру через кілька років, ніж при одноконтурній схемі.

Теплова ефективність PV/T-колектора істотно залежить від температури теплоносія. При високих температурах теплоносія ККД модуля нижче, ніж при низьких. Така закономірність пов'язана зі зростанням теплового потоку між колектором і навколишнім середовищем при зростанні температурного градієнта. Тому робоча температура теплоносія повинна бути невисокою. Ці особливості необхідно враховувати при виборі режимів експлуатації модулів.

Для підтримання робочої температури панелі на необхідному рівні виконується примусова циркуляція теплоносія, тому процес контролю спрощується, але при цьому частина генерованої електроенергії витрачається на роботу насоса. Попередні розрахунки показали, що відбір теплоти не повністю покриває потреби в гарячому водопостачанні в зимовий період. Проте в літній період виробництво теплової енергії є значно вищим. Найбільш виправданим і перспективним рішенням представляється застосування такої системи в системах багатоступінчастого нагріву теплоносія, тобто їх використання для нагрівання теплоносія до низької температури (30 – 45 ºС) і подальший його нагрів до необхідної температури в інших установках Відповідно, в такому випадку даний режим роботи веде до підвищення ефективності всієї комбінованої системи енергопостачання.

Висновки. Результати моделювання роботи PV/T-колекторів для можливості їх застосування в системах енергопостачання показали, що система працює ефективніше, коли відбір надлишкового тепла відбувається при швидкому реагуванні на різницю температур на вході та виході в колектором.

При розробленні проекту гібридної сонячної станції з використанням PV/T-колекторів для потреб промислових об’єктів слід врахувати специфіку роботи даних систем – різницю в генерації енергії зимою та літом. Тому найбільш оптимальний варіант для таких систем – установка невеликої потужності для забезпечення попереднього нагріву теплоносія для

систем опалення та гарячого водопостачання з одночасним покриття часткової потреби в електроенергії

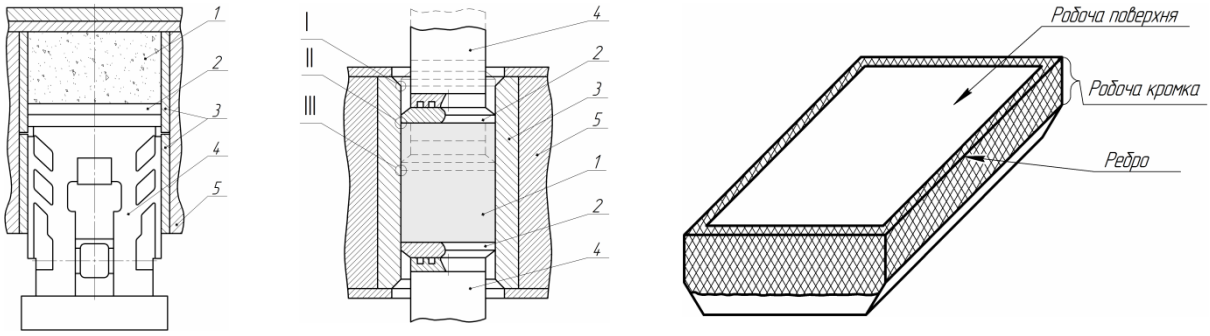
УДК621.785.5

ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ШТАМПІВ ПРЕС-ФОРМ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ І БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ

Акритова Т.О., *к.т.н.* ***Андрущенко М. І.,*** *к.т.н.* ***Осіпов М.Ю.,*** *к.т.н* ***Капустян О.Є.****, Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна*

Вступ. Через недостатньої зносостійкості кромок строк служби штампів прес-форм для пресування силікатної цегли та вогнетривких виробів складає всього від декількох годин до 15 діб в залежності від виду абразиву, його мікротвердості, зусиль пресування та інших параметрів умов зношування. Існує також проблема шаржування робочої поверхні штампів і недостатньої надійності їх роботи при пресуванні виробів. Тому підвищення строку експлуатації, опору шаржуванню та надійності роботи штампів є актуальною задачею.

Виклад матеріалу. Напівсухе пресування будівельних виробів відбувається, в основному, в однобічних прес-формах (рис. 1 а), вогнетривких виробів – у двобічних (рис. 1 б).



а) б) в)

1 – пресований виріб; 2 – штамп; 3 – облицювальна пластина; 4 – штампотримач; 5 – корпус

Рисунок 1 – Схеми прес-форм для однобічного (а) [1] і двобічного (б) [2] пресування виробів та типового штампу прес-форм (в)

Конструктивно більшість штампів представляють собою пластини товщиною від 10 мм до 30 мм. В цих деталях можна виділити дві основні складові: робочу поверхню та робочу кромку (рис. 1 в). Зношування робочої поверхні практично не відбувається, оскільки вздовж неї відсутнє переміщення абразивних частинок. Основною причиною виходу з ладу є шаржування цієї поверхні штампу абразивними частинками маси, яка пресується, у випадках коли їх твердість більша ніж твердість металу штампа, та їх налипання у вигляді кірки, що призводить до браку виробу.

Робочі кромки штампу в процесі пресування переміщуються вздовж облицювальних пластин прес-форми і, при цьому, інтенсивно зношуються, як внаслідок сухого тертя металу по металу на початковій стадії роботи прес-форми, так і, в основному, в результаті дії абразивних частинок, які неминуче потрапляють в зазор між кромкою і пластиною. Зношування кромок по їх висоті нерівномірне, а допустима величина зносу знаходиться в межах 0,3–1,0 мм.

На даний час відомо не менше 15–20 способів термічної і хіміко-термічної обробки сталей і сплавів, які ймовірно можна було б використовувати для зміцнення штампів прес-форм з метою підвищення опору зношуванню робочої кромки і шаржуванню робочої поверхні. Але універсальних способів не існує - кожний з них має, як переваги, так і недоліки.

Дослідження, які були проведенні у виробничих умовах показали, що багато способів і матеріалів, які достатньо ефективно використовуються при виготовленні і зміцненні облицювальних деталей, які працюють в умовах абразивного зношування, наприклад,

використання високохромистих сталей типу Х12 або Х13, борування, азотування та ін. по відношенню до штампів не прийнятні з різних причин. Насамперед, це недостатня експлуатаційна надійність штампів в цілому і, зокрема, робочих кромок та опір шаржуванню, не можливість забезпечення достатньої глибини насиченого шару і відновлення робочих кромок наплавленням.

Лабораторні дослідження та апробація у виробничих умовах показали, що на сьогодні при виробництві будівельних та вогнетривких виробів методом напівсухого пресування з таких абразивних зерен, як шамот, динас, магнезит, з порівняно невисокою мікротвердістю (12-14 ГПа), штампи слід виготовляти із низьколегованих сталей ферито-перлітного класу типу 20Х, 18ХГТ з наступною хіміко-термічною обробкою. При цьому слід застосовувати два основних варіанти цементації. Перший – це традиційний, широко відомий спосіб [3], за яким насичення вуглецем проводиться при температурах 860–940º С на глибину 1,0–2,0 мм. Концентрація вуглецю безпосередньо на поверхні може досягати 1,0 %. По мірі віддалення від поверхні, його вміст плавно зменшується до вихідного рівня. При цьому розрахункова температура початку мартенситного перетворення при охолодженні $М_П$ для хімічного складу цементованого шару на глибині 0,2 мм знаходиться на рівні 150º С. від На глибині 2 мм від поверхні $М_П$ зростає до 320º С. А це означає, що при гартуванні від температур цементації в шарі переважає структура, яка включає до 15– 20% цементиту, який знаходиться в переважно мартенситній основі. Загальна твердість поверхні становить 55–63 HRC. Наявність цементиту в структурі може бути не некорисною, а і мати негативний вплив на зносостійкість. Це пов’язано, з тим, що твердість цементиту практично не вища твердості високовуглецевого мартенситу, кристалічна решітка цементиту некогерентно пов’язана з решіткою мартенситу. В той же час опір шаржуванню робочої поверхні штампів при такій структурі достатньо високий.

Другий варіант хіміко-термічної обробки розроблений в Національному університеті «Запорізька політехніка» [2]. За цим способом цементація проводиться при більш високих температурах – 1030–1080º С з гартуванням безпосередньо від цих температур. Насичення вуглецем поблизу поверхні досягає 1,45 % і плавно зменшується до 1,3 % на відстані від поверхні рівній гранично допустимому зносу. В даному випадку $М_П$ для хімічного складу на початку цементованого шару близька до 0º С. Тому в структурі на початку шару кількість високовуглецевого метастабільного аустеніту складає 80–90% і по мірі віддалення зменшується до 50 % на глибині насиченого шару, яка дорівнює величині гранично допустимого зносу кромки штампу. За цим способом опір шаржуванню значно нижчий, ніж за першим, але зносостійкість кромок в два рази вища.

Висновки. Штампи прес-форм слід виготовляти із низьколегованих сталей ферито-перлітного класу типу 20Х, 18ХГТ з наступною хіміко-термічною обробкою. У тих випадках, коли основною вимогою є опірність шаржуванню робочої поверхні, хіміко-термічну обробку штампів слід проводити за першим способом. Якщо ж штампи застосовуються для пресування маси, яка не схильна до шаржування поверхні, то їх хіміко-термічну обробку необхідно виконувати за другим варіантом.

Список посилань.

1. Андрущенко М.І., Осіпов М.Ю., Капустян О.Є., Савонов Ю.М., Акритова Т.О., Кузьма С.О. Відновлення та зміцнення штампотримачів прес-форм для виготовлення силікатної цегли. *Актуальные научные исследования в современном мире:* Матеріали XXXV Міжнародної наукової конференції. Переяслав-Хмельницький, 2018. 2(36). Ч. 6. С. 151—157.

2. Зносостійкість сплавів, відновлення та зміцнення деталей машин: Навчальний посібник. Запоріжжя: Вид-во «Мотор Січ», 2006. 420 с.

3. Жуков А.А., Навоев А.П. Применение цементации в области температур полиморфного превращения для энергосберегающего поверхностного упрочнения при восстановлении деталей машин. *Машиностроение: инновационные аспекты развития: Ремонт машин и оборудования*, 2018. № 1. С. 106—109.

УДК 666.61/.63 : 044.18

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КВАРЦ-ПОЛЬОВОШПАТВМІСНОЇ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ ТОНКОЇ ТА БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ

д.т.н. ***Федоренко О.Ю., Картишев С.В., Бобошко І.О., Левченко М.Ю.****, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*

Особливістю традиційних технологій щільноспеченої будівельної кераміки (клінкерних керамічних матеріалів, керамогранітних плит, фарфорових виробів санітарно-технічного призначення) є висока енергоємність та необхідність імпорту сировини, яка виконує роль інтенсифікаторів співання та фазоутворення. Аналіз структури собівартості виробництва показує, що більше половини виробничих витрат складають витрати на паливо і сировину [1]. Зокрема суттєво здорожує виробництво використання імпортних польовошпатових концентратів виробництва Росії, Туреччини, Фінляндії, Індії, звідки щорічно імпортується близько 100 тис. тон польових шпатів [2].

В той же час в геологічних комплексах України на сьогодні встановлено велику кількість родовищ кварц-польовошпатової сировини різного ступеню вивченості, масштабності, перспективності і освоєння. Втім абсолютна більшість порід формацій, що належать Українському кристалічному щиту, не досліджені в технологічному відношенні. Враховуючи вищезазначене, вивчення можливості застосування вітчизняної кварц-польовошпатвмісної сировини в різних керамічних технологіях є актуальною задачею сучасного силікатного матеріалознавства. Оцінка ефективності використання альтернативних природних плавнів як флюсуючого компоненту керамічних мас дозволить позначити шляхи переходу до замінників польового шпату і тим самим ліквідувати кризу в забезпеченні підприємств-виробників тонкої і будівельної кераміки.

Слід зазначити, що за загальними запасами польовошпатової сировини Україна посідає шосте місце в світі, в той час як за видобуванням – лише тридцять дев'яте. За рахунок власних сировинних матеріалів потреба у польових шпатах покривається менш ніж на 15 % [3]. Скоріше за все це пояснюється засміченістю сировини темнозабарвленими мінералами: переважно залізовмісними сполуками (біотитом, гематитом та магнетитом), які спричиняють виникнення дефектів (виплавки, мушки, каверни). Однак, останнім часом розроблені ефективні методи збагачення, які дозволяють отримати польовошпатові концентрати високої якості (вміст барвних косидів не перевищує 0,2 %).

Світова практика свідчить про можливість видобування польовошпатової сировини при розробці родовищ аляскітових гранітів (родовище Спруса-Пайн в США), аплітів (родовища Камайя в Японії, Пайні в США, Мелдон в Англії), нефелінів і лужних сієнітів (родовища Блю Маунтін в Канаді, і Стерней в Норвегії). В США виробництво польовошпатових концентратів здійснюють також на основі мусковітових і рідкометалевих гранітів, а також кварц-польовошпатових пісків; в Німеччині та Франції для цього використовують каолінізовані гранітоїди та фоноліти, а в Мексиці – кристалічні туфи [4]. У багатьох країнах як альтернативну кварц-польовошпатову сировину використовують малозалізисті граніти, які не потребують збагачення. Це, зокрема, слюдяні граніти Щеблува (Польща), корнвалійські серицитові граніти Сент-Стівенсу (Великобританія) та острова Мен (Ірландія), аляскіти Спрус-Пайн (США), каолінізовані граніти Тиршенройту (Німеччина), а також мусковітові граніти Китаю [5].

Метою даної роботи було вивчення польошвошпатвмісної сировини різних проявів: гранітних пегматитів Приазов'я, лейкократових апліто-пегматоїдних гранітів Кіровоградщини, порфироподібних гранітів Житомирщини.

Вивчення вимог керамічної промисловості до кварц-польовошпатової сировини свідчить про те, що якість матеріалів визначається сумарним вмістом лужних оксидів, співвідношенням K_2O:Na_2O, вмістом оксидів заліза, а також оксидів CaO і MgO. Важливими показниками якості кварц-польовошпатової сировини є однорідність її мінерального і хімічного складів. Не менш важливою ознакою якості природних плавнів є їх флюсуюча здатність, яка обумовлена кількісними і якісними характеристиками розплаву, що утворюється при нагріванні. Тому при проведенні досліджень, спрямовані на визначення можливості використання альтернативної польовошпатвмісної сировини, визначали класифікаційні ознаки (згідно ГОСТ 23034-78) та флюсуючу здатність дослідних матеріалів, як одну з найважливіших характеристик плавнів. Для вивчення флюсуючої здатності польовошпатвмісних порід застосовували метод фізико-хімічного

аналізу базових оксидних систем, який дозволяє визначати кількісні та якісні характеристики розплавів, що утворюються при заданих умовах термообробки дослідних плавнів. Для здійснення графо-аналітичних розрахунків плавкісних характеристик дослідних матеріалів з використанням діаграм стану основних породоутворюючих оксидів ($K_2O–Al_2O_3–SiO_2$, $Na_2O–Al_2O_3–SiO_2$) були побудовані діаграми їх плавлення. Це дозволило визначити кількість розплавів, що утворюється при нагріванні дослідних матеріалів в межах температур 1100–1300^oC з кроком 50 ^oC, та оцінити динаміку накопичення розплавів в умовах різних режимів випалу виробів, які притаманні різним керамічним технологіям. Властивості розплавів (в'язкість, поверхневий натяг, активність), які обумовлюють перебіг процесів спікання кераміки, розраховували за відомими методами [6]. Для цього спочатку визначали хімічний склад розплавів з урахуванням кількості і складу залишкової твердої фази при вищевказаних температурах.

Експериментальне вивчення характеру плавлення дослідних порід здійснювали шляхом термообробки таблеток, виготовлених з матеріалів, подрібнених до повного проходження крізь сито № 0063, що відповідає параметрам подрібнення флюсуючих компонентів маси в технології тонкої щільноспеченої кераміки (керамограніту, фарфору тощо). Відформовані таблетки вагою 3 г розміщували на керамічній основі, виготовленій з вогнетривкої глини, яку встановлювали в муфельній печі під кутом 75^o до горизонтальної поверхні. Після нагрівання до заданих температур та охолодження печі спостерігали характер плавлення, а також візуально оцінювали колір розплаву, його прозорість і наявність сторонніх включень (мушки).

В результаті проведених досліджень здійснено порівняльний аналіз флюсуючої здатності дослідних польовошпатвмісних матеріалів та визначено перспективні області їх використання. Встановлено, що гранітні пегматити Приазов'я (Єлісіївське, Андріївське, Кременівське, Анадольське, Новогнатівське та Долинське родовища), лейкократових апліто-пегматоїдних гранітів Кіровоградщини (Гайворонське, Сальковське, Хащуватське, Завальське, Соломіївське, Солгутівське родовища), порфироподібних гранітів Житомирщини (Дідковичське, Лезниківське, Межірічівське родовища) придатні для використання як флюсуючий компонент керамічних мас у виробництві санітарно-технічного фарфору без попереднього збагачення. Їх використання у виробництві господарчо-побутового фарфору вимагатиме видалення темнозабарвлених мінералів. Натомість залучення цих матеріалів до виробництва керамограніту обмежено через високий калієвий модуль (2,0-2,45) замість 0,5-0,9, як цього вимагає швидкісний режим випалу. Втім використання у складі мас компонентів, що містять лужноземельні оксиди, надасть можливості знизити в'язкість їх розплаву та забезпечити інтенсивне спікання керамогранітних плит.

В результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень проведено порівняльний аналіз ефективності використання дослідних порід як флюсуючи складових керамічних мас та дозволили зробити висновок про перспективність їх використання замість імпортної польовошпатової сировини в технології щільноспечених склокерамічних виробів різного функціонального призначення.

Література:

1. Materials of Output Seminar on Energy Conservation in Ceramic Industry (UNIDO), Japan-Bangladesh-Sri Lanka (1994).

2. Неметалічні користні копалини: видання 2-е / під ред. В.А. Михайлова. – К.: ВЦ «Київський університет», 2007.– 510 с.

3. Щербаков И. Б. Петрология Украинского щита. Львов: ЗУКЦ, 2005. – 366 с.

4. Корнилов А. В. Нетрадиционные виды нерудного сырья для производства строительной керамики / А. В. Корнилов // Строительные материалы. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». – 2005. - №2 (602). – С. 50–51.

5. Гончаров Ю. И. Сырьевые материалы силикатной промышленности / Ю.И. Гончаров. –М.: АСВ, 2009. – 128 с.

6. Голеус, В.І. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології: навч. посіб. / В.І. Голеус, О.В. Карасик – Дніпропетровськ: Вид-во «Літограф», 2016. – 160 с.

УДК 662.741.3:66.041.49:620.98

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ ДЛЯ ПРОЖАРЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ

к.т.н. ***Лелека С.В.****, д.т.н.* ***Карвацький А.Я.****, д.т.н.* ***Мікульонок І.О.****, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ,* ***Бондаренко О.В., Павелко О.В.*** *, Приватне Акціонерне Товариство «Український графіт», Запоріжжя, Україна*

Вступ. Виконано аналіз традиційного енергоємного процесу прожарювання вуглецевмісної сировини в обертових прожарювальних печах, що припускає безперервне спалювання природного газу в зазначених печах. Запропоновано новий спосіб одержання прожареного (кальцинованого) нафтового коксу, який забезпечує мінімізацію витрати природного газу як палива, а отже зниження енергоємності процесу прожарювання й вартості одержуваного прожареного коксу.

Виклад матеріалу. Прожарювання вуглецевмісних матеріалів для подальшого одержання з них високоякісної сировини, наприклад, кальцинованого нафтового коксу, використовуваного зокрема у виробництві електродної продукції для металургійної промисловості, є одним з найбільш енергоємних процесів термохімічного перероблення твердого штучного та викопного палива [1–5].

Зазначений процес прожарювання вуглецевмісної сировини у виробничих масштабах зазвичай здійснюють в обертових прожарювальних печах. Для цього в обертову піч з її «холодного» кінця подають призначений для прожарювання вихідний (зелений) нафтовий кокс, назустріч якому пропускають димові гази, одержувані спалюванням в обертовій печі природного газу, а прожарений (кальцинований) кокс видаляють з обертової печі з боку її «гарячого» кінця [1].

Недоліком відомого процесу є його висока енергоємність, оскільки протягом усього процесу прожарювання нафтового коксу його обробляють димовими газами, одержуваними в результаті неперервного спалювання в обертовій печі природного газу та частки прожарюваної вуглецевмісного сировини. Інтенсивне згоряння прожарюваної сировини відбувається в зонах прожарювання та охолодження обертової печі.

У процесі проведення досліджень був запропонований новий спосіб одержання прожареного (кальцинованого) нафтового коксу, який забезпечує мінімізацію витрати природного газу як палива, а отже й зниження енергоємності процесу прожарювання й вартості одержуваного прожареного коксу.

У пропонованому способі, на відміну від відомого способу прожарювання нафтового коксу, на початку процесу димові гази одержують спалюванням в обертовій печі природного газу, після досягнення прожареним коксом потрібної температури витрату природного газу зменшують або припиняють взагалі, а потрібну температуру прожареного коксу підтримують відповідним співвідношенням витрат навколишнього повітря й синтетичного газу, одержуваного в результаті охолодження матеріалу в обертовій печі або в барабані-охолоджувачі [6, 7].

У пропонованому способі димові гази, одержувані спалюванням в обертовій печі природного газу, використовують лише на початку процесу до досягнення прожарюваним коксом температури 1200–1300 °С. Після цього, як уже було зазначено, витрату природного газу зменшують або припиняють зовсім, а потрібну температуру прожарюваного коксу підтримують одним зі шляхів:

1) відповідною витратою в обертовій печі навколишнього повітря саме в зоні прожарювання, яке йде на спалювання певних компонентів нагрітого до температури 600–1300 °С прожарюваного коксу. Таким чином досягається зменшення інтенсивності горіння прожарюваної сировини в зоні охолодження обертової печі та суттєво підвищується регульованість процесом прожарювання;

2) відповідною витратою в обертовій печі горючого синтетичного газу, одержуваного в результаті охолодження за межами обертової печі прожареного в ній коксу; зазначений

синтетичний газ містить такі горючі компоненти як H_2, CO, CH_4 та ін., які після надходження в обертову піч згоряють і підтримують потрібну температуру 1200–1300 °С прожарюваного коксу;

3) комбінацією двох вищезазначених шляхів, тобто відповідною витратою в обертовій печі навколишнього повітря та синтетичного газу, що зменшує витрати прожарюваної сировини.

Порівняно з відомим способом пропоноване технічне рішення дає змогу знизити енергоємність і відповідно вартість одержуваного прожареного (кальцинованого) коксу.

Метою проведених досліджень був вибір схеми підведення повітря в зону прожарювання обертової печі, а також конструктивно-технологічних параметрів проведення вдосконаленого процесу одержання прожареного нафтового коксу.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

– вибрати раціональну схему підведення повітря в зону прожарювання обертової печі;

– визначити висоту розташування сопел для підведення повітря в піч відносно внутрішньої поверхні печі;

– визначити витрату повітря, необхідного для забезпечення заданої продуктивності печі, за рахунок згоряння компонентів оброблюваної сировини й відсутності подачі в піч природного газу;

– здійснити вибір нагнітачів повітря, схеми підведення до них електроенергії, а також глибини розрідження з боку «гарячого» кінця обертової печі з урахуванням подачі повітря в зону прожарювання.

Висновки. Проведені дослідження можливості підвищення енергетичної ефективності обертової печі для прожарювання нафтового коксу дали змогу отримати такі результати:

1. Обґрунтовано схему підведення повітря в зону прожарювання обертової печі з установленням нагнітачів повітря безпосередньо на кожусі обертової печі, перевагою якої є відсутність втрат напору повітря, а також рівномірність його подачі в зону прожарювання печі.

2. Показано принципову можливість використання двох схем для безпосереднього подавання повітря в зону прожарювання обертової печі (зокрема печі ∅2×40 м з продуктивністю 10 т/год за готовим продуктом).

– схеми з поздовжнім подаванням повітря без внутрішніх сопел (жарових труб) з установленням захисних сіток для часткового обмеження потрапляння прожарюваного матеріалу у повітропідвідні патрубки;

– схеми з поздовжнім подаванням повітря із внутрішніми жаровими трубами, захищеними керамікою (гарнісажем).

3. Виконано розрахунки основних конструктивно-технологічних параметрів модернізованої обертової печі з подаванням повітря в зону прожарювання.

4. Виконано аналіз температурних умов обертової печі фірми Rain CII з подаванням вторинного повітря в зону прожарювання, у результаті якого було оцінено рівень температури в зоні подавання повітря й запропоновано три варіанти формування гарнісажу на внутрішніх жарових трубах для подавання повітря.

5. На основі розроблених числових моделей тепло-гідродинамічного стану модернізованої обертової печі виконано розрахунки температурних умов роботи сталевих жарових труб. Аналіз проведених розрахунків дав змогу здійснити обґрунтований вибір матеріалу жарових труб.

Список посилань.

1. Чалых Е. Ф. Технология и оборудование электродных и электроугольных предприятий. Москва : Металлургия, 1972. 432 с.

2. Пулинец И. В., Панов Е. Н., Карвацкий А. Я. и др. Теплообмен в многокамерных печах обжига углеграфитовых изделий. Київ : НТУУ «КПИ», 2014. 175 с.

3. Лелека С. В., Панов Е. Н., Карвацкий А. Я. и др. Теплоэлектрическое состояние печей графитирования Ачесона. Київ : НТУУ «КПИ», 2014. 238 с.

4. Сучасний стан ресурсоенергозбереження у технології виробництва вуглецевмісного наповнювача електродних виробів (Огляд) // Є. М. Панов, Т. В. Лазарєв, А. Я. Карвацький та ін. / Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2019. № 1. С. 17–31. doi: 10.33070/etars.1.2019.02.
5. Фізичні властивості вуглецевих сипучих матеріалів / Т. В. Чирка, Г. М. Васильченко, Є. М. Панов та ін. . Київ : НТУУ «КПІ», 2016. 152 с.
6. Пат. 139897 U Україна, МПК(2006.01) C10L 9/08. Спосіб одержання прожареного нафтового коксу / Є. М. Панов, А. Я. Карвацький, І. О. Мікульонок, С. В. Лелека, О. В. Бондаренко, А. В. Вагін, О. В. Тютюннік ; заявник і патентовласник ПАТ «Укрграфіт». № u201907630 ; заявл. 08.07.19 ; опубл. 27.01.20, Бюл. № 2.
7. Глухов О. В., Карвацький А. Я., Мікульонок І. О., Лелека С. В. Модернізація пристрою для подавання атмосферного повітря в барабан обертової печі // X Всеукр. наук.-практ. конф. «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки» (12–13 грудня 2019 р., м. Київ). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. С. 5–6.

УДК502

ЕКОЛОГІЧНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ КАПСУЛЮВАННЯ АЗОТНИХ ДОБРИВ

*д.т.н. **Вакал С.В.**, к.т.н. **Вакал В.С.**, Науково-дослідний інститут мінеральних добрив і пігментів Сумского державного університету, Суми, Україна*

Вступ. Одним із шляхів зниження агрогенного навантаження на довкілля є застосування екологічно безпечних добрив. Проведені теоретичні й експериментальні дослідження з розробки рецептури таких добрив показали, що найбільш технологічним напрямком є капсулювання азотних прілл фосфатовмісними оболонками. Таке технічне рішення дозволяє запропонувати сільськогосподарським споживачам складне азотно-фосфорно-калійне добриво пролонгованої дії, а зміна товщини покриття надає можливість змінювати вміст поживних речовин NPK-добрива.

Виклад матеріалу. Фізична сутність процесу капсулювання полягає в реалізації способу агломерації порошку на ядрі гранулювання (в наших дослідженнях – пріллах). При цьому прілли азотних (амоніачна селітра, сечовина) і азотовмісних (NPK-добрива марки 15:15:15) добрив фракції 1–2 мм застосовуються як ядро гранули, а в якості порошку – фосфоритне борошно (фосфат-глауконітовий концентрат Ново-Амвросіївського родовища з умістом P_2O_5 15 %). Сполучною речовиною (пластифікатором) застосовувалися водні розчини солей (розчин сечовини та гумати). При потраплянні крапель пластифікатору на поверхню прілли, частина цієї поверхні зволожується і до неї прилипає частинка порошкоподібного фосфату. Отже, відбувається збільшення товщини покриття гранули. Гідродинаміка руху гранул по поверхні тарілчастого гранулятора така, що в процесі зростання товщини покриття, гранули окатуються за своїми траєкторіями і зміщуються поступово до місця вивантаження готового продукту, при цьому відповідно до зміни розміру гранул матеріал покриття ущільнюється і таким чином формується оболонка на основі фосфатів.

З метою оцінки технологічних параметрів процесу капсулювання були проведені експериментальні дослідження на модельному тарілчастому грануляторі за безперервного режиму роботи обладнання. Тарілчастий гранулятор мав діаметр тарелі 500 мм і висоту борту 105 мм. Кут нахилу тарелі становив 45 град. Число обертів тарелі 23 об / хв. Установка обладнана стрічковими дозаторами порошку і гранул мінеральних добрив, а також пневматичним розпилювачем сполучної речовини. Готові гранули з покриттям вивантажувалися в піддон, який знаходився під тариллю гранулятора, і потім розсіювалися, висушувалися і аналізувалися. У ході досліджень визначені оптимальні співвідношення наповнювача покриття та вміст і вид пластифікатора. Окремим циклом робіт була апробація способів внесення добавки мікродобрив у вигляді хелатів до складу оболонки.

Як показали результати досліджень, технологія реалізується з усіма зразками добрив. Найбільш технологічно прийнятним варіантом складу покриття є фосфоритне борошно з можливим внесенням різних добавок у порошкоподібному вигляді та пластифікатор у вигляді гумату калію або кальцію, що дозволяє одержувати добрива з досить широким діапазоном зміни поживних речовин по азоту, фосфору та калію у одній гранулі.

Висновки. Розроблена енергозберігаюча технологія капсулювання добрив безкислотним способом дозволяє реалізувати гнучку технологічну схему виробництва складних добрив. Попередні агрохімічні дослідження показали, що найбільш екологічно доцільним добривом є складне азотно-фосфорно-калійне добриво на основі гранул сечовини, вкритих фосфатовмісною оболонкою на основі фосфат-глауконітового концентрату Ново-Амвросіївського родовища.

УДК 674.815:631.572

ВИКОРИСТАННЯ СТЕБЕЛ РІПАКУ У ВИРОБНИЦТВІ ВОЛОКНИСТО-СТРУЖКОВИХ ПЛИТ

к.т.н. ***Копанський М.М.****, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна*

Вступ. Проведений аналіз останніх досліджень з використання відходів сільськогосподарського виробництва для виготовлення продукції целюлозно-паперового виробництва та виробництва ДКМ дає підстави зробити висновок про те, що, окрім пшеничної та житньої соломи, є доцільним використання з цією метою і стебел ріпаку. Із соломи ріпаку (2-6 тонн з гектара) можна виготовляти папір, целюлозу, картон. З одного гектара ріпакового поля можна виготовити до 2 т паперу. Такі технології успішно застосовуються у Великобританії, Угорщині, Іспанії, Португалії. В Україні площі посівів ріпаку мають тенденцію до зростання і у 2019 році становили 1,3 млн. га. Запаси ріпакової сировини у 2019 сягає близько 5 – 6 млн.т. [2].

Виклад матеріалу. Мета роботи – встановити закономірності впливу технологічних параметрів на властивості волокнистостружкових плит з використанням ріпакових відходів.

Відповідно до поставленої мети необхідно було виконати такі основні завдання:

- дослідити вплив складу вихідної композиції, на фізико-механічні властивості волокнистостружкових плит.
- встановити можливість і доказати доцільність використання ріпаку у виробництві волокнистостружкових плит.

Проводилися дослідження впливу основних параметрів процесу виготовлення волокнистостружкових плит на їх фізичні властивості, зокрема на водопоглинення і набрякання.

Для виконання досліджень використовувались такі матеріали:

- деревинні волокна, які використовуються у промисловому виготовленні волокнистих плит;
- ріпакова стружка, виготовлена шляхом подрібнення на лопатевій дробарці, що використовується для подрібнення органічних матеріалів ;
- смола: LignomFen (G/3);
- осаджувач: сірчанокислий алюміній $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ (ГОСТ12966-85);
- вода питна (ГОСТ 2874-82);
- фільтрувальний папір;
- вода дистильована (ГОСТ 6709-72);

Ріпакова стружка виготовлялася шляхом подрібнення стебел ріпаку на лопатевій дробарці. Використовувалася дрібнодисперсна фракція стружки. У подальшому у водному середовищі з деревинних волокон і ріпакової стружки формувалася волокнистостружкова суспензія.

Змінними факторами під час проведення досліджень впливу основних технологічних параметрів сировини і матеріалів на властивості ВСП, прийняті: співвідношення ріпакових і

деревинних частинок в різних пропорціях, % (75:25, 50:50, 25:75); кількість клею (0, 2, 4, 6%).

Процес виготовлення зразків складався з шести етапів: підготовки ріпакових частинок, підготовки волокна, приготування клею, проклеювання волокнистостружкової маси у водному середовищі, формування килима, відтиск води, сушіння і пресування дослідних зразків.

З метою встановлення характеру залежності властивостей ВСП, від окремих технологічних параметрів використовували класичний експеримент.

Деревинний композиційний матеріал плоского пресування виготовлявся гарячим пресуванням обсмолених деревинних і ріпакових (їх суміші) частинок.

Підготовлений наповнювач (попередньо змішані деревинні і ріпакові частинки) змішували з клеєм. Тривалість змішування становила 10 хвилин. Полімер служить для збільшення міцності плит. Осаджувач надає змогу осадити клей на волокна. Клейова композиція 10% концентрації, вводиться у волокнисту массу в обсязі 1% від абсолютно сухого волокна. Після цього у волокнисту масу вводили осаджувач 10% (розчин солей алюмінію у воді ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) у кількості 1%, від кількості клею. Вологість готових плит становила 7-8%.

Як показали дослідження, при збільшенні відсотка ріпакової сировини водопоглинання плит зростає. Залежність близька до лінійної. Це пояснюється тим що ріпакові частинки є більш пористими ніж деревинні, і при підвищенні їх вмісту збільшується пористість плити що і обумовлює збільшення водопоглинання. Аналогічна закономірність спостерігається і щодо набрякання плит. Це пояснюється тим що ріпакові частинки мають меншу міцність і краще піддаються деформації.

Залежність водопоглинання плит від кількості клею має оберненопропорційний характер, тобто при збільшенні кількості клею у плитті її водопоглинання зменшується. Це пояснюється тим, що клей при затвердінні закупорює пори частинок і запобігає проникненню води у об'єм плити, а це зменшує її водопоглинання. Залежність набрякання плит від вмісту у них в'яжучого носить також оберненопропорційний характер. Такий характер залежності пояснюється тим, що при збільшенні кількості клею збільшується кількість зв'язків між волокнами а це запобігає набряканню.

Висновки. Аналіз результатів експериментальних досліджень закономірностей впливу основних факторів процесу на фізичні властивості стружкововолокнистих плит виготовлених з використанням відходів ріпаку дав змогу зробити такі висновки:

1. Експериментально доведено, що деревинні композиційні матеріали, виготовлені за звичайною технологією, з додаванням у вихідну композицію до 18 % ріпакових частинок відповідають вимогам державного стандарту ДСТУ EN 312-2:2003.
2. Вперше отримано волокнистостружкову плиту за технологічною схемою, яка прийнята у виробництві волокнистих плит мокрим способом із за застосуванням ріпакової сировини.
3. На основі результатів експериментальних досліджень запропоновано способи виготовлення СВП з використанням відходів ріпаку які дають змогу розширити сировинну базу для виготовлення волокнистих плит завдяки залученню відходів сільськогосподарського виробництва, а саме стебел ріпаку, зменшити вартість плит, і відповідно, зекономити цінне деревинне волокно.
4. Враховуючи, що ціни на деревину мають тенденцію до зростання, використання відходів з ріпаку як сировини для деревинних композиційних матеріалів можна розглядати як досить перспективне і можна стверджувати, що в недалекому майбутньому відходи з ріпаку стануть повноцінною сировиною у виробництві деревинних композиційних матеріалів.

Список посилань.

1. Бехта П. А. Технологія деревинних плит і пластиків. / П.А. Бехта. – К.: Основа, 2004 р. – 780 с.

2. Торгашов В.И. Сравнительное исследование условий выделения, морфологии и свойств целлюлозы из стеблей злаковых и масличных культур. / Е.В. Герт, О.В. Зубец, Ф.Н. Капуцкий //Химия растительного сырья. – Минск. – 2009. №4.

УДК 691-492+699.87

ВИКОРИСТАННЯ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ ДИСПЕРСНОНАПОВНЕНИХ СУХИХ СУМІШЕЙ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПЕРЕРОБКИ ШКІДЛИВИХ ВІДХОДІВ

*к.т.н.. **Христич О.В.**, Академія технічних наук України, Вінниця, **Черепаха Д.В.**, Вінницький національний технічний університет, Україна*

Сучасні тенденції на ринку електричної енергії в Україні підтверджують зростаючі перспективи розвитку атомної енергетики. За кількістю енергоблоків наша держава входить до першої десятки розвинених країн Світу. Порівняно з іншими джерелами енергопостачання, природних запасів сировинних ресурсів для атомної енергетики за прогнозованими показниками вистачить на мільйони років. Разом з тим, експлуатація ядерних установок для виробництва електричної енергії супроводжується утворенням радіоактивних відходів (РАВ). Такі шкідливі продукти утворюються під час здійснення основного технологічного процесу, а також і при виконання регламентних та ремонтних робіт. Отже важливою проблемою підприємств атомної енергетики є створення технологій для безпечного поводження з радіоактивними відходами на всіх етапах їх існування.

Відповідно до розпорядження кабінету міністрів України від 19.08.2009 № 990-р «Стратегія поводження з радіоактивними відходами в Україні», гостро постає проблема зберігання і переробки накопичених на підприємствах ядерної енергетики таких високотоксичних продуктів. Відмічено, що середнє питоме утворення твердих і рідких радіоактивних відходів становить відповідно 27 і 35,1 $м^3$ на 1 млрд. кВт·год виробленої електроенергії. За підсумками статистичних даних, на територіях АЕС спостерігається високий ступінь заповнення сховищ твердими (від 30 до 70 відсотків) і рідкими (від 21 до 76 відсотків) радіоактивними відходами.

Серед існуючих технологій поводження з РАВ на майданчиках діючих АЕС передбачено збирання, сортування та первинну переробку відходів до стану, прийнятного для транспортування і тимчасового зберігання. Разом з тим для подальшого розміщення техногенних продуктів у спеціалізованих сховищах необхідно використання додаткових технологій іммобілізації токсичних речовин для безпечного транспортування з подальшим захороненням Головними вимогами до технологій переробки шкідливих продуктів є: доступність і економічно обґрунтована вартість способів іммобілізації; створення належних умов виконання робіт згідно вимог радіаційної безпеки для виконавців і технологічного обладнання; забезпечення отримання нормованих характеристик кінцевого продукту з кондиціонованими радіоактивними матеріалами для їх подальшого транспортування і захоронення [1, 2].

Запропоновані науковцями технології переробки і іммобілізації РАВ передбачають використання способів цементування, бітумізації або включення продуктів у скляну матрицю. Залежно від фізичного стану (твердий або рідкий) небезпечних матеріалів такі спеціалізовані виробничі процеси різняться між собою. Найбільш складними завданнями є процеси пов’язані з іммобілізацією рідких відходів. Так, запропонована науковцями науково-дослідного інституту в’яжучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського (м. Київ) технологія іммобілізації кубових залишків АЕС (відходи слабкої і середньої активності) підтвердила можливість отримання кінцевого продукту переробки з регламентованими характеристиками зразків [3].

Отримані результати дослідження поліфункціональних властивостей дрібнозернистих металонасичених бетонів надають підґрунтя щодо можливості використання таких дисперснонаповнених сумішей для іммобілізації РАВ. Наукові напрацювання технологій виготовлення радіаційно-захисних матеріалів з використанням металонасичених бетонів

дозволяють стверджувати про перспективність використання таких спеціальних сухих сумішей в технологіях кондиціонування і замонолічування в спеціальній матриці токсичних матеріалів. Такі спеціальні сухі суміші можуть використовуватись для переведення відходів з рідкого стану в твердий, а завдяки наявності у складі сумішей металевого заповнювача відбуватиметься зниження рівнів зовнішнього опромінення від отриманого кінцевого продукту за рахунок внутрішніх взаємодій потоків радіоактивності з затверділими новоутвореннями включень дисперснонаповненої мінеральної матриці [4-6].

В таблиці 1 наведено узагальнені результати аналізу експериментальних досліджень спеціальних властивостей зразків, виготовлених з використанням дисперснонаповнених сухих сумішей [5-8]. Підтверджено наявність взаємозв'язку між рецептурно-технологічними, фізикомеханічними і радіаційнозахисними властивостями зразків-моделей сухих сумішей. Представлена інформація підтверджує доцільність використання отриманих складів композиційних матеріалів для переведення шкідливих токсичних відходів у стабільний фізичний стан для подальшого транспортування і захоронення у спеціалізованих сховищах.

Таблиця 1 – Узагальнені результати досліджень зразків

Серія зразків	Середня густина, кг/м^3	Міцність при стиску, кгс/см^2	Водопотреби, % мас	Водопоглинання, % мас	Лінійний коефіцієнт послаблення гамма-випромінювань, Е=121 кЕв
А	1760	46.8	44	4.8	0.128
Б	1910	64.6	58	5.6	0.164
В	2120	38.7	74	6.8	0.221

Примітки: вміст металевого заповнювача для серії зразків А складає до 20% мас; для серії Б відповідно до 40 % мас; для серії В відповідно до 60% мас.

Висновки. Наведені результати дослідження фізико-механічних і радіаційно-захисних властивостей зразків дисперснонаповнених сухих сумішей підтверджують можливість застосування отриманий матеріалів для переробки шкідливих токсичних відходів АЕС до отримання кінцевого продукту зі стабільними фізичними параметрами, що дозволить безпечне транспортування відходів і їх подальше захоронення у спеціалізованих сховищах.

Список посилань.

1. Обращение с радиоактивными отходами//Сборник трудов IV Международной научно-технической конференции. – Москва, 26-28 июня 2001 г.– 387 с.

2. Андронов О.Б. Очистка жидких радиоактивных отходов: обзор методов и технологий / О.Б. Андронов, О.Л. Стрихарь // – Чернобыль, 2001. – 356 с.

3. Поводження з радіоактивними відходами при експлуатації АЕС ДП «НАЕК «Енергоатом». Звіт за 2016 рік, Київ, ДП «НАЕК «Енергоатом», 2016. – 137 с.

4. Сердюк В.Р. Новий різновид спеціальних бетонів – бетел-м / В.Р. Сердюк, О.В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві: Зб. наук. праць. – Вінниця: УНІВЕРСУМ- Вінниця, 2004. – С. 18 – 27

5. Сердюк В.Р. Фізико-хімічні особливості формування структури електропровідних бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О.В. Христич // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1997. – № 2. – С. 5 – 9.

6. Лемешев М.С. Покриття із бетелу-м для боротьби з зарядами статичної електрики / М.С. Лемешев, О.В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві: Науково-технічний збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2009. – С. 29-31.

7. Христич О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізувального випромінювання / О.В. Христич, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.

8. Сердюк, В. Р. Сингулярні ефекти в радіційно-захисних властивостях бетелу-м / В. Р. Сердюк, О. В.Христич // Вісник ВПІ, 2003, №1. – С.8-12.

УДК 678.746.744

ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ СУМІШЕЙ ПОЛІПРОПІЛЕНУ ТА МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІАМІДУ

к.т.н. ***Красінський В.В.****, д.х.н.* ***Суберляк О.В.****, Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна, к.т.н.* ***Дулебова Л.,*** *Технічний університет Кошице, Словаччина, д.т.н.* ***Клепка Т.,*** *Люблінська політехніка, Польща*

Вступ. Останнім часом велику увагу вчені приділяють сумішам на основі поліпропілену (ПП) та поліаміду (ПА), змішування яких дозволяє зменшити негативні характеристики вихідних полімерів. Зокрема, неполярний поліпропілен під час змішування з полярним високогідрофільним піліамідом суттєво знижує водопоглинання матеріалу. Внаслідок цього зменшується вплив вологи на механічні та термічні властивості композитів. З іншої сторони, змішування ПП з ПА дозволяє розширити температурний інтервал експлуатації матеріалу за від'ємних температур (знижується температура крихкості ПП). Однак для одержання однорідної суміші ПП з ПА необхідне використання компатибілізаторів, як правило, складної хімічної будови, зокрема малеїнізованого ПП. Але в цьому випадку зростає ймовірність хімічного зшивання макромолекул внаслідок взаємодії ангідридних груп з пептидними.

В зв'язку з тим, авторами запропонована методика одержання нанокомпозиту на основі суміші ПП/ПА-6 з підвищеною термостійкістю, використовуючи позитивний вплив полівінілпіролідону (ПВП) і монтморилоніту (ММТ) на одержання однорідної суміші і підвищення температурних характеристик композиту.

Метою роботи було методами термогравіметричного аналізу дослідити взаємозв'язок термічних характеристик новостворених нанокомпозитів на основі суміші ПП/ПА-6 з модифікованим за допомогою ПВП монтморилонітом та визначити оптимальний склад нанокомпозиту з підвищеною термостійкістю і широким температурним інтервалом в'язкотекучого стану.

Виклад матеріалу. Встановлено закономірності одержання нанокомпозитів на основі суміші ПП/ПА-6 з модифікованим за допомогою ПВП монтморилонітом. В цих нанокомпозитах ПА-6 та ММТ сприяють підвищенню термостійкості матеріалу, а ПВП покращує сумісність полярного ПА-6 з гідрофобним ПП. Аналізуючи результати термогравіметричних досліджень, можна стверджувати що нанокомпозити одержані на основі однорідних сумішей ПП з модифікованим ПА-6. Однорідність сумішей підтверджується наявністю одного піку на кривих ДТА, котрий характеризує процес плавлення полімерів в області температур 126–164 ºС.

Одержані нанокомпозити характеризуються підвищеною термостійкістю (температура початку термоокисної деструкції 300 ºС у порівнянні з 235 ºС для вихідного ПП) і широкою областю в'язкотекучого стану. В зв'язку з цим такі матеріали можуть бути використані для виробництва конструкційних виробів традиційними методами. Розроблені нанокомпозити на основі сумішей поліпропілену та модифікованого поліаміду мають більш широкі температурні інтервали в'язкотекучого стану – 126–300 ºС. Це дає можливість, змінюючи режими переробки, впливати на структуру і властивості виробів, особливо приймаючи до уваги різницю у кристалізації матеріалу залежно від умов і методу переробки.

Висновки. Опрацьована трьохстадійна методика одержання однорідних нанокомпозитів на основі суміші ПП/ПА-6 з модифікованим за допомогою ПВП монтморилонітом, що виключило використання складних компатибілізаторів.

Термогравіметричними дослідженнями встановлено, що суміші поліпропілену з поліамідом, модифікованим монтморилоніт-полівінілпіролідоновою сумішшю, відзначаються достатньо високою термостійкістю. Найвищою термостійкістю (температура деструкції – 300 ºС) характеризується композиція складу ПП:(ПА-6/МПС) = 70:30, яка зазнала повторної термообробки у термопластавтоматі під час лиття під тиском. Таким чином, встановлено, що за допомогою змішування ПП з поліамідом, який модифікований МПС, вдається підвищити термостійкість композитів до термоокисної деструкції. Ефекти

підвищення температур термоокисної деструкції композицій залежать від співвідношення компонентів і методу переробки.

Подяка. Робота виконана в рамках Національної стипендіальної програми Словацької Республіки.

УДК 674.06*674.21

ПРО ПРИЧИНИ ДЕФОРМУВАННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ У ВИРОБНИЦТВІ КЛЕЄНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ

Удовицька М.В., *Технологічний коледж державного вищого навчального закладу "Національний лісотехнічний університет України", Львів, к.ф.-м.н.* ***Тисовський Л.О.,*** *д.т.н.* ***Маєвський В.О.****, к.т.н.* ***Удовицький О.М.,*** *Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна*

Вступ. Одними з найбільш поширених формоутворюючих конструкційних та фасадних елементів виробів з деревини є клеєні щитові конструкції (КЩК). КЩК з масивної деревини отримують склеюванням пилопродукції різного виду розпилювання за шириною або товщиною. Якість цих виробів, здебільшого, визначається якістю виготовлення КЩК, тому до них висувають високі вимоги щодо міцності, формостійкості та естетичності.

Виклад матеріалу. Важливим якісним критерієм виготовлення КЩК є забезпечення належної формостійкості. При цьому слід мати на увазі, що в процесі експлуатації щитові конструкції можуть змінювати свою форму і розміри під впливом зовнішнього середовища (процес жолоблення). І чи не найважливішим чинником цього процесу є вологість, яка значною мірою впливає на фізичні і механічні властивості деревини.

У пиломатеріалах з прямокутним поперечним перерізом (дошка, брус, брусок) жолоблення характеризується переміщенням країв пиломатеріалу на деяку величину в сторону опуклості річних кілець. Таке явище здебільшого зумовлене неоднорідністю всихання в радіальному і тангенціальному напрямках, а також залежить від положення пиломатеріалу у колоді, яке можна визначити за напрямком річних кілець на поверхнях пиломатеріалу.

В даній роботі розглянуто прямокутний переріз пиломатеріалу, виділений із колоди в довільному місці (рис.1).

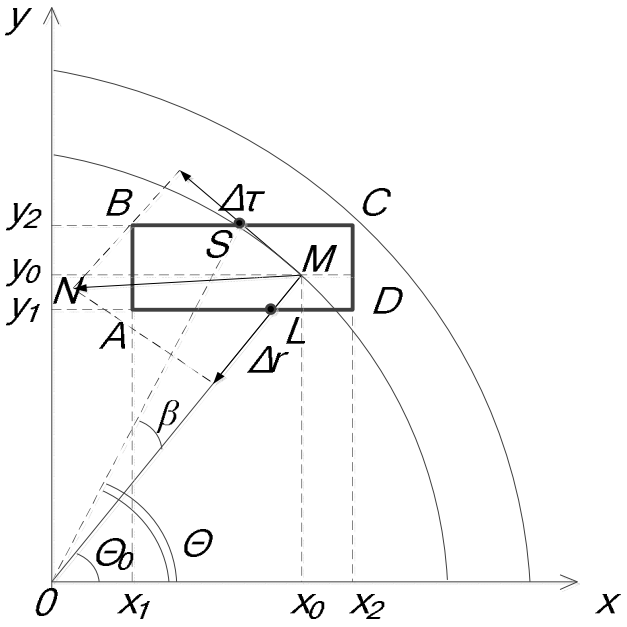


Рисунок 1 - Розрахункова схема до визначення лінійного всихання пиломатеріалу в поперечному перерізі колоди.

Показано, що в результаті усушки довільна точка пиломатеріалу $M(x_0, y_0)$ переміститься в точку, координати якої задаються співвідношеннями

$$\left.\begin{aligned} x &= x_0 - \frac{\Delta W}{100}\left(\beta y_0 K_\tau + (y_0 - y_1)K_r \frac{x_0}{y_0}\right) \\ y &= y_0 + \frac{\Delta W}{100}\left(\beta x_0 K_\tau - (y_0 - y_1)K_r\right) \end{aligned}\right\}, \quad (1)$$

де K_r і K_τ – коефіцієнти всихання у радіальному і тангенціальному напрямках;

ΔW – зміна вологості пиломатеріалу; β – центральний кут, який характеризує тангенціальне зміщення точки М по відношенню до річних кілець.

Якщо $y_0=y_1$, то отримаємо параметричне рівняння нижньої пласті пиломатеріалу після всихання, якщо $y_0=y_2$, то отримаємо параметричне рівняння кривої, в яку перейшла верхня пласть після всихання.

Таким чином, із співвідношень (1) випливає, що формозміна пиломатеріалу залежить від його розмірів, вологості (початкової та кінцевої) та розташування у поперечному перерізі колоди, яке можна охарактеризувати кутами нахилу річних кілець.

Для дослідження формозміни пиломатеріалів залежно від їхніх розмірів, вологості (початкової та кінцевої) та розташування у поперечному перерізі колоди проведено відповідні розрахунки, результати яких представлені на рис.2. В розглядуваному випадку пиломатеріал – сосновий брусок розмірами 20х150мм, випиляний несиметрично відносно вертикальної осі Y, коефіцієнти всихання (розбухання) K_r= 4,15, K_τ=7,47, ΔW= 2%. Отримані результати свідчать, що зміна вологості пиломатеріалу впливає на його формозміну. Зокрема, максимальне відхилення верхньої та нижньої пластей порівняно з початковими параметрими (до всихання) становить близько 0,24 мм – для верхньої та 1,42 мм – для нижньої пластей. Характер та величина формозміни пиломатеріалу узгоджується з результатами відомих досліджень.

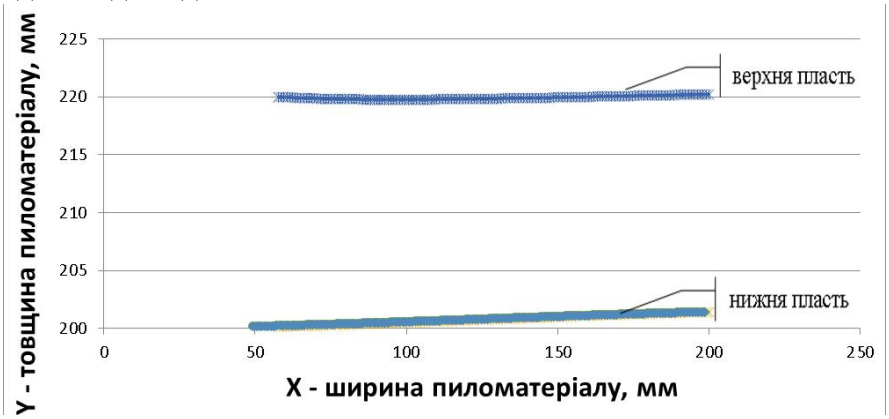


Рисунок 2 - Форма поверхні пластей пиломатеріалу.

Висновки:

1. Розроблення конструктивних пропозицій щодо виробництва клеєних щитових конструкцій із дотриманням текстурних особливостей, міцності та формостійкості є важливим завданням як теоретичного, так і практичного характеру.
2. Розроблено математичну модель для дослідження формозміни пиломатеріалів, яка враховує розміри, вологість та розташування виділеного елемента у поперечному перерізі колоди.

УДК 674-419.32

ПРОГРІВАННЯ ПАКЕТА ШПОНУ У ВИРОБНИЦТВІ ФАНЕРИ СКЛЕЄНОЇ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЮ ПЛІВКОЮ

***Кусняк І.І.**, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна*

Вступ. Для склеювання шпону термопластичними полімерами, а саме плівками, у виробництві фанери, необхідно прогріти пакет листів шпону по всій його товщині до

температури, за якої б клеючий матеріал перейшов у в'язкотекучий стан. Перебуваючи у в'язкотекучому стані полімер проникає у капілярно-пористу структуру деревини та утворює механічний зв'язок із деревиною. Процеси, що відбуваються під час склеювання пакетів шпону у пресі, характеризуються складністю взаємопов'язаних різних за характером хімічних і фізико-механічних величин та фазових перетворень. *Мета дослідження* – встановити тривалість прогрівання пакета шпону склеєного термопластичною плівкою в процесі пресування.

Виготовлення зразків фанери. Виготовляли п'ятишарову фанеру. Листи шпону у пакеті вкладалися із взаємно перпендикулярним напрямком волокон деревини у суміжних шарах. Між суміжними листами шпону вкладали термопластичну плівку поліетилену високого тиску ПЕВТ. Карбамідоформальдегідний клей КФ-МТ-15 під час формування пакета шпону наносився за допомогою валика вручну. Сформований пакет шпону подавався в прес для гарячого пресування за наступними режимними параметрами (табл. 1).

Таблиця 1 – Умови виробництва фанери

Випробування	Умови виробництва фанери				
	Вид клею	Витрата клею, г/м^2	Температура пресування, ^{o}C	Тиск пресування, МПа	Час пресування, хв
1	ПЕВТ	130, 190	140, 160, 180	1,8	6,5
2	КФ-МТ-15	110	110		

Теоретичні аспекти дослідження. Щоб зрозуміти розподіл температури всередині пакета шпону під час гарячого пресування необхідної для розтікання термопластичного полімеру ПЕВТ на поверхні шпону, було застосовано термопару, яку під час формування пакета шпону розміщували в середині пакета та підключали до цифрового мультиметра. Після розміщення пакета шпону в гарячому пресі в момент зімкнення плит преса включали секундомір. Температуру всередині пакета фіксували кожну секунду до того часу, поки вона не досягла температури пресування (рис. 1).

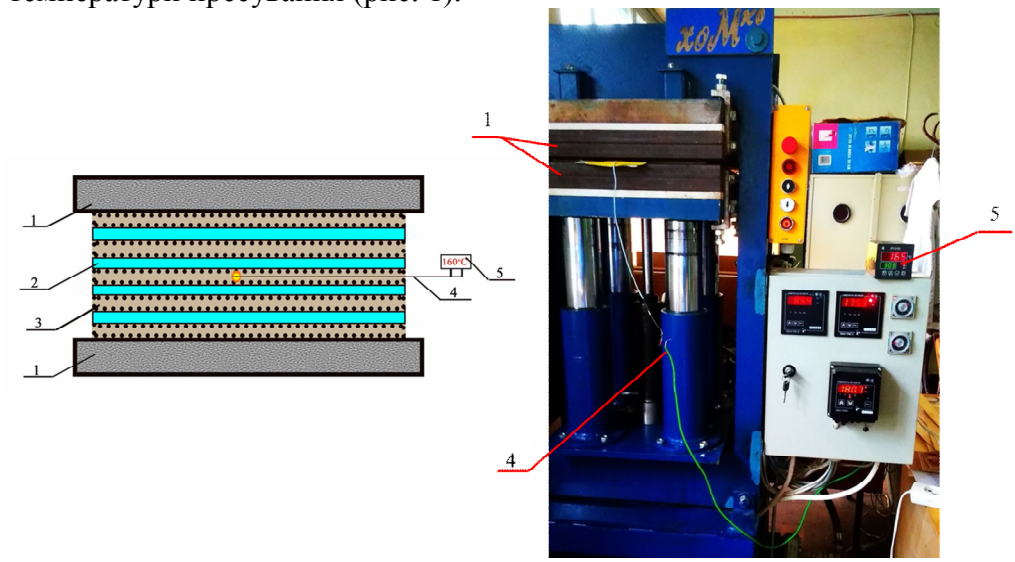


Рисунок 1 – Робочий момент визначення часу прогрівання пакета шпону: 1 – плити преса; 2 – термопластична плівка ПЕНГ; 3 – лущений шпон; 4 – термопара; 5 – цифровий мультиметр

Під час контактного способу прогрівання відбувається передача тепла від гарячих плит пресу до пакета шпону, подальше прогрівання середини якого проходить вже завдяки теплопровідності листів шпону та термопластичної плівки. На рис. 2 наведено порівняння тривалостей прогрівання пакетів шпону з нанесеним на шпон карбамідоформальдегідним клеєм та з термопластичною плівкою, де виразно помітна різниця між перебігом швидкості прогрівання пакета шпону залежно від виду застосовуваного клею.

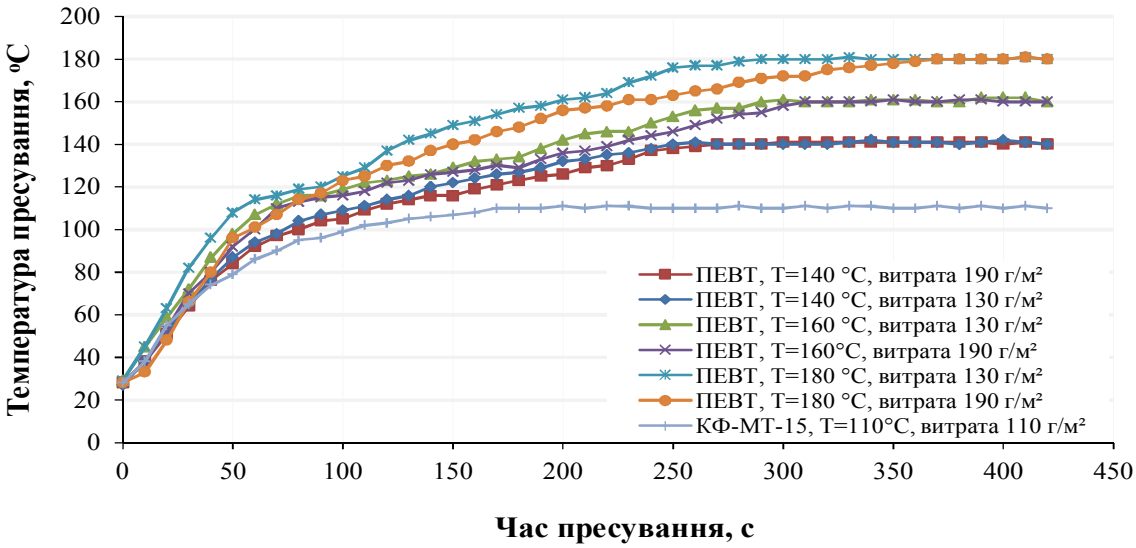


Рисунок 2 – Криві розподілу температури всередині пакета шпону під час гарячого пресування за різної температури пресування та витрати термопластичного полімеру

З отриманих результатів досліджень найповільніше прогрівався пакет шпону склеєний карбамідоформальдегідним клеєм за температури 110°С. Всередині пакета шпону температура пресування була досягнута за 170 с, тоді як для пакета шпону склеєного термопластичною плівкою за температур 140–180°С час пресування становив 45–115 с, що майже у 1,5–3,8 рази швидше, що пояснюється більшою температурою пресування. Крім того, через зволоження листів шпону карбамідоформальдегідним клеєм, внесена з ним вода, сповільнює процес підведення тепла, через витрату енергії на випаровування води.

Важливим фактором у виробництві фанери склеєної термопластичними плівками є їх температура плавлення. Температура плавлення всередині пакета шпону була досягнута за 120–125 с, 75–85 с та 60–80 с, відповідно для температур пресування 140°С, 160°С, 180°С та витрати полімеру від 130 до 190 г/м^2. Зі збільшенням температури пресування, швидкість нагрівання пакета шпону збільшується, а із збільшенням витрати клею – зменшується. Тривалість прогрівання пакета шпону склеєного термопластичною плівкою ПЕВТ залежно від температури пресування та витрати полімеру була 250–370 с (4,2–6,12 хв), що дозволяє говорити про можливість зменшення тривалості пресування для пакетів шпону склеєних термопластичною плівкою порівнюючи із пакетами шпону склеєними карбамідоформальдегідним клеєм.

Висновки. Проведені дослідження з прогрівання пакета шпону склеєного термопластичною плівкою підтверджують, що температура пресування та витрата термопластичного полімеру впливають на швидкість прогрівання пакета шпону. Зі збільшенням витрати термопластичної плівки тривалість прогрівання пакета шпону збільшується від 7 до 13%, відповідно до температури пресування. Тривалість прогрівання до 125°С середнього шару пакета шпону зменшується від 65 до 100% із збільшенням температури пресування від 140 до 180°С. Отримані результати дають змогу підвищити ефективність процесу пресування пакетів шпону у технології виготовлення фанери.

УДК 004.896

НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ МЕТОДОМ ПАРАМЕТРИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ПОБУДОВАНИХ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

к.т.н. ***Сорочак О.З.****, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Вступ. Ефективність функціонування будь-якого технологічного процесу суттєво залежить від чіткості та правильності нормування окремих його операцій та узгодження їх виконання у просторі і часі. Незважаючи на це питання нормування праці та розробка відповідних методик і нормативів на рівні національної економіки і більшості галузей промислового виробництва не є пріоритетними і фінансуються за залишковим принципом, як відповідними міністерствами і відомствами так і самими підприємствами. Фактично до сих пір знаходяться у використанні довідники нормувальника, які розроблені у 70-80 роки минулого століття. Тому удосконалення і оновлення цих нормативів є актуальною задачею, особливо якщо його реалізувати на базі сучасних інформаційних технологій.

Виклад матеріалу. В останні роки зростає інтерес до економіко-математичних моделей, які на основі сучасних комп'ютерних технологій дозволяють вирішувати складні технічні завдання у виробництві. Одними з таких моделей, які на сьогоднішній день стають все більш популярними, є нейронні мережі.

Перш за все доцільно виділити особливості та класифікувати підходи до визначення нормативного часу за допомогою нейронних мереж з точки зору методів нормування праці. Існуючі методики нормування праці включають ряд методів проведення вимірів і визначення нормативного часу. Найбільш дослідженими з них є хронометраж, фотографія робочого часу, метод мікроелементного нормування, метод аналогів та порівнянь та метод параметричних залежностей. Останній з них і може власне бути реалізованим на базі нейронної мережі.

Принцип роботи нейронної мережі передбачає визначення результуючої функції залежно від сигналів, які мережа отримує ззовні. Кожний нейрон у мережі обробляє сигнали, які він періодично отримує, тобто діє як малопотужний процесор, та посилає іншим нейронам результуючі сигнали. Будучи з'єднаними в досить велику мережу з керованою взаємодією нейронів, такі локально прості процесори разом здатні виконувати досить складні завдання.

Однією з головних переваг нейронних мереж перед традиційними алгоритмами є можливість навчання. Технічно навчання полягає в знаходженні коефіцієнтів зв'язків між нейронами. У процесі навчання нейронна мережа здатна виявляти складні залежності між вхідними даними і вихідними, а також виконувати узагальнення. Це означає, що в разі успішного навчання мережа зможе повернути вірний результат на підставі даних, які були відсутні в навчальній вибірці, а також неповних або «зашумленних» даних.

Оскільки засоби нейронної мережі дають змогу встановити зв'язок між вхідними параметрами та вихідними результатами на основі минулого досвіду, з метою нормування праці метод визначення нормативного часу за допомогою нейронної мережі визначається як один з варіантів використання методу параметричних залежностей.

За методом параметричних залежностей нормативний час розраховується через певне раніше визначене значення часу для етапу процесу, хід якого описаний за допомогою параметрів впливу [1]. При цьому зазвичай розглядаються лінійні залежності із невеликою кількістю параметрів впливу. Розрахунок результуючої функції при збільшенні кількості вихідних параметрів, а також при необхідності отримати певний результуючий образ (тобто декілька узагальнених функцій в залежності від різних параметрів впливу) призводить до значного збільшення часу розрахунків та неефективності застосування методу. Нейронні ж мережі, які здійснюють розрахунки вихідних значень шляхом паралельної обробки різних варіантів сукупностей параметрів впливу із застосуванням потужної електронної бази, здатні вирішувати такі завдання. Це дозволяє застосовувати метод параметричних залежностей для визначення нормативних значень часу при великій кількості параметрів впливу та операцій, які здійснюються у різних умовах.

У процесі дослідження, проведеного на одному з вітчизняних підприємств приладобудування для складальних операцій різних модифікацій виробів, була проаналізована залежність часу, який затрачається на виконання операцій (прогнозована функція) від певних вхідних чинників (предикторів). З метою отримання даних для навчання нейронної мережі було проведено ряд спостережень, у ході яких були визначені значення часу залежно таких вхідних параметрів, як дані про структуру та вагу матеріалів, кількість комплектуючих, складність форми деталей, складність з'єднувальних рухів.

В якості таких даних візьмемо норми часу на складання електром'ясорубок різних моделей (табл. 1) та дані про структуру вартості матеріалів у ціні електром'ясорубки в розрізі окремих комплектуючих (табл. 2). Вибір змінних, здійснювався інтуїтивно на основі досвіду роботи в даній області, який дозволяє визначити, які змінні є важливими. Зокрема зупинимось на наступних предикторах: вага корпусу, вага піддону, вага шнека, потужність двигуна, наявність овочерізки, наявність соковитискача, вартість матеріалів.

Таблиця 1 – Норми часу на складання електром'ясорубки в розрізі окремих операцій, год./шт.

Операція	ЕМШ 190-1	ЕМШ 190-2	ЕМШ 190-3	ЕМШ 250	ЕМШ 450-1	ЕМШ 450-2	ЕМШ 450-3	ЕМШ 1000-1	ЕМШ 1000-3
Складання електроприводу:	*0,491*	*0,491*	*0,491*	*0,491*	*0,491*	*0,491*	*0,491*	*0,541*	*0,541*
Намотка якоря, запресування колектора	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,062	0,062
Намотка статора	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,058	0,058
Виготовлення статора	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,066	0,073	0,073
Виготовлення щитів	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,065	0,065
Балансування ротора	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,068	0,075	0,075
Складання двигуна	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,133	0,146	0,146
Обкатка-перевірка електроприводу	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,062	0,062
Загальне складання електром'ясорубки:	*0,573*	*0,584*	*0,585*	*0,573*	*0,573*	*0,584*	*0,585*	*0,660*	*0,672*
Складання приводу	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,267	0,347	0,347
Обкатка-перевірка приводу в зборі	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,058	0,058
Тамподрук	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,016	0,018	0,018
Прогін хомута, зачистка	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
Зачистка і лудження шнура	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Наклейка ярлика	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
Зачистка і прогонка шестерень	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
Запресування втулки	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Запресування ущільнення	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
Нанесення номеру, дати	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014	0,014
Упаковка	0,178	0,189	0,190	0,178	0,178	0,189	0,190	0,178	0,190
Разом час складання електром'ясорубки	1,064	1,075	1,076	1,064	1,064	1,075	1,076	1,201	1,213

Таблиця 2 – Структура вартості матеріалів у ціні електром'ясорубки в розрізі окремих комплектуючих, грн

Комплектуючі	ЕМШ 190-1	ЕМШ 190-2	ЕМШ 190-3	ЕМШ 250	ЕМШ 450-1	ЕМШ 450-2	ЕМШ 450-3	ЕМШ 1000-1	ЕМШ 1000-3
Корпус (кожух) (пластмаса)	5,9	5,9	5,9	8,6	11,1	11,1	11,1	12,3	12,3
вага	323 г	323 г	323 г	319 г	412 г	412 г	412 г	440 г	440 г
Піддон (пластмаса)	2,4	2,4	2,4	2,8	2,8	2,8	2,8	3,2	3,2
вага	130 г	130 г	130 г	155 г	155 г	155 г	155 г	168 г	168 г
Корпус шнека (алюміній)	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	5,9	5,9
вага	390 г	390 г	390 г	390 г	390 г	390 г	390 г	350 г	350 г
Двигун	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9	23,9	38,9	38,9
розмір, потужність	ПК-100	ПК-100	ПК-100	ПК-100	ПК-100	ПК-100	ПК-100	ПК-150	ПК-150
Насадка овочерізки	0	11,2	11,2	0	0	11,2	11,2	0	11,2
шт.	0	1 шт.	1 шт.	0	0	1 шт.	1 шт.	0	1 шт.
Насадка соковитискача	0	0	16,1	0	0	0	16,1	0	16,1
шт.	0	0	1 шт.	0	0	0	1 шт.	0	1 шт.
Редуктор в зборі	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	8,5	8,5
Комплектація (решітка, ніж)	15,2	15,2	15,2	15,2	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7
Упаковка	4,5	4,5	5,8	4,5	4,5	4,5	5,8	4,5	5,8
Разом вартість матеріалів	65,8	77,0	94,4	68,9	73,9	85,1	102,5	91,0	119,6

На основі обраного переліку предикторів і даних таблиць 1 та 2 була сформована таблиця вихідних даних для навчання нейронної мережі у системі STATISTICA Neural Networks, яка вміє сама дослідним шляхом відбирати корисні змінні (предиктори). Проте

спершу є сенс включити всі змінні, які, на нашу думку, можуть впливати на результат, – на подальших етапах можна скоротити цю множину. Навчання нейронних мереж і вибір їх архітектури в системі STATISTICA Neural Networks нами здійснювалась з використанням автоматичного конструктора мереж.

За допомогою інструменту «Майстер рішень» були побудовані та навчені по 35 моделей нейронних мереж кожного з типів, які можна застосувати при вирішенні задач регресії [2]. Критерієм відбору мережі для її збереження у пам'яті був вибраний баланс між її помилкою на контрольній вибірці і складністю. Згідно загальновизнаного правила з двох мереж з приблизно однаковою помилкою на контрольній вибірці вибирають простішу.

Детальні параметри кращих з побудованих нейронних мереж наведені на рис. 1. До них відносяться: архітектура мережі, продуктивність її навчання, контрольна і тестова продуктивність, помилка навчання, контрольна і тестова помилки, кількість входів мережі, а також кількість схованих елементів на 1-му і 2-му латентному шарах.

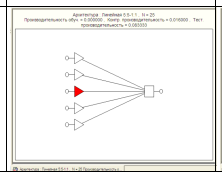
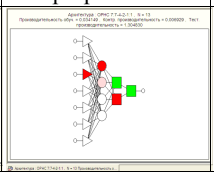
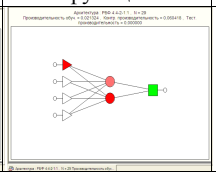
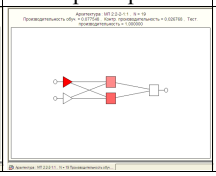
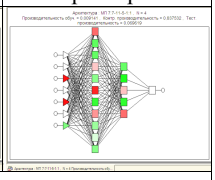
Назви моделей нейронних мереж	Лінійна		Узагальнено-регресійна		Радіальна базова функція		Трьохшаровий персептрон		Чотирьохшаровий персептрон	
Архітектура мережі										
Підсумкові описові статистики часу складання, год.										
– середнє даних	1,100889		1,100889		1,100889		1,100889		1,100889	
– ст. відхилення даних	0,057012		0,057012		0,057012		0,057012		0,057012	
– середня помилка	0,000428		0,000644		0,004504		-0,003592		0,003520	
– ст. відх. помилки	0,001664		0,001777		0,012392		0,005913		0,009099	
– середня абс. помилки	0,000873		0,001743		0,007394		0,006037		0,005329	
– відношення ст. відх.	0,029189		0,031173		0,217356		0,103708		0,159598	
– кореляція	0,999574		0,999575		0,976158		0,994864		0,988091	
Аналіз чутливості	Відношення	Ранг	Відношення	Ранг	Відношення	Ранг	Відношення	Ранг	Відношення	Ранг
Вага корпуса, г	1,632617	5	4,679228	4	-	-	-	-	1,004614	5
Вага піддону, г	1,704842	4	5,255182	3	-	-	-	-	1,371233	4
Вага шнека, г	11,116390	2	11,894230	1	1,839677	2	4,498976	1	3,583287	1
Потужність двигуна	22,170830	1	11,894230	2	1,839677	1	3,857044	2	1,908550	3
Овочерізка	4,088650	3	2,916576	5	1,097638	4	-	-	0,752314	7
Соковитискач	-	-	1,793590	6	-	-	-	-	0,753880	6
Вартість матеріалів, грн.	-	-	1,343243	7	1,257693	3	-	-	2,943844	2

Рисунок 1 – Параметри кращих побудованих моделей нейронних мереж

Висновки. Таким чином, згідно підсумкових описових статистик нейронних моделей представлених на рис. 1, можна стверджувати, що найкращою серед них є узагальнено-регресійна нейронна мережа, у якої відношення стандартного відхилення помилки прогнозу до стандартного відхилення навчальних даних складає 0,031173, що менше 0,1 та відношень, що забезпечують решту моделей, крім лінійної. Хоча в лінійної моделі це відношення має меншу величину, але якість кореляції результатів в неї (0,999574) є дещо нижчою, ніж в узагальнено-регресійної нейронної мережі (0,999575). Крім того, аналіз чутливості мереж до вхідних змінних показав, що узагальнено-регресійна нейронна мережа чутлива до всіх семи предикторів, а лінійна тільки до п'яти.

Список посилань.

1. REFA International [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.refa.de/international.

2. Сорочак О.З., Медведєв В.С. Застосування нейронних мереж для нормування операцій складального виробництва. // Сучасний інструментарій та галузеві особливості управління підприємствами України: монографія. За наук. ред. Н.І. Чухрай. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – С. 131-142.

УДК 674

РАЦІОНАЛЬНИЙ СПОСІБ СПУСКУ ДЕРЕВИНИ З ГІР

Кий А. В., Боратинський О. В., *Національний лісотехнічний університет України, Львів,*
Кононенко В. Ю., *Шацький лісовий коледж ім. В. В. Сулька, Шацьк, Україна*

Вступ. Відомо, що під час лісозаготівлі у гірських умовах, як в Україні так і за її межами, рекомендовано використовувати для спуску деревини із схилів канатні установки. Всіх їх об'єднує одна спільна риса – переміщення вантажу (пакету лісоматеріалів) за допомогою системи канатів. Тому роботі любої канатної установки передує виконання циклу підготовчих робіт, пов'язаних із монтажем канатної установки та її пуском.

В залежності від марки канатної установки, типу тривалість її монтажу, бригадою із 4-6 чоловік, коливається від 4 годин (мобільні канатні установки) до 130 годин (багатопролітні канатні установки стаціонарного типу). Тому для ефективності використання канатних установок необхідні відповідні об'єми робіт (кількість деревини, що буде трелюватися канатною установкою повинна покривати витрати на її експлуатацію). Якщо така умова не виконується то підприємство змушене застосовувати інші трелювальні засоби або відмовлятися від розроблення такої лісосіки. Другими словами канатні установки під силу підприємствам, що ведуть порівняно значні обсяги рубок та мають фінансово-економічну стабільність виробництва.

Виклад матеріалу. Для підприємств із малими обсягами лісозаготівель або ж тих, лісосировинна база яких розташована як в рівнинних так і в гірських умовах, доцільно використовувати для трелювальних робіт комбіновані трелювальні механізми, основною ознакою яких є те, що вони здатні працювати як в рівнинній так і в гірській місцевостях.

Дещо раніше, науковцями кафедри (на той час кафедра механізації лісорозробок) у співпраці з інженерами Велико-Бичківського лісокомбінату (об'єднання "Закарпатліс") було запропоновано та успішно впроваджено у виробництво раціональну пропозицію технології спуску деревини по схилу на базі гусеничного трелювального трактора ТДТ-55А. На барабан трелювальної лебідки намотують канат діаметром 10 мм. При такому діаметрі канату стаціонарний барабан дозволяє намотувати канат довжиною 400 м. Зворотній барабан, спеціальної конструкції, кріпиться до ведучої зірочки.

Принцип роботи установки наступний. Трактор під'їжджає до підніжжя схилу, з якого передбачається проводити спуск деревини, та закріпляється відтяжками. Знімається одна гусениця і до ведучої зірочки кріпиться барабан, на який намотується тягово-зворотній канат. Барабан обладнаний муфтою, яка дозволяє в холостому режимі вільно повертатися барабану. Із барабана розмотують канат, витягуючи його на лісосіку. Допоміжні блоки, в яких запасований тягово-зворотній канат, також встановлюють на лісосіці. Кінець тягово-зворотного канату зчіплюють із робочим канатом, який намотаний на лебідці трактора. Таким чином утворюється замкнута система канатів. Така установка працює на лісосіці необхідний час. Коли вся деревина із даної пасіки спущена до підніжжя схилу, змотують тягово-зворотний канат на барабан, відчіплюють його від ведучої зірочки трактора, встановлюють гусеницю, прибирають блоки і трактор готовий до трелювання деревини на верхній склад.

На основі аналізу звітних матеріалів підприємств встановлено, що основним недоліком такої системи є необхідність проведення, хоч і не значних об'ємів, підготовчих робіт.

З метою зменшення виконання підготовчих робіт було запропоновано розмістити зворотній барабан безпосередньо на тракторі, рис. 1.

Такий комбінований трелювальний механізм складається із базового трактора, на якому встановлена додатково гідравлічна лебідка, що кріпиться на спеціальному кронштейні, який встановлений на рамі спереду трактора.

Працює такий механізм наступним чином. Першопочатково необхідно встановити трактор у місці, де передбачається виконувати спуск деревини. При необхідності його закріплюють, щоб унеможливити самовільний рух. Барабан гідролебідки, на якому намотаний тягово-зворотній канат, повинен бути оснащений муфтою, що дозволяє в

холостому режимі вільно повертатися барабану. Із барабана розмотують канат, витягуючи його на лісосіку та запасовують в допоміжних блоках. З метою отримання замкнутої системи канатів, кінець тягово-зворотного канату єднають із робочим канатом, що намотаний на трелювальній лебідці трактора.

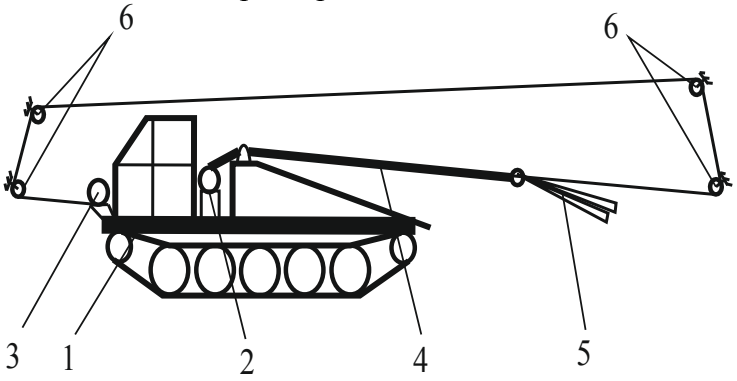


Рисунок 1 – Комбінований трелювальний механізм: 1 – базовий трактор; 2 – трелювальна лебідка; 3 – гідролебідка; 4 – тяговий канат; 5 – пакет деревини; 6 – допоміжні блоки.

Надалі механізм працює аналогічно, як і в першому випадку – спочатку деревина спускається до проміжного складу, а потім трелюється на верхній склад.

Висновки. Запропоноване вдосконалення трелювального трактора дозволить вирішити питання безпечного спуску деревини із гірських схилів підприємствам, яким економічно не вигідно купляти канатні установки із-за малих об'ємів робіт трелювальних робіт на крутих схилах.

Список посилань.

1. Кий А. В. Комбіновані канатно-трелювальні системи вдосконаленої конструкції для лісозаготівлі України / Кий А. В. // Наук. вісник НЛТУ України. Збірн. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.10. – С. 129-134.

2. Боратинський О. В. Линвові підвісні лісотранспортні системи – основа екологічної безпеки лісокористування у гірських умовах / О. В. Боратинський, В. М. Гобела, А. В. Кий // Міжнародна наукова інтернет-конференція "Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення" / Збірник тез доповідей: Вип. 30 (м. Тернопіль, 11 липня 2018 р.). – Тернопіль. – 2018. – С. 130-133. – ISSN 2522-932X.

УДК 620.179.18

НОВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НАСОСНО-КОМПРЕСОРНИХ ТРУБ ДЛЯ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ

к.т.н. ***Миндюк В.Д.,*** *Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ*

Вступ. Збільшення глибини нафтогазових свердловин, застосування нових технологій в бурінні та інтенсифікації видобутку, наявності агресивних середовищ за відсутності належного вхідного контролю труб на підприємствах галузі та нових засобів неруйнівного контролю для виявлення потенційних місць виникнення дефектів на мікроструктурному рівні зумовили значне збільшення число аварій ліфтових колон насосно-компресорних трубами. Удосконалення методів оцінки фактичного технічного стану матеріалу насосно-компресорних труб шляхом дослідження нових інформативних ознак є актуальним та важливим завданням

Виклад матеріалу. В процесі досліджень здійснювався пошук нового інформативного параметра для оцінки зміни структури матеріалу насосно-компресорних труб. Встановлено, що найбільш перспективними для вирішення поставленої задачі в промислових умовах є когерентні акустичні методи, в яких інформативним параметром (окрім амплітуди та часу проходження імпульсів) є фаза сигналу. Для технічної реалізації зазначених методів використовують дефектоскопи на фазованих ґратках, що дають можливість здійснити

інтегральну оцінку конструкції та оперативно візуалізувати внутрішню структуру контрольованого металу.

Для встановлення наявності і характеру взаємозв'язку між новим інформативним параметром ультразвукового контролю (S-сканом) і змінами в структурі матеріалу труб в процесі досліджень був відібраний прямокутний зразок конструкційної сталі марки 40Г розміром 400х300 мм та товщиною 18,7 мм. Для отримання S-сканів застосовували дефектоскоп SIUI CTS-602 з перетворювачем 5.0L-64-1.0-10 та перехідною призмою 64N00L-40. УЗ-сканування проводились звуковими коливаннями частотою 5 МГц при куті введення променя 0° з активною апертурою 14 та підсиленням 30 дБ. В результаті відображення, заломлення і трансформації пройдених та відбитих акустичних хвиль на межах зерен чи груп структурних неоднорідностей з відмінними значеннями акустичного опору структурні неоднорідності на екрані дефектоскопа відображалися у вигляді світліших і темніших зон. Інтенсивність яскравості та кольору цих зон змінювалася від чорного до яскраво-червоного кольору і пропорційна амплітуді відбитих акустичних коливань. На рисунку 1 зображення структурних неоднорідностей виділені додатково білою кривою.

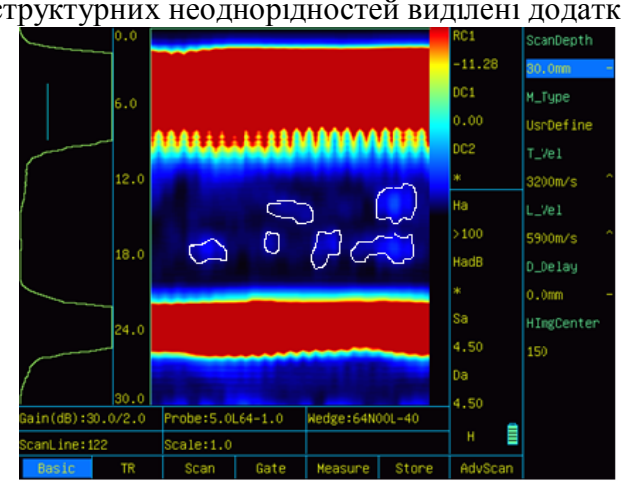


Рисунок 1 - Акустичне зображення тіла труби з структурними неоднорідностями металу

В процесі аналізу отриманих акустичних зображень в якості показника структурних неоднорідностей обрано показник інтегральної густини зображення, який за своєю фізичною суттю відображає значення амплітуди (енергії) відбитих від неоднорідностей акустичних коливань. Для визначення показника інтегральної густини отримане за допомогою дефектоскопа з УЗФҐ зображення опрацьовано в програмному середовищі Image Processing Toolbox MatLab, яке конвертує графічні зображення в матрицю чисел, де кожне число відповідає градієнту кольору кожного пікселя - кожному пікселю зображення присвоюється число, що залежить від його кольору.

Із зон досліджуваного зразка, де були виявлені структурні неоднорідності металу, вирізано фрагменти металу для подальшого виготовлення 18-ти стандартних зразків для досліджень на розтяг відповідно до ГОСТ 1497-84 «Метали. Методи випробувань на розтяг» і визначення дійсних значень фізико-механічних характеристик.

Для встановлення наявності та характеру зв'язку між отриманими значеннями інтегральної густини зображення та визначеними фізико-механічними параметрами досліджуваного металу в зонах структурних неоднорідностей проведено попарний кореляційний аналіз результатів їх спостережень. В ході опрацювання результатів було встановлено хорошу кореляцію між інтегральною густиною зображення та твердістю і границею плинності, тому саме їх і запропоновано використовувати в якості основних показників для подальших досліджень.

Для опосередкованого визначення границі плинності запропоновано взяти за основу існуючу методику визначення її за твердістю: $\sigma_t = 0{,}2 \cdot HB$, і модернізувати її. Оскільки показник інтегральної густини представляється вперше і прийнятих методик з його використанням не існує, то за основу взято параметр твердості. За допомогою методів

математичного моделювання та графічного аналізу отриманих експериментальних даних побудовано регресійну модель залежності границі плинності від інтегральної густини та твердості:

$$\sigma_t = a_0 + a_1 \cdot HB + a_2 \cdot Ro + a_3 \cdot HB^2 + a_4 \cdot HB \cdot Ro, \quad (1)$$

де a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 - коефіцієнти регресії, які мають значеня: $a_0=13890$; $a_1=-123,1$; $a_2=11,64$; $a_3= 0.2835$; $a_4= -0.09933$.

Отримане рівняння дало можливість опосередковано визначати границю плинності металу насосно-компресорних труб за виміряними значеннями твердості та інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів, що дозволило удосконалити технологію оцінки технічного стану насосно-компресорних труб. Визначення границі плинності запропонованим методом дозволяє отримувати результати з вищою точністю на відміну від твердометрії, оскільки запропонований новий параметр контролю залежить від переважаючої фазової складової мікроструктури.

Висновки. Результати досліджень щодо вибору і застосування нового параметру контролю технічного стану металу насосно-компресорних труб лягли в основу розроблення технології оцінки їх технічного стану на основі удосконаленого методу визначення границі плинності металу за дійсними значеннями твердості та інтегральної густини зображень акустичних структурних шумів.

УДК 630*3

СПОСІБ ТРЕЛЮВАННЯ КРУПНОМІРНИХ СОРТИМЕНТІВ ПІД ЧАС ГІРСЬКОЇ ЛІСОЗАГОТІВЛІ

к.т.н. ***Кий В. В.****, к.т.н.* ***Каратник І. Р.****, к.т.н.* ***Цимбалюк Ю. І.****, Національний лісотехнічний університет України, Львів, Україна*

Вступ. Одна із особливостей лісосировинної бази України полягає в тому, що експлуатаційні деревостани розміщені в різних рельєфних умовах: гори, рівнини, болотиста місцевість, тощо. Це вимагає в кожному випадку своїх індивідуальних технологічних підходів до ведення лісозаготівельних робіт та рубок системи лісогосподарських заходів. Зокрема відомо, що під час виконання таких робіт у гірській місцевості трудовитрати зростають на 20 % у порівнянні з аналогічними роботами на рівнинах [1, 2]. Необхідно відзначити також і те, що виконання операцій під час лісозаготівлі у горах наносить природному довкіллю також і значно більшої шкоди, особливо на операціях транспортування деревини до місця розміщення верхнього складу (до підніжжя схилу у горах). Це пояснюється тим, що порушення цілісності верхнього ґрунтового шару переміщеннями схилом сортиментів, стовбурів чи дерев надалі призводить до значної водної ерозії на схилах (руйнування переважно дощовими потоками та водами від танення снігу).

Виклад матеріалу. Для зменшення негативних наслідків лісозаготівельних робіт на гірських лісосіках рекомендується організовувати такі роботи з використанням підвісних канатно-трелювальних систем, яких лісовим підприємствам України гірських регіонів дуже не вистачає.

Проблема трелювання деревини в гірських умовах ще більше поглиблюється, якщо доводиться розробляти гірські лісосіки із крупномірними насадженнями, особливо з переважанням твердолистяних цінних порід, наприклад бука.

На сьогоднішній день для трелювання деревини під час розробляння гірських лісосік на практиці застосовують два варіанти технологічного процесу:

- після звалювання дерев та зрізування гілок з стовбурів, у випадку значних їх розмірних та вагових параметрів, з них утворюють дров'яні сортименти, які надалі забирають доступними підприємству трелювально-транспортними агрегатами; іноді колоди значного діаметру розколюють на поліна ручними засобами і надалі відвантажують для транспортування;

- у випадку заготівлі деревини цінних порід (бук, ясень тощо) та високої сортності, з стовбурів утворюють сортименти певної довжини і трелюють за допомогою трактора; при цьому трактор встановлюють на безпечному місці, а збірний трос його лебідки видовжують до сортиментів на пасіці за допомогою додаткових причіпних тросів і, поступово стягують їх збірним тросом схилом до визначеного місця, де їх можна забрати трелювальним трактором.

Треба вказати, що деревостанів із крупномірними деревами заготівлі є мало, тому на даний час відсутні ґрунтовні наукові дослідження технологічних процесів розробляння гірських лісосік у крупномірних насадженнях.

Одним з перспективних, для технологічних процесів розробляння гірських лісосік, обґрунтовано спосіб трелювання крупномірних сортиментів, який реалізується застосуванням вантажного візка, що приводяться в рух за допомогою лебідки з канатоведучим шківом спеціальної конструкції, рис. 1.

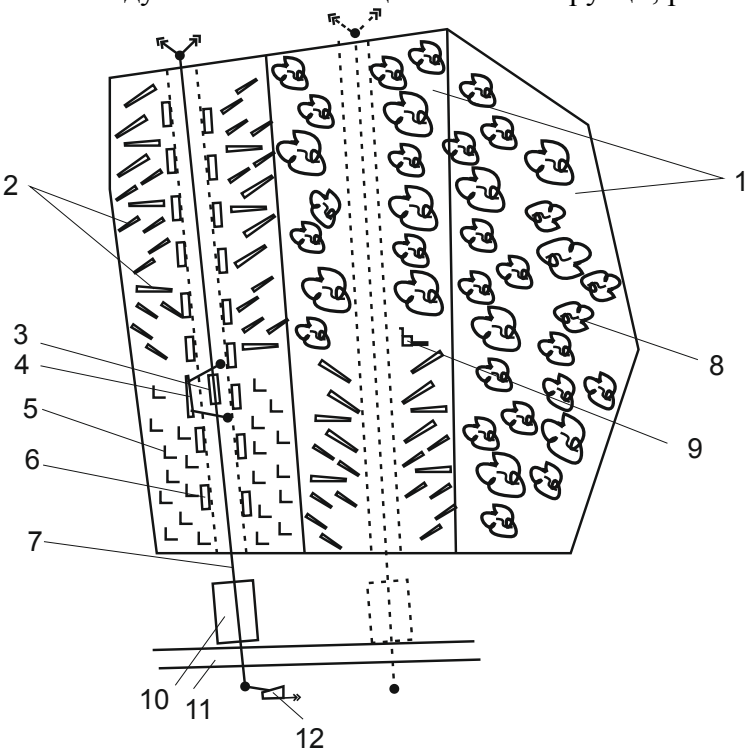


Рисунок 1 – Схема розробляння пасік лісосіки у крупномірному деревостані: 1 – пасіка; 2 – сортименти; 3 – вантажний візок; 4 – ділянка завантаження візка колодами; 5 – зруб пасіки; 6 – проміжні склади; 7 – привідна лебідка; 8 – деревостан на ділянці; 9 – ділянка звалювання дерев; 10 – верхній склад; 11 – автодорога; 12 – привідна лебідка візка.

Звалювання крупномірних дерев необхідно виконувати бензиномоторною пилкою з подовженою (не менше 90 см) шиною та з використанням спеціальних засобів для направленого звалювання дерев. З метою уникнення самовільних спусків звалених дерев на стрімкому схилі доцільно застосувати стримувальні чокери [3], особлива конструкція яких запропонована науковцями НЛТУ України.

Після звалювання дерев виконується зрізування гілок з стовбурів, наприклад бензиномоторною пилкою, якою також виконується раціональне утворення сортиментів з них. Надалі готові сортименти необхідно зосередити на проміжні склади, що може виконуватися, наприклад переносною мотолебідкою. Такі склади необхідно влаштовувати вздовж траси тягово-зворотного канату, який забезпечує переміщення технологічним коридором пасіки вантажний візок для сортиментів.

Переносною мотолебідкою колоди затягують на вантажний візок, який сконструйовано з розширеною колісною базою, що забезпечує йому стійкість під час спуску з вантажем чи під час піднімання технологічним коридором пасіки до проміжних складів завантаження лісоматеріалами.

Для човникового переміщення вантажного візка застосовується лебідка, оснащена канатоведучим шківом. Переміщення вантажного двохосьового чотирьох колісного візка відбувається приводом від рухомого каната, який проведений від лебідки, що встановлена нерухомо у підніжжі технологічного коридора, через обвідний блок, влаштований у верхній частині технологічного коридора на схилі, та закріплений на вантажному візку. Інша вітка

каната, спрямована з канатоведучого шківа лебідки, закріплюється на вантажному візку як тягова (для руху вниз схилом). Вказане проведення тягово-зворотного каната лебідки межами технологічного коридору пасіки, який і є шляхом переміщення ватажного візка, забезпечує гальмування завантаженого візка під час руху вниз схилом і здійснює переміщення порожнякового вантажного візка до місць завантаження лісоматеріалами. Конструкція вантажного візка також передбачає поворотну його передню вісь - для спрямовування переміщення у завантаженому стані.

Висновки. Спосіб трелювання крупномірних сортиментів привідним вантажним візком з переносними мотолебідками дозволить суттєво знизити шкідливий вплив лісосічного процесу на довкілля та ефективно реалізувати операції трелювання гірських лісорозробок.

Список посилань.

1. Правила рубок головного користування в гірських лісах Карпат. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 22 жовтня 2008 р. № 929. Урядовий портал. м. Київ. Режим доступу: https://www.kmu.gov.ua/npas/166215499.

2. Особливості технологічного освоєння гірських лісів / І. П. Тереля, В. В. Кий, А. В. Кий // Науковий вісник. Вип. 17.1; НЛТУ України. – Львів, 2007. – С. 62-68.

УДК 699.87

КОМПОЗИЦІЙНИЙ БЕТОН ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

к.т.н. ***Лемешев М.С.****, Академія технічних наук України, Вінниця,* ***Лемішко К.К.****, Вінницький національний технічний університет, Україна*

Вступ. Для забезпечення нормованих експлуатаційних параметрів будівлі одночасно з підвищенням теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій актуальною є проблема зменшення рівнів електромагнітного забруднення приміщень. Результати досліджень негативного впливу електромагнітного випромінювання на людину підтверджують необхідність розробки і реалізації спеціальних заходів для захисту від такого антропогенного фактору.

Виклад матеріалу. Аналіз рівнів електромагнітних забруднень у великих містах і промислових центрах показав, що середній рівень шкідливих впливів антропогенного фактору, створений штучними джерелами випромінювання, може перевищувати природний рівень в сотні і тисячі разів. В розвинених зарубіжних країнах, зокрема в США більше половини населення крупних міст протягом тривалого періоду піддається шкідливим впливам електромагнітного випромінювання з рівнями, які перевищують 5 мкВт/см^2 і є надзвичайно шкідливими для здоров'я людини [1-2].

В існуючій будівельній практиці для реалізації комплексних рішень по підвищенню теплозахисних характеристик огороджувальних конструкцій значну популярність здобули конструкційно-теплоізоляційні матеріали – ніздрюваті бетони.

Технологічні параметри виготовлення бетонів ніздрюватої структури передбачають використання традиційних мінеральних в'яжучих (портландцемент), добавок і заповнювачів (природні та техногенного походження). Можливість отримання композиційного матеріалу, здатного підвищувати теплоізолювальні характеристики огороджувальних конструкцій будівель і одночасно зменшувати рівень шкідливих впливів на людину ЕМВ, реалізувалась під час використання у складі формувальних сумішей дрібнодисперсного металевого заповнювача[3-4]. Завдяки використанню у складі сировинних сумішей дрібнозернистого бетону металевих порошків (відходи металообробних виробництв) був отриманий новий різновид бетонів на основі мінеральних в'яжучих – бетел-м .

З точки зору екранування потоків шкідливих випромінювань в поризованій структурі металонаповненого дрібнозернистого бетону, проводились теоретичні дослідження наявних технологій виготовлення захисних покриттів і спеціальних матеріалів для влаштування радіопоглинальних екранів. Так за результатами досліджень було висунуто обґрунтування,

що у фізичному сенсі дрібнозернистий радіозахисний металонасичений бетон ніздрюватої структури може бути представлений як гетерогенна система до складу якої входять різні компоненти, з відмінними між собою властивостями (фізичними, механічними і електрофізичними).

Композиційна матриця поризованої структури, отримана із затверділого в'яжучого включає хаотично орієнтовані компоненти металевого порошку і кремнеземистого заповнювача. Мінеральний заповнювач і металевий порошок приймають активну участь в процесі утворення структури метало-цементної композицій, що виражається в зміні кінетики значень пластичної міцності, і в подальшому відображається на фізико-механічних і радіозахисних властивостях матеріалу [5].

Аналізуючи отримані результати досліджень [6-8] поліфункціональних властивостей дрібнозернистих бетонів можна стверджувати про доцільність використання композиційного матеріалу для виготовлення конструкцій зовнішнього оздоблювально-ізолювального покриття будівель. Ніздрюватий бетон характеризується порівняно низьким коефіцієнтом відбиття котрий не перевищує 17% в діапазоні частот 4-30ГГц, і досить високими показниками поглинання ЕМВ, що характерно для радіопоглинаючих матеріалів. Теплозахисні характеристики виробів, виготовлених з ніздрюватого металонаповненого бетону забезпечуються наявністю в структурі матеріалу великої кількості пор (діапазон пористості на мікрорівні може складати 47-88 %,) і використанням у складі сумішей високотеплоінерційного компоненту [9-10].

Висновки. Наявність поризованої структури масиву будівельних виробів забезпечує теплоізолювальну здатність конструкцій огороджувальних елементів будівель. В результаті утворення ніздрюватої структури формувального масиву з дисперснонаповненою металонасиченою матрицею на основі мінерального в'яжучого з використанням заповнювачів, яким притаманні діелектричні і струмопровідні властивості, отримано будівельний матеріал здатний забезпечити теплоізолювальні і радіопоглинальні властивості огороджувальних конструкцій будівлі. Реалізація заходів по тепломодернізації конструкцій будівель з використання нового різновиду ніздрюватих бетонів забезпечить покращення комфортних умов всередині приміщень і дозволить одночасно вирішувати важливі екологічні проблеми.

Список посилань.

1. Терещенко О.П. Вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля / О. П. Терещенко // Modern engineering and innovative technologies. – Karlsruhe, Germany : Sergeieva & Co, 2019. – Iss. № 6, part 1. – P. 9-13.

2. Сердюк В.Р. Строительные материалы и изделия для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев. // Строительные материалы и изделия. – 2005. – №4. – С. 8-12.

3. Лемешев М. С. Радиоэкранирующие композиционные материалы с использованием отходов металлообработки / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Инновационное развитие территорий : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., 25–27 февраля 2014 г. – Череповец : ЧГУ, 2014. – С. 63-65.

4. Сердюк В.Р. Ніздрюватий бетон полі функціонального призначення / В. Р.Сердюк, О. В. Христич, П.В. Постовий // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №2(15), С. 18-22.

5. Сердюк В.Р. Комплексне в'яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М.С., Христич О.В. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.

6. Лемешев М. С. Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Науковий журнал „Вісник Сумського національного аграрного університету". Серія: будівництво. – Суми : СумНАУ. 2014. – вип. 8 (18). – С. 130–145.

7. Христич О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізувального випромінювання / О.В. Христич, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
8. Лемешев М. С. Электротехнические материалы для защиты от электромагнитного загрязнения окружающей среды / М. С. Лемешев, А. В. Христич // Инновационное развитие территорий : Материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. (26 февраля 2016 г.). – Череповец : ЧГУ, 2016. – С. 78-83.
9. Сердюк В. Р. Золоцементне в'яжуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В.Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2011. – № 1. – С. 57-61.
10. Сердюк, В.Р. Технологічні особливості формування металонасичених бетонів для виготовлення радіозахисних екранів / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2007. – № 4. – С. 58-65.

УДК 622.28.04:622.268.2

КОНСТРУКЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КОМБІНОВАНОГО КРІПЛЕННЯ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК ШАХТ У СКЛАДНИХ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВАХ

к.т.н. ***Прокудін О.З.****, д.т.н.* ***Солодянкін О.В.****, Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", Дніпро, Україна*

Вступ. Незважаючи на зростання ролі відновлюваних джерел енергії вугілля в Україні ще довго буде зберігати своє домінування. Головними факторами тут є розвинена база гірничодобувної галузі й величезні запаси вугілля, яких вистачить ще на сотні років.

Лідером з видобутку газових марок вугілля в Україні є ПрАТ «ДТЕК Павлоградвугілля» (Західний Донбас). Подальший розвиток гірничих робіт в Західному Донбасі пов'язаний в першу чергу зі збільшенням глибини розробки, що ставить питання стійкості капітальних виробок і зниження витрат на їх підтримання як особливо актуальних.

Тривалий час для забезпечення стійкості капітальних виробок у складних умовах шахт Західного Донбасу вважалося надійним кріплення з тампонажем закріпного простору. Однак зараз при спорудженні таких виробок ефективність тампонажу істотно знизилася, що обумовлено низкою причин. Для підвищення стійкості капітальних виробок у сучасних умовах експлуатації шахт Західного Донбасу необхідним є визначення раціональних параметрів технології зведення і конструкції комбінованого кріплення з тампонажем закріпного простору.

Виклад основного матеріалу. Комплекс шахтних досліджень включав візуальне обстеження виробок та інструментальні вимірювання на реперних станціях. Об'єктами досліджень обрані протяжні виробки шахти ім. Героїв космосу «ДТЕК Павлоградвугілля». За результатами досліджень встановлено факт підвищення інтенсивності деформацій навколо виробок, що проводяться в умовах діючого горизонту, що призвело для шахти імені Героїв космосу за останні 30 років до зростання зміщення контуру виробок в 1,32 рази і зменшення протяжності активного періоду деформування приконтурних порід в 2...2,5 рази. Зона активних зміщень порід масиву знаходиться в межах 15-20 м від вибою виробки. Тампонаж на цьому етапі вже виконується із запізненням і його ефективність низька [1].

Деформації і поломка залізобетонної затяжки призводять вже на стадії проведення виробок до необхідності виконання ремонтних робіт. Здимання порід підошви помітно вже на відстані 60-70 м від вибою виробки, і на відстані близько 200 м проводиться їх підривання [2].

Встановлено, що зміщення контуру виробок, які проводяться в слабких породах шахти, мають експонентну залежність від відстані до вибою:

$$U_1 = a \cdot (1 - e^{bL}), \quad (1)$$

де U – зміщення порід підошви, L – відстань до вибою; a, b – коефіцієнти апроксимації.

Враховуючи складні умови експлуатації виробок, перспективним напрямом вважалось

використання анкерного кріплення, впровадження якого на шахтах Західного Донбасу (крім шахти імені Героїв космосу) почалося з 2006 р. Досвід застосування цього кріплення позитивний, проте обстеження виробок виявило низку недоліків: низька якість установки анкерів; недостатня їх несуча здатність; «обігравання» через поступове зниження міцності порід.

Причиною інтенсифікації деформаційних процесів навколо виробок, на наш погляд, є комплекс факторів гірничотехнічних (збільшення площі перетину виробок) і геомеханічних (підвищення техногенного впливу відпрацьованих та діючих лав, зокрема від підвищення швидкості посування очисних вибоїв, ступеня порізаності масиву і т.п.).

Серед гірничотехнічних факторів найбільшою мірою змінилася площа поперечного перетину виробки: від значення $S_{св}$ = 12,7 м^2 в 1980-і роки до $S_{св}$ = 17,7 м^2 на сучасному етапі. На основі відомих рекомендацій (Фісенко Г.Л., Рева В.М.) отримано значення коефіцієнта k_s = 1,175, що дозволяє врахувати вплив площі перетину виробки на величину зміщення її контуру, але не в повній мірі пояснює встановлену різницю зміщень.

Визначити ступінь впливу кожного з геомеханічних факторів у зміщення контуру виробки важко. Доцільним є врахування ступеню інтенсифікації коефіцієнтом інтенсивності деформацій k_i, який необхідно додати до відомого комплексного показника умов розробки θ:

$$\theta = \frac{R_c k_c}{\gamma H} k_i, \qquad (2)$$

де R_c – межа міцності порід на стиск k_c – коефіцієнт структурного послаблення; γ – об'ємна вага порід; H – глибина розробки.

Для умов Західного Донбасу отримано значення k_i = 0,66, що дозволяє оцінити сучасний геотехнічний стан породного масиву через техногенну порушеність і сумарний вплив гірничих робіт на виробки експлуатаційного горизонту. Показник умов розробки для шахти ім. Героїв космосу на сучасному етапі дорівнюватиме θ = 0,41 (розрахований без урахування k_i θ = 0,62), що доводить ступінь складності умов роботи комплексу виробок і дозволяє більш обґрунтовано підійти до вибору ефективних рішень для забезпечення надійної і безпечної їх експлуатації.

З урахуванням особливостей деформування масиву порід навколо виробок в умовах шахт Західного Донбасу була розроблена чисельна модель із застосуванням програми «*Phase-2*» компанії *Rocscience* [3]. Чисельні дослідження виявили закономірності деформування приконтурних порід в залежності від параметрів кріплення з тампонажем і анкерами.

Виконані дослідження дозволили встановити, що стійкість капітальних виробок, що проходять в слабких породах, забезпечується застосуванням комбінованого кріплення на базі металевого арочного, встановленням в забої не менше 5 анкерів для стабілізації деформаційних процесів і своєчасним проведенням тампонажу закріпного простору зі створенням додаткового несучого шару товщиною 150-250 мм, що дозволяє в 1,5-2 рази знизити зміщення підошви і в 2 рази збільшити крок рамного кріплення. Застосування тампонажу з формуванням міцного тампонажного шару є обов'язковим, що зберігає природну міцність приконтурних порід [4].

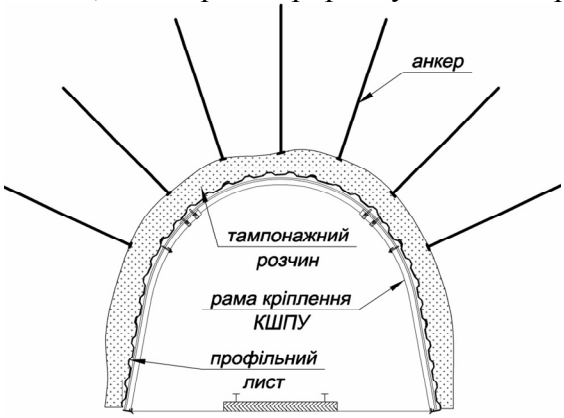


Рисунок 1 – Загальний вигляд конструкції комбінованого кріплення з профнастилом

Для подальшого вдосконалення кріплення замість залізобетонної затяжки, яка має низьку міцність, високу вартість і трудомісткість установки, й, по суті, виконує функції опалубки, може бути використаний більш технологічний і менш дорогий матеріал – профнастил (рис. 1).

Запропоновані конструкції кріплення та технологія її зведення впроваджені при спорудженні капітальних виробок шахті імені Героїв космосу і показили свою високу ефективність.

Висновки. Перехід від кріплення зі зворотним склепінням, що зазвичай використовували у складних умовах, на запропоноване комбіноване, дозволив знизити вартість проведення 1 м капітальної виробки на 6 153 грн./м. Очікуваний економічний ефект від використання профнастилу замість залізобетонної затяжки – 98 грн./м.

Список посилань.

1. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Смирнов А.В. Пучение пород почвы в выработках угольных шахт: Монография. – Дніпропетровськ: ЛізуновПрес, 2015. – 256 с.
2. Солодянкин А.В., Выгодин М.А., Прокудин А.З. Шахтные исследования процессов при проведении выработок в условиях шахты Героев космоса // Розробка родовищ. – 2015. – С. 349-354.
3. А.Н. Шашенко, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин Методика решения задачи об устойчивости выработки с комбинированной крепью АСН-А // Вісник КНУ. – 2015. – Вип. 39. – С. 24-29.
4. Исследование влияния параметров упрочненного слоя закрепного пространства выработок на смещения контура / А.В. Солодянкин, М.А. Выгодин, К.В. Кравченко, А.З. Прокудин // Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – 2018. – №2 – С. 99-109.

УДК 621.742

ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФАТІВ НАТРІЮ У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

к.т.н. ***Лютий Р.В.****,* ***Тишковець М.В.****, к.т.н.* ***Люта Д.В.****, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна*

Вступ. Постійне використання синтетичних мийних засобів загрожує екологічною кризою. Триполіфосфат натрію (ТПФН), який входить до складу більшості пральних порошків і засобів для посудомийних машин на нашому ринку, потрапляючи у водойми, діє як добриво. Це призводить до бурхливого розквіту, а потім – до старіння озер, річок і морів [1, 2].

ТПФН при пранні зменшує жорсткість води і покращує мийну дію порошку. Проте має здатність проходити крізь найсучасніші очисні системи і потрапляти у відкриті водойми. Крім значного забруднення прісних водойм, щорічно тисячі тонн ТПФН потрапляють в моря [3].

Вчені підрахували: один грам фосфатної сполуки, яка міститься у пральному порошку, викликає зростання 5...10 кг ціанобактерій, у результаті чого зменшується вміст кисню у воді, утворюються токсичні речовини, що призводить до масової загибелі гідрофауни. Прісна вода стає непридатною для пиття і небезпечною для життя [4].

В ЄС прийнято цілу низку законодавчих актів з питань зменшення негативного впливу мийних засобів на здоров'я людини і навколишнє середовище. Екологічно стурбовані Австрія, Німеччина, Італія, Нідерланди, Норвегія, Швейцарія просто заборонили використання фосфатів у своїх пральних порошках. В інших європейських країнах діють певні обмеження у цій сфері: наприклад, у Данії 54% мийних засобів не містять фосфатів, а в Бельгії – більше 80%. У Японії фосфати з порошків зникли ще в середині 1980-х. Закони про заборону фосфатів у прально-мийних засобах діють у Кореї, Гонконзі, Таїланді, ПАР і кожному третьому штаті США [1].

Виклад матеріалу. Вказана екологічна проблема викликає необхідність пошуку нової галузі використання фосфатів натрію. Справа у тому, що вони є побічними продуктами синтезу фосфорних кислот, мінеральних добрив тощо. Тому після вилучення із мийних

засобів обсяги виробництва фосфатів відчутно не зменшаться. Отже, необхідно знайти їм застосування у технічній галузі, яка потребує значної кількості матеріалів.

У ливарному виробництві фосфати натрію, у першу чергу ТПФН, мають обмежене використання. Їх застосовують як технологічну добавку під час приготування піщано-глинястих сумішей. Позитивна дія полягає у зменшенні в'язкості глинястої суспензії і покращенні адгезійних зв'язків з вогнетривким наповнювачем. Також відомо використання натрієвих солей, у тому числі фосфатів, для активації (підвищення зв'язувальної здатності) бентонітових глин [5].

Додавання ТПФН до стрижневої суміші на основі рідкого скла частково усуває її основний недолік: знижує роботу вибивання стрижнів із виливків.

Найбільше поширення триполіфосфат натрію здобув як матеріал для протипригарних фарб і покриттів, які забезпечують виготовлення виливків із залізовуглецевих сплавів із чистою поверхнею. При цьому вказаний фосфат використовують не тільки як протипригарну добавку, а як зв'язувальний компонент для покриття [6].

В усіх наведених прикладах кількість використаного ТПФН становить десяті або соті долі відсотка від маси ливарної форми, тобто загальний обсяг його запровадження у ливарній технології дуже малий порівняно із кількістю, яка потрапляє у вигляді відходів в екосистему.

Враховуючи зв'язувальний потенціал фосфатів натрію, ми провели експериментальні та практичні дослідження з метою встановлення можливості їх використання як зв'язувальних компонентів для виготовлення ливарних стрижнів. Загальна маса стрижнів складає від 100 до 500 кг на 1 тонну виливків, а вміст зв'язувального компонента у стрижневій суміші, як правило, у межах 2…5 %. Отже, є перспектива значного збільшення використання фосфатів натрію у ливарному виробництві.

Установлено, що суміші із ТПФН як зв'язувальним компонентом не є самотвердними, на відміну від протипригарних покриттів. Це пояснюється тим, що їх зміцнення відбувається за рахунок видалення вологи. Цей процес у шарі покриття товщиною до 1 мм завершується за 1…2 год, а в об'ємному ливарному стрижні, товщина якого може становити сотні міліметрів, процес розтягується на декілька днів або тижнів. Для забезпечення зміцнення ливарних стрижнів необхідне нагрівання до 150 °С тривалістю від 30 хвилин до 3 годин, залежно від розмірів стрижня. Міцність при стисканні зразків суміші із 5% ТПФН не перевищує 1,5 МПа, що вважається недостатнім показником. Збільшувати вміст ТПФН недоцільно, тому що це призведе до ускладнення вибивання стрижнів із внутрішніх порожнин виливків.

На основі триполіфосфату натрію нами створено високоміцний зв'язувальний компонент. Для його синтезу використано білий кристалічний ТПФН і концентровану (85%) ортофосфорну кислоту. У результаті хімічної взаємодії між ними, яка починається вже при незначному нагріванні понад 100 °С, утворюється двозаміщений пірофосфат натрію, який має значно кращу адгезію до вогнетривкого наповнювача стрижневої суміші і забезпечує значне зростання її міцності. При вмісті 3,0…3,5% синтезованого фосфату натрію міцність суміші при стисканні не менше 3,0 МПа.

Також проведено дослідження щодо застосування ТПФН та синтезованого фосфату натрію як технологічних добавок у піщано-глинястих сумішах для виготовлення ливарних форм по-сирому та по-сухому. Показано позитивний вплив цих добавок у кількості 0,5…1,5% на загальну і поверхневу міцність та ряд технологічних властивостей сумішей, які зменшують трудомісткість процесу виготовлення форм. Особливо значний вплив мають добавки фосфатів на міцність сумішей у сухому стані. Враховуючи, що витрата формувальної суміші на 1 тонну литва складає від 4 до 12 тонн, це можна розглядати як додатковий резерв застосування фосфатів натрію у ливарному виробництві.

Крім розглянутих вище матеріалів, поширеним і також екологічно несприятливим є гексаметафосфат натрію. Його використання у технологіях виготовлення ливарних форм або стрижнів поки що невідоме. Оскільки цей матеріал за хімічною природою є близьким до вже вивчених фосфатів натрію, його також можна розглядати як перспективний у майбутньому зв'язувальний компонент для технологій литва.

Висновки. Показано, що альтернативною галуззю застосування полімерних фосфатів натрію може стати ливарне виробництво, зокрема суміші для форм і стрижнів. Використання триполіфосфату натрію, модифікованого за спеціальною технологією, як зв'язувального компонента, забезпечує високу міцність стрижневих сумішей та належну якість виливків із залізовуглецевих сплавів.

Список посилань.

1. Україна і фосфати що нас вбивають: [Електронний ресурс] – Режим доступу до сайту: http://ecolog-ua.com/news/ukrayina-i-fosfaty-shcho-nas-vbyvaye.
2. Крижановський Є.М. Дослідження тенденцій використання фосфатних миючих засобів [Електронний ресурс] / [Крижановський Є.М., Гурко О.В., Жак А.В.] // Збірник наукових статей "ІІІ-го Всеукраїнського з'їзду екологів з міжнародною участю". – Вінниця, 2011. – Том.1. – С.216–219.
3. Екологічна культура: навчальний посібник. / В. І. Дубовий, О. В. Дубовий. – Херсон: Грінь Д.С., 2016. – 256 с.
4. Почапський В.Є., Осипенко С.О. Дослідження впливу фосфатів синтетичних миючих засобів на процеси евтрофікації // Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної конференції «Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку». – Полтава, 2019, – С. 90-94.
5. Болдин А.Н., Давыдов Н.И., Жуковский С.С. и др. Литейные формовочные материалы. Формовочные, стержневые смеси и покрытия. – М.: Машиностроение, 2006. – 507 с.
6. Дорошенко С.П. Формувальні суміші. – К.: ІЗМН, 1997. – 140 с.

УДК 691 + 699.88

БЕТОНИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

к.т.н. ***Лемешев М. С.****, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Серед сучасного різноманіття шкідливих антропогенних факторів, які забруднюють навколишнє середовище, особливу увагу привертають - електромагнітні забруднення. Небезпека поширення негативних впливів електромагнітних полів на навколишнє середовище пояснюється стрімкою динамікою розвитку і використання сучасних електронних технологій і радіоелектронних систем, які є надбанням економічно-розвинених держав а також диктуються комунікаційними потребами суспільства.

Виклад матеріалу. Для захисту біологічних об'єктів від шкідливого впливу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) в радіочастотному діапазоні використовують екрануючі і радіопоглинаючі матеріали. Найбільшого поширення використання набули струмопровідні матеріали (металеві листи і сітки). Однак екранування такими матеріалами біологічних і технічних об'єктів викликає ряд проблем, пов'язаних з погіршенням здоров'я людини і якості функціонування радіоелектронних засобів [1].

Світовий досвід захисту навколишнього середовища від шкідливих впливів ЕМВ показує, що для створення бар'єрних екранів використовуються спеціальні матеріали (радіозахисні бетони, кераміку), які більш прийнятні для біологічного захисту з гігієнічної точки зору. Такі матеріали відносять до класу композиційних матеріалів [2].

Науковцями Вінницького національного технічного університету активно проводяться прикладні дослідження по створенню нових матеріалів спеціального призначення. Одним з таких композиційних матеріалів і є дрібнозернистий бетон з металевим заповнювачем.

Дрібнозернистий металонасичений бетон (бетел-м) можна віднести до класу напівпровідних композиційних матеріалів. Завдяки наявності фізико-хімічного контакту між структуроутворюючими частинками мінерального в'яжучого і частинками металевого порошку, він може бути представлений як композиційний напівпровідний матеріал з широким діапазоном теплофізичних, механічних, електромагнітних властивостей [3-5].

Електрофізичні властивості композиційного матеріалу залежать від технологічних параметрів виготовлення бетелу-м та від способу очищення електропровідного наповнювача

(шлам сталі ШХ-15) від залишків змащувально-охолоджувальної рідини (ЗОР). Для видалення залишків ЗОР з металевих порошків нами було використано два способи. Перший - випалення при температурі 250 - 550 ºС без доступу кисню і відмивання в лужних розчинах миючих композицій (КМ-19 або ТМОК-6П). В таблиці 1 наведено результати досліджень зміни питомого електричного опору мілкодисперсного шламу сталі ШХ-15 в залежності від способу очищення та величини зусиль механічного ущільнення шламу сталі ШХ-15.

Таблиця 1 – Результати дослідження зміни питомого електричного опору порошків шламів сталі ШХ-15 (Ом·см)

Спосіб очищення шламу	В насипному стані	Віброущіль-нений	Ущільнення тиском пресування, кг/см^2			
			1	4	15	20
Відмивання	$1{,}02\cdot10^6$	$0{,}86\cdot10^3$	596	78,14	5,1	3,9
Випалювання	$9{,}67\cdot10^6$	$1{,}06\cdot10^5$	726,6	82,37	12,9	9,8

В роботах [6-7] авторами встановлено, що електрофізичні характеристик зразків бетелу-м щільної структури можна покращити без застосування технології пресування. При цьому об'ємний вміст порошку шламу ШХ-15, повинен становити 50 % і більше від кількості складових компонентів суміші. Використання статичного пресуваня при формуванні зразків з бетелу-м дозволяє зменшити об'ємний вміст порошку шламу до 30%.

Металевий порошок сталі ШХ-15 має ряд особливостей в порівнянні з порошками, одержаними за допомогою інших технологічних процесів. В технології шліфування металевих виробів при високих температурах відбувається процес окислення металу, який називають процесом його оксидування [8]. На поверхні частинок металевих порошків сталі внаслідок хімічно-термічних перетворень утворюються оксидовані поверхні, утворені трьома шарами, які приблизно відповідають закису заліза (FeO), магнетиту (Fe_3O_4) і Fe_2O_3 [9].

Металевий заповнювач у вигляді шламів сталі ШХ-15 у складі дрібнозернистого композиційного матеріалу можна розглядати як багатофазну систему. При наявності в цементній зв'язці струмопровідного і діелектричного заповнювачів утворюється композиційний матеріал, для якого характерні такі ознаки, як гетерогенність, гетерофазність матеріалів, їх багатокомпонентність, та наявність великої площі поверхонь розділу фаз між складовими компонентами [10].

Висновки. Отриманий новий різновид композиційних будівельних матеріалів спеціального призначення, що може знайти своє застосування для виготовлення виробів щільної і ніздрюватої структури у якості радіозахисних екранів. Використання розроблених матеріалів дозволить знизити вартість виготовлення радіоекранкючих виробів, скоротити кошторисні витрати на влаштування таких екранів.

Список посилань.

11. Терещенко О.П. Вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля / О. П. Терещенко // Modern engineering and innovative technologies. – Karlsruhe, Germany : Sergeieva & Co, 2019. – Iss. № 6, part 1. – P. 9-13.

12. Костыркин О.В. Теоретические аспекты создания материалов для защиты от электромагнитных излучений / О.В. Костыркин, М.Ю. Иващенко, М.О. Костенко // Зб. наук. праць. УкрДАЗТ – Харків, 2011. – Вип. 127. – С. 15-17.

13. Сердюк В.Р. Строительные материалы и изделия для защиты от электромагнитного излучения радиочастотного диапазона / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев. // Строительные материалы и изделия. – 2005. – №4. – С. 8-12.

14. Лемешев М.С. Теоретические предпосылки создания радиопоглощающего бетона бетела-м // Вісник Донбаської державної академії будівництва і архітектури. – 2005. –№1. –С. 60 – 64.

15. Лемешев М. С. Электротехнические материалы для защиты от электромагнитного загрязнения окружающей среды / М. С. Лемешев, А. В. Христич // Инновационное развитие территорий : Материалы 4-й Междунар. науч.-практ. конф. (26 февраля 2016 г.). – Череповец : ЧГУ, 2016. – С. 78-83.
16. Сердюк В.Р. Фізико-хімічні особливості формування структури електропровідних бетонів / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христич // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1997. – № 2. – С. 5 – 9.
17. Христич О.В. Формування мікроструктури бетонів для захисту від іонізувального випромінювання / О.В. Христич, М. С. Лемешев // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 1998. – № 2. – С. 18 – 23.
18. Лемешев М. С. Радиоэкранирующие композиционные материалы с использованием отходов металлообработки / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Инновационное развитие территорий : материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., 25–27 февраля 2014 г. – Череповец : ЧГУ, 2014. – С. 63-65.
19. Сердюк, В.Р. Технологічні особливості формування металонасичених бетонів для виготовлення радіозахисних екранів / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2007. – № 4. – С. 58-65.
10. Лемешев М. С. Будівельні матеріали для захисту від електромагнітного випромінювання / М. С. Лемешев, О. В. Березюк // Науковий журнал „Вісник Сумського національного аграрного університету”. Серія: будівництво. – Суми : СумНАУ. 2014. – вип. 8 (18). – С. 130–145.

УДК 669.017.15:620.18

ФОРМУВАННЯ ТРИФАЗНОГО КОМПОЗИТУ ПРИ ХІМІКО-ТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ

к.т.н. ***Мовчан О.В.****, к.т.н.* ***Чорноіваненко К.О.****, Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна*

Вступ. Розробка принципово нових матеріалів, більш економічних порівняно з існуючими, з високими технологічними та експлуатаційними властивостями є актуальним завданням сучасного матеріалознавства. Високою втомною міцністю, зносостійкістю, високим опіром повзучості, ударною міцністю і іншими покращеними властивостями володіють волокнисті композиційні матеріали, в яких пластична матриця армована міцними, твердими ниткоподібними монокристалами. До прямих методів отримання природних композиційних матеріалів можна віднести високотемпературне навуглецювання низьковуглецевих залізних сплавів, легованих α-генними карбідоутворюючими елементами. В результаті твердофазної реакції $\alpha \rightarrow \gamma + К$, викликаної надходженням в ферит вуглецю, при кооперативному розпаді фериту утворюється волокниста структура: аустенітна матриця, армована волокнами карбідів. Використання кооперативного розпаду фериту на аустеніт і карбіди при навуглецюванні представляється доцільним, оскільки не вимагає спеціальних методик і може бути здійснено шляхом звичайної хіміко-термічної обробки. Тому процес навуглецювання сплавів, легованих карбідоутворюючими і стабілізуючими ферит елементами може бути запропонований як новий спосіб отримання структур природних композитів - нових матеріалів із заданим комплексом властивостей.

Сплави, які використовувалися для дослідження були леговані W, Mo, V, Ti, Cr - компонентами карбідоутворюючими і стабілізуючими ферит. При температурах навуглецювання початковий стан матриці феритний, тому навуглецювання крім карбідоутворення призводить і до перекристалізації матриці - поліморфного перетворення фериту в аустеніт. Обидва ці процеси, впливаючи один на одного, обумовлюють кінцеву структуру навуглецьованого шару.

У разі, коли карбідоутворення передує перекристалізації, включення карбідів утворюються в феритній матриці в міру притоку вуглецю у вигляді зеренних і приграничних виділень. Зі збільшенням відстанні від поверхні частота утворення карбідів знижується,

перевага приграничних виділень зростає. Подальша аустенітизація матриці помітного впливу на карбідоутворення не робить. Збільшення вмісту легуючих елементів призводить до збільшення кількості карбідних виділень.

Карбідоутворення призводить до міжфазного перерозподілу компонентів, при цьому матриця збіднюється карбідоутворюючими компонентами і карбідоутворення може відбуватися тільки при постійному підвищенні концентрації вуглецю.

Зниження вмісту легуючих елементів, певне їх поєднання і підвищення температури навуглецювання призводить до того, що перекристалізація і карбідоутворення відбуваються спільно (кооперативно). В цьому випадку формуються колоніальні аустенітно-карбідні структури (подвійні або потрійні колонії), подібні евтектичним або евтектоідним, що складаються з бікристалітних зерен, в яких кристали взаємно розгалужені один в одному.

Колонії формуються шляхом переміщення в фериті від поверхні в напрямку дифузії вуглецю аустенітно-карбідного фронту, що нагадує фронт зростання евтектичних або евтектоідних колоній. Однак дане перетворення стимулюється зміною температури, а дифузійним зміною складу. Морфологічно аустенітно-карбідні колонії подібні евтектичним і евтектоідних. Від феритної серцевини колонії відокремлені двухфазною поверхнею розділу - фронтом зростання, будова якого нагадує будову фронту зростання евтектоідних колоній. У фронту зростання, де контактують три або чотири фази, локалізується розглядається перетворення фериту. Розпад фериту на аустеніт і карбіди стимулюється пересиченням фериту вуглецем. Фази, що знову утворюються, містять набагато більше вуглецю, ніж ферит, тому зростання аустенітно-карбідних колоній вимагає доставки вуглецю ззовні. Оскільки колонії ростуть від поверхні, доставка вуглецю буде здійснюватися шляхом дифузії через аустенітну матрицю. Можна очікувати, що швидкість росту колоній визначається дифузією вуглецю в аустеніт дифузійного шару, оскільки дифузійної проникливістю карбідів можна знехтувати. Вуглець, що поступає ззовні не тільки забезпечує просування фронту аустенітно-карбідних колоній, а й витрачається всередині дифузійного шару, забезпечуючи подальше зростання карбідів. Це підтверджується як даними мікроструктурного аналізу (поблизу поверхні карбідної фази більше), так і аналізом четирьохкомпонентних діаграм стану Fe-V-Cr-C, Fe-Mo-Cr-C, Fe-W-Cr-C, Fe-W-V-C [], з яких слідує, що підвищення вмісту вуглецю в сплаві в області трифазного А + $К_1$ + К2, стану призводить до збільшення частки карбідів в структурі.

Для стабілізації процесу утворення аустенітно-карбідних колоній необхідно строго дотримувати ізотермічні умови розпаду фериту на аустеніт і карбіди. Так, при підвищенні температури навуглецювання утворюються аустенітні прошарки і окремі ділянки, а при зниженні температури навуглецювання - додатково утворюються диспергувані карбідні включення. Все це призводить до порушення правильності і безперервності аустенітно-карбідних колоній.

Висновки. В роботі показано, що при певних температурно-концентраційних умовах здійснюється зростання аустенітно-карбідних колоній при навуглецюванні феритних сплавів заліза з карбідоутворюючими елементами. В цьому випадку в поверхневому навуглецьованому шарі утворюється композитна структура з високими твердістю і зносостійкістю, що робить даний матеріал перспективним (при певній комбінації легуючих елементів) для застосування в якості зносостійкого конструкційного або інструментального.

Список посилань.

1. Бачурін А.П., Мовчан О.В., Педан Л.Г. Чотирифазна реакція $\alpha \rightarrow \gamma + M_6C + M_{23}C_6$ при навуглецюванні сплавів Fe-Mo-Cr і Fe-W-Cr. *Металознавство та обробка металів*. 2001. №1-2. с. 18-21.

2. Мовчан А.В. Механизм направленного роста трехфазных естественных композитов в науглероживаемых ферритных сплавах железа. *Металлофизика и новейшие технологии*. 2013. т. 35. №5. с. 633-644.

УДК 664.14:662.99:536.7

ОПТИМІЗАЦІЯ ДРУГОГО СТУПЕНЮ СИСТЕМИ ВИПАРКИ

д.т.н. ***Нікульшин В.Р.,*** *д.т.н.* ***Денисова А.Є.,*** *к.т.н.* ***Мельнік С.І.,*** ***Андрющенко А.М.,***
к.т.н. ***Бударін В.О.,*** *Одеський національний політехнічний університет, Одеса, Україна*

Вступ. Для відділення випарки типового цукрового заводу нами був розроблений метод термоекономічної оптимізації (за величиною температурного напору в окремих ступенях) [1,2].

Оптимальні значення температурних напорів. В таблиці наведені отримані значення оптимальних температурних напорів і локальних оптимумів річних термоекономічних витрат для другого ступеня.

Таблиця 1 – Уточнені значення температурного напору та річних термоекономічних витрат в другому ступені (оптимальні величини виділені)

Температурний напір, ΔT_1, К	**Температура гріючої пари, T_{h1}, К**	**Поверхня теплообміну, A_{s1}, м^2**	**Втрати ексергії, Π_1, Вт**	**Вартісне вираження річних ексергетичних витрат, Z_{e1}, USD/year**	**Річні капітальні та зв'язані з ними витрати, Z_{k1}, USD/year**	**Річні термоекономічні итрати, Z_1, USD/year**
9,4	399,4	2090	486547	50932	61928	112861
9,5	399,5	2068	491600	51461	61387	112848
9,6	**399,6**	**2047**	**496651**	**51990**	**60856**	**112846**
9,7	399,7	2026	501699	52518	60335	112854
9,8	399,8	2005	506744	53047	59825	112872

Знайдене значення температурного напору перевищує відповідне у існуючій системі випарки на 1,9 ^{o}C. Підтримання такого збільшеного температурного напору у другому ступені дозволить зменшити річні витрати в цьому ступені на 2780 USD.

Слід зазначити, що знайдені значення ΔT_i^{opt} в силу жорсткої прив'язки до технологічного ланцюжка кожного ступеня вимагають взаємного узгодження, тому що потоки, які виходять з попередніх ступенів, одночасно входять в наступні, а, отже, температурний рівень процесів в ступенях повинен узгоджено змінюватися, змінюючи тим самим величину термоекономічних витрат. Крім того, зміна параметрів потоків всередині енерготехнологічної системи відділення випарки викличе також зміну параметрів потоків, які покидають це відділення.

Висновки. Знайдений оптимум температурного напору у другому ступені (а також і у інших ступенях) є локальним і потребує корегування при оптимізації системи випарювання в цілому.

Список посилань.

1. Мельник С.И., Никульшин В.Р., Денисова А.Е., Белоусов А.В. Термодинамический анализ систем производства сахара. Вісник НТУ (Х П І). 2018. № 18 (1294). – С.57-64.
2. Nikulshin V.R., Denysova A.E., Melnik S.I., Budarin V.A., Bilousova N.G. First section temperature drop local optimization for sugar production multistage evaporation system. // Proc. of the 5-th Int. Scientific and Practical Conf. Dynamics of the development of world science. Vancouver, Canada, January 22-24, 2020. – pp. 226-233.

УДК 669.054.82:669.714.82

ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ АЛЮМІНІЄВОГО ШЛАКУ

д.т.н. ***Верховлюк А.М.****, Фізико-технологічний інститут НАН України,* ***Довбенко В.В.****, Укркабель, д.т.н.* ***Червоний І.Ф.****, Академія інженерних наук України, Запоріжжя, Україна*

Вступ. В даний час промислове виробництво значно зросло і світовий обсяг виробництва в 2018 р. склав 64,3 млн. т [1]. При цьому прогнозується збільшення обсягу виробництва до 80 млн. т [2]. На Україні щорічно виробляється 210 тис. т алюмінію. Близько 100 тис. тон проводиться методом вторинного переплавлення алюмінієвого брухту [3]. Постійне зростання обсягу виробництва алюмінію обумовлене розширенням його застосування в народному господарстві і удосконаленням технології отримання чистого алюмінію. Галузі застосування алюмінію є наступні, %: транспорт - 26,5; будівництво - 25,3; упаковка товарів - 7,7; фольга алюмінієва - 8,0; електротехніка - 14,2; Споживчі товари - 4,5; машинобудування - 9,0; інші галузі - 4,9 [2].

Виклад матеріалу. Значний обсяг алюмінієвих шлаків утворюється на ливарних підприємствах, що працюють за технологією без флюсової плавки алюмінієвих сплавів. Шлаки можуть містити від 20 до 80 % металу. Фактично вони представляють збори, які складаються з суміші металу, і оксидів. Сюди також можна віднести настил з розливних ковшів і піну, що утворюється при переливанні алюмінію. Однією з найбільш поширених технологій переробки алюмінієвих відходів є процес, пов'язаний із захистом алюмінієвого брухту від окислення, наприклад, зануренням роздробленої суміші в розплав алюмінію.

Содовий метод переробки шлаків. Для підвищення ефективності переробки шлаку в роботі [4] розглядається содовий метод, який заснований на температурно-залежних характеристиках хімічних реакцій за участю алюмінію. Механізм цього процесу заснований на зміні валентного стану алюмінію від тривалентного до одновалентного і навпаки, в залежності від температури під час хімічної реакції

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 \rightarrow 2NaAlO_2 + CO_2 \uparrow,$$

$$NaAlO_2 + H_2O \leftrightarrow NaOH + Al(OH)_3 .$$

Загальна схема такого процесу наведена на рисунку.

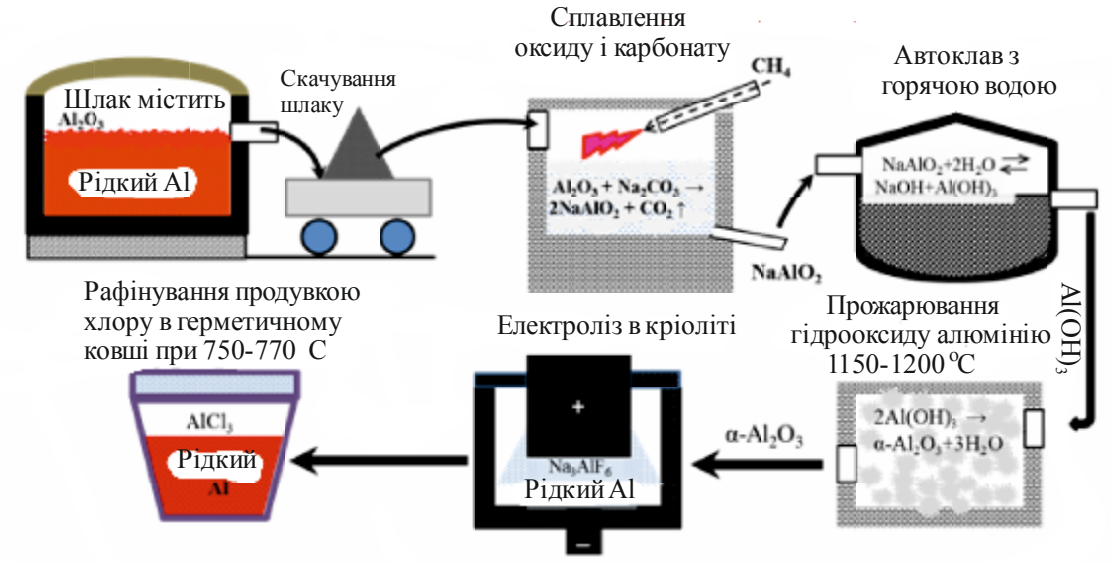


Рисунок – Загальна схема содового методу переробки шлаків

Після обробки продуктів реакції, гідрооксид алюмінію направляється на прожарювання, а отриманий глинозем - на електролітичне отримання чистого алюмінію. Перевагою содового методу є досить повне зв'язування алюмінію в стійку сіль - алюмінат натрію, що забезпечує на наступних етапах застосування добре відпрацьованих технологічних прийомів. Недоліком содового методу є утворення оксидів вуглецю та їх негативний вплив на навколишнє середовище.

Метод пресування шлаків. У роботі [5] запропоновано метод пресування гарячих шлаків безпосередньо після забору їх з дзеркала плавильної печі. Згідно з розробленою технологією гарячий шлак завантажують в форму і здавлюють під пресом. Вичавлений розплав алюмінію стікає в ізложницю і твердіє. Однак, застосування зазначеного прийому лише частково вирішує проблему переробки алюмінієвих шлаків і зменшення їх частки. Метод пресування гарячого шлаку забезпечує підвищення продуктивності процесу і отримання чистого алюмінію.

Електрошлаковій спосіб переробки шлаку. Способ переробки алюмінієвого шлаку [6] в електрошлаковій печі постійного струму, що має тигель з нижнім електродом в якості катоду і верхнім електродом в якості аноду. Кріоліт (Na_3AlF_6) і оксид алюмінію (Al_2O_3) завантажують в тигель електрошлакового печі і розплавляють, потім в отриманий рідкий розплав (електроліт) подрібнюють алюмінієвий шлак (механічна суміш Al_2O_3 і металевого алюмінію) і кріоліт, додаються порціями по мірі плавлення і розчинення їх в електроліті. Витяг рідкого металу з алюмінію відбувається на дні тигля, в області катоду, а витяг вторинного шлаку у вигляді суміші кріоліту і глинозему відбувається в області аноду.

Переробка шлаку в електродугової печі. Спосіб плавки в печі електродуги, описаний в роботі [7]. Процес передбачає електродугову піч, в якій міститься, щонайменше, один електрод, і є система для видування газу вниз в простір печі в околицях електрода. Порошок або дрібно гранульована тверда речовина вдувається в простір печі разом з газом. Крім того, система для видування газу вниз забезпечена спеціальними турбулизаторами. У той же час, механічна інерція негативно впливає на стабільність горіння дуги і викликає аномальні поштовхи струмового навантаження.

Висновки. При переробці вторинної алюмінієвої сировини витрачається всього 5 % енергії для переробки рудної сировини, що забезпечує інтенсивний розвиток технологій. Перевагою содового методу є досить повне зв'язування алюмінію, але утворення оксидів вуглецю та їх негативний вплив на навколишнє середовище є недоліком. Однак повного вилучення алюмінію перешкоджає складна структура шлаку, яка утримує захоплені частинки рідкого алюмінію.

Список посилань.

1. Анализ мирового рынка алюминия: итоги 2017 года, прогнозы на 2018 год до 2021 года. Available at: http://www.talco.com.tj/sites/default/files/_world-aluminum-industry/Analyz_mirovogo_rinka_2017_prognoz_2018_do_2021.pdf Дата обращения: 25.07.2019
2. Чернавина, Д. А., Чернавин, Е. А., Фаллер, А. В., Зданович, М. Ю. (2018). Мировой рынок алюминия: тенденции развития, перспективы и ключевые проблемы. Молодой ученый, 17, 206-210.
3. Савицкий, К. В. Переработка шлаков вторичного алюминия. Available at: http://www.rusnauka.com/SND/Tecnic/ 1_savickiy%20k%20v.doc.htm Дата обращения: 02.08.2019
4. Верховлюк, А. (2019). Процесс производства алюминия из отходов литейного производства. Международный форум по комплексному использованию ресурсов ванадия и титана в Паньчжихуа «Форум 2019». Паньчжихуа, 44.
5. Pat. 5882580 USA (1999). Dross presses. MPK: C 22 B 21/00; C 22 B 7/04; C 22 B 7/00. published: 16.03.1999.
6. Pat. EP2331718 (2015). Electroslag melting method for reprocessing of aluminium slag. MPK: C 22 B 21/00; C 22 B 7/04; C 22 B 9/18. published: 22.04.2015.

Pat. DE19517151 DEU (1996). Melting metal scrap in electric arc furnace of good operational effectiveness and durability. MPK: C 21 C 5/46; C 21 C 5/52; F 27 B 3/08; F 27 B 3/22; F 27 D 13/00; F 27 D 99/00. published: 07.03.1996.

УДК 624.016

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР НАПРЯМКУ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ

***Абрамович В.С.**, к.т.н. **Ковальський В.П.**, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Ревіталізація в прямому перекладі з латини означає повернення до життя. В урбаністиці, ревіталізація – це процес, спрямований на відновлення будівлі, споруди чи міського простору, з поверненням втраченого функціонального призначення або наданням нового. Значна кількість територій в українських містах не використовується через їх застарілість та занедбаність. Тому ревіталізація за останні роки стала досить поширеним та популярним процесом в концепції розвитку українських міст.

Виклад матеріалу. До найбільш перспективних об'єктів міста, яким необхідна ревіталізація, відносять застарілі будинки, які знаходяться в центрі населеного пункту та не експлуатуються; промислові зони, які з плином часу втратили свою потужність та призупинили виробництво; громадські простори, які не використовуються через занедбаність тощо.

Після визначення об'єкту, який підлягає ревіталізації, виникає потреба обрати призначення майбутньої будівлі чи простору. Це досить відповідальна справа, оскільки необхідність тієї чи іншої функції споруд визначає успішність та прибутковість проекту. Проаналізувавши закордонний та вітчизняний досвід, було з'ясовано, що саме впливає на вибір напрямку ревіталізації територій міста.

Важливим фактором при повернені будівлі в інфраструктуру міста є його попереднє призначення та функція міста. Історичне підґрунтя завжди має великий вплив на майбутнє міського середовища. А функціональне призначення міста впливає на пріоритетність зведення різних споруд.

Територіальне розміщення об'єкту в структурі сформованого міста також є досить потужним чинником у виборі напрямку ревіталізації. Якщо це центральна частина міста, то перспективним є розміщення культурно-розважальних, рекреаційних або інших відпочинкових споруд; якщо це житловий сектор, то актуально буде розміщувати офісні приміщення, спортивні чи освітні заклади, які необхідні для частого відвідування містянами; якщо це окраїна міста, то, скоріш за все, вигідно буде розмістити складські зони, великі торгові центри, виробництва або транспортні хаби.

Виходячи із розміщення території та його попереднього призначення, випливає ще один фактор – транспортна доступність. При ревіталізації будівлі важливо врахувати, що при створенні нового об'єкту тяжіння, навантаження на транспортну інфраструктуру зросте. Тому потрібно виконати заходи для поліпшення доступності громадським та приватним транспортом до нової споруди.

Ключовим можна вважати і те, у чиїй власності знаходиться територія. Якщо власником є приватний підприємець, для нього більш рентабельно буде ревіталізувати будівлю під комерційну діяльність. Об'єкти, які знаходяться в державній власності, частіше всього будуть віддані під освітні цілі або для рекреації. Дешевшим вважається зачистити територію, висадити дерева та створити парк.

Найбільш чітко можна зрозуміти необхідність тієї чи іншої будівлі опираючись на потреби людей. Саме тому, найчастіше, перед створенням проекту проводять опитування містян та жителів того району. Анкетування дає змогу передбачити, що найраціональніше та, в подальшому, найприбутковіше розміщувати на території.

Немало важливим фактором є відповідність та дотримання містобудівних норм та допусків. При ревіталізації, як і в новому будівництві, необхідно враховувати відсоток озеленення і кількість паркомісць на особу.

Крім того, якщо на території було певне промислове виробництво, залежно від залишків шкідливих речовин та екологічності матеріалу, з якого було зведено будівлю, визначається доступність використання даної споруди. Наприклад, старий вугільно-газовий

завод перетворили на парк. Частину промислових споруд вдалося перетворити на дитячий лабіринт, майданчик для пікніка зі столиками і грилем та дитячу площадку, але залишилась будівля, яку неможливо ревіталізувати. Замість того, щоб знести, її вирішили залишити для створення атмосфери, що було досить вдалим рішенням (рис. 1).

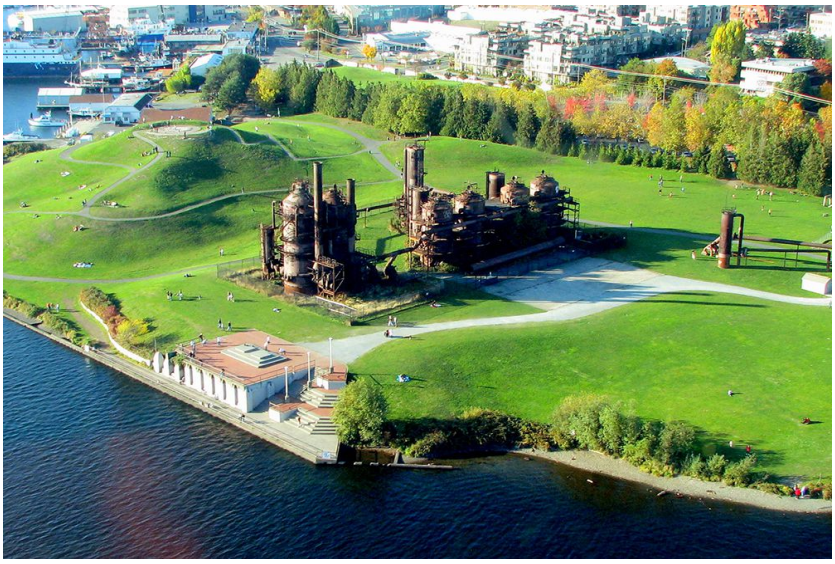


Рисунок 1 – Парк на березі Лейк Юніон, Сіетл, США

Екологічні вимоги можуть бути не лише обмеженням, але і сподвижником до створення креативних та корисних ідей. Для покращення екології і через недостатність зелених зон з'явився The High Line Park. Це залізниця перетворена в один із найбільш популярних публічних просторів Нью-Йорку. Завдяки свідомим громадянам, які виступили за збереження споруди, вдалось зупинити демонтаж і створити в умовах дуже щільної забудови зелений оазис, який простягається на 20 кварталів та покращує екологічну ситуацію міста (рис. 2).

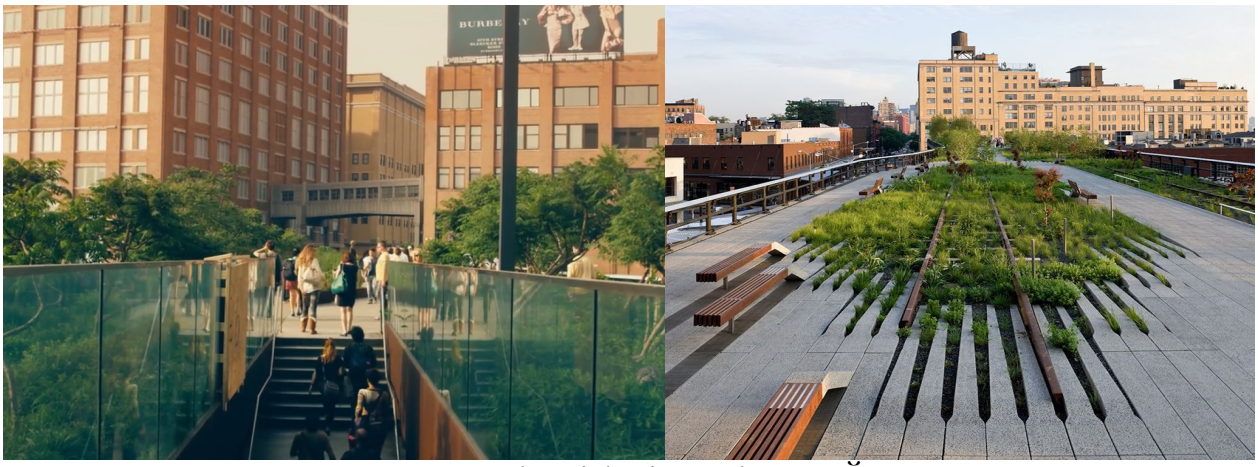


Рисунок 2 – The High Line Park, Нью-Йорк, США

Висновки. Напрямок ревіталізації об'єктів визначається опираючись на функціональне призначення міста та території, розташування будівлі в системі міста, транспортну доступність, містобудівні допуски, екологічність та соціальні потреби містян.

Список посилань.

1. Абрамович В. С. Дослідження території Вінниці на наявність ділянок придатних длядля проведення ревіталізації [Електронний ресурс] / В. С. Абрамович, М. О. Постолатій, В. П. Ковальський // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ Вінниця, 11-20 березня, 2020 р. – Електрон. текст. дані – Вінниця : ВНТУ, 2020. - Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2020/paper/view/9565

УДК 621.3

ВПЛИВ СКЛАДУ БЕТОНІВ НА РАДІАЦІЙНУ БЕЗПЕКУ

д.т.н. ***Друкований М. Ф.***, ***Олійник Ю. Г.***, ***Бурлаков В. П.***, *Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Доза гамма-випромінювання в приміщенні визначається ефективною питомою активністю природних радіонуклідів в будівельних матеріалах, яка залежить від виду будматеріалу який використовується, сировини для його виробництва, типу родовища і інших причин [1]. Згідно чинних нормативів (НРБУ-97) в існуючих будинках та спорудах з постійним перебуванням людей потужність поглиненої дози гамма–випромінювання в повітрі приміщень не повинна перевищувати 0,44 мкГр/год або 50 мкР/год.

Виклад матеріалу. Зовнішнє опромінення безпосередньо залежить від величини активності будівельного матеріалу і створюється за рахунок опромінювання радіонуклідами радію-226, торію-232, калію-40, які містяться в цьому матеріалі [2-4].

Важкий бетон для захисту від радіації послаблє вплив небезпечного випромінювання. У таблиці 1 представлено вимоги до радіційнозахисного бетону залежно від виду випромінювання.

Таблиця 1 – Дія бетону для захисту від радіації

Випромінювання	Джерела випромінювання	Вимоги до бетону для захисту від радіації
Рентгенівське випромінювання	Рентгенівські прилади, лінійний прискорювач	- звичайний бетон з pR $\geq$ 2,4 кг / дм^3 і товщиною близько 300 мм
Альфа-випромінювання бета-випромінювання	Радіонукліди	- товщина бетону повинна бути в мм
Гамма-випромінювання	Ядерні реактори, радіонукліди, ядерні вибухи	- висока щільність і / або- велика товщина
Нейтронне випромінювання		- високий вміст хімічно зв'язаної води - добавки бору, кадмію або гафнію - висока щільність та велика товщина

Вимоги та методи випробувань представлені в DIN 55 991.

Висновки. Концентрація природних радіонуклідів в будівельних матеріалах визначається сумарною величиною зовнішньої і внутрішньої складових дози опромінення людини.

Контролюючи радіоактивність можна отримувати будівельні матеріали з низькими значеннями ефективної питомої активності, що сприяє зниженню дози опромінення людей.

Список посилань.

1.Бурлаков В. П. Джерела радіоактивності [Текст] / В. П. Бурлаков, В. П. Ковальський, // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 10 -11 травня 2019 р. – Черкаси : ЧІПБ, 2019. – С. 13-14.

2.Христич О.В. Параметри радіоактивності будівельних матеріалів [Текст] / О.В. Христич, В. П. Ковальський, В.П. Бурлаков // Матеріали ІІІ міжнародної науково-практичної конференції "Прикладні науково-технічні дослідження", 3-5 квітня 2019 р. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2019. – С. 184.

3. Ковальський В. П. Джерела радіоактивності будівельних матеріалів / В. П. Ковальський, В.П. Бурлаков, Н. А. Акімов // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Стратегія розвитку міст: молодь і майбутнє (інноваційний ліфт)", квітень-травень 2019 р. – Харків : Харківський національний університет міського господарства імені О.Б. Бекетова, 2019. – С. 94-95.

4.Ковальський В. П. Комплексне золоцементне в’яжуче, модифіковане лужною алюмофериною добавкою: монографія / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 98 с.

УДК 620.197

АКТИВНА МІНЕРАЛЬНА ДОБАВКА

к.т.н. ***Ковальський В.П., Бурлаков В. П.****,* ***Ковальський А.В.,*** *Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Однією з основних тенденцій світової цементної промисловості є розроблення композиційних мінеральних в'яжучих на основі портландцементу. Особливу актуальні такі цементи для України, враховуючи, що витрата умовного палива в середньому по заводах з мокрим способом виробництва становить 223 кг на 1 т клінкеру [1-4].

Виклад матеріалу. Часткова заміна портландцементного клінкеру на активні мінеральні добавки, особливо на основі відходів промисловості, під час помелу цементу призводить до економії палива, сировинних матеріалів та значно поліпшити екологічну ситуацію [5-7].

В якості основних компонентів в складі цементу крім клінкеру дозволяється використовувати гранульований доменний шлак, золи-винесення, природні та штучні пуцолани, вапняк.

Використання добавок різного складу дозволяє знизити кількість клінкерного цементу, підвищити щільність структури і, як наслідок, міцність, довговічність і стійкість бетонів в агресивному середовищі [8, 9]. У якості природних добавок досить часто використовують карбонатні породи, проте в проведених дослідженнях використовується відхід камнерізання вапняка-черепашника.

Встановлено, що вапняк не є інертним компонентом композиційних в'яжучих, а в процесі гідратації портландцементу реагує з трьохкальцієвим алюмінатом з утворенням карбоалюмінатів кальцію. При цьому має місце утворення як висококарбонатної форми карбоалюмінату $C_3A{\cdot}3CaCO_3{\cdot}32H_2O$, так і низькокарбонатної $C_3A{\cdot}CaCO_3{\cdot}12H_2O$. Ці різновиди наближаються за своїми фізичними властивостями відповідно до високосульфатной форми (еттрінгіт) і моносульфатної форми сульфоалюмінатів кальцію [10-12].

Для отримання попередніх результатів дослідження суміш, у відповідному співвідношенні золи-винос, червоного шламу, карбонатних відходів та портландцементу перемішували у змішувачі протягом 5 хв. Потім добавляли воду та формували зразки-балочки розміром 4×4×16 см. Відформовані зразки витримувались 12-16 годин при температурі 20±2°С, після чого пропарювались при температурі 80-85 °С за режимом 4+2+4. Отримані результати дослідження міцності зразків на стиск наведені на (рис. 1).

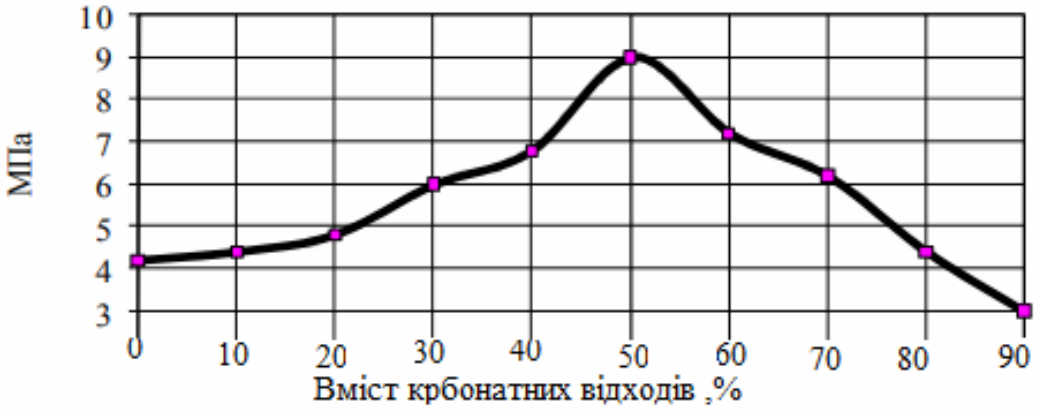


Рисунок 1 – Міцність зразків на стиск після пропарювання

При пропарюванні максимальна міцність на стиск була у 6-тій серії зразків з співвідношенням компонентів: 22 % золи-винос, 18 % червоного шламу; 50 % карбонатних відходів та 10 % портландцементу.

Встановлено, що карбонатні мікронаповнювачі у водному середовищі проявляють хімічну активність по відношенню до окремих компонентів портландцементного клінкеру і,

знаходячись у дрібнодисперсному стані, вступають у хімічну взаємодію з його мінералами, в результаті чого в зонах контакту утворюються міцні сполуки.

Висновок. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість отримання золошламового в'яжучого із вмістом малоклінкерної карбонатної добавки, встановлено, що введення карбонатної добавки в межах 50 % значно підвищує міцність, встановлені фізикомеханічні властивості малоклінкерного в'яжучого на основі відходів різання вапняку, золи-виносу, червоного шламу та портландцементу.

Список посилань.

1. Бондарь А.В. Использование отходов для производства строительных материалов [Текст] / А.В. Бондарь, В. П. Ковальский // Сборник научных трудов IX Молодежной экологической конференции «Северная Пальмира», 22–23 ноября 2018 г. – Санкт-Петербург : НИЦЭБ РАН, 2018. – С. 148-151.
2. Ковальський В. П. Композиційні в'яжучі речовини на основі відходів промисловості [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, Т. Г. Шулік, В. П. Бурлаков // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. - 2018. - Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/5035/4128
3. Ковальський В. П. Комплексне золоцементне в'яжуче, модифіковане лужною алюмофериною добавкою [Текст] : монографія / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 98 с. - ISBN 978-966-641-338-
4. Сердюк В. Р. Золоцементне в'яжуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2011. – № 1. – С. 57-61.
5. Очеретний В. П. Мінерально фазовий склад новоутворень золошламового в'яжучого / Очеретний В. П., Ковальський В. П., Машницький М. П. // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – №3. – 2006. – С. 41-45.
6. Друкований М. Ф. Комплексне золошламове в'яжуче [Текст] / М. Ф. Друкований, В. П. Очеретний, В. П. Ковальський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2006. – Вип. 21. – С. 94-100.
7. Ковальский В. П. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей. [Текст] / В. П. Ковальский , В. П. Очеретний, А. В. Бондар // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2014. – № 10(18). – С. 44-47.
8. Очеретний В. П. Дрібноштучні стінові матеріали з використанням відходів промисловості [Текст] / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2005. - № 1. - С.16-21.
9. Ковальський В. П. Шламозолокарбонатий прес-бетон на основі відходів промисловості / В. П. Ковальський, А. В. Бондарь // Тези доповідей XXIV міжнародної науково -практичної конференції, Харків, 18-20 травня 2015 р. – Харків, НТУ « ХПІ» , 2015. – С. 209.
10. Ковальский В. П. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей. / В. П. Ковальский, В. П. Очеретний, А. В. Бондар // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2014. – № 10(18). – С. 44-47.
11. Очеретный В. П. Оптимизация состава карбонатного бетона [Текст] / В. П. Очеретный, В. П. Ковальский // Материалы к 44-му международному семинару по моделированию и оптимизации композитов "Моделирование и оптимизация в материаловедении "МОК'44". – Одесса : Астропринт, 2005. – С. 134.
12. Дослідження впливу малоклінкерної карбонатної добавки на властивості золошламового в'яжучого [Текст] / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, М. П. Машницький, А. Ф. Діденко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2010. - № 1. - С. 41-44.

УДК 697.3

ВИКОРИСТАННЯ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ БУДИНКУ

Вознюк І. М., *ДПТНЗ «Хмільницький аграрний центр ПТО», к.т.н.* ***Ковальський В.П., Акімов Н.А.,***
Вінницький національний технічний університет, Україна

Вступ. На сьогоднішній день гостро стало питання про енергозбереження тепла в малоповерхових житлових будинках. Для збереження енергії широкого застосування знайшли теплові насоси, сонячні батареї тощо[1-3]. Одним з альтернативних джерел теплової енергії є повторне використання стічних вод.

Виклад матеріалу. Стічна вода має середню температуру близько 21–26°С. Кількість стічної води, що знаходиться в прямій залежності від споживання питної води для різних типів будівель, у будні становить в середньому від 113 до 133 л/добу на людину для житлових будинків. За допомогою теплових насосів можна використовувати енергію стічної води для обігріву будинку, а також екологічно використовувати системи рекуперації тепла будівлі. В системі повинен бути бак-накопичувач стічних вод для компенсації коливань кількості води протягом дня. Тут встановлюється односторонній теплообмінник, який поглинає тепло із стічних вод. Теплова помпа передає отриману теплову енергію до теплообмінника, який нагріває воду. Система передбачає два рівня: теплова помпа проводить попереднє нагрівання води, а потім другий генератор тепла (котел) підіймає температуру попередньо нагрітої води до вищої температури – 60° С. Така температура запобігає розмноженню бактерій та забезпечує санітарно-гігієнічні вимоги.

Основною проблемою використання стічних вод є утворення біоплівки на всіх контактних елементах. Біоплівка має низьку теплопровідність і виконує роль ізолятору, це призводить до зниження теплопередачі теплообмінника. За допомогою інноваційних систем очищення можна скоротити формування біоплівки та значно підвищити енергоефективність системи. Схема роботи системи опалення з використанням стічних вод показана на рис. 1.

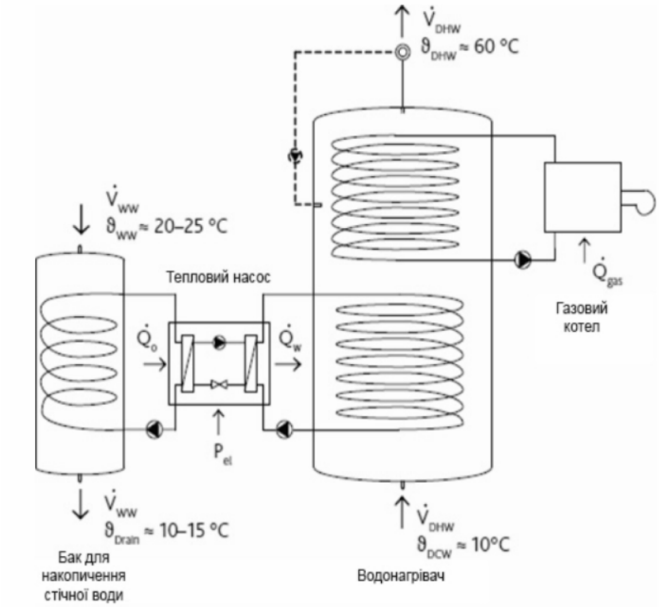


Рисунок 1. Схема роботи системи опалення

За допомогою теплових насосних систем можна підняти температурний рівень стічної води до значень, можливих для використання як в системах створення теплового комфорту в приміщеннях, підготовки гарячої води, так і в певних промислових процесах. Однією з класифікацій схем використання енергії стічних вод є їх поділ в залежності від розміщення місця утилізації енергії: безпосередньо в індивідуальному будинку, у колекторах системи каналізації населених пунктів та на очисних станціях [4 - 8].

Висновки. Розглянуто повторне використання стічних вод безпосередньо в будівлі можна розглядати, як перспективну технологію яка збільшить енергетичний потенціал будівлі.

Список посилань.
1. Ковальський В. П. Проектування енергозберігаючих малоповерхових житлових будинків [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, Н. А. Акімов // Матеріали XLVIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 13-15 березня 2019 р. – Електрон. текст. дані. – 2019. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2019/paper/view/7535..
2. Гурман Я. В. Вплив об'ємно-планувальних рішень на підвищення енергоефективності при будівництві зблокованих будинків [Текст] / Я. В. Гурман, В. П. Ковальський // Енергоефективність в галузях економіки України. Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції 12-14 листопада : збірник матеріалів. – Вінниця: ВНТУ, 2019. – С. 127-129.
3. Акімов Н. А.Сучасні об'ємно-планувальні рішення при будівництві малоповерхових житлових будинків [Текст] / Н. А. Акімов, В. П. Ковальський // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві (2018)", 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 202-204.
4. Волощук В.А. Стічні води як джерело енергії у системах теплозабезпечення нового покоління / В.А. Волощук, О.О. Грицина // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. – КНУБА. – Київ, 2016. – С. 63-70.
5. Друкований М. Ф. Переваги застосування теплових насосів в Україні [Текст] / М. Ф. Друкований, В. П. Ковальський // Екологічна безпека та відновлювальні джерела енергії, 24-25 травня 2017 р. - Вінниця : ВНТУ, 2017. - С. 58-62. - ISBN 978-966-641-694-3.
6. Ефективність впровадження енергоощадних заходів в житлово-комунальному господарстві України [Текст] / О. М. Лівінський, В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, А. С. Бойко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2012. – Вип. 45. – С. 115-119.
7. Лівінський О. М. Економічна доцільність проведення енергоощадних заходів в житлових та громадських будівлях / О. М. Лівінський, В. П. Очеретний, А. С. Бойко, М. М. Шулян // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. — 2012.— № 1. — С. 136—144.
8. 11. Червінська О. О. Аналіз енергоефективності в закладах ресторанного господарства [Текст] / О. О. Червінська, В. П. Ковальський // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві (2018)", 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 221-223
9. Корпанюк М.С. Обґрунтування використання теплових насосів для створення мікроклімату в приміщеннях школи [Текст] / М. С. Корпанюк., Г. С. Ратушняк // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві (2018)", 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 337-339
10. Абрамович В. С. Енергоефективність при плануванні міст [Електронний ресурс] / В. С. Абрамович, В. П. Ковальський, А. В. Бондар // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції «Енергоефективність в галузях економіки України-2019», м. Вінниця, 12-14 листопада 2019 р. : електронне мережне наукове видання. – Електрон. текст. дані. – 2019. – С. 133–136. – Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/index/pages/view/zbirn2019.

УДК 620.9

ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ

к.т.н. ***Цих В.С.****, к.т.н.* ***Рибіцький І.В.,*** *Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ*

Вступ. Сучасні темпи будівництва в Україні за останні роки перебувають на досить високому рівні. Кількість введеного в експлуатацію нового житла постійно зростає, внаслідок чого зростають і навантаження на існуючі інженерні мережі та системи. Це насамперед проявляється у постійному збільшенні споживання енергетичних ресурсів,

насамперед електричної енергії, яка використовується як для побутових потреб, так і для потреб забезпечення теплом та гарячою водою будівель. Враховуючи також постійне зростання вартості енергетичних ресурсів, одну із найважливіших ролей в будівництві відіграє можливість максимально ефективно використовувати наявні паливно-енергетичні ресурси, що, насамперед, напряму пов'язано із енергетичною ефективністю будівель.

Виклад матеріалу. З 1 липня 2019 року в нашій державі повністю введено в дію новий Закон Україні «Про енергетичну ефективність будівель» [1], згідно якого усі нові будівлі (крім окремих виключень), які вводяться в експлуатацію, підлягають енергетичній сертифікації. Наявність енергетичного сертифікату дає можливість отримати чітку інформацію щодо класу енергетичної ефективності тієї чи іншої будівлі. Однак, на даний момент, значна кількість будівель будується ще за старими проектами (до 2017 року), коли вимоги щодо енергетичної ефективності ще не діяли. Енергетичні сертифікати на такі будівлі із найнижчим класом G можна знайти у загальному переліку сертифікатів [2]. Це говорить про те, що старі проекти на даний момент не переробляються відповідно до нових вимог та, відповідно, в експлуатацію вводяться будівлі із низьким класом енергетичної ефективності. Крім того, згідно з [1], індивідуальні житлові будинки також не підпадають під обов'язкову сертифікацію. Тому, досить часто, індивідуальне будівництво ведеться без дотримання необхідних норм енергетичної ефективності, що, відповідно, призводить до понаднормового споживання енергетичних ресурсів такими приватними господарствами.

Найбільш суттєвими причинами, які значною мірою впливають на енергоспоживання, є понижені значення теплотехнічних характеристик огороджувальних конструкцій будівель, а також недосконалі інженерні систем будівель – насамперед, система вентиляції та система опалення [3]. На сьогодні існує значна кількість проектів щодо енергетичної модернізації існуючих будівель, однак найчастіше вони обмежуються модернізацією огороджувальних конструкцій (утеплення стін, перекриття горища, заміна вікон та дверей) та модернізацією системи опалення. Набагато рідше такі роботи супроводжуються модернізацією системи вентиляції. Саме проблеми із правильною роботою вентиляційних систем в будівлях є найбільш характерною і для сучасного будівництва. Наявність ефективних вентиляційних систем дозволяє забезпечити не тільки оптимальні умови мікроклімату всередині приміщень, але й заощаджувати на споживанні дорогих енергетичних ресурсів, оскільки втрати енергії у випадку звичайного провітрювання приміщень за допомогою відкриття вікон є досить значними. Крім того, в таких випадках не забезпечується нормативний повітрообмін, що є важливим показником комфорту.

Висновки. Коротко розглянуто основні проблеми енергетичної ефективності в сучасному будівництві. Однією із найбільш суттєвих проблем є недотримання вимог щодо вентиляційних систем в будівлях та, відповідно, недостатнього повітрообміну в приміщеннях.

Список посилань.

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» – Відомості Верховної Ради, 2017, №33, ст. 359; режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19.
2. База даних енергетичних сертифікатів: Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України; режим доступу: https://saee.gov.ua/uk/content/energy-certificate.
3. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» – К.: Мінрегіон України. – 2015. – 140 с.

УДК 628.179.34, 628.19

МОНІТОРИНГ СТАНУ ВОДОПРОВОДІВ ТА ЯКОСТІ ВОДИ

к.т.н. ***Мацієвська О.О.***, ***Зеленюк М.І.***, *Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна*

Вступ. Роль води в житті людини є надзвичайно важливою. Вода – найважливіший компонент всіх клітин, основа міжклітинної рідини, плазми і лімфи; вона складає близько 65–70% від маси тіла людини. Отже, стан здоров'я людини залежатиме від якості споживаної води. Нині в Україні не існує автоматизованих систем контролю якості води у розподільних мережах систем водопостачання.

Виклад матеріалу. Джерелами водопостачання м. Львів є підземні водоносні пласти. Якість води, що надходить у розподільну мережу централізованого водопостачання міста, у контрольних точках (на межі міста) та в насосних станціях відповідає вимогам води, призначеної для споживання людиною. Проте, під час транспортування води мережею розподільних трубопроводів її якість може змінюватися.

Результати досліджень технологічних параметрів роботи ділянок розподільної мережі водопостачання міста свідчать про таке:

- Підвищення загальної твердості та лужності води пояснюється змішуванням води з різних водозаборів у розподільній мережі.
- Зростання значення окисності води пояснюється можливими аварійними ситуаціями з потраплянням у трубопровід забруднювальних речовин органічного походження.
- Збільшення концентрації загального заліза у воді зумовлено корозією ділянок розподільної мережі, що характеризуються тривалим терміном експлуатації та значною протяжністю.
- Зменшення вмісту вільного залишкового хлору у воді під час її транспортування до споживача свідчить про його витрачання на окиснення хімічних речовин, що містяться у воді, а також на знищення патогенних мікроорганізмів біоплівок на внутрішніх стінках труб.

Збільшення значень показників якості води на досліджуваних ділянках не перевищує гранично допустимих меж.

Основними причинами пошкоджень труб, що зумовлюють витоки води, є корозія сталевих і чавунних труб, а також розгерметизація розтрубних з'єднань чавунних труб.

Проте, незадовільний стан водопровідної розподільної мережі, зокрема її аварійність, може провокувати не лише погіршення якості води. Масштабні витоки або аварії спричиняють втрати дорогоцінної води, обвали дорожнього покриття, затоплення будівель і споруд тощо. Ліквідація витоку води потребує часу на його обстеження, напрацювання оптимальної схеми перекриття трубопроводу, погодження існуючих комунікацій та зміни руху автотранспорту, припинення подачі води, ремонт водопроводу, відновлення благоустрою території. Крім цього мають місце приховані витоки води.

Перспективною є система моніторингу гідравлічних параметрів роботи водопровідної мережі для виявлення аварійної ситуації на ранній стадії. На підставі даних про подані й оплачені споживачами обсяги води та аналізу даних про витрату і тиск води у контрольних точках діагностують зони населеного пункту з прихованими витоками. За допомогою датчиків шуму, тиску або витрати води, встановлених на гідранти або засувки на водопровідній мережі, визначають зони попередньої локалізації прихованих витоків. Остаточно витоки локалізують такими способами: акустичним, кореляційним або за допомогою роботів. Інформація про стан водопровідних мереж передається в режимі реального часу в диспетчерську службу комунального підприємства для прийняття рішення.

Розробка системи моніторингу якості води в розподільних водопроводах вимагає комплексного вибору відповідних параметрів якості води та надійних датчиків. Система повинна попереджати споживачів про відхилення показників якості води від допустимих значень за допомогою e-mail або SMS-повідомлень. Впровадження он-лайн-моніторингу захищатиме систему питного водопостачання від випадкового або навмисного забруднення.

Висновки. Рекомендується впровадження сучасних систем моніторингу в режимі реального часу стану водопроводів та якості транспортованої води.

УДК 666.972

АКТИВАЦІЯ ЗОЛИ-ВИНОС

Постолатій М.О., *к.т.н.* ***Очеретний В. П.,*** *к.т.н.* ***Ковальський В. П.,*** *Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця*

Вступ. На сьогоднішній день одним з найперспективніших шляхів утилізації у виробництві будівельних матеріалів, з точки зору мінералогічного та хімічного складів, є відходи теплоенергетичної галузі, які представлені золами та шлаками ТЕС. Вони дозволяють зменшити енергозатрати, забруднення довкілля та зберегти не відновлювані природні ресурси.

Виклад матеріалу. При спалюванні твердого палива в топках при температурі 1200-1700^{0}С теплових електричних станцій утворюються великотоннажні тверді мінеральні відходи, представлені шлаком і летючою золою.

Будова і склад золи залежить від цілого комплексу одночасно морфологічних особливостей палива, що спалюється, подрібнення в процесі його підготовки, зольності палива, хімічного складу мінеральної частини палива, температури в зоні горіння, часу перебування частинок в цій зоні та ін. З частині вихідного палива під впливом високих температур в процесі горіння утворюються силікати, алюмінати і ферити кальцію здатні до тужавлення та самостійного твердіння. У них, як правило, містяться оксид кальцію і оксид магнію у вільному стані [1-3].

Використання попередньо активованої золи-виносу, як ефективного заповнювача, у складі формувальних розчинів дисперснонаповненого бетону є одним з перспективних шляхів ресурсозбереження. Ресурсозберігаючий комплексний метод механо-хімічної активації передбачає руйнування поверхні склоподібної оболонки частинок золи-винос шляхом поетапного використання кислотних залишків у фосфогіпсів або її розчиненням лужними розчинами, що утворюються в процесі активації червоними шламами. Застосування процесів активації механічного перемішування золо-шламової і золо-фосфогіпсової сумішей прохідному змішувачі-активаторі сприятиме більш повній руйнації скловидних оболонок золи-винос [4-6].

Встановлено, що основні складові золи-винос – SiO_2, Al_2O_3 перебувають переважно у вигляді скловидних фаз. Їхня кількість суттєво впливає на властивість золи. Хімічний склад компонентів золи виносу наведені в таблиці 1. В результаті досліджень було виявлено, що активність золи зростає із збільшенням вмісту кремнієвмісних компонентів у складі сполук заповнювача [7-9]. Руйнування скловидної оболонки хімічною активацією відкриває доступ до складових компонентів золи-винос. В результаті проявляється найважливіша її властивість – здатність реагувати з гідроксидом кальцію безпосередньо або з тим $Ca(OH)_2$, який виділяється при гідратації цементу.

Таблиця 1 - Хімічний склад золошлаків і золи-винос

Вміст оксидів	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	П.П.
Золошлаки Ладижинської ДРЕС	49,26	23,00	19,35	3,53	1,79	2,11	0,40	0,10	1,40
Золи-винос Ладижинської ДРЕС	52,1	23,1	15,6	3,16	1,08	0,4	1,2	0,57	0,7

Хімічна активація золи найчастіше пов’язана з розчиненням алюмосилікатного скла золи у лужному середовищі. Кислотна активація, яка іноді використовується у хімічній

технології, широко не використовується в галузі будівельних матеріалів у зв'язку з високою вартістю як матеріалів, так і процесу, а також небезпечністю для персоналу та обладнання. На сьогодні існує декілька напрямків хімічної активації:лужноземельна, сульфатна та лужна.

Термічна активація базується на збільшенні розчинності кремнезему та глинозему при підвищенні температури. Що стосується в'яжучих на основі активованих зол, то термічна активація використовується на етапі мокрого помелу або теплової обробки відформованих виробів. Як і у випадку механічної, термічна активація ефективна тільки у поєднанні з хімічною. Слід зазначити, що на відміну від механічної активації, яка визначає переважно кінетичний аспект активації, вибір температури обробки в значному ступені може визначати напрям процесу структуроутворення і, відповідно, фазовий склад новоутворень [10-11].

Висновок. Таким чином, хімічно активована зола-винос є поліфункціональним компонентом – з однієї сторони вона може виконувати функцію активної мінеральної добавки, з іншої – наповнювача. За рахунок хімічної активації зольної складової суміші зростає міцність, має місце економія в´яжучого.

Список посилань.

1. Ковальський В. П. Використання золи виносу ТЕС у будівельних матеріалах [Текст] / В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2014. - № 1. - С. 35-40.
2. Ковальський В.П. Обґрунтування доцільності використання золошламового в'яжучого для приготування сухих будівельних сумішей / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний, М. С. Лемешев, А. В. Бондар. // Рівне: Видавництво НУВГіП, 2013. – Випуск 26. – С. 186 – 193.
3. Сердюк В. Р. Золоцементне в'яжуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2011. – № 1. – С. 57-61.
4. Ковальський В. П. Методи активації золи виносу ТЕС / В. П. Ковальський, О. С. Сідлак // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2014. – № 10(18). – С. 47-49.
5. Очеретний В. П. Використання відходів промисловості для виробництва ефективних будівельних матеріалів [Текст] /, В. П. Ковальський, М. П. Машницький, А. Ф. Діденко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2010. - № 2. - С. 53-55.
6. Друкований М. Ф. Комплексне золошламове в'яжуче [Текст] / М. Ф. Друкований, В. П. Очеретний, В. П. Ковальський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2006. – Вип. 21. – С. 94-100.
7. Ковальський В. П. Передумови активації золи-винесення відходами глиноземного виробництва [Текст] / В. П. Ковальський // Матеріали VIII міжнародної науково-практичної конференції "Наука і освіта 2005". – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. – Т. 55. – С. 31-32.
8. Ковальский В. П. Вплив мінеральних мікронаповнювачів на властивості поризованих сухих будівельних сумішей. [Текст] / В. П. Ковальский , В. П. Очеретний, А. В. Бондар // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2014. – № 10(18). – С. 44-47.
9. Очеретний В. П. Дрібноштучні стінові матеріали з використанням відходів промисловості [Текст] / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2005. - № 1. - С.16-21.
10. Ковальський В. П. Комплексне золоцементне в'яжуче, модифіковане лужною алюмофериною добавкою [Текст] : монографія / В. П. Ковальський, В. П. Очеретний. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 98 с. - ISBN 978-966-641-338-6.
11. Ковальський В. П. Композиційні в'яжучі речовини на основі відходів промисловості [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, Т. Г. Шулік, В. П. Бурлаков // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. - 2018. - Режим доступу: https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/5035/4128

УДК 628.27

ПРОТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ БЕТОННИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ КОЛЕКТОРІВ

к.т.н. ***Мацієвська О.О.***, ***Голомовза В.О.***, *Національний університет "Львівська політехніка", Львів, Україна*

Вступ. Основна частина існуючих в Україні мереж водовідведення збудована близько 50 років тому. Сумарна протяжність каналізаційних мереж (без урахування Донецької області) у 2017 р. становила – 34,650 тис. км, у тому числі аварійних – 13,043 тис. км або 37,6%. Протягом 2017 р. замінено 0,166 тис. км або 1,3% від потреби. Трубопроводи діаметром понад 500 мм характеризуються переважно корозійними пошкодженнями (близько 75%). Аварійні витоки з каналізаційних мереж негативно впливають на стан довкілля та, зокрема, людину.

Виклад матеріалу. Виділяють три стадії розвитку мікробіологічної корозії каналізаційних колекторів.

1. Абіотична нейтралізація поверхні бетону. У результаті сульфатного дихання та окиснення органічних речовин стічних вод анаеробні сульфатредукуючі бактерії продукують сірководень і вуглекислий газ. Гази виділяються у простір під склепінням колектора і розчиняються в конденсаційній плівці на стінках колектора. Утворені слабкі кислоти реагують з лугами в бетоні та зменшують pH поверхні бетону з 11-13 до 9. Тривалість стадії – 3–6 місяців.

2. Заселення нейтрофільними бактеріями. Нейтрофільні мікроорганізми окиснюють сірководень з утворенням сульфатної кислоти. Кислота реагує з силікатними і карбонатними сполуками бетону, що призводить до утворення гіпсу, який послаблює цементну структуру. За pH 7 бетон заселяють гриби-мікроміцети, які руйнують бетон. Тривалість стадії – 13–24 місяці.

3. Заселення ацидофільними бактеріями. Значення pH поверхні бетону зменшується до 4. Поверхню заселяють ацидофільні мікроорганізми, які окиснюють сірку до сульфатної кислоти. Значення pH поверхні бетону зменшується до 1–2. Ця стадія характеризується інтенсивним руйнуванням бетону.

Основні методи боротьби з корозією бетонних каналізаційних колекторів:

1. Мінімізація умов утворення сірководню в стічних водах і виділення його у простір під склепінням колектора:
   - створення "беззастійного" гідравлічного режиму транспортування стічних вод;
   - правильний вибір конструкцій перепадів і вузлів під'єднання до самопливних колекторів, особливо після напірних трубопроводів;
   - механічне видалення мулових відкладень на дні колектора;
   - хімічна обробка стічних вод. Полягає у додаванні до стічних вод хімічних реагентів, які уповільнюють зменшення значення їх pH (підлуговування стічних вод). Це, у свою чергу, створює умови, за яких сірководень не утворюється.

2. Створення умов у просторі під склепінням колектора, що виключають утворення на стінках колектора сульфатної кислоти. Передбачає розведення сірководню до концентрацій, за яких припиняється газова корозія. Це досягається нагнітанням у колектор свіжого та видалення забрудненого повітря. Повітрообмін дає змогу зменшити вологість середовища у просторі під склепінням колектора, збільшити кількість кисню у повітрі.

3. Розробка будівельних матеріалів і захисних покриттів, стійких до дії сульфатної кислоти. Наприклад, різноманітних мастик, покриттів, добавок до цементу тощо. Такі матеріали повинні бути хімічностійкими та непроникними для рідини і газів, мати високу адгезійну здатність до бетону тощо.

Висновки. Методи боротьби з корозією бетонних каналізаційних колекторів випливають з причин та механізму перебігу цього процесу. Методи поділяють на дві групи. Перша – мінімізація умов, за яких відбувається біогенне утворення сульфатної кислоти. Наприклад, запобігання утворенню застійних зон під час транспортування стічних вод, вентилювання каналізаційних колекторів, механічне видалення мулових відкладень на дні

колектора, підтримання температури стічних вод менше за 20°С тощо. Друга – захист бетону від дії сульфатної кислоти. А саме, використання для виробництва бетонних виробів корозієстійких цементів, нанесення на внутрішню поверхню колекторів захисного покриття тощо.

УДК 698.7

СТИХІЙНА ТЕРМОСАНАЦІЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ

*к.т.н., **Лемешев М.С.**, к.т.н.. **Христич О.В.**, Академія технічних наук України, Вінниця, Україна*

Економія енергоресурсів для потреб багатоквартирних житлових будинків постає у списку першочергових завдань на етапі планування термомодернізації об'єктів нерухомості. Сучасний житловий фонд України складають будівлі зведені в різні періоди формування держави і за різними проектно-конструкторськими і теплотехнічними характеристиками. Так, у структурі житлового фонду об'єкти побудовані до 1945 року становлять до 4,2% з нормованим коефіцієнтом термічного опору (R_o) 0,65 $м^{2}\cdot^{o}С/Вт$, об'єкти 1946 ÷ 1970 років забудови - до 51.7% з нормованим значення R_o = 0, 8 $м^{2}\cdot^{o}С/Вт$, об'єкти 1971÷1990 років забудови - до 26,3% з нормованим значення R_o = 1.2 $м^{2}\cdot^{o}С/Вт$, будівлі 1990 забудови і по теперішній час - 17%, для яких величина R_o періодично змінювалася (1994 р. – 2.3 $м^{2}\cdot^{o}С/Вт$, 2008р. – 2.8 $м^{2}\cdot^{o}С/Вт$ і у 2013р. – 3.3 $м^{2}\cdot^{o}С/Вт$) [1-2].

За підсумками аналітичних досліджень і вивчення зарубіжного досвіду термомодернізації житлових об'єктів «застарілої забудови» показує, що найбільш істотного результату по енергоефективності можна досягти при реалізації заходів поетапного втілення інженерно-технічних рішень з реконструкції та термомодернізації. Дослідженнями встановлено, що економія до 47% енерговитрат досягається після утеплення зовнішніх стін, покрівлі, перекриттів підвальних приміщень, економія енерговитрат до 18% досягається після заміни конструкцій віконних і дверних прорізів. Решта показників енергоефективності формується після модернізації систем теплопостачання та вентиляції, удосконалення експлуатаційних характеристик джерел теплопостачання, а також після заміни традиційних джерел ресурсозабезпечення на нові відновлювальні екологічно чисті ресурси.

Найбільш популярними серед власників квартир «застарілої забудови» з найдоступніших методів термосанації житлових об'єктів є утеплення зовнішніх стін і вони самовільно (на власний розсуд) реалізують заходи щодо термомодернізації. Утеплення зовнішніх стін виконуються без дослідження теплотехнічних характеристик елементів огороджувальних конструкцій, без урахування геометричних характеристик поверхонь фасаду і також при цьому не враховують просторову орієнтацію зовнішніх стін за географічними параметрами. В процесі реалізації таких стихійних заходів також не враховуються, як фізико-механічні характеристики матеріалу самої огороджувальної конструкції будівлі, так і конструктивне виконання «термомодернізованного» покриття і фізико-механічні параметри його складових. Окрім незначних результатів з теплоізоляції стін, реалізація заходів з термосанації за стихійною схемою виконання робіт загрожує також виникненням неконтрольованих подій, пов'язаних з пожежною небезпекою таких конструкцій. Найчастіше домовласниками використовуються найбільш дешеві матеріали, властивості яких не відповідають вимогам протипожежної безпеки. Такі заходи здатні завдати шкоди іншим оточуючим співвласникам багатоквартирних житлових будинків через відсутність пожежних евакуаційних сходових кліток або незадимлюваних сходів, що може призвести до отруєння і загибелі мешканців. На державному рівні реалізація заходів по термосанації житлових будинків регламентується нормативними документами, які вимагають розробки проектної документації та виконання відповідних експертиз прийнятих рішень [3, 2]. В процесі експлуатації термомодернізірованних будівель, виконаних стихійно, власники не отримують в повній мірі очікуваних результатів. Перш за все це економічна складова – після реалізації термосанаційніх заходів фасадної частини квартири власник все

одно оплачує витрати на опалення на рівні з іншими сусідами, які не виконували зовнішнього утеплення. Також, по периметру так званого фрагментарного утеплення фасаду з часом будуть проявлятися негативні фізико-механічні процеси, пов'язані з нерівномірними потоками термоеміссії зсередини приміщень на кордонах поверхонь з різними теплотехнічними характеристиками. Такі явища в процесі експлуатації супроводжуються мікроруйнуванням зони зчеплення теплоізольованого покриття по периметру фрагмента через заморожування вологи накопиченої в результаті нерівномірного теплоперенесення в товщині стіни. Наслідком таких процесів є руйнування конструкції самого термомодернізованого покриття, а в подальшому і проявом механічних руйнувань несучих конструкцій. Одним з ефективних варіантів реалізації проектних рішень з термосанації огороджувальних конструкцій будівель є використання композиційних матеріалів поліфункціонального призначення ніздрюватої структури виготовлених за ресурсозберігаючою технологію [4]. Окрім задовільних теплоізоляційних властивостей такі вироби є вогнестійкими і що дуже важливо забезпечують крім того комфортні умови та підвищені показники захисту від електромагнітних забруднень мешканцям, що перебувають всередині приміщень [5-7]. Термомодернізація зовнішніх поверхонь огороджувальних конструкцій будівель може виконуватись за традиційними технологіями оздоблювально-ізолювальних робіт [8].

Висновки. Реалізація заходів по термосанації огороджувальних конструкцій житлових будівель повинна забезпечуватися відповідним інженерно-технічним супроводом. Тобто алгоритм термосанації повинен складатися з наступних етапів:

- проведення обстеження технічного стану елементів огороджувальних конструкцій будівель і дослідження їх теплотехнічних параметрів;
- розробка варіантів реалізації інженерно-технічних заходів по термомодернізації об'єктів "застарілої забудови" відповідно до законодавчо-нормативних вимог;
- розрахунок показників техніко-економічного обґрунтування варіантів запроектованих заходів з урахуванням прогнозованих термінів безпечної експлуатації будівлі;
- реалізація оптимального варіанту термосанаційних заходів з дотриманням необхідних умов затвердженої проектно-кошторисної документації.

Список посилань.

1. «Енергозбереження у житловому фонді: проблеми, практика, перспективи». Довідник. //Упорядники НДІпроектреконструкція, Deutcshe Energie-Agentur GmbH и Instituts Wohnen und Umwelt. –2006. – 138 с.

2. Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року./Схвалено Кабінетом Міністрів України//Розпорядження КМУ від 25.11. 2015 р. № 1228-р. – 72 с.

3. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 / Мінрегіон України, 2014 // Київ: Державне підприємство “Укрархбудінформ”, 20014. – 67 с.

4. Сердюк В.Р. Ефективні заповнювачі для ніздрюватих бетонів / В. Р. Сердюк, О. В. Христич // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №1(13), С. 28-32.

5. Сердюк В.Р. Ніздрюватий бетон полі функціонального призначення / В. Р.Сердюк, О. В. Христич, П.В. Постовий // Сучасні технології матеріали і конструкції в будівництві. Наук.-техн. збірник. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. – 2013. – №2(15), С. 18-22.

6. Сердюк В.Р. Проблеми стабільності формування макроструктури ніздрюватих газобетонів безавтоклавного твердіння / В.Р. Сердюк, М.С. Лемешев, О.В. Христич // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. - 2011. - №40. - С. 166-170.

7. Сердюк В.Р. Комплексне в’яжуче з використанням мінеральних добавок та відходів виробництва / Сердюк В. Р., Лемешев М.С., Христич О.В. // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. – 2009. – Вип. 33. – С. 57– 62.

8. Сердюк В. Р. Золоцементне в’яжуче для виготовлення ніздрюватих бетонів / В.Р. Сердюк, М. С. Лемешев, О. В. Христич // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2011. – № 1. – С. 57-61.

УДК 658.7:656.2

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ «ВАНТАЖНИЙ ТРОЛЕЙБУС» (зарубіжний досвід)

к.т.н. ***Лючков Д.С.****, Український державний університет залізничного транспорту, Україна*

Вступ. В даний час з'являються нові транспортні засоби, що працюють від електродвигунів. Черговим подібним ноу-хау може похвалитися компанія Siemens, яка розробила систему eHighway, що припускає появу на дорогах вантажних автомобілів, що працюють за принципом трамваїв і тролейбусів.

Сучасні трамваї і тролейбуси поступово позбавляються від «рогів». Як приклади цієї тенденції можна привести шведські системи OLEV та AutoTram.. І при цьому зовсім парадоксальним виглядає зворотний процес, коли «рогами» обростають транспортні засоби, яким вони до цього були зовсім не потрібні. Такі, як вантажні автомобілі - нове дітище компанії Siemens.

Постановка проблеми. Система eHighway увазі модернізацію автомагістралей шляхом проектування над ними спеціальних контактних мереж, від якого будуть харчуватися вантажні автомобілі, які мають повністю електричні або гібридні двигуни. Сенс цієї інновації полягає в тому, щоб, по-перше, зменшити собівартість вантажних перевезень на далекі відстані (ціна електрики в рази менше ціни вуглеводневого палива), а заодно і шум, що виходить від швидкісних автострад. Причому, система eHighway увазі також і використання кінетичної енергії - генерацію електрики автомобілями при русі. Отриманий струм буде йти в акумулятори вантажівок і, при заповненні оних на сто відсотків, в електромережу.

Опис результатів. Водії подібних вантажівок зможуть підключати свій транспортний засіб до електромережі eHighway в ручному або автоматичному режимі, як це зараз роблять водії трамваїв. А при відключенні від мережі фури зможуть проїхати ще сотню-другу кілометрів на заряді акумулятора або вуглеводневому паливі (якщо вони гібридні).

Успішні випробування технології eHighway були проведені на дорогах Німеччини.

Тому в даний час виникає питання про забезпечення потреби вантажних перевезень за допомогою залучення вантажного парку тролейбусів для зниження навантаження на транспортні магістралі в місті і досягнення прийнятних показників екології.

Висновки. Основні завдання розвитку транспорту зводяться до створення системи мереж транспортних зв'язків, що відповідає оптимальній організації перевезень населення і вантажів. Аналіз існуючої ситуації в великих містах вказує на необхідність впровадження нових конструктивних рішень, спрямованих на поліпшення роботи транспорту в сфері перевезень пасажирів і вантажів та транспортної системи в цілому.

Список використаних джерел

1. Закон України "Про залізничний транспорт України"(нова редакція)**.** [Электроний ресурс]. – Режим доступу: http://mtu.gov.ua/news/200.html?PrintVersion

2. Перевозки грузовіми тролейбусами. {Єлектроний ресурс]. Режим доступу:http://pikabu.ru/story/gruzovoy_trolleybus_ili_transport_budushchego_dlinnopost_620263

3. История создания троллейбусов для пас ажирских и грузовых перевозок. {Єлектроний ресурс]. Режим доступу: http://www.aif.ru/dontknows/about/trolleybusy_10_interesnyh_faktov

УДК 622.6:656.025.6

ВИКОРИСТАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ В ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ СТАНЦІЇ КУП'ЯНСЬК – СОРТУВАЛЬНИЙ

д.т.н. ***Ломотько Д.В.****,* ***Кравченко Д.М.****, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

На сьогоднішній день одним з напрямів розвитку є концепція управління ланцюгами постачання, який передбачає застосування сучасних засобів комунікаційно-інформаційного

рівню. Це дає змогу на високому рівні контролювати всі основні та допоміжні процеси сфери розподілу.

Логістична мережа є складною розгалуженою системою, яка пронизана потоками інформації і яка вимагає наскрізного управління. Керувати такою мережею дуже складно, і керівникам, щоб успішно діяти в мінливому конкурентному середовищі, необхідна оперативна, цілісна і прозора інформація про всю логістичну мережу в цілому.

Управління ланцюгами поставок - це системний підхід до інтегрованого планування та управління всім потоком інформації, матеріалів та послуг від постачальника сировини через підприємства та склади до кінцевого споживача [1].

У 2019 стався стрімкий поворот логістики, бізнесу і споживачів до екологічності. Багато в чому це пов'язано з тим, що 80% споживачів (дані Форбс) вибирають компанії, які підтримують рішення соціальних і екологічних проблем. Прикладами «зелених» компаній можна назвати мережі магазинів з органічними і екологічними продуктами. Вони активно розвиваються в той час, коли іншим мережам доводиться відкривати менше точок і навіть закривати існуючі, щоб скоротити шкоду, нанесену довкіллю. Тобто від логістики очікують готових «зелених» рішень, якими зможуть скористатися.

Щоб відповідати очікуванням клієнтів і зберегти їх лояльність, компанії шукають нові підходи до вирішення своїх бізнес-задач, які також включають в себе скорочення операційних витрат на виробництво, доставку і виробництво товарів. Фактично, більш ефективні рішення рівні більш екологічним, так як два цих чинника тісно взаємопов'язані.

Оптимізація ланцюжків постачання можлива за рахунок об'єднання розрізнених процесів по навантаженню і доставці товарів в єдину систему за допомогою логістичних програм. Заздалегідь знаючи кількість продукції, що відвантажується і точки контрагентів, які потрібно відвідати, можна раціонально спланувати ланцюжок від видачі товару на складі до вручення одержувачу. Застосування описуваних рішень можливо як для b2b, так і для b2c сфер: для відвантаження з виробництва на склад дистриб'ютора, перевезення товарів зі складу в роздрібні магазини, доставки інтернет-замовлень покупцям.

Транспортні програми управління ланцюгами постачання накопичують дані про кількість вагонів в день, обсягах продукції, що перевозиться, кінцевих точках доставки за участю автотранспорту, на підставі яких можна планувати завантаженість прирейкових складів, автомобілів і водіїв.

В Європі близько 25% вагонів і вантажівок не завантажуються ефективно. Це кілометри, пройдені даремно, це втрата грошей. І це додаткові викиди CO_2 при холостий роботі локомотивів і автомобілів. Зокрема, за рік порожні вантажівки проїжджають по Європі до 85 мільярдів кілометрів. Щоб зменшити порожній пробіг можливо використовувати транспортні біржі і брати додаткові замовлення замість порожнього повернення в рамках мультисервісних систем управління. Це дозволить компаніям спільно використовувати транспорт і тару, що призведе до скорочення порожнього рейсу.

Станція Куп’янськ – Сортувальний регіональної філії «Південна залізниця» є прикордонною передавальною станцією[2], задля прискорення роботи і задоволення потреб клієнтів нами запропоновано створити один інтегрований простір, для використання «зеленої» логістики і для спрощення логістичних і транспортних операцій. Це сприятиме виконанню всіх робіт на високому рівні, забезпечить схоронність товару, зменшить невизначеність між ланками ланцюга постачання.

В даний час традиційний підхід не повною мірою відповідає вимогам реальності - в першу чергу через постійну мінливість ринкової кон'юнктури і самої структури технологічного ланцюга. Розширена взаємодія, коли управління підприємством або ланцюгом розглядається як єдиний, цілісний процес, вимагає системного підходу. Прикладом для запровадження такої системи є приймання насипних вантажів з елеваторів, через під’їзні колії (перевантаження вантажу, відправлення, оформлення перевізних документів, відправлення вантажу на прикордонний огляд, транспортування за межі країни) на станції Куп’янськ – Сортувальний.

Список посилань.
1.Бауерсокс Д.Дж., Клосс Д.Дж. Логістика. Інтегрування ланцюгами постачань. – К.: «ОЛІМП-БіЗНЕС», 2005. – 640 с.
2.Технологічний процес роботи сортувальної прикордонної передавальної станції Куп'янськ-Сортувальний. – Куп'янськ: 2011р.
3.Ломотько, Д.В. Системи підтримки прийняття рішень вузловим диспетчером при плануванні технології роботи залізничного вузла / Зб. наук. праць.-Харків: УкрДАЗТ, 2011.-Вип.122.-С.12-21.

УДК 625.141.1:656.212.5

НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ СПАЛЬНИХ КУПЕЙНИХ ВАГОНІВ З ОДНОМІСНИМИ КУПЕ ПІДВИЩЕНОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ

к.т.н. ***Войтків С.В.****, Науково-технічний центр "Автополіпром", Львів, Україна*

Вступ. Одним із дуже важливих і актуальних завдань вітчизняного пасажирського вагонобудування та інших галузей промисловості являється створення і освоєння виробництва конкурентоспроможних спальних купейних вагонів суттєво вищого рівня комфортабельності у порівнянні з тими, які виготовляються на ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод". Адже, з одного боку, відсоток зносу парку пасажирських вагонів у 2019 році досягнув рівня 92,6 % [1]. З іншого боку, суттєво зросли вимоги пасажирів до рівня комфортабельності перевезень залізничним пасажирським транспортом, особливо до рівнів комфортабельності спальних вагонів та до зручності користування ними. При цьому, дуже важливе значення має і соціальний аспект – підвищення рівнів комфортабельності спальних вагонів повинно відбуватися, принаймні, за умови збереження вартості перевезень пасажирів у вагонах співставимої вмістимості.

Виклад матеріалу. Створення перспективних спальних купейних вагонів, обладнаних одномісними купе підвищеної комфортабельності, можливе за рахунок двох напрямків, пов'язаних із збільшенням ширини вагонів по кузовах і застосуванням лише одного тамбура, а також шляхом застосування нових компонувальних схем.

На даний час ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" виготовляє спальні купейні вагони класу "СВ" моделей 61-778Б та 61-779А [2], довжина яких між осями механізмів автозчеплення складає 26,696 м, а довжина і ширина по кузовах, відповідно, 26,1 та 3,021 м. Максимальна вмістимість цих моделей вагонів складає, відповідно, 18 чол. та 20 чол. Вони налічують дев'ять або десять двомісних купе, обладнаних двома спальними диванами, відкидним столиком, вішаками для одягу, дзеркалом, індивідуальними світильниками, багажною полицею тощо. Для розроблення компонувальних схем перспективних спальних купейних вагонів з одномісними купе підвищеної комфортабельності і їх уніфікації з серійними пасажирськими вагонами локомотивної тяги виробництва ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" прийнята їх довжина по кузову – 26,1 м.

Один з напрямків створення перспективних спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності з одномісними купе традиційного поперечного розміщення полягає у збільшенні ширини його кузова до максимального значення статичних габаритів 1-Т або 1-ВМ [3], тобто до 3,4 м, та у застосуванні лише одного тамбура, розміщеного в одному із кінців його кузова (рис. 1).

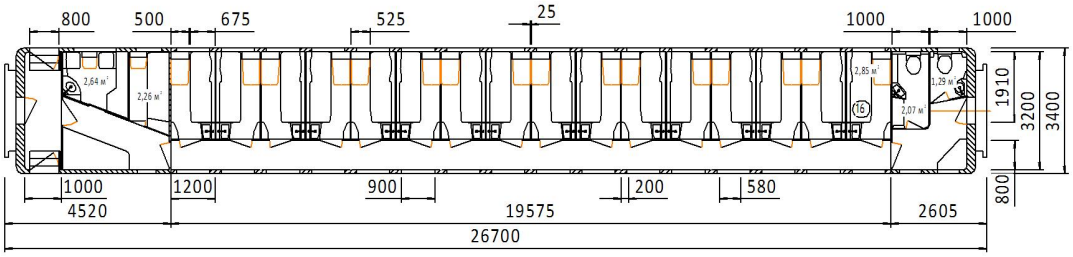


Рисунок 1 – Перспективний спальний купейний вагон (проект sV-s2.01)

Пропонований вагон налічує шістнадцять одномісних купе, обладнаних диванами, столиками, умивальниками, контейнерами для сміття та шафами для верхнього одягу, а також двома туалетами загального користування, розміщеними поруч у кінці кузова вагона.

Інші варіанти створення перспективних спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності з одномісними купе базуються на концепції розміщення пасажирських купе вздовж обох боковин кузовів вагонів.

Компонувальна схема вагона з тамбуром, розміщеним в одному із кінців його кузова наведена на рис. 2,

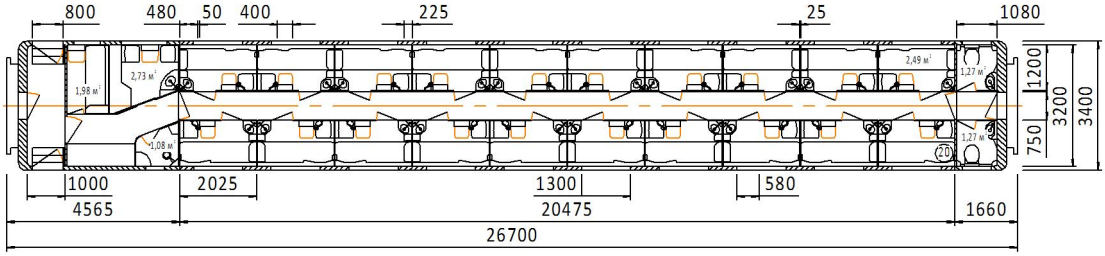


Рисунок 2 – Перспективний спальний купейний вагон (проект sV-n3.01)

а у середній частині кузова вагона на рис. 3.

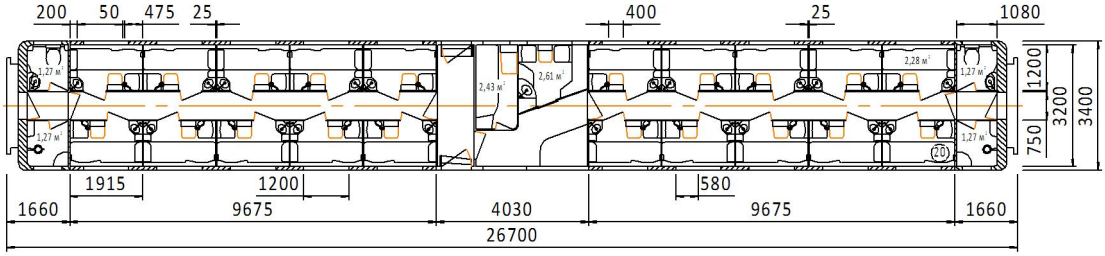


Рисунок 3 – Перспективний спальний купейний вагон (проект sV-n4.01)

Пропоновані компонувальні схеми проектів sV-n3.01 і sV-n4.01 забезпечують створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів підвищеної комфортабельності, у яких розміщено 20 пасажирських одномісних купе. Таким чином, їх загальна вмістимість аналогічна вмістимості серійних вагонів класу 61-779.

Рівень комфортабельності вагонів пропонованих проектів теж суттєво вищий ніж той, який властивий серійним вагонам модельного ряду 61-779. Він забезпечується розміщенням в купе лише 1 пас. та додатковою комплектацією – умивальниками, контейнерами для сміття, шафами для верхнього одягу. Крім того, пасажирські купе пропонованих вагонів проектів sV-n3.01 і sV-n4.01 додатково обладнані окремими м’якими сидіннями.

Висновки. Результати проведених досліджень показують, що створення перспективних конкурентоспроможних спальних купейних вагонів підвищеного рівня комфортабельності, обладнаних одномісними пасажирськими купе, можливе за рахунок збільшення ширини кузовів вагонів до 3,4 м та застосування пропонованих компонувальних схем вагонів з лише одним робочим тамбуром, розміщеним у одному з кінців або у середній частині їх кузовів. При цьому, за умови традиційного поперечного розміщення пасажирських купе забезпечується вмістимість вагона лише у 16 чол., а поздовжнє розміщення пасажирських купе тієї ж ширини, рівної 1,2 м, забезпечує вмістимість вагонів, рівну 20 чол., тобто таку ж, яку мають вагони класу "СВ" моделі 61-779А з двомісними купе.

Більше того, поздовжнє розміщення пасажирських купе сприяє додатковому обладнанню вагонів однією (sV-n3.01) або й двома (sV-n4.01) душовими кабінами.

На основі аналізу пропонованих компонувальних схем перспективних спальних купейних вагонів підвищеного рівня комфортабельності для проектування і освоєння серійного виробництва пропонується проект sV-n4.01, оскільки він передбачає два відокремлені пасажирські приміщення, що складаються з десяти одномісних пасажирських купе. Крім того вагон за пропонованим проектом обладнаний розміщеними в обох кінцях вагону туалетними приміщеннями та душовими кабінами загального користування.

Список посилань.
1. "Укрзалізниця" на межі розвалу: 92 % пасажирських вагонів скоро підуть на звалище. URL: https://znaj.ua/society/218197-ukrzaliznicya-na-mezhi-rozvalu-92-pasazhirskih-vagoniv-skoro-pidut-na-zvalishche (дата звернення: 23.12.2019).
2. ПАТ "Крюковский вагоностроительный завод". Пассажирское вагоностроение. Каталог. URL: http://www.kvsz.com/images/catalogs/tsn.pdf (дата звернення: 21.12.2019).
3. ДСТУ Б В.2.3-29:2011. Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 1520 (1524) мм (ГОСТ 9238-83, MOD). Київ: Мінрегіон України, 2012. 50 с.

УДК 62-83:004.9

ПЕРЕРОЗПОДІЛ КРУТНОГО МОМЕНТА 4-ПРИВОДНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

***Брилистий В.В.**, к.т.н. **Осадчий В.В.**, к.т.н. **Назарова О.С.**, Національний університет «Запорізька політехніка», Запоріжжя, Україна*

Вступ. Основною світовою тенденцією в автомобільній промисловості є істотне збільшення частки гібридних і електричних транспортних засобів (ЕТЗ) в загальному обсязі виробництва, а також розширення пов'язаної з ними інфраструктури [1]. Одним з основних завдань розвитку електричного транспортного середовища є збільшення пробігу без підзарядки і поліпшення показників керованості і маневреності, а також безпеки пасажирів умов перевезення вантажу. Збільшення пробігу може бути досягнуто як за рахунок вдосконалення акумуляторної батареї, так і шляхом підвищення енергоефективності електроприводу. Безпека пасажирів в значній мірі залежить від керованості транспортного засобу. Тому актуальним завданням є підвищення показників керованості та енергоефективності ЕТЗ засобами електроприводу (ЕП) та системи автоматичного керування (САК) [2-3].

Метою роботи є обґрунтування застосування 4-приводної установки, що дозволяє перерозподіляти крутний момент між приводними колесами, в якості базової на сучасному електричному транспортному засобі.

Виклад матеріалу. Перерозподіл моменту між приводними колесами ЕТЗ засобами ЕП та САК дозволяє підвищити керованість і безпеку транспортного засобу за рахунок підтримки крутних моментів приводних коліс на максимально можливому рівні з урахуванням швидкості транспортного засобу, кута повороту і коефіцієнта зчеплення приводних коліс з дорожнім покриттям. Використання зазначеного способу сприяє підвищенню енергоефективності в порівнянні з механічним способом перерозподілу моменту за рахунок виключення втрат на гальмування коліс, на яких потрібно зниження моменту. Відомо, що в повороті на колеса, які їдуть по зовнішньому радіусу сила впливу більше, ніж на внутрішні. Це пов'язано з моментом перекидання, що створюється відцентровою силою. Для врахування цієї закономірності в САК зміна сил реакцій опор в повороті і максимальний момент на колесі визначаються:

$$N_1 = \frac{mg}{4} + F_{Ц.Б_x} \cdot \frac{H}{B} + F_{Ц.Б_y} \cdot \frac{H}{A}, \quad N_2 = \frac{mg}{4} + F_{Ц.Б_x} \cdot \frac{H}{B} - F_{Ц.Б_y} \cdot \frac{H}{A},$$

$$N_3 = \frac{mg}{4} - F_{Ц.Б_x} \cdot \frac{H}{B} + F_{Ц.Б_y} \cdot \frac{H}{A}, \quad N_1 = \frac{mg}{4} - F_{Ц.Б_x} \cdot \frac{H}{B} - F_{Ц.Б_y} \cdot \frac{H}{A}, \quad M_{\max_i} = \frac{F_{T\max_i} \cdot D}{2}.$$

Висновки. На підставі сформульованих основних вимог до системи автоматичного керування силової установки електричного транспортного засобу отримані аналітичні вирази для визначення максимального моменту на колесі, що враховують колію, базу, висоту центру мас і радіус повороту, забезпечують максимальне прискорення транспортного засобу, виключаючи пробуксовку коліс.

Список посилань.
1. Осадчий, В.В. Структура системы управления 4-х приводной силовой установки для электрических транспортных средств / В.В. Осадчий, Е.С. Назарова, В.В. Брылистый //

Проблемы региональной энергетики (специальный выпуск), 2019. – № 1-2(41) 2019. – С. 65-73. doi: 10.5281/zenodo.3239150
2. C. Montero et al., "Modeling and torque control for a 4-wheel-drive electric vehicle," 2015 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT), Seville, 2015, pp. 2650-2655. doi: 10.1109/ICIT.2015.7125488
3. S. De Pinto, P. Camocardi, A. Sorniotti, G. Mantriota, P. Perlo and F. Viotto, "A Four-Wheel-Drive Fully Electric Vehicle Layout with Two-Speed Transmissions," 2014 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Coimbra, 2014, pp. 1-6. doi: 10.1109/VPPC.2014.7006997

УДК 656.13

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМИ ДВИГУНАМИ ТА ДВЗ

к.т.н. ***Дембіцький В.М.****, Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна*

Вступ. На сьогодні досить суперечливим є питання ефективності експлуатації транспортних засобів з електричним приводом, яке зумовлене рядом чинників, таких як вартість палива, вартість тягових акумуляторних батарей і т.д.. Разом з тим ефективність експлуатації автомобілів з електричним приводом буде коливатися залежно від зміни вартості складових, які формують вартість експлуатації транспортного засобу протягом певного періоду. Таким чином метою досліджень є визначення факторів, які впливають на ефективність експлуатації автомобілів з електричним приводом.

Основний матеріал. З метою визначення внеску різних витрат у сумарні витрати на експлуатацію автомобіля їх доцільно розділити на групи:

– вартість нового автомобіля , $З_а$;

– пробіг автомобіля до капітального ремонту, $L_{кр}$ або ресурс автомобіля, визначається кількістю технічних обслуговувань, яка наведена у сервісній книжці автомобіля, з врахуванням пробігу після останнього ТО;

– витрати на паливо для забезпечення пробігу автомобіля до капітального ремонту, $З_{пал.}$;

– кількість та трудомісткість певних видів технічного обслуговування, а також витрати на його проведення, $З_{ТО}$;

– вартість запасних частин, матеріалів, мастил та технічних рідин, які підлягають заміні, відповідно до регламенту ТО, $З_{вит.мат.}$.

Таким чином затрати на експлуатацію автомобіля $З_\Sigma$ визначатимуться:

$$З_\Sigma = З_а + З_{пал.} + З_{ТО} + З_{вит.мат.} \quad (1)$$

З метою можливості порівняння затрат пропонується використати питомі затрати на експлуатацію автомобілів на один кілометр пробігу:

$$З_{пит} = \frac{З_\Sigma}{L_{кр}} . \quad (2)$$

Таким чином оперуючи питомими затратами на експлуатацію автомобілів з’являється можливість здійснювати динамічні дослідження затрат, виявляючи при цьому екстремуми функції, а також визначати найбільш раціональні терміни експлуатації автомобілів.

Окрім того, з метою визначення впливу внеску кожного чинника на вартість експлуатації транспортного засобу доцільно застосувати питомі показники по кожному виду затрат:

$$З_{пит} = \frac{З_\Sigma}{L_{кр}} = \frac{З_а}{L_{кр}} + \frac{З_{пал.}}{L_{кр}} + \frac{З_{ТО}}{L_{кр}} + \frac{З_{вит.мат.}}{L_{кр}} \quad (3)$$

Такий підхід дозволить здійснювати оптимізацію затрат по кожному виду, а також полегшить пошук шляхів зменшення загальних витрат або збільшення пробігів транспортних засобів.

В результаті проведених досліджень визначено структуру витрат на експлуатацію автомобілів Nissan Leaf, Renault Zoe, Hyundai i30, Peugeot 208, яку наведено на рисунку 1.

стратегію досліджень та критерії порівняння затрат на експлуатацію транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння та з електричними двигунами.

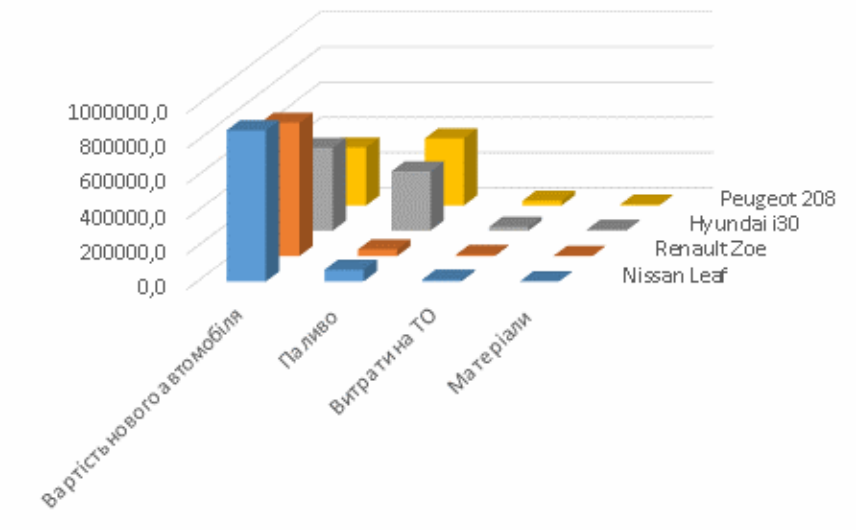


Рисунок 1 – Порівняльні графіки витрат на експлуатацію автомобілів

Як видно з наведеного вище рисунка витрати на придбання автомобіля з електричним приводом є домінуючими, порівняно з іншими витратами, в той же час витрати на паливо співрозмірні з витратами на придбання автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння.

Окрім того здійснено аналіз регламентів технічного обслуговування автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння та електричними двигунами (рис. 2).

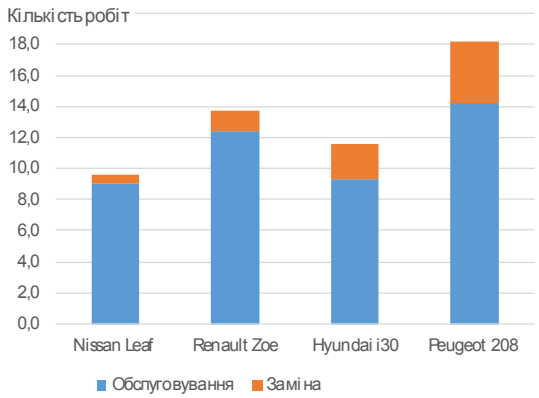


Рисунок 2 – Накопичувальний графік кількості робіт щодо технічного обслуговування автомобілів з ДВЗ та електричним двигуном, приведених до 1000 км.

Кількість робіт щодо технічного обслуговування автомобілів з електричним приводом менша на 10…15 % порівняно з автомобілями обладнаними електричними двигунами. Щодо трудомісткості цих робіт необхідно провести додаткові дослідження, оскільки складність певних видів робіт значно відрізняється.

Висновки. За результатами досліджень встановлено співрозмірність питомих витрат на 1 км пробігу для експлуатацію автомобілів з електричними двигунами та двигунами внутрішнього згоряння. Констатовано збільшення витрат на експлуатацію автомобілів з електричним приводом порівняно з транспортними засобами з електричним двигуном,

причому за умови виключення витрат пов'язаних із придбанням автомобіля, ефективність експлуатації автомобілів з електричним приводом збільшується.

Виходячи з вищенаведеного можна констатувати, що ефективність експлуатації автомобілів з електричним приводом буде суттєво відрізнятися у різних країнах, а основним чинником буде вартість електричних автомобілів та вартість палива для автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння. Варто зауважити, що наведені розрахунки здійснено для цін, які діяли станом на 01.02.2020 р.

УДК 656.07

РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

***Кондратенко Д.А.**, д.т.н. **Нагорний Є.В.**, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна*

Вступ. Вітчизняні та закордонні фахівці з логістики та управління ланцюгами постачань звертають увагу на зростаючу уразливість ланцюгів постачань через активізацію впливу несприятливих зовнішніх факторів, що викликає збільшення витрат та падіння конкурентоспроможності. Тому, нагальною для вирішення є проблема створення ефективних та надійних логістичних систем міжнародного руху товарів всередині логістичних систем і між ними.

Об'єктом дослідження виступає процес постачання товарів у різноманітних системах з автомобільним забезпеченням у міжнародних перевезеннях.

Виклад матеріалу. Підвищенню ефективності процесу доставки товарів у розподільчих системах присвячені роботи багатьох національних та закордонних вчених. Серед цих робіт можливо виділити наступні напрямки: управління складськими запасами, проектування логістичних систем; організація автомобільних термінальних перевезень.

Найбільша кількість досліджень присвячена питанню управління складськими запасами. В деяких роботах автори вказують на те, що значна кількість запропонованих моделей в силу прийнятих припущень не може бути використана на практиці [1].

Велику увагу щодо аналізу проблем логістики постачання товарів від виробника до споживача приділяли такі світові вчені як: М. Вебер, К. Олівер, Дж. Сток, Д. Ламберт, Дж. Г. Шатт та інші. Вони розглядають систему постачань як сукупність ланцюгів постачань. Тому концентрують увагу на управлінні цими ланцюгами [2,3].

Було розроблено дві моделі об'єкту дослідження: однорівневої моноцентричної розподільчої системи та дворівневої моноцентричної розподільчої системи. Критерієм оцінки ефективності розподільчої системи постачання товарів обираємо сумарні витрати коштів на постачання продукції за одиницю часу.

Для запропонованих розподільчих систем побудуємо математичні моделі з прийняттям наступних припущень: один відправник товару, що знаходиться за кордоном; райони обслуговування мають форму кола; розподільчі центри знаходяться в центрі району; пункти заїздів розміщені рівномірно по території району; всі маршрути району не виходять за його межі; споживачі розташовані рівномірно по території району та споживають однакову кількість товару; площа обслуговування S; період постачання продукції T; інтенсивність споживання продукції λ; в якості товару, що транспортується прийнятий тарно-штучний вантаж одного виду. При доставці партії товару у сформованих системах постачань із визначеними технологічними схемами час руху транспортного засобу, тривалість оформлення документів, витрати на оформлення пакету документів та витрати на перевезення є постійними величинами. Математична модель для однорівневої розподільчої системи має вигляд

$$B_{заг.од} = \frac{\lambda \cdot S}{q} \cdot \frac{(B_{тр} + B_{оф} + B_{п})}{T} + \lambda \cdot S \cdot b_{нр1т} \cdot \frac{\lambda \cdot S}{q} \cdot n_{нр} + \\ + \lambda \cdot S \cdot \eta \cdot (T + T_{рух} + T_{оф} + T_{рухр}) \quad (1)$$

де $B_{заг.од}$ – сумарні витрати коштів на постачання продукції споживачеві за одиницю часу при використанні однорівневої моноцентричної розподільчої системи, грн; λ – інтенсивність споживання товару з одиниці площі S на добу, т/(км^2 •доба); S – площа території обслуговування, км^2; T – розрахунковий період, доба; $b_{нр1т}$ – витрати на виконання навантаження-розвантаження 1т вантажу,грн; $n_{нр}$ – кількість вантажних робіт у ланцюгу постачання товару; η – показник іммобілізації капіталу однієї тони вантажу на добу, грн./(т•доба); $T_{рух}$ – тривалість перевезення вантажу, доба; $T_{оф}$ – тривалість виконання різних формальностей, доба; $B_{тр}$- витрати на перевезення вантажу, грн; $B_{оф}$- витрати на оформлення документів, грн; $T_{рухр}$- тривалість знаходження в регіоні обслуговування, доба; q – вантажопід'ємність автомобіля, т; $B_{п}$- витрати пов'язані з втратою вантажу при транспортуванні.

Якщо страхових запас розподілений між складами рівномірно, математична модель дворівневої моноцентричної розподільчої системи має вигляд

$$B_{заг.дв} = \frac{\lambda \cdot S \cdot T \cdot b_{зб}}{2} + \xi \cdot \sigma \cdot N \cdot b_{зб} + N \cdot b_{ус} + \frac{\lambda \cdot S}{q} \cdot \frac{(B_{тр} + B_{оф} + B_{п})}{T} + \\ + \lambda \cdot S \cdot b_{нр1т} \cdot \frac{\lambda \cdot S}{q} \cdot n_{нр} + \lambda \cdot S \cdot \eta \cdot (T + T_{рух} + T_{оф}) + \xi \cdot \sigma \cdot N \cdot \eta \quad (2)$$

де $B_{заг.дв}$ – сумарні витрати коштів на постачання продукції споживачеві за одиницю часу при використанні дворівневої моноцентричної розподільчої системи, грн; $b_{зб}$ – витрати на зберіганні 1 т продукції, грн./(т•доба); ξ – показник достовірності для заданої довірчої ймовірності результату розрахунку; σ – середнє квадратичне відхилення, т.; $b_{ут}$ – добові витрати на утримання одного складського приміщення, грн./доба; N – кількість складів, од.

Висновок. Розроблено дві математичні моделі об'єкту дослідження: однорівневої моноцентричної розподільчої системи та дворівневої моноцентричної розподільчої системи, в яких враховуються параметри впливу: інтенсивність споживання з одиниці площі продукції, площа території обслуговування, розрахунковий період між постачаннями та вантажопід'ємність автомобіля.

Критерієм ефективності моноцентричної розподільчої системи є сумарні витрати коштів на постачання продукції споживачам при заданих обмеженнях, який повинен враховувати витрати на перевезення, витрати на утримання складів, витрати на навантажувально-розвантажувальні роботи, витрати на оформлення документів, витрати на зберігання страхового запасу, витрати на зберігання товару, витрати через пошкодження товару при транспортуванні та оцінку втрат із-за іммобілізації коштів.

Список посилань.

1. Мусатенко О. В. Підвищення ефективності логістичної системи постачань з використанням автомобільного транспорту. // Вісник НТУ. 2017. Вип. 37, Ч. 1. С. 282- 289.
2. Сергеева В. И. Корпоративная логистика в вопросах и ответах. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2013. 634 с.
3. Сток Дж. Р., Ламберт Д. М. Стратегическое управление логистикой ; пер. с 4-го англ. изд. Москва: ИНФРА-М, 2005. 797 с.

УДК 625.141.1:656.212.5

НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПАЛЬНИХ КУПЕЙНИХ ВАГОНІВ ЗБІЛЬШЕНОЇ ВМІСТИМОСТІ ПІДВИЩЕНОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ

*к.т.н. **Войтків С.В.**, Науково-технічний центр "Автополіпром", Львів, Україна*

Вступ. Залізничний транспорт України являється провідною галуззю в дорожньо-транспортному комплексі країни, бо забезпечує майже 50 % річного обсягу пасажирських перевезень. Проте, з 4220 од. інвентарного парку пасажирських вагонів різних типів станом на 1 січня 2019 року [1], в робочому стані знаходилось лише близько 2900 од. Більше того, з

кожним роком катастрофічно збільшується відсоток зносу парку пасажирських вагонів. З показника у 86 % у 2016 році він сягнув рівня 92,6 % у 2019 році. Зрозуміло, що парк пасажирських вагонів потребує негайного і постійного оновлення. Але воно повинно відбуватися з урахуванням нових вимог до рівня комфортабельності вагонів, якого сьогодні потребують пасажири. У сучасних умовах розвитку суспільства вибір пасажирами залізничного транспорту для переміщень на великі відстані залежить, у першу чергу, від рівнів комфортабельності спальних купейних вагонів та вартості проїзду у них.

Тому, створення і освоєння виробництва конкурентоспроможних купейних спальних вагонів суттєво вищого рівня комфортабельності у порівнянні з тими, які виготовляються на ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод", та, принаймні, збереження вартості перевезень пасажирів у вагонах співставимої вмістимості являється важливим і дуже актуальним завданням вітчизняного вагонобудування та інших галузей промисловості.

Виклад матеріалу. Збільшення вмістимості спальних купейних вагонів та суттєве підвищення рівня їх комфортабельності можливе за рахунок двох напрямків, пов'язаних зі збільшенням їх габаритних розмірів та застосуванням інших компонувальних схем. Перший напрямок передбачає збільшення довжини та ширини кузовів вагонів. Найбільшу довжину з відомих пасажирських вагонів мав вагон типу "ЖЮ-1-е7" югославського вагонобудівного заводу "GOSA Fabrika sinskih vozila d.o.o.", яка становила по кузову 26,85 м при габаритній довжині по осях зчіпних механізмів 27,43 м. Допустима ширина вагона по кузову, регламентована вимогами статичних габаритів 1-Т та 1-ВМ [2], може бути не більшою 3,4 м. Саме таку ширину мають вагони швидкісних потягів локомотивної тяги постійного формування виробництва ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" [3]. Але серійні спальні купейні вагони модельного ряду 61-779 цього ж підприємства з довжиною по кузову 26,1 м мають ширину лише 3,021 м. Вмістимість цих вагонів 1-го класу або класу "СВ" з двомісними купе складає 20 чол., а вагонів 2-го класу з чотиримісними купе – 40 чол.

Для розроблення компонувальних схем перспективних одноповерхових спальних купейних вагонів збільшеної вмістимості підвищеної комфортабельності з умови їх уніфікації з серійними вагонами ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод" прийняті наступні розміри: довжина по кузову – 26,1 м, ширина по кузову – 3,4 м. Але з метою збільшення їх вмістимості пропонуються компонувальні схеми на основі застосування лише одного тамбура, розміщеного або в кінці або у середній частині кузовів вагонів.

Компонувальна схема перспективних спальних купейних вагонів з одним тамбуром, розміщеним в одному з їх кінців, наведена на рис. 1.

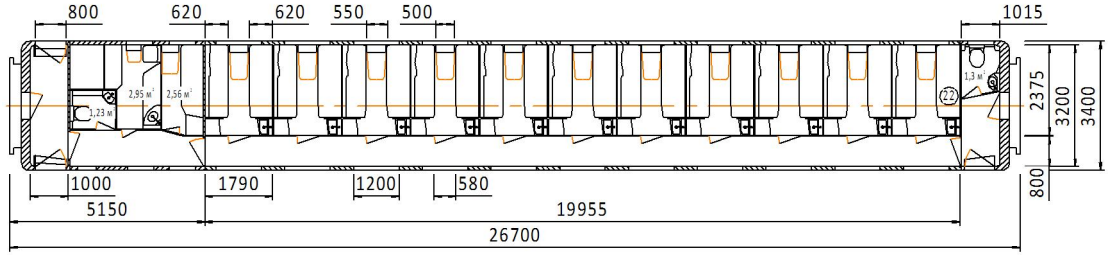


Рисунок 1 – Перспективний спальний купейний вагон (проект sV-12.01)

Вона забезпечує створення конкурентоспроможних спальних купейних вагонів 1-го і 2-го класів з пасажирськими приміщеннями довжиною 19,995 м і шириною поздовжнього проходу 0,8 м, у яких розміщено 11 пасажирських дво- або чотиримісних купе шириною 1,79 м і довжиною 2,375 м. Вагон обладнаний службовим купе, купе для відпочинку провідників, технічним приміщенням та двома туалетами загального користування.

Ще один варіант компонувальної схеми перспективних спальних купейних вагонів збільшеної вмістимості підвищеної комфортабельності з одним тамбуром, але розміщеним у середній частині кузова, наведений на рис. 2.

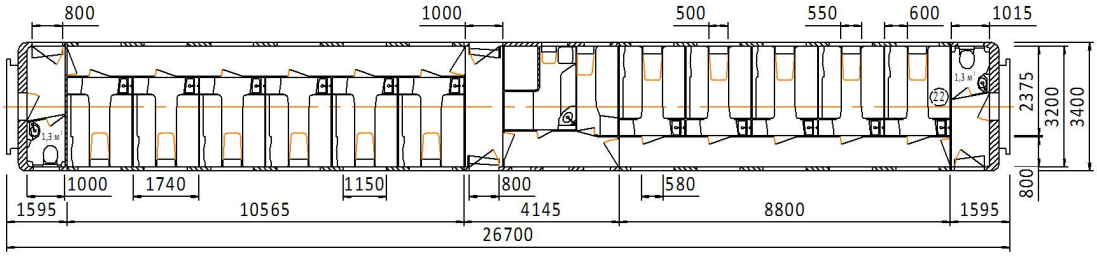


Рисунок 2 – Перспективний спальний купейний вагон (проект sV-13.01)

Ця схема теж передбачає 11 пасажирських купе, але розміщених у двох відокремлених пасажирських відділеннях – 5 в одному та 6 у другому. При цьому, комплектація вагона та його пасажирських купе аналогічна попередньому проекту.

Таким чином, загальна вмістимість вагонів проектів sV-12.01 та sV-13.01 складає, відповідно, 22 чол. та 44 чол., що на 2 чол. і 4 чол. більше, ніж у серійних вагонів модельного ряду 61-779. Рівень комфортабельності вагонів пропонованих проектів теж суттєво вищий ніж той, який властивий серійним вагонам модельного ряду 61-779. Він забезпечується збільшеними розмірами пасажирських купе – шириною 1,79 м (sV-12.01) і довжиною 2,375 м (у вагонів типу 61-779, відповідно, 1,774 м і 1,975 м), та додатковою комплектацією – умивальниками, контейнерами для сміття та шафами для верхнього одягу.

Варто зауважити, що наведені компонувальні схеми з одним тамбуром мають, окрім двох входів-виходів у тамбурі, ще й один (sV-12.01) або два (sV-13.01) запасних виходи у кінцях вагонів, обладнаних у боковинах, протилежних від туалетних приміщень.

Висновки. Результати проведених досліджень показують, що шляхом збільшення ширини кузовів вагонів до 3,4 м та завдяки застосуванню пропонованих компонувальних схем вагонів, обладнаних лише одним робочим тамбуром, розміщеним або у одному з кінців або у середній частині їх кузовів, забезпечується створення конкурентоспроможних перспективних спальних купейних вагонів збільшеної до 22 чол. або 44 чол. вмістимості з підвищеним рівнем комфортабельності відносно вагонів модельного ряду 61-779 виробництва ПАТ "Крюківський вагонобудівний завод". При цьому, за довжиною та шириною кузовів вагони пропонованих проектів уніфіковані з вагонами швидкісних потягів локомотивної тяги постійного формування цього ж виробника.

На основі аналізу пропонованих компонувальних схем перспективних спальних купейних вагонів підвищеного рівня комфортабельності для проектування і освоєння серійного виробництва з умов зручності користування та більшої безпечності пропонується проект sV-13.01, оскільки він передбачає два відокремлені пасажирські приміщення, що складаються з п’яти та шести дво- або чотиримісних пасажирських купе, та два основних і два запасних виходи – по одному в обох кінцях вагону.

Список посилань.

1. "Укрзалізниця" на межі розвалу: 92 % пасажирських вагонів скоро підуть на звалище. URL: https://znaj.ua/society/218197-ukrzaliznicya-na-mezhi-rozvalu-92-pasazhirskih-vagoniv-skoro-pidut-na-zvalishche (дата звернення: 23.12.2019).
2. ДСТУ Б В.2.3-29:2011. Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 1520 (1524) мм (ГОСТ 9238-83, MOD). Київ: Мінрегіон України, 2012. 50 с.
3. ПАТ "Крюковский вагоностроительный завод". Пассажирское вагоностроение. Каталог. URL: http://www.kvsz.com/images/catalogs/tsn.pdf (дата звернення: 21.12.2019).

УДК 656.07

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ НА СКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА

***Зоценко Є.О.**, к.т.н. **Павленко О.В.**, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна*

Вступ. У процесі розвитку, а також у міру зміни економічних умов, всі підприємства стикаються з необхідністю вдосконалення своїх економічних структур. При цьому підприємства переслідують дві основні мети: підвищити ефективність використання внутрішніх ресурсів і адаптуватися до нових зовнішніх умов. Колосальний обсяг коштів, вкладених в запаси, надає проблемі управління ними першорядну важливість. На рівні фірм запаси відносяться до числа об'єктів, що вимагають великих капіталовкладень, і тому являють собою один з факторів, що визначають політику підприємства і впливають на рівень логістичного обслуговування в цілому. Проте багато фірм не приділяють йому належної уваги і постійно недооцінюють свої майбутні потреби в наявних запасах. В результаті цього фірми звичайно зіштовхуються з тим, що їм доводиться вкладати в запаси більший капітал, ніж передбачалося. Тобто, актуальність проблеми оптимізації матеріальних запасів підприємства та ефективного управління ними зумовлена тим, що стан запасів справляє визначальний вплив на конкурентоспроможність підприємства, його фінансовий стан та фінансові результати.

Виклад матеріалу. Процес управління запасами є складовою частиною системи управління підприємством, тому його ефективність характеризується таким важливим критерієм, як величина витрат, що утворюються при управлінні запасами. Матеріальні запаси в тому чи іншому вигляді присутні на протязі всього логістичного ланцюга, пов'язуючи до 80% обігових коштів фірми. Витрати на управління запасами досягають 40% і більше логістичних витрат фірми.

В [1] зазначається, що система управління запасами – сукупність правил і показників, які визначають момент часу й обсяг закупівлі продукції для поповнення запасів. Для ситуації, коли відсутні відхилення від запланованих показників і запаси споживаються рівномірно, в теорії управління запасами розроблено дві основні системи управління запасами: система управління запасами з фіксованим розміром замовлення і система управління запасами з фіксованою періодичністю замовлення. Інші системи управління запасами (система з встановленою періодичністю поповнення запасів до встановленого рівня і система «максимум-мінімум») є модифікацією цих двох систем. Система з фіксованим розміром замовлення проста і є свого роду класичною. У даній системі розмір замовлення на поповнення запасу є постійною величиною. Замовлення на постачання продукції здійснюється за умови зменшення наявного на складах логістичної системи запасу до встановленого мінімального критичного рівня, який називають «точкою замовлення» [1-3, 4].

У підручнику [3] вказано, що забезпечити взаємозалежне вирішення поставлених завдань можна лише за допомогою створення інтегрованої системи управління запасами на підприємстві, оскільки у разі застосування окремих моделей виникає недосконаліть рішень щодо запасів, і лише за допомогою інтегрованої системи управління запасами та синергітичного підходу до логістики запасів можливо досягти поставлених завдань.

Інтегрована система управління запасами (табл.1), ґрунтується на базових та найбільш розповсюджених системах управління запасами [4].

Згідно з американськими джерелами «поняття сучасної теорії управління запасами належить до 1915-1922 рр., коли кілька авторів (Davis R., Owen H.S., Wilson R.H., Miller W.A., Penninngton G., McGill H.N., Clark F.E., Mellen G.F.), діючи незалежно один від одного, отримали формулу для найбільш економного розміру партії, мінімізуючого загальні витрати зберігання товару, для випадку, коли попит відомий і є постійною величиною», відому як формула Уілсона [5]. Автор Неруш Ю.М. в [6] зазначає, що матеріально-виробничі запаси є складовою частиною оборотних активів організації, що класифікуються в узагальненому вигляді за трьома видами: виробничі запаси; незавершене виробництво; готова продукція.

Таблиця 1 - Інтегрована система управління матеріальними запасами

Перший рівень системи управління матеріальними запасами	
«Штовхаючі» системи управління матеріальними потоками	«Тягнучі» системи управління матеріальними потоками
1. MRP	1. KANBAN
2. MRP I	2. OPT
3. MRP II	3. ZIPS
4. DRP	4. MAN
5. ERP	5. DOPS
6. ERP II	6. NOT
7. LRP	7. LP
8. CALS	
Другий рівень системи управління матеріальними запасами	
ABC – класифікація запасів	
XYZ – класифікація запасів	
Третій рівень системи управління матеріальними запасами	
1. Система управління запасами з фіксованим розміром замовлення	
2. Система управління запасами з фіксованим періодом часу між замовленнями	
3. Система управління запасами зі встановленою періодичністю поповнення запасів до постійного рівня	
4. Система управління запасами «мінімум-максимум»	
5. Система оперативного управління запасами	

Гаджинський А.М. [8] та Пономарьова Ю.В. [9] виділяють таку класифікацію запасів за структурною роллю в системі управління запасами: максимальний бажаний; граничний; поточний; гарантійний; неліквідний. Види можливих витрат за наявності дефіциту запасів в порядку збільшення їх негативного впливу такі [10]: витрати у зв'язку з невиконанням замовлення; витрати у зв'язку з втратою збуту; витрати у зв'язку з втратою замовника.

Висновки. В результаті аналізу поточного стану в області управління запасами встановлено, що формування і зміст запасу є важливим як для підприємства, так і для виробництва. Запаси забезпечують безперервність виробничого процесу, але в той же час наявність запасів на складах спричиняє додаткові витрати. Тому необхідно знайти компроміс між рівнем запасів на складах і витратами на їх зберігання, які повинні бути мінімально можливими. Таким чином, для зниження витрат підприємства необхідно встановити оптимальний обсяг замовлення, що в кінцевому підсумку позначиться на сумарних витратах.

Список посилань.

1. Крикавський Є.В. Логістика. Основи теорії: Підручник / Крикавський Є.В. – Львів: Національний університет «Львівська політехніка», «Інтелект-Захід», 2004. – 416 с.
2. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. – 3-е изд., перераб. и доп. / Гаджинский А.М. – М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 2000. – 375 с.
3. Окландер М.А. Логістика: Підручник / Окландер М.А. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 346 с.
4. Бауэрсокс Дональд Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Бауэрсокс Дональд Дж., Клосс Дж. – М.: Олимп – Бизнес, 2001. – 640 с.
5. Історія виникнення і становлення логістики [Електронний ресурс]: http://logisticstime.com/istoya/istoriya-logistiki/.
6. Неруш Ю.М. Логістика в схемах і таблицях: учеб. пособие. - М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. - 192с.
7. Скоробогатова Т.Н. Логистика: Учебное пособие. – 2-е изд. / Скоробогатова Т.Н. Симферополь: ООО «ДиАйПи», 2005. – 116 с.
8. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. – 3-е изд., перераб. и доп. / Гаджинский А.М. – М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 2000. – 375 с.
9. Пономарьова Ю.В. Логістика: Навчальний посібник: вид 2-ге, перероб. та доп. – К.:Центр навчальної літератури,2005.- 328с.

10. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики. Учебное пособие / Лукинский В.С. – Спб.: Питер, 2003. – 219 с.

УДК 656.96

АКТУАЛІЗАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ У СФЕРІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

к.т.н. ***Запара Я.В.****, Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків*

Вступ. Для сфери організації перевезення небезпечних вантажів характерним є висока міжнародна інтегрованість, включно до ООН (Комітет експертів ООН розробляє та корегує «Рекомендації з перевезення небезпечних вантажів. Типові правила», які реалізуються у відповідних Правилах перевезення небезпечних вантажів), тобто національна нормативно-правова база у цій сфері повинна відповідати міжнародним чинникам.

Виклад матеріалу. Останні зміни в нормативну базу щодо організації перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом України діють з 17.07.2017 року і стосуються Правил перевезення небезпечних вантажів (ППНВ), Правил перевезення наливних вантажів і Правил безпеки та порядку ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом.

Детальний аналіз змісту наведених джерел вказує на певну невідповідність деяких положень національних правил змінам у міжнародних угодах в сфері перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом. Для осучаснення національної нормативно-правової бази необхідно:

- виключити із Правил перевезення наливних вантажів пересильні накладні форми ГУ-27дс і ГУ-27дт (зазначені документи використовуються при перевезенні у межах СНД. Листом від 03.05.2018 №Ц/2-24/1279-18 АТ «Укрзалізниця» проінформувала, що Україною не застосовується нормативно-правова база країн СНД у сфері перевезення небезпечних вантажів);

- привести у відповідність з Угодою про міжнародне залізничне вантажне сполучення та з Конвенцією про міжнародні залізничні перевезення п. 1.3 ППНВ «Положення цих Правил не поширюються на…»;

- доповнити п.1.10 ППНВ «Терміни та скорочення» термінами «Додаток 3 до СМГС» та «Контейнер для перевезення навалом/насипом м’який (ВКЗ)»;

- уточнити в п. 2.2 ППНВ найменування класу 4.1, а саме: «Легкозаймисті тверді речовини, самореактивні речовини, тверді десенсибілізовані вибухові речовини та речовини, що полімеризуються»;

- змінити посилання в п. 2.3 ППНВ з «ДСТУ 4500-3» на «пункт 2.1.3.10 Додатку 2 до СМГС»;

- відредагувати п. 3.8.2 ППНВ «Колонка 19. Мінімальні норми прикриття» (замість чотирьох цифр використовувати три цифри (перша – від головного локомотива, друга – від підштовхуючого, третя – від вагонів з людьми);

- доповнити п. 5.2.8 ППНВ маркувальним знаком №9А, який наноситься на паковання, що містить літієві елементи або батареї;

- доповнити п. 5.3.5 ППНВ «Зразки знаків небезпеки»: «Небезпека класу 9. Літієві батареї та елементи №9А»;

- доповнити п. 7.4 ППНВ підпунктом 7.4.11 «Експлуатація м’яких контейнерів для перевезення навалом/насипом»;

- ввести доповнення в Таблицю 5 п. 7.5 ППНВ «Сумісне навантаження в один вагон або контейнер» у зв’язку з введенням зразка знаку небезпеки №9А;

- виключити Додаток 11 до п. 3.8.2 ППНВ (значення цифрових кодів наведено в главі 3.3 Додатка 2 до СМГС);

- виключити Додаток 13 до п. 5.5.4 ППНВ (станції виключаються у зв’язку із зміною технології роботи при перевезенні військових вантажів залізничним транспортом);

- виключити Додаток 15 до п. 6.10 ППНВ (відбір і підготовка вагонів для перевезення окремих небезпечних та легкогорючих вантажів здійснюється згідно з п. 2 глави 11 Додатка 3 до СМГС.) тощо.

Висновки. Таким чином, для актуалізації національної нормативно-правової бази у сфері перевезення небезпечних вантажів залізничним транспортом є всі підстави. Необхідно Директорату з безпеки на транспорті прискорити розробку проєкту відповідного наказу Мінінфраструктури України для реалізації наведених пропозицій.

УДК 656.2

ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ В УКРАЇНІ

к.т.н. ***Музикін М. І.****, к.т.н.* ***Бібік С. І.****,* ***Горобченко Д.****, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, Україна*

Вступ. В Україні розвинені практично усі види сучасного транспорту, а саме залізничний, автомобільний, морський, річковий, повітряний та трубопровідний. Вище перелічені види транспорту можна розділити за способом переміщення. До сухопутного транспорту відносять залізничний, автомобільний та трубопровідний. До водного – річковий та морський. Повітряний представлений лише одним видом транспорту – авіаційним.

Наша країна знаходиться у значно вигідних транспортно-географічних умовах. Особливо це стосується напрямку захід-схід: із Західної і Центральної Європи у Східну Європу та Азію, та навпаки; а також північ-південь: із Північної Європи на Ближній Схід, і навпаки. Це відкриває перед нами багато можливостей.

Виклад матеріалу. Для забезпечення оптимального технологічного транспортного процесу передбачається комплексний розвиток залізничних пристроїв (станцій, складських комплексів тощо), промислових підприємств, пристроїв автомобільного, водного, трубопровідного транспорту, перевалочних комплексів. Основною вимогою при комплексному розвитку пристроїв різних видів транспорту у вузлах є забезпечення постійної відповідності їх технічного оснащення наміченим об'ємам роботи. Необґрунтований розвиток окремих видів транспорту, який не відповідає виконуваній роботі, веде до різкого погіршення показників і зниженню ефективності розвитку всієї системи вузла в комплексі.

Схема розвитку транспортного вузла повинна забезпечувати:

- можливість подальшого розвитку вузла при умові раціонального розміщення пристроїв окремих вдів транспорту та їх стикових пунктів спільно з плануванням міста і розміщення на його території об'єктів промисловості, а також оптимальне розподілення об'ємів перевезень вантажів між окремими видами транспорту та перевезень пасажирів;
- оптимальну схему переміщення вантажів у вузлах – короткопробіжних перевезень;
- етапне збільшення пропускної та переробної спроможності, відповідно зросту об'єму вантажоперевезень;
- можливість максимального кооперування об'єктів різних видів транспорту;
- наявність резервних можливостей посилення потужності вузла.

Комплексний розвиток різних видів транспорту в транспортних вузлах для обслуговування вантажних перевезень має техніко-економічне обґрунтування, що встановлює сфери застосування окремих видів транспорту і розподіл перевезень між ними. Для транспортних вузлів характерні три види вантажних перевезень: які прибувають чи відправляються з вузла; транзитні з використанням одного виду транспорту; транзитні з перевантаженням з одного виду транспорту на інший.

Автомобільний транспорт використовується в дуже широкому діапазоні. Це, перш за все, міські, місцеві і короткопробіжні перевезення. Для більшості вантажів такі перевезення вигідні на відстанях до 60 км, для цінних і швидкопсувних вантажів – на відстанях понад 200 км. Встановлення сфери доцільності використання автомобільного транспорту для перевезення вантажів залежить від багатьох факторів, головні з яких: вантажопідйомність

автомобілів, рід вантажу, наявність упорядкованих шосейних доріг, хороші під'їзди і пункти навантаження-вивантаження на промислових і сільськогосподарських підприємствах. Розширення сфери застосування автомобільного транспорту, особливо для місцевих і короткопробіжних перевезень, забезпечує в транспортних вузлах зниження перевантажувальних робіт і збільшення пропускної та переробної спроможності залізничних станцій.

До числа технологічних заходів можна віднести впровадження в портах прямого варіанта перевантаження вагон-судно, а в вантажних районах – вагон-автомобіль, які значно прискорюють процеси переробки вагонів у вузлах, знижують витрати і скорочують час доставки вантажів.

Одним з технічних засобів, що дозволяють значно поліпшити роботу транспортного вузла, є розвиток контейнерних і контрейлерних перевезень. Широке застосування даних перевезень дозволяє різко скоротити час на перевантажувальний процес, повністю механізувати всі перевантажувальні операції, знизити витрати на перевезення, в тому числі на тару, забезпечити високу схоронність перевезених вантажів, а також більш ефективно використовувати складські площі.

Висновки. Найбільш складними в транспортних вузлах є перевезення вантажів у змішаному сполученні з перевантаженням з одного виду транспорту на інший. Від раціональної організації таких перевезень багато в чому залежить успішна робота транспортного вузла в цілому. У зв'язку з цим необхідне вдосконалення організації перевезень в змішаному сполученні за рахунок розвитку технічних засобів видів транспорту і підвищення їх потужності, впровадження новітніх засобів механізації та автоматизації вантажно-розвантажувальних робіт і прогресивних технологічних процесів, заснованих на строгих прогнозних розрахунках обсягів майбутньої роботи, точної інформації про час надходження вантажів, чіткого і достовірного добового планування всієї роботи перевантажувального комплексу.

УДК 656.07

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИКИ ПОСТАВКИ АГРОПРОДУКЦІЇ ІЗ УКРАЇНИ В НІДЕРЛАНДИ

***Лашина К.О.**, к.т.н. **Павленко О.В.**, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна*

Вступ. Вантажні перевезення розглядаються як складна система, на яку впливають ефекти глобалізації, інтеграція різних видів транспорту, географічно розподілені операції і розширені бізнес-моделі [1]. Така складність також посилюється необхідністю реагування в реальному часі на несподівані ситуації, виявлені на етапі транспортування (наприклад, погодні умови, страйки, аварії). На дуже вимогливому ринку запит на своєчасну доставку вантажу, ефективність транспортування є критичною проблемою. Здатність виявляти й усувати всі можливі перешкоди і ризики в реальному часі стає основною компетенцією для логістичних компаній, які замаються постачанням в тому числі постачанням агропродукції за кордон [2, 3].

Виклад матеріалу. В даний час Україна є одним з провідних світових експортерів аграрної продукції. Агропромисловий комплекс (АПК) є пріоритетною галуззю української економіки і, в найближчий період, стратегія його виходу на ринок Європейського Союзу (ЄС) має істотне значення для перспективного розвитку України. За період січень-вересень 2019 року було експортовано аграрної продукції в ЄС на 4,76 мільярдів доларів США, що на 106,9% більше періоду минулого року [4]. При цьому даний обсяг становить 30% від загального експорту. Найбільший обсяг експорту аграрної продукції (АП) склав в Нідерланди - 1,06 мільярдів доларів США (табл.1). З 16 товарних позицій відвантаження вантажу в цю країну найбільше значення у зернових культур (табл.2).

Таблиця 1 – Обсяг експорту аграрної продукції з України в десять країн ЄС

№	Назва країни	Сума експорту, тис. дол. США
1	Нідерланди	1062586,56
2	Іспанія	765642,13
3	Німеччина	596009,22
4	Італія	456854,32
5	Польща	382205,05
6	Бельгія	342315,23
7	Франція	198895,59
8	Великобританія	190718,25
9	Португалія	146400,54
10	Литва	101443,46

Таблиця 2 – Обсяг експорту аграрної продукції з України до Нідерландів

№	Назва товарної позиції	Сума експорту, тис. дол. США	У відсотках до відповідного періоду минулого року
1	живі тварини	42,3	184,3
2	м'ясо та їстівні субпродукти	80724,8	87,0
3	риба і ракоподібні	605,4	109,6
4	молоко та молочні продукти, яйця птиці; мед	6680,2	60,3
5	овочі	1210,2	109,6
6	їстівні плоди та горіхи	7033,1	80,0
7	кава, чай	288,8	67,9
8	зернові культури	463152,2	138,8
9	продукція борошномельно-круп'яної промисловості	971,2	97,4
10	насіння і плоди олійних рослин	161930,0	203,0
11	рослинні матеріали для виготовлення	127,3	114,0
12	жири та олії тваринного або рослинного походження	335210,4	190,4
13	продукти з м'яса, риби	219,8	108,9
14	цукор і кондитерські вироби з цукру	135,1	1323,6
15	какао та продукти з нього	726,8	75,5
16	готові продукти із зерна	2133,4	140,1

Ефективне відстеження поставок має вирішальне значення для управління глобальною торгівлею і логістикою [5]. Щоб впоратися зі зростаючою складністю вимог клієнтів, організація і управління ланцюгами поставок постійно рухаються до співпраці, інтелектуальності і сервіс-орієнтованості [6-8]. Багато логістичні компанії в більшості країн світу зробили простежуваності обов'язковою процедурою в ланцюжку поставок [9]. А управління потоками представляється складним завданням для учасників мультимодальной транспортного ланцюжка. Вона є основною рушійною силою в ланцюжку поставок. Що доводиться пропозицією інтелектуальної системи простежуваності просування товарів в контейнерах в контексті мультимодальних перевезень [10]. Також в ряді робіт пропонується система стеження за пересуванням в ланцюжка поставок продукції, яка має багато зв'язків і складних факторів. При цьому оптимізуються моделі досліджуваних об'єктів шляхом використання сучасних інформаційних систем і технологій [11].

Висновки. Таки чином, для формування оптимальної логістики поставки аграрної продукції з України в Нідерланди необхідно визначити ефективну структуру взаємодії учасників процесу на основі СМАРТ рішень, а також з урахуванням тенденцій щодо

збільшення попиту на дані послуги, ризикових складових, рівнів відмови, паралельності взаємодії.

Список посилань.

1. R. Costa, R. Jardim-Goncalves, P. Figueiras, M. Forcolin, M. Jermol and R. Stevens (2016) Smart Cargo for Multimodal Freight Transport: When "Cloud" becomes "Fog", *IFAC-Papers OnLine. 49 (12) :* 121-126.

2. T. Gregora, M. Krajčoviča, and D. Więcek (2017) Smart Connected Logistics, *Procedia Engineering, 192 :* 265 – 270.

3. N.Y. Shramenko and V.O. Shramenko (2018) Mathematical model of the logistics chain for the delivery of bulk cargo by rail transport, *Scientific Bulletin of National Mining University, 5(167) :* 136-141.

4. Officialsite of Derzhkomstatu Ukrayiny.: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2019/zd/kr_tstr/arh_kr_2019.htm

5. H. Hasan, E. AlHadhrami, A. AlDhaheri, K. Salah, and R. Jayaraman (2019) Smart contract-based approach for efficient shipment management, *Computers & Industrial Engineering, 136 :* 149-159.

6. S. Pan, R.Y. Zhong, and T. Qu (2019) Smart product-service systems in interoperable logistics: Design and implementation prospects, *Advanced Engineering Informatics, 42:* 123-132.

7. D. Kopytkov O. Pavlenko An approach to determine the rational scheme of delivery for the international consolidated shipments. *Комунальне господарство міст*. 2019. 147 (1). 35-41.

8. R. Giustia, D. Manerbaa, G. Brunoa, and R. Tadeia (2019) Synchromodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research, *Transportation Research Part E, 129 :* 92–110.

9. I. Konovalenko and A. Ludwig (2019) Event processing in supply chain management – The status quo and research outlook, *Computers in Industry*, *105* : 229-249.

10. D. Velykodnyi and O. Pavlenko (2017) The choice of rational technology of delivery of grain cargoes in the containers in the international traffic, *International journal for traffic and transport engineering*, *7(2) :* 164-175.

11. V. Aulin, O. Lyashuk, O. Pavlenko, D. Velykodnyi, A. Hrynkiv, S. Lysenko, D. Holub, Y. Vovk, V. Dzyura, and M. Sokol (2019) Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system, *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, *21(2) :* 3-12.

УДК 656.96

ОНОВЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ЯК ВИМОГА ЧАСУ

к.т.н. ***Запара В.М.****, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

Вступ. Для залізничного транспорту України в теперішній час є низка викликів, які необхідно прийняти. З одного боку, макроекономічні чинники, такі як геополітична нестабільність, зменшення обсягів транзиту, кон'юнктура світових ринків, а також подальша лібералізація ринку перевезень в Україні. На операційному рівні - незадовільний технічний стан залізничної інфраструктури та рухомого складу, застарілі механізми, регламенти та процедури управління: Усе це потребує докорінних та швидких змін, в тому числі в нормативно-правовій базі.

Виклад матеріалу. Для ефективної реалізації стратегії АТ «Укрзалізниця» важливою умовою є ухвалення Закону України «Про залізничний транспорт». Його відсутність, наприклад, унеможливлює в повному обсязі задіяти операторів тяги в перевізному процесі, що гальмує розвиток галузі, лібералізацію ринку. Цей закон має корелювати із презентованим планом реструктуризації компанії. В очевидь, найбільш доцільно було б одразу після узгодження плану реструктуризації та порядку лібералізації ринку ухвалити відповідний закон, який забезпечить необхідні правові та фінансові механізми для розвитку галузі на найближчі роки.

Основним правовим нормативним актом, який встановлює обов'язки, права та відповідальність залізниць, з однієї сторони, та підприємств, організацій, установ і громадян, які користуються залізничним транспортом – з іншої сторони, є Статут залізниць України. Статут визначає основні задачі та обов'язки сторін щодо перевезень та регулює їх правові відносини. Він регламентує порядок формування та виконання плану залізничних перевезень, укладання договорів і основних умов перевезення вантажів, пасажирів, багажу і пошти, основні положення експлуатації залізничних під'їзних колій, а також взаємовідносини залізниць з іншими видами транспорту.

Зважаючи на суттєві зміни, які плануються до впровадження (згідно з проектом нового закону № 9512 «Про залізничний транспорт України», який не був прийнятий Верховною Радою України у 2018 році та повинен бути доопрацьований) на ринку будуть діяти такі суб`єкти: Перевізник, який має тягу (магістральні локомотиви) і рухомий склад (вагони); Оператор інфраструктури (АТ «Укрзалізниця»); Оператор залізничного рухомого складу; Центральний орган виконавчої влади, який реалізує державне регулювання і нагляд в сфері залізничного транспорту (Мінінфраструктури України).

Статут містить основні принципові положення і правові норми, які відносяться до всіх видів перевезень. Сучасна ситуація вимагає кардинального перегляду Статуту залізниць України. Проте Статут не може передбачити і врахувати всю специфіку конкретних умов перевезень окремих вантажів. У розвиток окремих статей Статуту необхідно оновити практично всі підстатутні нормативні документи: Правила перевезень вантажів; Правила перевезення пасажирів, багажу, вантажобагажу та пошти залізничним транспортом України; інші нормативні документи.

Вважаємо, що з виділенням залізничної інфраструктури, функціонуванням тягових та вагонних операторів необхідно оперативно удосконалити нормативно-правову базу взаємодії вказаних суб`єктів перевезення залізничним транспортом з клієнтурою. До того ж важливо мати нормативний документ щодо видів діяльності (процесів), які можуть бути передані для закупівлі за зовнішніми договорами (аутсорсинг).

Висновки. Наведений аналіз показує, що ціла низка проблем, пов'язаних з сучасним функціонуванням залізничного транспорту, повинна знайти відображення в нормативно-правовій базі, а саме: забезпечення безпеки залізничного транспорту та процесів його технологічних циклів задля життя і здоров'я людей та охорони навколишнього середовища; формування конкурентного середовища на ринку залізничних перевезень; збереження узгодженості та стійкості роботи залізничного транспорту як єдиного технологічного комплексу; забезпечення доступності та якості надання послуг з перевезень та користування інфраструктурою з урахуванням вимог інтероперабельності; збалансованості витрат на утримання та розвиток інфраструктури і доходів від реалізації її послуг; відповідності законодавства України та Європейського Союзу у галузі залізничного транспорту.

УДК 656.22

МЕТОДИКА СКОРОЧЕННЯ ОБІГУ ВАГОНУ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ МЕРЕЖІ

к.т.н. ***Нестеренко Г. І.****, к.т.н.* ***Музикін М. І.****, к.т.н.* ***Бібік С. І.****, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, Україна*

Вступ. Порядок направлення та організація вагонопотоків є важливим технологічним завданням експлуатаційної роботи залізниці. Правильна організація вагонопотоків – одне з основних завдань експлуатаційної роботи залізниці. Обіг вагона – універсальний показник роботи залізничних магістралей. Він разом характеризує організаційну, технічну та економічну діяльність залізничників, щабель взаємодії з клієнтурою та безпекою руху поїздів.

Сьогодні багато дослідників та спеціалістів дуже гостро ставлять запитання про невідповідність теорії та практики організації вагонопотоків вимогам життя. Дійсно, сучасне управління вагонопотоками повинно бути більш гнучким та легко пристосовуватись, по-

перше, до змін в організаційно-економічній галузі залізничних перевезень, по-друге, до транспортних потоків з різними характеристиками, по-третє, до їх збільшеної динамічності та коливань. Взаємозв'язок цих трьох аспектів аж ніяк не простий та однозначний, та їх погана вивченість – не єдина перешкода на шляху до швидких результатів.

Також гостро постає питання зменшення значного числа перевізних засобів при збереженні обсягів роботи. Для раціоналізації використання вагонного парку, покращення якісних та кількісних показників роботи станцій необхідно намагатися зменшувати, всіма можливими способами, час обігу вантажного вагону шляхом дотримання встановлених технологічними нормативами значень.

Виклад матеріалу. В ринкових умовах необхідно приділяти більше уваги щодо якісного обслуговування кожного вантажовідправника та вантажоодержувача. Для підтримки конкурентоспроможності залізниць, заохочування нових клієнтів необхідно впроваджувати нові технології щодо покращення використання технічних засобів транспорту шляхом впровадження інформаційно-керуючих систем.

Аналіз динаміки з транзитними вагонами за період 2017-2018 років свідчить про деяке збільшення робочого парку вагонів (на 12 %) порівняно з 2016 роком при скороченні часу простою вагонів на технічних станціях як при переробці вагонопотоку (у середньому на 8,6 %), так і при пропуску їх без переробки (на 32 %).

У цих умовах підвищення транзитності вагонопотоків є необхідним навіть при деякому збільшенні часу їх простою під накопиченням, оскільки вагонопотоки і вантажопотоки є двома найважливішими компонентами перевізного процесу, який у свою чергу є своєрідною динамічною системою багатьох взаємопов'язаних процесів, що зливаються в єдиний процес переміщення вантажів у вагонах. Розгляд цієї системи є основою забезпечення поліпшення завдання організації вагонопотоків на залізничному транспорті на базі реалізації максимально можливого по довжині транзитного вагонного плеча.

На якість роботи підрозділів залізничного транспорту значно впливає виконання одного з основних якісних показників – обігу вантажного вагону. Однією з основних задач експлуатації є приведення значення обігу вагону до нормативних значень встановлених технічними нормативами.

Одним із заходів, що дозволяє скоротити експлуатаційні витрати на місцеву роботу, є удосконалення технології багатогрупної підбірки вагонів до передаточних поїздів. Запропоновано на основі математичного апарату розширених мереж Петрі побудувати комплекс моделей визначення оптимальної композиції передаточних поїздів, для чого необхідно розробити нові розширення – задаючий перехід та дуги із змінними пріоритетами.

Основним критерієм, за яким запропоновано розміщувати групи вагонів у составі з метою скорочення простою місцевих вагонів у залізничному вузлі, є пріоритет кожної групи, який доцільно призначати за наступних ознак:

- питомі витрати часу $t_{пит}$ на подавання одного вагону для кожної з n груп;
- географічне розташування примикань колій до вантажних фронтів;
- час $t_з$, який залишається до закриття вантажних фронтів.

Оптимізація руху поїздів дільницями є важливою задачею, що сприятиме прискоренню термінів доставки вантажу.

Також вирішення задачі можливо досягти за рахунок: скорочення вантажного рейсу вагона за рахунок усунення нераціональних перевезень; скорочення порожнього пробігу; комплексної механізації навантажувально-розвантажувальних робіт та скорочення простою вагонів під вантажними операціями; подальшого підвищення швидкості руху поїздів; скорочення простою вагонів на станціях; підвищення статичного та динамічного навантаження вагона; покращення технічного стану вагонів та скорочення часу знаходження їх в ремонті; формування поїздів з максимальною вагою.

Вирішення даної задачі повинно базуватися на широкомасштабному застосуванні передових технологій в галузі обчислювальної техніки завдяки яким може бути досягнуто

найбільш швидке реагування на зміну показників в динаміці. Таким чином одним з варіантів вирішення поставленої задачі є прогнозування значення обігу вагону на плановий період з метою виявлення можливих його відхилень протягом визначеного інтервалу часу.

На основі даного прогнозу необхідно розробляти оперативні заходи. Це може бути досягнуто шляхом диференціювання в пропуску поїздів різних категорій в залежності від значення структури вагонопотоку, оскільки дозволяє більш аргументовано вирішувати питання пропуску поїздів по дільницях в умовах зменшення експлуатаційних витрат та покращення показників роботи. Згідно з цим необхідно формалізувати процеси прогнозування обігу вантажного вагону по категоріям і підрозділам залізниці, а також побудувати модель автоматизованої системи підтримки прийняття рішення оперативним персоналом щодо варіантів пропуску поїздів по дільницях.

Висновки. На базі аналізу технології місцевої роботи залізничних вузлів України зроблено висновок, що існуюча практика формування передаточних поїздів негативно впливає на ефективність перевезень. Запропоновано впровадити багатогрупну підбірку вагонів до передаточних поїздів за місцями призначення у комплексі з використанням новітніх науково-технічних розробок з оптимізації перевізного процесу. Досліджено, що застосування багатогрупної підбірки дає можливість скоротити витрати на маневрову роботу та міжопераційні простої вагонів на вантажній станції. Як розвиток даної задачі запропоновано побудувати комплекс моделей визначення оптимальної композиції (розміщення груп вагонів) передаточного поїзда згідно із "поклієнтною" структурою вагонопотоку з метою позбавлення необхідності здійснення зайвих маневрових рейсів на вантажних станціях, які, як правило, не мають для цього достатніх технічних можливостей.

УДК 629.113

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ ОПОРУ КОЧЕННЮ КОЛЕСА

к.т.н. ***Щербина А.В.****,* ***Яровий М.О.****, Національний університет «Запорізька політехніка», Україна*

Вступ. Опір коченню є основним видом сил опору руху автомобілів і одночасно одним з найважливіших критеріїв їх конструктивної досконалості. Заходи по зменшенню опору коченню коліс автомобіля завжди займали важливе місце в розвитку автомобілебудуванні та в заходах із зниження витрат палива. Треба відзначити, що зниження коефіцієнта опору коченню на 0,001 еквівалентно зменшенню витрати палива в середньому на 0,08 - 0,20 л на 100 км, віднесеної до повної ваги автомобіля.

Виклад матеріалу. У загальному випадку потужність, що витрачається на подолання опору коченню при русі автомобіля по дорозі, обумовлена наступними факторами: гістерезисними втратами в матеріалі шини, навантаженої постійною силою і яка котиться з постійним радіусом кочення; гістерезисними втратами в матеріалі шини при передачі постійного крутного моменту; тертям при прослизанні елементів шини в контакті з дорогою; гістерезисними втратами в матеріалі шини при коливаннях, порушуваних нерівностями дороги; втратами в дисипативних елементах систем підресорювання і трансмісії автомобіля; зовнішніми і внутрішніми вентиляційними втратами. Таким чином опір коченню є результатом не тільки характеристик самої шини і дороги, але і характеристик автомобіля з його системами підресорювання і трансмісії. Тому опір коченню одних і тих же шин при установці їх на різні автомобілі може відрізнятися так само, як і опір коченню одного і того ж автомобіля, забезпеченого шинами однієї розмірності, але різних моделей.

Про велику роль гістерезисних втрат в шинах при коливаннях на них показує ряд експериментів на дорогах з гарним та задовільним станом (рис. 1).

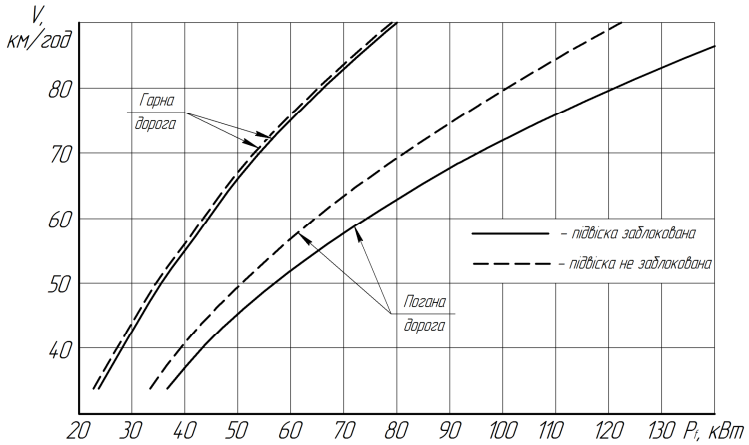


Рисунок 1 – Залежність потужності опору кочення від стану дороги та швидкості

Результати дослідів, показали, що сумарна потужність опору коченню коліс при русі по рівному гарному шосе при блокуванні підвіски не змінюється. У той же час, при русі по дорозі задовільної якості, величина сумарної потужності опору коченню коліс при заблокованій підвісці на 15-20% більше, ніж при розблокованій. Такий результат, здавалося б, суперечить вищесказаному, оскільки при блокуванні підвіски виключаються втрати потужності в ній. Однак, з огляду на взаємозв'язок підвіски і шини, можна вважати, що в шинах різко підвищуються гістерезисна втрати потужності при коливаннях, порушуваних нерівностями дороги. Так як в цьому випадку шини більшою мірою беруть на себе роль амортизувальних елементів, ніж з включеною підвіскою. Таким чином можна зробити висновок, що поліпшення якості підвіски може стати одним з резервів зниження втрат потужності в шинах і відповідного поліпшення технічних показників автомобіля при русі по нерівних дорогах.

Висновки. Складність відокремлення втрат в шинах від багатьох взаємопов'язаних між собою властивостей шин, дороги, підвіски і трансмісії робить застосування аналітичних методів для їх визначення вкрай важким. У зв'язку з цим для визначення опору коченню шин частіше за все користуються експериментальними методами.

УДК 656.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ НЕРАЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗНЬ

к.т.н. ***Нестеренко Г. І.****, к.т.н.* ***Бібік С. І.****,* ***Горобченко Д.****, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, Україна*

Вступ. Раціоналізація перевезень вантажів являє собою сукупність заходів, спрямованих на вдосконалення перевізного процесу та транспортно-економічних зв’язків. Вона забезпечується шляхом поліпшення планування та організації перевезень, а також доцільного розміщення виробництва і розвитку науково-технічного прогресу. Раціоналізація перевезень – важливий резерв скорочення транспортних витрат і підвищення ефективності суспільного виробництва.

Особливістю раціоналізації перевезень вантажів є те, що вона здійснюється не тільки в рамках діяльності транспорту, але і в області матеріального виробництва. Раціоналізацію перевезень можна вважати необхідною і важливою лише в тому випадку, якщо вона веде до зниження витрат в народному господарстві в цілому.

Виклад матеріалу. Тариф на оплату послуг інфраструктури повинен залежати від виду перевезень (пасажирські, приміські, вантажні), виду тяги (електровозна, тепловозна), параметрів складу поїзда, класу залізничних ліній, що використовуються для перевезень, кількості переробок вагонів на шляху прямування, регулярності перевезень. Клас залізничної лінії повинен залежати від її вантажонапруженості та її технічного оснащення.

Прибутковість ліній першого і другого класів повинна забезпечуватися за рахунок високої вантажонапруженості і високої продуктивності праці. Для цих ліній має використовуватися пряме державне регулювання цін з можливою прив'язкою до класів вантажів. Відсікання короткопробіжних перевезень, що займають пропускну спроможність ліній, може здійснюватися за рахунок збереження високої вартості тонно-кілометра для малих відстаней.

Пропонується зниження витрат досягати, зокрема, за рахунок усунення нераціональних перевезень. Нераціональним вважається перевезення, що викликає зайві для народного господарства витрати на транспорт. До таких перевезень відносяться: зустрічні, перехресні, надмірно далекі, надмірно повторні, дробові, кружні і перевезення, які доцільніше здійснювати іншими видами транспорту. Нераціональним є також транспортування продукції, погано підготовленої до перевезення.

Зустрічними називаються перевезення вантажів в напрямку, зустрічному основному потоку однорідних (взаємозамінних) вантажів. Розрізняють зустрічні перевезення явні, коли однорідний вантаж транспортується в зустрічному напрямку по тій самій ділянці залізниці, і приховані, коли такі перевезення здійснюються по паралельних ділянках залізниці або іншим видам транспорту (наприклад, перевезення лісу по залізниці назустріч потоку цього вантажу водним транспортом). Зустрічні перевезення однорідних вантажів – це один з найбільш поширених видів нераціональних перевезень.

Зайвий вантажообіг, що викликається нераціональними зустрічними перевезеннями, дорівнює добутку подвоєної кількості вантажу, що перевозиться в зустрічному напрямку. З двох зустрічних потоків нераціональним є менший потік. Раціональний потік повинен направлятися з надлишкового з даного вантажу району в дефіцитний.

Перехресні перевезення відносяться до нераціональних у випадках, коли допускається схрещення потоків однакового вантажу, що викликає зайвий його пробіг. Однак не всі перехресні перевезення нераціональні. При визначенні нераціональності таких перевезень враховують конфігурацію залізничної мережі, зіставляючи конкретні відстані перевезень по схрещуваним напрямкам.

Надмірно далекими є перевезення, здійснювані за межі зон розповсюдження продукції і які викликають зайвий вантажообіг. Ці зони встановлюються схемами нормальних напрямків вантажопотоків. Як правило, надмірно далекі перевезення можуть бути замінені перевезеннями на більш короткі відстані. Різні вантажі мають неоднакові граничні відстані перевезення. По більшості вантажів перевезення з дальністю понад 2-3 тис. км вважаються надмірно далекими.

Повторні перевезення виникають у випадках, коли зі станції відправляються вантажі, які до цього на неї були завезені. Так, будь-якої вантаж може з підприємства слідувати спочатку на базу, а потім з бази до споживачів. Якщо встановлено, що таке перевезення з народногосподарських позицій недоцільне, то таке перевезення слід віднести до надмірно повторного.

Дробовими називаються перевезення, які не забезпечують умов для здійснення їх маршрутами. Вони виникають зазвичай у випадках, коли один споживач отримує вантаж від декількох відправників при можливості і раціональності прикріплення його тільки до одного з них.

Кружними вважаються перевезення по більш протяжним напрямками замість найкоротших. Але не всі кружні перевезення відносяться до нераціональних. Так, в ряді випадків кружний хід може бути дешевшим. Крім того, деякі кружні перевезення викликаються недостатньою пропускною спроможністю ліній.

До нераціональним перевезень відноситься також транспортування продукції, погано підготовленої до перевезення (незбагачені руд і кам'яне вугілля, необроблені сирі лісоматеріалі, неспресований металобрухт, бавовна-сирець і т. і.). Зменшення маси перевезених вантажів за рахунок зниження вмісту в них вологи і порожньої породи, застосування ущільненого навантаження і т. п. призводять до підвищення використання вантажопідйомності і місткості вагонів.

Варто відзначити, що падіння обсягів вантажоперевезень в минулому році спостерігалося в усіх напрямках, крім імпорту, де зростання склало + 5 % в порівнянні з попереднім роком. У внутрішньому сполученні перевезення скоротилися на 3,2 %, експортному – на 7,5 %, транзитному – на 16 %.

Істотний вплив на зниження показників обсягів перевезень зробила втрата потужностей металургійних заводів і вугледобувних підприємств. Але тут варто відзначити, що втрата підприємств на тимчасово неконтрольованих територіях і відсутність транспортного сполучення з ОРДЛО вже не є ключовими факторами, які слід брати до уваги при аналізі динаміки вантажопотоків рік до року. Оскільки минуло вже більш ніж два роки з того моменту, як дані фактори почали позначатися на перевезеннях і зараз слід враховувати інші тренди.

Висновки. Раціональність залізничних перевезень, які доцільніше здійснювати іншими видами транспорту (автомобільним, водним, трубопровідним), визначається техніко-економічними розрахунками або заздалегідь встановленими сферами раціонального використання різних видів транспорту. Найбільш характерними нераціональними перевезеннями такого є короткопробіжні перевезення. Для багатьох вантажів короткопробіжними вважаються перевезення їх в вагонах на відстані в межах 30-50 км, іноді більше. Ці перевезення ефективніше здійснювати автомобільним транспортом. Нераціональними є також перевезення по залізницях в навігаційний період паралельно водними шляхами. На визначених напрямках економічно вигідніше застосовувати змішані залізнично-водні перевезення. Дуже ефективним є перекачування нафтових вантажів трубопроводами в порівнянні з перевезенням їх в залізничних цистернах.

УДК 656.13

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ АВТОТРАНСПОРТНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ У КОНКУРЕНТНОМУ РИНКОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

к.т.н. ***Волкова Т.В.****,* ***Коренна В.С.****, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна*

Вступ. Сучасні умови функціонування автотранспортних підприємств (АТП) характеризуються пошуком вигідних конкурентних позицій і стратегій, які дозволяють суб'єктам господарювання успішно розвиватися в складних умовах і уникати кризових ситуацій. Загострення проблем, пов'язаних з обґрунтуванням і забезпеченням формування стратегії розвитку підприємства в умовах кризи й керування цим процесом, підтверджують актуальність і значення цих питань для підприємств України.

Виклад матеріалу. До транспортної системи, як однієї з визначальних систем, що забезпечують реалізацію трансформаційних процесів, в ринкових умовах ставляться високі вимоги щодо якості, регулярності і надійності транспортних зв’язків, збереження вантажів, безпеки перевезень пасажирів і вантажу, швидкості та вартості доставки. Саме транспорт створює умови для формування регіонального та державного ринку. З одного боку, від транспортного чинника залежить ефективність роботи підприємства, що в умовах ринку прямо пов’язане з його життєдіяльністю, а з іншого боку, сам ринок має на увазі обмін товарами і послугами, що без транспорту неможливо, тому неможливий і сам ринок. Як найважливіша складова частина ринкової інфраструктури суспільного виробництва, яка тісно пов’язана з результатами діяльності всіх його галузей, підприємства транспорту, зокрема автотранспортні підприємства, виявилися в системній економічній кризі, яка проявляється в падінні платоспроможного попиту на транспортні послуги, в зростанні ціни на споживчі матеріальні ресурси, в гострій нестачі інвестицій на планомірне оновлення парку рухомого складу та інших елементів виробничо-технічної бази.

З іншого боку, конкурентне середовище, в якому функціонують транспортні підприємства, постійно вимагає від автотранспортних підприємств пошуку нових, або удосконалення вже існуючих шляхів розвитку в сфері надання транспортних послуг.

Отже, на сьогодні залишається актуальним дослідження питання щодо недопущення або подолання кризового стану АТП, визначення оптимальної стратегії його розвитку та ефективного функціонування у конкурентному ринковому середовищі.

АТП, як і інші промислово - господарські організації, перебувають у стані адаптації до ринкових умов роботи, тому виникає потреба в проведенні відповідних заходів щодо вдосконалення діяльності таких підприємств, організації нових виробничих відносин.

Теоретичними та практичними дослідженнями щодо розроблення і проведення процесів структурних змін підприємств займалися українські та зарубіжні науковці, зокрема В. Ф. Шапіро, І. І. Мазур, Р. Г. Лєонтьєв, Е. О. Уткін, М.О. Славов, В.М. Заболотний, М. Хаммер, І. Ансофф, Дж. Чампі, С. Естрін, Дж. Ерл.

Проблеми структурних змін в автомобільній галузі розглядали Л. Г. Зайончик, І. А. Луйк, М. Н. Бідняк, О. М. Ложачевська, Є. С. Кузнєцов, Л. Б. Міротін, А. В. Базилюк, М. Т. Пашута, В. Г. Шинкаренко, Ю. Є. Пащенко, В. Г. Сєдой та ін.

Позитивний результат і успішна діяльність підприємства багато в чому залежать від його здатності до інноваційної діяльності - діяльності, яка спрямована на використання й комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок і зумовлює випуск на ринок нових конкурентоздатних товарів і послуг. Тому виникає необхідність знайти і обґрунтувати таку інноваційну стратегію розвитку, яка б підвищила ефективність роботи АТП, зробила послуги конкурентоспроможними, підвищила престиж підприємства на ринку. В багатьох роботах обґрунтовані і представленні пріоритетні напрямки інноваційної стратегії розвитку економіки країни чи окремих її регіонів. В той же час робіт по розробці і впровадженню інноваційної стратегії розвитку на самому підприємстві недостатньо, особливо тих, які можна було б використати для АТП. Проблеми методичних підходів до розробки стратегій інноваційного розвитку підприємств розглядаються в роботах Л. Безчасного, І. Бланка, Г. Дібніса, В. Мельника, В. Колосюка. Проте не можна використовувати стратегії інноваційного розвитку, які розроблялися для промислового підприємства, на автотранспортному, оскільки вони мають принципові відмінності, які полягають у різному призначенні підприємств, різних стратегічних напрямках і умовах діяльності.

На сьогоднішній день інновації з погляду конкретного підприємства розглядаються як один з основних засобів їхньої адаптації до зовнішнього середовища. Для реалізації інноваційної стратегії потрібні певні ресурси, які на підприємстві, як правило, відсутні, тому необхідно вибрати ту стратегію, яка принесе максимальний прибуток і буде мати довгострокову перспективу. Інноваційний розвиток містить у собі значний потенціал економічного росту автотранспортного підприємства, але принести позитивні результати може тільки розумна, орієнтована на відтворювальний процес інноваційна політика підприємства з врахуванням стратегічних цілей, сучасних методів управління виробництвом, пріоритетів та специфіки підприємства і транспортної галузі в цілому.

Парк рухомого складу АТП є однією з основних складових, що визначає технологічні можливості підприємства та характеризує його виробничу базу.

Існуючі методики розрахунку оптимальної структури парку можна умовно поділити на дві основні групи: методики, що враховують стохастичні характеристики транспортного процесу, і методики, що визначають структуру без урахування імовірнісних факторів. До першої групи відносяться роботи Воркута А.І., Панова С.А., Поляка А.М. і Поносова Ю.К., а до другої групи – роботи Бабушкіна Г.Ф., Шопіна А.Н., Тарасенко О.В. і Юдіна В.П., Кулешова А.А., Рабиновіча Я.М., Агапітова В.В., Новікова В.Є.

У цілому, існуючі методики розрахунку структури парку вантажних автомобілів мають ряд недоліків: не враховується стохастичний характер величин партії вантажу (крім методики А.І. Воркута), відстані доставки й інтервалу надходження заявки на перевезення вантажу, і як наслідок – імовірнісний характер величин обсягу перевезень і сумарного

пробігу транспортних засобів на запланований період; більшість методик є часними і застосовуються для розрахунку структури автопарку в конкретних випадках; існуючі методики спираються на більш точний розрахунок окремого показника (швидкість автомобіля, експлуатаційний пробіг, партія вантажу) і не враховують комплексного впливу експлуатаційних показників на структуру парку вантажних автомобілів.

Висновки. Необхідність проведення змін на АТП зумовлена рядом причин: більшість АТП мають завеликий апарат управління та застарілу неефективну структуру управління, що не відповідає суспільним потребам і не впливає на ефективність господарювання; багато підприємств перебувають на межі банкрутства і розпаду; жорстка конкуренція на ринках товарів і послуг; недостатня поінформованість про кон'юнктуру ринку; входження України в світову систему господарювання, що передбачає відповідність міжнародним стандартам; технологічні можливості не відповідають ситуаціям на ринку транспортних послуг.

Доцільно стратегію управління підприємством визначати як процес структурних змін, що здійснюється через застосування комплексу внутрішніх і зовнішніх заходів для адаптації системи управління транспортним процесом до мінливості ринку транспортних послуг з метою забезпечення ефективності та конкурентоспроможності автопідприємства.

Запропоновано стратегію управління вантажного АТП реалізовувати за допомогою вибору раціональних моделей автомобілів для виконання потоку замовлень. Аналіз критеріїв вибору найбільш ефективних вантажних автомобілів дав змогу визначити, що для оцінки ефективності необхідна комплексна система показників, яка повинна відображати ступінь задоволення суспільних і особистих потреб, а також приріст продукції або послуг на одиницю витрат із збереженням встановлених якісних характеристик.

УДК 629.113

ДОСЛІДЖЕННЯ РУЛЬОВОГО МЕХАНІЗМУ З ГЛОБОЇДНИМ ЧЕРВ'ЯКОМ І РОЛИКОМ

к.т.н. ***Щербина А.В.****, к.т.н.* ***Артюх О.М.****, к.т.н.* ***Дударенко О.В.****, к.т.н.* ***Сосик А.Ю.****,*
Криворучко М.С.*, Національний університет «Запорізька політехніка», Україна*

Вступ. Рульовий механізм з глобоїдним черв'яком і роликом є просторовим механізмом зі складною кінематикою, характеристики якого змінюються в широкому діапазоні в залежності від конкретного поєднання конструктивних параметрів. До основних кінематичних характеристик рульового механізму, що впливають на кінематику рульового управління, відносяться:

- співвідношення кута повороту рульового колеса і вала сошки,
- передаточне число,
- розподіл бокових зазорів між поверхнями гребенів ролика і витка черв'яка.

Виклад матеріалу. Специфічною характеристикою, що має важливе значення для рульового механізму з глобоїдним черв'яком і роликом, є закон зміни бокових зазорів, як функція кута повороту рульового колеса. Бокові зазори необхідні для забезпечення можливості регулювання механізму при зношуванні. У той же час наявність зазорів в положенні механізму, яке відповідає нейтральному положенню керованих коліс або надмірно великі зазори порушують стійкість автомобіля.

Тому дослідження факторів і чинників, що впливають на експлуатацію рульового механізму з глобоїдним черв'яком і роликом є актуальною і необхідною темою.

Основою дослідження будь-якого механізму є кінематичний аналіз, що дозволяє в кожний момент часу визначити абсолютне положення ланок, знайти залежності, що зв'язують відносне переміщення ланок, а також кінематичні характеристики механізму. Для рульового управління велике значення мають: співвідношення кутів повороту керованих коліс, передаточні числа рульового управління для лівого і правого коліс, зміна кутів сходження і розвалу, положення центрів крену підвісок, колія і т.д. Всі ці характеристики можуть бути знайдені в результаті кінематичного аналізу.

Зубчасті зачеплення рульових механізмів найбільш широко і докладно можуть бути досліджені методами теорії зубчастих зачеплень. Дослідження рульового механізму з глобоїдним черв'яком і роликом найбільш доцільно виконувати методом аналізу. Суть якого полягає у тому, що по заданій схемі механізму та відомим поверхням зубців обох ланок, знаходять закон руху цих ланок у вигляді функції, що зв'язує переміщення ланок. У відповідності з цим принципом був досліджений розподілу бокових зазорів в рульовому механізму з глобоїдним черв'яком і роликом. Результати цих досліджень представлені на рисунку 1 та 2.

На рисунку 1 представлені графіки розподілу бокових зазорів при заводському куту установки ролика (крива 1) та при різних дослідницьких кутах установки ролика (крива 2, 3, 4). Аналіз рисунку 1 показує, що розподіл бокових зазорів і ділянка беззазорного зачеплення є несиметричними при повороті рульового колеса вправо і вліво. Ця несиметричність з урахуванням похибок виготовлення і складання може призвести до появи таких шкідливих явищ як друге беззазорне зачеплення або зсув ділянки беззазорного зачеплення щодо нейтрального положення керма. Подібний характер розподілу бокових зазорів є специфічною особливістю рульових механізмів даного типу.

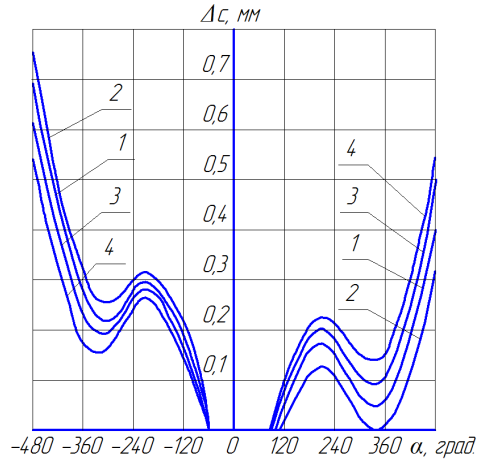


Рисунок 1 - Графік розподілу бокових зазорів в рульовому механізму в залежності від кута установки ролика: 1 – $\varepsilon_р$=7,5°; 2 – $\varepsilon_р$=6°; 3 – $\varepsilon_р$=9°; 4 – $\varepsilon_р$=10,5°

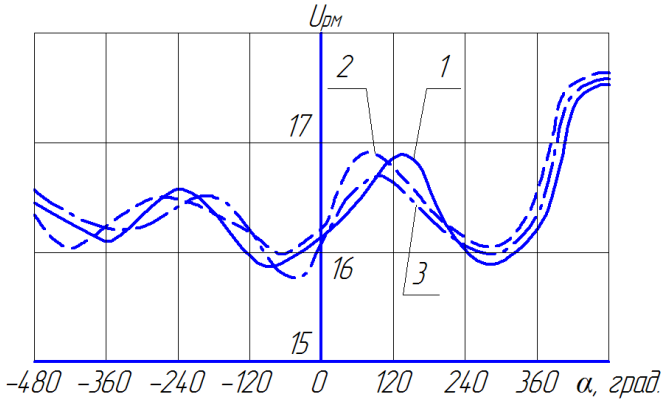


Рисунок 2 - Графік зміни передаточного числа рульового механізму при повороті керма в залежності від кута установки ролика: 1 – $\varepsilon_р$=7,5°; 2 – $\varepsilon_р$=6°; 3 – $\varepsilon_р$=9°

На рисунку 2 представлено графік зміни передаточного числа рульового механізму при повороті керма в залежності від кута установки ролика. Передаточне число, як видно з рисунку 2, змінюється по синусоїді, що пояснюється ексцентричним зміщенням осі нарізки щодо осі обертання черв'яка. Скачки передаточного числа і деякі відхилення від синусоїди обумовлені тим, що поверхні черв'яка і ролики не взаємно огинаємі. Також треба відзначити, що проведені дослідження показали те що передаточне число, мало залежить від зміни розглянутих конструктивних параметрів, за винятком ексцентричного зміщення осей

обертання черв'яка, яке визначає амплітуду коливання передаточного числа. Крім синусоїдального характеру зміни передаточного числа необхідно відзначити його збільшення при повороті рульового колеса з правого положення в ліве (рис. 2). Ці особливості необхідно враховувати при дослідженні стійкості і керованості автомобіля, оскільки передаточне число в цьому випадку має важливе значення.

Висновки. Проведені дослідження показали, що кут установки ролика оказує помітний вплив на характер розподілу зазорів. Однак, повної симетрії бокових зазорів збільшенням кута установки ролика домогтися неможливо, оскільки це викликає заклинювання механізму або кромковий контакт в крайніх положеннях.

УДК 656.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З МЕТОЮ КОМПЛЕКСНОГО РОЗВИТКУ РІЗНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ

к.т.н. ***Нестеренко Г. І.****, к.т.н.* ***Музикін М. І.****,* ***Горобченко Д.****, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, Україна*

Вступ. Важливим завданням комплексного розвитку видів транспорту є вибір раціональних схем доставки вантажів від споживачів (постачальників) до стикових пунктів зовнішнього транспорту (станція, порт) у вузлах. Раціональна схема спрощує загальну схему розвитку вузла і розвантажує основні види транспорту. Оскільки в транспортних вузлах більшу частину вантажів становлять вантажі промислових підприємств, необхідно вирішувати проблему внутрішнього транспортного обслуговування і ув'язку його з зовнішнім транспортом. На промислових підприємствах для цієї мети доцільно застосування автомобільного та конвеєрного транспорту, підвісних канатних доріг, однорейкових підвісних доріг.

Виклад матеріалу. Вибір схеми транспортного обслуговування визначається техніко-економічними розрахунками та багато в чому залежить від роду вантажу, розмірів вантажопотоків і відстаней між пунктами зародження масових вантажів і промислових підприємств. Для внутрішніх цехових перевезень вантажів і ув'язці промислового та зовнішнього транспорту (залізничного, водного) ефективне використання автомобілів і транспорту безперервної дії. Особливо вигідний транспорт безперервної дії, що забезпечує можливість повної автоматизації і комплексної механізації перевантажувального процесу.

При розрахунках схем розвитку транспортних вузлів, крім техніко-економічних досліджень, що складають основу вибору оптимального варіанта проектного рішення, враховують багато інших показників і, перш за все, продуктивність праці, використання основних фондів, витрати палива і енергії. Важливо також брати до уваги забезпечення безпеки руху транспорту в вузлах, отримання максимальних зручностей при обслуговуванні населення, виконання містобудівних вимог.

Залізничний транспорт України є однією із провідних галузей в дорожньо-транспортному комплексі країни, який забезпечує майже 82 % вантажних і 36 % пасажирських перевезень, здійснюваних всіма видами транспорту. Важливість залізничного транспорту в системі транспортних комунікацій України посилюється і тим, що через територію держави пролягають основні транспортні транс'європейські коридори: Схід – Захід, Балтика – Чорне море.

Залізниці України до останнього часу забезпечували потреби економіки і населення у перевезеннях. Досягалось це, в основному, завдяки надлишку технічних потужностей, створених за часів СРСР за рахунок централізованого бюджетного фінансування. За останні більш ніж 25 років капіталовкладення в оновлення основних засобів відбувались виключно за рахунок власних коштів залізниць, які не дозволяють забезпечити навіть нормальне відтворення основних засобів, особливо їх активної частини – рухомого складу. На сьогодні технічний ресурс залізниць практично вичерпано. Існує загроза незабезпечення залізничним транспортом у подальшому потреб економіки України у перевезеннях.

У період 1992-2019 рр. темпи зростання цін на споживану продукцію перевищували зростання тарифів на перевезення, що не дозволяло оновлювати рухомий склад та інфраструктуру за рахунок власних коштів залізниць. Передбачені Законом України «Про залізничний транспорт» (постанова Верховної Ради України № 274/96-ВР від 04.07.96) кошти з бюджету на будівництво і модернізацію магістральних ліній та придбання рухомого складу для пасажирських перевезень не виділялись. Практично не виділялись кошти з місцевих бюджетів на придбання електро- та дизель-поїздів для перевезень пасажирів у приміському сполученні, збитки від соціально-необхідних приміських пасажирських перевезень повністю не відшкодовувались.

Пропускна спроможність окремих дільниць та напрямків залізниць знаходиться на критичній межі. З метою ліквідації «вузьких місць» на мережі залізниць України, покращення техніко-експлуатаційних можливостей об’єктів інфраструктури необхідно провести їх технічне переоснащення та модернізацію.

Найбільші транспортні вузли: автомобільно-залізнично-авіаційні – Львів, Харків, Дніпро, автомобільно-залізнично-трубопровідні – Кременчук, Мукачево, Стрий, залізнично-авіаційно-морський – Одеса. Двотранспортних вузлів багато. Серед них окремо потрібно видялити автомобільно-залізничні – Тернопіль, Івано-Франківськ, Чернівці, Ковель, Хмельницький, Коростень, Миколаїв, Запоріжжя, Дебальцеве.

Висновки. З причини катастрофічної зношеності рухомого складу, невідповідності між придбанням і списанням вантажних вагонів та локомотивів існує загроза незабезпечення потреб промислових галузей економіки у перевезеннях вантажів, з відповідними витратами для держбюджету, зниженням показників економічного розвитку країни. Майже вичерпано резерви провізних спроможностей через граничну зношеність та низьку продуктивність пасажирського рухомого складу. Неприйняття дієвих заходів щодо оновлення пасажирського рухомого складу призведе до неможливості виконання пасажирських перевезень в повному обсязі та, як наслідок, зниження мобільності населення.

УДК 656

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕДОЛІКІВ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ДІЛЯНЦІ ЛЬВІВ - РАВА-РУСЬКА – ХРЕБЕННЕ – ВАРШАВА

к.т.н. ***Шульдінер Ю.В.,*** *к.е.н.* ***Гриценко Н.В.,*** *Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

Вступ. В цей час в Україні назріла потреба прискорення темпів інтеграції залізничного транспорту до європейської та світової транспортної системи. Відповідно виникає потреба в створенні ефективного міжнародного залізничного сполучення між Польщею, країнами Євросоюзу та Україною в умовах активно зростаючих політичних, економічних та соціальних зв’язків. Основними перевагами реалізації зазначеного проекту будуть зменшення тривалості поїздок та підвищення комфорту пасажирів шляхом усунення незручностей, спричинених зміною ширини колії (потреби пересадки, перестановки вагонів та врахування зазначених моментів при плануванні маршрутів поїздок). Крім того, реалізація зазначеного проекту збереже тенденцію до зростання популярності в туристичних потоках м. Львова як історичного та культурного центру.

Виклад матеріалу. Географічно та історично склалося, що найкоротшим та найзручнішим залізничним сполученням (339 км) між столицею Польщі Варшавою та великим культурним центром Західної України – Львовом є шлях через прикордонний перехід Хребенне – Рава - Руська. Як відомо, ширина існуючої залізничної колії між ст. Львів та ст. Рава - Руська становить 1520 мм, в той час як ширина колії на дільниці Рава - Руська – Хребенне – Варшава – 1435мм. Це зумовлює потребу у перестановці колісних пар рухомого складу, або ж пересадку пасажирів, перевантаження вантажів, що в свою чергу унеможливлює підвищення швидкості на цьому маршруті, створює незручності для

користувачів залізничного транспорту та створює технологічні перепони в організації злагодженого перевізного процесу. Тому доцільно, враховуючи відносно невелику відстань, саме за цим напрямком провести реконструкцію колії і зробити її придатною для прискорених перевезень, що є ***актуальністю*** даного наукового дослідження.

Вагомою перепоною на шляху інтеграції пасажирських перевезень до європейської мережі є різниця ширини колії. ***Науковою новизною*** дослідження є будівництво нової суміщеної колії, зокрема на дільниці Рава - Руська – Львів до залізничної станції Брюховичі неподалік Львова. Суміщена колія поєднає українські залізниці з європейськими та відкриє нові європейські маршрути.

Результати дослідження. На сьогодні встановлено, що стан інфраструктури на дільниці Львів – Рава - Руська – Хребенне потребує глобальної реконструкції.

Протяжність дільниці Львів – Рава - Руська - 67 км, ширина колії 1520 мм. Довжина колії Рава - Руська – Держкордон 8 км, ширина колії 1435 мм. Колія в незадовільному стані – потребує капіталовкладень (рух даною колією не здійснювався з 2005 року). Станція Рава - Руська оснащена двома коліями шириною 1435 мм: колія № 14 (приймально-відправна довжиною 229 метрів), колія № 16 (відправна довжиною 253 метри). Пасажирська платформа довжиною 90 м розміщена між коліями № 14 (1435 мм) та № 10 (1520мм).

На станції Рава - Руська відсутні пункти перестановки пасажирських вагонів. Через перехід Рава - Руська – Хребенне до 2005 року курсував поїзд № 903/904 сполученням Варшава – Рава - Руська – Варшава. Загальна протяжність від Варшави до Хребенне 264 км, Рава - Руська – Держкордон - 8 км і Рава - Руська – Львів – 67 км.

Аналіз стану залізниці за цим напрямком показав, що для будівництва нової суміщеної залізничної колії зі ст. Рава - Руська до ст. Брюховичі необхідно вкласти 67 км колії, провести реконструкцію 5-ти станцій, обладнати автоматикою 9 переїздів, відремонтувати 18 штучних споруд та розширити площадку земляного полотна протяжністю 59,1 км.

Орієнтовна вартість зазначених робіт становитиме 357,5 млн. грн. (без врахування вартості проектних робіт).

Для забезпечення електропостачання пристроїв СЦБ та зовнішнього освітлення об’єктів залізниці, а також безпеки руху поїздів на перегоні Рава - Руська – Хребенне (Держкордон) необхідно виконати наступне:

- провести реконструкцію існуючої лінії ПЕ-10 кВ Львів (ЕЧЕ-19) – Рава - Руська;
- запроектувати та побудувати лінію 10 кВ основного живлення пристроїв СЦБ на дільниці;
- провести реконструкцію обладнання тягової підстанції Клепарів (ЕЧЕ-19), влаштування пункту поділу між Жовківським РЕМ та ЕЧ-1 по ст.Жовква, влаштування системи телекерування;
- виконати модернізацію зовнішнього електропостачання та освітлення станцій, посадочних платформ, переїздів із впровадженням сучасних енергозберігаючих світильників.

Відповідно проведених економічних розрахунків загальна орієнтовна вартість матеріалів, обладнання та робіт з електропостачання складає 28 млн. грн.

Також на дільниці Львів - Рава-Руська модернізації потребує система сигналізації та зв’язку. При вкладанні сумісної колії необхідно виконати наступні заходи з облаштування пристроїв та обладнання СЦБ та зв’язку:

- розробити відповідну проектно-кошторисну документацію та внести відповідні зміни в діючу технічну документацію;
- модернізувати діючі пристрої напівавтоматичного блокування;
- модернізувати переїзди з організацією сповіщення;
- замінити сигналізацію вхідних світлофорів та установити вихідні світлофори;
- замінити фізично зношені пристрої СЦБ (щогл, релейних шаф і т.д.);
- провести каблювання повітряної лінії зв’язку кабелями типу ОКЛБг-16, СБзПУ 10х2, ТЗАШп 4х4;
- встановити цифрові системи передачі магістрального і дорожнього рівня;

- замінити пристрої паркового гучномовного оповіщення;
- встановити пристрої АСДК.

На дільниці Рава-Руська – Держкордон необхідно провести наступні роботи: (на суму 2,7 млн.грн):

- провести каблювання повітряної лінії зв'язку кабелем типу МКПАШп 7х4;
- розробити відповідні проектно-кошторисну документацію та виконати будівельно-монтажні роботи з прокладки кабелю;
- встановити цифрові системи передачі;
- замінити стаціонарні радіостанції КХ діапазону та гучномовні паркового зв'язку.

Для відкриття руху за описаним вище маршрутом необхідно облаштувати вокзальний комплекс станції Рава - Руська

Необхідно здійснити комплекс наступних заходів, а саме відновити електропостачання, водопостачання, опалення приміщень вокзалу; замінити віконні та дверні блоки; здійснити опоряджувальні роботи вокзального приміщення; відновити та покращити теплоізоляційними засобами фасад вокзалу з проведенням опоряджувальних робіт; замінити покрівельний настил даху вокзалу; відремонтувати покриття високої платформи митного контролю; відремонтувати діючу огорожу; провести роботи з ремонту приміщень для прикордонних військ та митників у відповідності до чинних вимог; облаштувати прикордонно-митну зону.

Висновок. Влаштувавши зручну пересадку пасажирів на автобуси, від ст. Брюховичі дістатись до центра Львова можна буде за 20 хв., оскільки загальна відстань між населеними пунктами становить тільки 10 км. Крім того, перспективним до розгляду є варіант створення транспортного зв'язку впровадженням курсування рейкового автобуса між станціями Брюховичі та Львів.

УДК 656.02

ОСОБЛИВОСТІ ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В МІСТАХ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА

*к.т.н. **Цих В.С.**, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна*

Вступ. Одним із важливих показників зручності міст в усьому світі є стан та розвиток наявної транспортної інфраструктури, до якої відносять мережі громадського транспорту. На сьогодні в багатьох європейських містах, а також і в містах України розробляють та починають впроваджувати плани сталої міської мобільності, один із розділів яких присвячений саме роботі міських транспортних систем. Грамотно побудована система громадського транспорту дозволяє забезпечити потребу у пересуванні містом більшої частини населення, однак в реаліях України виникає значна кількість факторів, які не дозволяють у повній мірі розробити ефективну систему роботи міських маршрутів.

Виклад матеріалу. Основним завданням міського транспорту, насамперед, є перевезення пасажира з однієї точки в іншу. Важливим показником такого перевезення є час, який затрачається на таке добирання. Оцінити такий час можна за допомогою показника «експлуатаційна швидкість руху» транспортного засобу. Згідно наявних даних, в останні роки даний показник в більшості міст України (в тому числі, в Івано-Франківську) суттєво зменшується. Це насамперед пов'язано із сторонніми чинниками, які суттєво впливають на роботу громадського транспорту, а саме затори та аварійні ситуації на дорогах міста, які найчастіше спричинені значним збільшенням кількості приватного транспорту та недотриманням правил дорожнього руху учасниками такого руху.

Практика багатьох європейських міст показує, що основна перевага в міському просторі вулиць повинна бути надана саме громадському транспорту (якщо брати до уваги моторні транспортні засоби). Це досягається шляхом влаштування виділених смуг для громадського транспорту, а також шляхом мінімізації перетину транспортних потоків між

приватним та міським транспортом загалом. Це дає можливість збільшити середню експлуатаційну швидкість на маршрутах міста та, в свою чергу, зменшити час добирання пасажирами від однієї до іншої точки.

Ще одним суттєвим фактором, який впливає на час добирання, є необхідність здійснення пересадок між різними маршрутами громадського транспорту, оскільки час очікування при пересадці може бути досить значним. Крім того, в більшості міст України поки не налагоджена система єдиного електронного квитка, яка дозволяє здійснювати пересадки без додаткової оплати проїзду. Також слід звернути увагу на те, що вартість наявних в багатьох містах проїзних квитків з тривалим терміном дії, в більшості випадків розраховується ще за старими нормами та є явно завищеною, що зовсім не відповідає європейським підходам. Таким чином, з точки зору пасажира, необхідність додаткової пересадки та, відповідно, додаткової оплати за зміну транспортного засобу, є значним недоліком роботи системи міського громадського транспорту загалом.

Наведену вище проблему в деяких містах України намагаються вирішити шляхом розроблення великої кількості маршрутів, які дозволяють створити багато безпересадкових сполучень в місті. Однак основним недоліком таких систем громадського транспорту (із великою кількістю маршрутів та сполучень) є невисока частота роботи окремого маршруту загалом. Тобто наявність безпересадкового сполучення не гарантує пасажиру вчасного добирання до потрібного місця, оскільки досить часто час відправлення чи прибуття транспортного засобу за потрібним маршрутом не буде співпадати з необхідним. Збільшення частоти руху транспортних засобів на кожному із великої кількості маршрутів призводить до того, що зменшуються пасажиропотоки на окремому транспортному засобі, а рух маршрутних засобів стає менш економічно рентабельним в цілому. А це потребує додаткових дотацій з міського бюджету (для комунального транспорту) або взагалі загрожує закриттям таких нерентабельних маршрутів (у випадку залучення приватного перевізника). Таким чином, збільшення кількості маршрутів та різноманітних сполучень в місті не може бути ефективним вирішенням транспортних проблем в місті.

Ще однією проблемою роботи міського громадського транспорту є недотримання наявних графіків руху. Зрозуміло, що вагомою причиною є несприятлива дорожня обстановка на вулицях міста. Однак досить часто перевізники нехтують затвердженими графіками руху з інших причин, серед яких слід відзначити відсутність значної кількості пасажирів у певні (в основному, вечірні) години, а також конкуренція між різними перевізниками на маршрутах, які значною мірою дублюють один одного, з метою збільшення отриманого доходу від перевезеного пасажира. Вирішити таку проблему можна шляхом запровадження оплати перевізнику зі сторони міста за виконану транспортну роботу. При такій оплаті повинен бути обов'язково запроваджений електронний квиток, який дозволить вести чіткий підрахунок пасажиропотоків в місті. Методика оплати за виконану транспортну роботу полягає в тому, що перевізник зобов'язується виконувати узгоджені з містом графіки руху незалежно від наявності пасажирів, тоді як у випадку невиконання графіків перевізник несе покарання у вигляді штрафних санкцій. Таким чином, дохід перевізника не залежить від кількості перевезених пасажирів, що спонукає його максимально дотримуватися встановлених графіків руху, що є безперечним плюсом для більшості пасажирів. В такому випадку важливим стає саме грамотне та ефективне розроблення маршрутної мережі та відповідних графіків руху зі сторони міста. Подібний розрахунок за транспортну роботу існує на даний час в чотирьох містах України (Вінниця, Житомир, Івано-Франківськ, Одеса), однак за допомогою нього оплачується виключно роботу електротранспорту [1]. Основною проблемою є те, що в чинному законодавстві нашої держави не прописана подібна можливість розрахунку з перевізником, який надає послуги автобусних перевезень. А саме автобусні перевезення займають на даний час основну нішу серед наземного транспорту в кількості перевезених пасажирів.

Таким чином для ефективної побудови мережі громадського транспорту в містах України потрібно спочатку вирішити значну кількість супутніх проблем, до яких слід віднести наступні:

- введення систем автоматизованої оплати проїзду за допомогою електронного квитка;
- розроблення законів та нормативних документів, які б регулювали можливість оплати транспортної роботи перевізникам, які здійснюють перевезення автобусним транспортом;
- виділення смуг громадського транспорту в містах та надання переваги міському транспорту загалом, де це є можливим.

Все це свідчить, що правильний підхід до планування мереж громадського транспорту в містах України повинен бути комплексним та із врахуванням значної кількості впливових факторів, без яких така система просто не працюватиме ефективно.

В місті Івано-Франківську активно ведуться роботи із запровадження системи автоматизованої оплати проїзду, однак поки тільки для комунального транспорту. Розроблення системи регулювання оплати транспортної роботи покладене на вищі органи влади, однак потребує постійних звернень зі сторони міст та транспортних підприємств.

Говорячи щодо виділених смуг громадського транспорту, в місті Івано-Франківську планується розроблення плану сталої міської мобільності, в який і слід закласти такі можливості. Це слід робити поряд із реальним моделюванням транспортних потоків між транспортними районами, а також із врахуванням пропускної спроможності окремих ділянок вулиць у місті. Все це повинно стати першим кроком задля реалізації максимально комфортної системи транспортних сполучень в місті.

Висновки. Питання планування мереж громадського транспорту в містах України потребує комплексного підходу та є неможливим без вирішення декількох стратегічних моментів. Виконання перших трьох пунктів, а саме: розроблення системи автоматизованої оплати проїзду, додаткового законодавства щодо оплати транспортної роботи, а також виділення смуг громадського транспорту на дорогах міста, є першим кроком у розробленні стратегії розвитку систем міського транспорту та планів сталої міської мобільності загалом.

Список посилань.

1. Основні показники роботи міського електротранспорту України у 2019 році. – Корпорація Укрелектротранс. – 2020; режим доступу: https://www.korpmet.org.ua/?page_id=3227.

УДК 656.078210

КОМПЛЕКС ДІЙ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК АВТОМОБІЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ

к.т.н. ***Терещенко О.П.****, д.т.н.* ***Поляков А.П.****, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, Україна*

Вступ. Забезпечення автомобільних перевезень зорганізується з метою попередження несподіваного нападу противника, ослаблення його дії на особовий склад і техніку, забезпечення успішного виконання задач по перевезенню матеріальних цінностей.

В роботі узагальнені вимоги до організації забезпечення військ автомобільними перевезеннями.

Виклад матеріалу. Забезпечення автомобільних перевезень являє собою комплекс заходів по розвідці противника, районів завантаження і маршрутів руху, захисту від зброї масового ураження, охороні, маскуванню, протиповітряній, протитанковій обороні, інженерному, матеріальному, технічному і медичному забезпеченню.

Розвідка противника автомобільними частинами і підрозділами зорганізується зрідка, лише в тих випадках, коли очікується напад противника.

Розвідка районів завантаження проводиться у всіх випадках з метою визначення наявності в них укрить, фронту завантаження, порядок подачі автомобілів та інші питання. Розвідка зорганізується штабом частини, при наявності часу вона може проводитися безпосередньо начальником колони.

Розвідка району розвантаження проводиться, як правило, по прибутті колони в район або шляхом завчасного виділення від колони представника, який, виконавши розвідку району, зустрічає перед цим колону.

Розвідка маршруту руху ведеться у тих випадках, коли відбувається марш по незнайомій дорозі і по дорозі, яка не обслуговується. Вона зорганізується і ведеться, як правило, при перевезеннях матеріальних цінностей великими автомобільними колонами.

Захист від зброї масового ураження є одним з важливих заходів по забезпеченню автомобільних перевезень. Він включає: радіаційну, хімічну і бактеріологічну розвідку; попередження особового складу про загрозу застосування зброї масового ураження, інформацію про зони ураження, райони розвалів і пожеж, сповіщення про радіоактивне, хімічне і бактеріологічне ураження; використання захисних властивостей місцевості і укриття; дозиметричний, хімічний і біологічний контроль; забезпечення безпеки при подоланні зон ураження; проведення протиепідемічних, санітарно-гігієнічних і профілактичних заходів; забезпечення засобами протихімічного захисту, санітарної обробки особового складу і спеціальної обробки техніки; знешкодження наслідків застосування противником зброї масового ураження. Радіаційна, хімічна і бактеріологічна розвідка при виконанні перевезень ведеться безперервно хіміками-дозиметристами і медичним складом, які включаються в кожну автомобільну колону, яка виконує самостійне завдання[1].

З метою маскування руху колон вдень і в світлі місячні ночі вибираються маршрути, які прилягають до лісу, гущавини і місць з іншими природними масками.

Охорона автомобільної колони здійснюється постійно, в основному своїми силами і засобами, при цьому основна увага звертається на організацію оповіщення особового складу про загрозу нападу противника і дій по сигналах оповіщення.

Метою матеріального забезпечення є задоволення потреб матеріальними цінностями для своєчасного виконання перевезень. Воно виконується начальником колони і відповідними начальниками служб і включає: забезпечення автомашин пальним і мастильними матеріалами, а особового складу - боєприпасами, засобами захисту, речовим майном і продуктами харчування, а також створення необхідних умов для його обігріву при виконанні перевезень в холодну пору року.

Харчування особового складу під час перевезень зорганізується начальником колони, при цьому необхідно, щоб особовий склад одержував гарячу їжу не менше двох разів на добу.

Речовим майном і засобами захисту особовий склад автоколон забезпечується згідно до встановлених норм. В зимовий час особовий склад забезпечується теплим речовим майном і взуттям.

Технічне забезпечення автоперевезень включає організацію технічного обслуговування, експлуатації і ремонту автомобілів, а також евакуацію несправних автомобілів до місць ремонту.

Основними заходами по технічному забезпеченню перевезень є:

- підготовка автотранспорту до перевезень;
- підготовка кузовів під перевезення спеціальних вантажів, а при необхідності - очистка, дезінфекція їх і нарощування бортів;
- підготовка ремонтних підрозділів і евакуаційних підрозділів до перевезень, які планують-ся;
- організація технічного замикання колон, а в випадку необхідності - пунктів технічної допомоги і збірних пунктів пошкоджених машин на маршрутах руху;
- визначення порядку технічного обслуговування колон на шляху пересування колон, організація контролю за технічним станом автомобілів в ході перевезень;
- організація ремонту автомобілів при виконанні перевезень і порядок евакуації несправних (пошкоджених) автомобілів.

Попередня підготовка автомобільного транспорту до передбачених перевезень є однією із основних умов успішного їх виконання. Вона повинна забезпечувати:

- ефективне використання автомобілів і причепів;
- необхідний запас ходу;
- безпеку руху;
- усунення причин, які викликають передчасне зношення, несправності і поломки вузлів та механізмів;
- мінімальну витрату пального, мастильних та інших експлуатаційних матеріалів.

Підготовка автотранспорту до перевезень проводиться силами водіїв і ремонтників під безпосереднім керівництвом командирів підрозділів і їх заступників по технічній частині.

При виконанні автоперевезень на невеликі відстані з щоденним поверненням машин в частину щоденні і номерні технічні обслуговування проводяться в районі розташування, а усунення дрібних руйнувань - в дорозі, на місці виходу автомобіля з ладу або на привалах силами і засобами водіїв і технічного замикання колони. Автомобілі, які вимагають більш складного ремонту або тривалого часу на своє відновлення, евакуюються, як правило, в розташування своїх частин.

При виконанні автоперевезень на великі відстані з тривалістю рейсу більше доби всі види технічних оглядів і щоденне обслуговування, а інколи і номерні технічні обслуговування проводяться в дорозі, під час привалів (відпочинку) силами і засобами водіїв і автотехнічного замикання колон. Незначні несправності усуваються, в основному, на місці виходу автомобіля з ладу, а поточний ремонт проводиться в районах завантаження, розвантаження, великих привалів (відпочинку). Автомобілі, які вимагають для свого відновлення більш складного ремонту (середнього, капітального), в тому числі і списання, евакуюються на пункт технічної допомоги, які розгортаються на маршруті перевезень.

Однією з основних задач технічного забезпечення автомобільних перевезень є організація технічного замикання, призначеного для надання технічної допомоги водіям у відновленні автомобілів, які вийшли з ладу, буксирування несправних машин і витягування машин, які застрягли, дозаправки автомашин пальним і мастильними матеріалами, заміна несправних автомобілів резервними, забезпечення водіїв на марші запасними частинами та матеріалами.

Технічне замикання колон включає: рухомі ремонтні засоби, автомобілі з запасом пального і автомобільного майна, автомобільні тягачі для буксирування несправних машин, резервні автомобілі і водії.

Медичне забезпечення особового складу колон в процесі перевезень включає: збір даних про санітарно-епідемічний стан району; проведення заходів по попередженню захворювань особового складу, а в зимових умовах, крім того, і попередженню обморожень; перевірку стану джерел водопостачання і з'ясування можливості її використання в місцях зупинок колон; надання пораненим і хворим медичної допомоги; передачу по вказівці начальника колони (командира підрозділу) хворих, які потребують стаціонарного лікування, в найближчі на шляху руху, лікувальні установи; перевірку якості продуктів харчування, які видаються особовому складу колони; контроль за санітарним станом кузовів автомобілів, призначених для перевезення поранених, хворих, продуктів.

Висновки. Дотримання узагальнених вимог до комплексного забезпечення автомобільних перевезень дозволяє попередити несподіваний напад противника, ослабити його дії на особовий склад і техніку , забезпечити успішне виконання задач по перевезенню матеріальних цінностей.

Список посилань.

1. Терещенко О.П. Вплив частоти електромагнітних випромінювань радіочастотного діапазону на граничнодопустиму напруженість електричного поля- SWorld – December 2018 WORLD SCIENTIFIC AND TECHNICAL TRENDS' 2018, 6 с.

УДК 629.4.077:629.463

ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-СТАТИСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕНОРМАТИВНОГО ФРИКЦІЙНОГО ЗНОСУ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

к.т.н. ***Равлюк В. Г.****, Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна*

Вступ. Автоматичні гальма є однією з основних складових частин сучасного рухомого складу, від рівня досконалості конструкції, ефективності й надійності роботи яких значною мірою залежить безпека руху поїздів, а також пропускна та перевізна спроможність залізниць. Аналіз безпеки руху у вагонному господарстві АТ «Укрзалізниця» за 2008-2019 рр. [1] свідчить про те, що механічні системи гальм візків вантажних вагонів показують низьку надійність в нинішніх умовах і в більшості одиниць експлуатаційного вагонного парку перебувають у незадовільному стані. Виконаний у роботі аналіз взаємодії гальмових колодок у двовісному візку та експлуатаційно-статистичні дослідження дозволяють визначити напрямки удосконалення процесу відведення колодок від коліс і недопущення їх шкідливого тертя по колесах під час руху у поїздах без гальмування.

Виклад матеріалу. Під час виконання науково-дослідного обстеження гальмових колодок у вантажних вагонах експлуатаційного парку в пунктах технічного обслуговування (ПТО) встановлено, що значна їх частина за попущених гальм у рухомому поїзді нахилена. Унаслідок цього колодки своєю верхньою частиною притискуються до коліс, які обертаються під час руху поїзда, й утворюється верхня шкідлива стертість. За виконаними вимірюваннями довжини шкідливої стертості колодок, яка зменшує корисну площу і негативно впливає на процес гальмування, було встановлено, що вона може становити до 100 мм від загальної довжини колодки (рис. 1). Також необхідно зазначити, що на гальмових колодках формуються два майданчики зносу: верхній – у якому колодка зношується кососиметрично, під час руху вантажних вагонів без гальмування, доволі посилено залежно від швидкості руху поїзда; нижній – яким колодка виконує процес гальмування вагона.

а б



Рисунок 1 — Вимірювання довжини шкідливого зносу гальмової колодки в експлуатації, характерні випадки: а) початкового зносу до 50 мм у нових вагонах з пробігом до 7 тис. км; б) найгірші події, коли довжина шкідливої стертості досягає майже 100 мм

Основними причинами виникнення ненормативного зносу гальмових колодок вагонів є:

- нерівномірний розподіл питомого гальмового зусилля за довжиною колодки від зсуву реакції колеса на колодку щодо її осі симетрії в бік прилягаючого кінця колодки;
- притиснення верхівки колодки під час руху поїзда зусиллям від шкідливого крутного моменту, який виникає з тієї причини, що вісь, яка проходить через центр отвору розпірки тріангеля, не збігається з віссю пари маятникових підвісок, які утримують гальмові колодки;
- не працюють належним чином пристрої для нормативного зносу гальмових колодок,

тобто вони не забезпечують потрібне відведення колодок від коліс, через це верх колодок треться об колеса під час руху поїзда з попущеними гальмами.

Для дослідження можливих явищ виникнення ненормативного зносу гальмових колодок наведена теоретична розрахункова схема (рис. 2), яка дозволяє встановити причини утворення такого зносу. Точка прикладення рівнодіючої реакції колеса від середини робочої частини колодки зміщується в сторону залеглого кінця колодки. Це призводить до нерівномірного розподілення питомих тисків за всією робочою площею колодки, яка бере участь у процесі гальмування вагона [2, 3, 5].

Розглянувши схему дії гальмових сил на колеса двовісного візка вагона (рис. 2), можна встановити, що зовнішнє гальмове зусилля $N_к$ — зусилля від тріангеля, яке передається на башмак 1 з колодкою 2 під час гальмування, розкладається на дві складові: горизонтальне — $N_{ГОР}$ і зусилля вздовж осі підвісок 3, що викликає появу — $P_П$ реакції на дію гальмового зусилля і є причиною виникнення деформацій розтягнення та стиснення підвісок 3, відповідно для правого та лівого коліс 4. У разі обертання колісних пар проти годинникової стрілки за наведеною схемою зусилля $N_{к.п.}$ для правого та лівого колеса передаються під різним кутом через особливість конструктивного виконання важільної передачі та наявності зазорів у шарнірах підвісок 3 з башмаками 1. При цьому кути $\beta_2 > \beta_1$, й $\beta_1 < \alpha < \beta_2$, де α – кут підвішування гальмових колодок, P_T — реактивне зусилля тертя за твірною колеса.

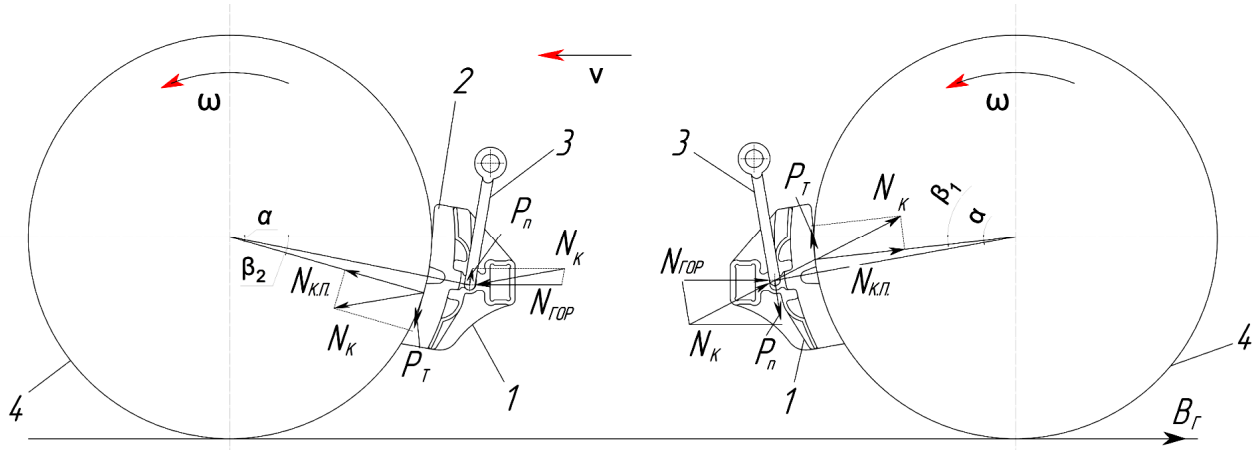


Рисунок 2 — Схема дії гальмових зусиль на колеса в разі однобічного їх гальмування

Під час гальмувань за наявності верхньої стертості на колодках їх робоча площа $S_Г$ зменшена на величину шкідливо стертої площини S_Z. Через це питомі сили натиснення колодок збільшуються, що істотно підвищує тепловиділення в зоні інтенсивної тертьової взаємодії колодок із поверхнями кочення коліс. За такого гальмування коефіцієнт тертя й результуюча сила гальмування $B_Г$, що реалізуються в контакті коліс з рейками зменшується пропорційно площі шкідливої стертості колодок і закономірно збільшується гальмовий шлях поїзда. У такому випадку, виходячи із схематичного зображення дії сил між колодками і колесами (рис. 2) класичну залежність гальмової сили поїзда можна навести у такому вигляді

$$B_Г = \sum_{i=1}^{n} N_к \varphi_к \Delta, \qquad (1)$$

де $N_к$ – сила натиснення колодок на колеса; $\varphi_к$ – коефіцієнт тертя; Δ – коефіцієнт зменшення корисної площі тертя колодок; n – кількість гальмових колодок у поїзді.

На основі зібраного статистичного матеріалу за характером зносу гальмових колодок у експлуатаційних умовах за проведення обстежень 6504 гальмових систем вантажних вагонів, розглядалося завдання у якому кількість вхідних параметрів n = 2, причому натискання гальмових колодок на колеса візка Q = 68,67 кН є сталою величиною [4]; X_1 - відстань до отвору розпірки від балки тріангеля, L, мм; X_2 - кут нахилу тріангеля, α^o. Кількість вихідних

характеристик $m = 2$, Y_1 - знос вверху колодки; Y_2 - знос внизу колодки.

Математична модель механічної гальмової системи (зі складовими: $\vec{X} = (X_1, X_2, ..., X_n)$ – вхідний вектор змінних параметрів; $\vec{Y} = (Y_1, Y_2, ..., Y_m)$ – вектор вихідних характеристик) буде відповідати спрощеній 2-о параметричній моделі планування експерименту. Сукупність процедур перетворень, що містять функціональні операції, які виконує технічна система, має вигляд:

$$T : \vec{X} \to \vec{Y}. \tag{2}$$

Подібні задачі пошуку оптимальних (раціональних) рішень формалізують відомими методами теорії планування експериментів.

Для знаходження раціональної моделі щодо модернізації важільної передачі, за допомогою теорії планування експерименту розроблено поліноміальну квадратичну модель (кубічна парабола), яка враховує реальні зміни найбільш важливих факторів x_i, $i = 1, 2$, що впливають на кінцевий результат.

Регресійна математична модель зносу гальмових колодок залежно від пробігу вагонів в обох випадках має вигляд наступної функціональної залежності:

$$y = b_0 + b_1 \frac{x}{1000} + b_2 \left(\frac{x}{1000} \right)^2 + b_3 \left(\frac{x}{1000} \right)^3, \tag{3}$$

де x – пробіг вагонів; b_0, b_1, b_2, b_3 – коефіцієнти регресії, що необхідно визначити.

Для їх знаходження було задіяно метод найменших квадратів (МНК). Результати обчислень наведено в табл. 1, а відповідні графічні залежності зносу гальмових колодок зображено на рис. 3.

Використання проведених розрахунків у середовищі програмного забезпечення *MathCad* дозволило оцінити значимості всіх коефіцієнтів регресії за критерієм Стьюдента за рівня значимості α = 0,005 і кількості степенів свободи $N_0 = 10$. Найширший надійний інтервал склав від 2,0 мм до 1,5 мм, а оцінка середнього відхилення – 0,99 мм.

Таблиця 1 — Безрозмірні коефіцієнти регресії за МНК

Місце вимірювання колодки	b_0	b_1	b_2	b_3
Типова конструкція (L = 224 мм, $\alpha = 9^o$)				
зверху	$8{,}208585 \cdot 10^{-1}$	$5{,}383442 \cdot 10^{-1}$	$-2{,}192588 \cdot 10^{-3}$	$5{,}606141 \cdot 10^{-6}$
знизу	$-3{,}572003 \cdot 10^{-1}$	$4{,}571698 \cdot 10^{-1}$	$-2{,}747773 \cdot 10^{-3}$	$7{,}816891 \cdot 10^{-6}$
Модернізована конструкція (L = 112 мм, α = 8°)				
зверху	$-7{,}604903 \cdot 10^{-1}$	$5{,}309275 \cdot 10^{-1}$	$-3{,}681336 \cdot 10^{-3}$	$1{,}31264 \cdot 10^{-6}$
знизу	$-1{,}070960 \cdot 10^{-1}$	$3{,}819281 \cdot 10^{-1}$	$-1{,}992730 \cdot 10^{-3}$	$7{,}280919 \cdot 10^{-6}$

Отримані моделі перевірено на адекватність за критерієм Фішера (F-критерій) за рівня значимості α = 0,005. Значення F-критерію склало від 1 477 до 5 852 для 3 і 10 степенів свободи. Імовірність отримати такі значення за відсутності зв'язку між пробігом вагонів і зносом колодки дуже мала (F = 1,091e-14). Крім того, значення F-критерію суттєво більше $F_{кр}$ = 8,08 (α = 0,005, $\kappa_1 = 3$, $\kappa_2 = 10$), тому побудовані моделі є адекватними з гарантією 99,5 %.

а б

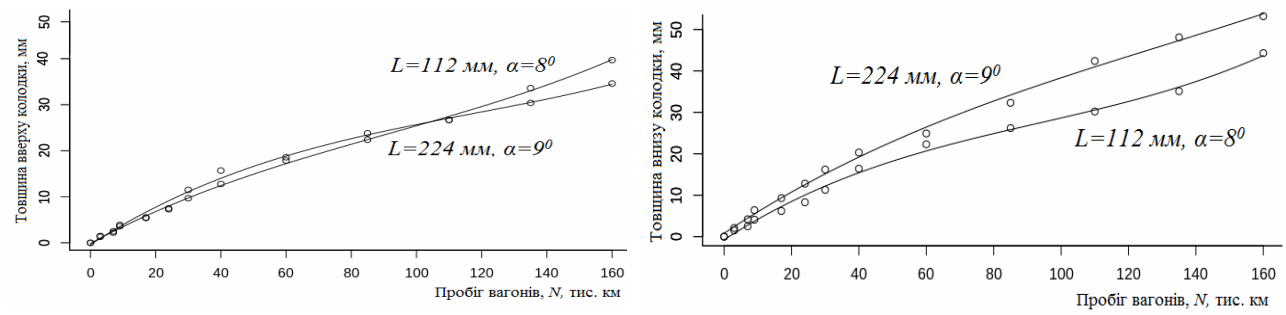


Рисунок 3 — Регресійні математичні залежності зносу гальмових колодок від пробігу вагонів типової й модернізованої конструкції (точками позначено дані експерименту): *а* – верх колодок; *б* – низ колодок

На рис. 4 у форматі 3D наведено об'єднані поверхні залежності зносу гальмових колодок від пробігу вагонів, які свідчать, що в наших випадках випуклі екстремуми досліджених функцій відсутні, а найкраще (раціональне) рішення відповідає конструкції розпірки тріангеля ГВП з параметрами розміщення шуканого отвору в розпірці за L = 112 мм і $\alpha = 8^{o}$.

а б

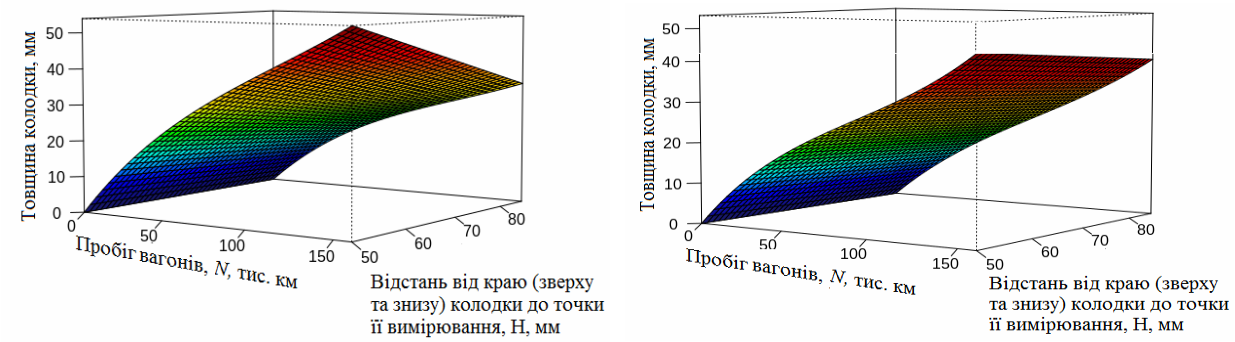


Рисунок 4 — Сумарні залежності зносу гальмових колодок від пробігу вагонів для геометрії розпірок: *а* – типової конструкції; *б* – модернізованої конструкції

Висновки.

1. Встановлено, що основними причинами виникнення ненормативного зносу гальмових колодок вантажних вагонів є: нерівномірний розподіл питомого гальмового зусилля за довжиною колодки від зсуву реакції колеса на колодку щодо її осі симетрії в бік прилеглого кінця колодки; притиснення верхівки колодки під час руху поїзда зусиллям від шкідливого крутного моменту, який виникає з тієї причини, що вісь, яка проходить через центр отвору розпірки тріангеля, не збігається з віссю пари маятникових підвісок, які утримують гальмові колодки; не працюють належним чином пристрої для нормативного зносу гальмових колодок, тобто вони не забезпечують потрібне відведення колодок від коліс, через це верх колодок треться об колеса під час руху поїзда з попущеними гальмами.

2. Під час гальмувань за наявності верхньої стертості на колодках їх робоча площа зменшена, у зв'язку з цим питомі сили натиснення колодок збільшуються, а це істотно підвищує тепловиділення в зоні контрпар і збільшується гальмовий шлях поїзда.

3. На основі зібраного статистичного матеріалу за характером зносу гальмових колодок у дійсних експлуатаційних умовах за проведення науково-дослідних обстежень 6504 гальмових систем вантажних вагонів як інвентарного парку АТ «Укрзалізниця», так і приватних підприємств було виявлено: дуально зношених – 95,6 %; клиноподібно моністично зношених – 3,2 %; рівномірно зношених – 1,2 %.

4. За допомогою теорії планування експерименту розроблено поліноміальну квадратичну модель, яка враховує реальні зміни найбільш важливих факторів, які впливають на кінцевий результат щодо модернізації важільної передачі візка. Для зносу гальмових колодок у залежності від пробігу вантажних вагонів визначалися коефіцієнти регресії, а отримані моделі перевірено на адекватність за критерієм Фішера, значення якого склало від 1 477 до 5 852 для 3 і 10 степенів свободи, тому побудовані моделі є адекватними з гарантією 99,5 %.

Список посилань.

1. Аналіз стану безпеки руху поїздів на залізницях України за 2017 рік. Головне управління вагонного господарства. Київ, 2017. 24 с.

2. Шпачук В. П., Пушня В. О., Рубаненко О. І., Гарбуз А. О. «Теоретична механіка. Динаміка»: консп. лек. / Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 222 с.

3. Равлюк В. Г. Дослідження особливостей дуального зносу колодок у гальмовій системі вантажних вагонів. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. 2019. Вип. 2 (80). С. 111-126. doi: 10.15802 / stp2019 / 166114.

4. Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України : ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015 : затв. наказом Укрзалізниці від 28 жовтня 1997 р. №264-Ц. Київ: ТОВ «НВП «Поліграфсервіс», 2004. 146 с.

5. Розробка конструкторсько-технологічної документації на проведення модернізації гальмівних важільних передач візків вантажних вагонів : Звіт про НДР (заключ.) : Укр. держ. акад. залізнич. трансп. ; кер. Мартинов І. Е. ; викон.: Равлюк В. Г. [та ін.]. Харків, 2012. 53 с. – Бібліогр.: с. 44. - № ДР 0111U008972.

УДК 621.19:41

ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ БУРОВОГО ОБЛАДНАННЯ

д.т.н. ***Афтаназів І.С.,*** *к.т.н.* ***Строган О.І.,*** *к.т.н.* ***Бойко О.О.,*** *Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Вступ. Бурильні труби виготовляють із горячокатаного прокату з вуглецевих або конструкційних легованих сталей двох різновидів, а саме із так званими висадженими під нарізання з'єднувальних різьб кінцями та із привареними з'єднувальними кінцями. З'єднувальні кінці приварюють до труб із зовнішньою висадкою на їх кінцях контактним зварюванням.

Щоб запобігти формуванню в товщі матеріалу різьбових частин втомних мікротріщин необхідно на завершальному етапі виготовлення цих деталей запровадити технологічну операцію, яка забезпечить формування в товщі матеріалу впадин конічної різьби напружень стиску. При чому настільки високого градієнту, що вони будуть спроможні не тільки нівелювати всі попередні технологічні напруження розтягу, а і компенсувати напруження від експлуатаційних навантажень.

Виклад матеріалу. Аналіз впливу експлуатаційних навантажень на складові елементи бурильних колон, характеру пошкоджень та руйнувань їх деталей переконливо засвідчує, що найбільш навантаженим, а відповідно, і найнебезпечнішим для руйнування бурильної колони її елементом є впадини початкових витків зовнішньої конічної різьби з'єднувальних елементів. При цьому і різьбова зовнішня поверхня безпосередньо на самих бурильних трубах, і різьова зовнішня поверхня на з'єднувальних ніпелях знаходяться в однакових експлуатаційних умовах і однаковою мірою схильні до зламу. Відповідно, для підвищення надійності бурильної колони необхідно зміцнити поверхневий прошарок металу у впадинах конічної та конічної замкової різьби, а також забезпечити формування в товщі зміцненого матеріалу залишкових напружень стиску, які протистоятимуть руйнівним експлуатаційним напруженням розтягу [1].

Такою здатністю володіють динамічні методи поверхневого пластичного деформування. Однак жоден із відомих їх різновидів не ефективний у використанні для зміцнення різьбових поверхонь бурильних колон.

Із врахуванням цього у Національному університеті «Львівська політехніка» було створено новий метод поверхневого зміцнення вібраційно-відцентровою обробкою, який виявився високо ефективним як для зміцнювальної обробки гладких циліндричних та конічних поверхонь [2], так і для різноманітних конструктивних елементів деталей, включно із радіусними переходами та різьбовими впадинами. Вперше його ефективність було проілюстровано на зміцненні барабанів та реборд коліс літаків, довговічність яких збільшилась вдвічі у порівнянні із цими ж незміцненими деталями. Було розроблено і принципові схеми обладнання для зміцнення вібраційно-відцентровою обробкою зовнішніх поверхонь бурильних труб та зовнішніх і внутрішніх поверхонь обсадних труб з метою підвищення їх міцності та надійності, а також для можливого зменшення їх маси [3]. Однак, очевидно як певний недолік вібраційно-відцентрової зміцнюваної обробки, слід вважати той аспект, що все реалізуюче даний метод обладнання і устаткування є вузько спеціалізованим і передбачає створення нових зміцнювальних елементів для кожного із різновидів оброблюваних деталей. Тому розроблені для зміцнення поверхонь довгомірних деталей пристрої вібраційно-відцентрової зміцнювальної обробки, а саме пристрої для поверхневого зміцнення бурових і обсадних труб, крупнокаліберних стволів артилерійських і танкових гармат, деталей шасі літаків тощо виявились непридатними для зміцнення різьбових поверхонь [3].

Характерною відмінною особливістю вібраційно-відцентрової обробки є її спроможність до забезпечення високих рівнів енергії деформування матеріалу оброблюваних деталей. Досягається це завдяки цілеспрямованому використанню в якості енергії удару деформівних тіл, що контактують із матеріалом зміцнюваної деталі, сили інерції масивного обкатника, котрий обкочується по встановлених у сепараторі деформівних тілах. При цьому

обкочувального руху обкатнику надають завдяки його вібраціям, а до сили деформування, як складова входить відцентрова сила, яка розвивається обкатником при його обкочувальному русі. Саме ці специфічні особливості і покладено в основу назви новоствореного зміцнювального методу - вібраційно-відцентрова зміцнювальна обробка (ВВЗО) [2]. Більш дохідливо суть та особливості цього зміцнювального методу буде розкрито в описі роботи розробленого зміцнювального обладнання.

На рис.1 відображена принципова схема пристрою для зміцнення вібраційно-відцентровою обробкою поверхні впадин конічної різьби, на рис.2 – твердотільна 3D-модель зміцнювальної головки для вібраційно-відцентрового зміцнення впадин конічної замкової різьби типу З-121.

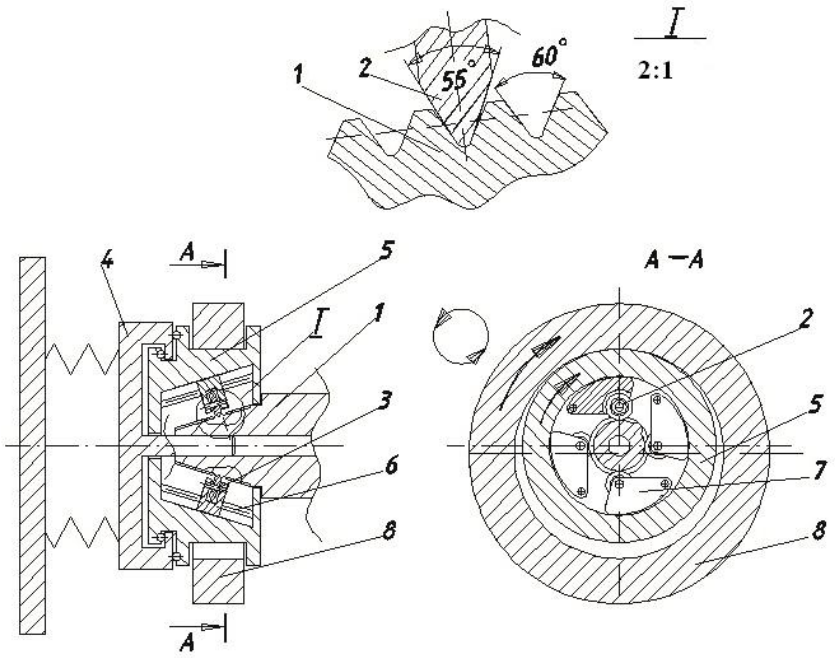


Рисунок 1 – Принципова схема зміцнювальної головки для обробки вібраційно-відцентровим зміцненням впадин конічної різьби

Оброблювану деталь 1 із конічною різьбою жорстко фіксують на кронштейні 4 коливної платформи (на рис.1 не відображена). На підлягаючий зміцненню різьбовий хвостовик із конічною різьбою встановлюють нагвинчуванням зміцнювальну головку із деформівними тілами у вигляді роликів 2. Профілі деформівних роликів 2 та зміцнюваної різьбової впадини деталі 1 відображено на рис.1. При цьому радіус заокруглення деформівного ролика 2 рівний радіусу заокруглення впадини зміцнюваної різьби, а кут нахилу його бокових поверхонь на 2^0-3^0 менше кута різьбової впадини. Деформівні ролики 2 виготовлені із сталі ХВГ і загартовані до твердості 58…62 HRC, яка на 5-10 одиниць перевищує твердість матеріалу зміцнюваної деталі 1. Деформівні ролики 2 вільно встановлені на осях 3 в тримачах 7, які закріплені на напрямних 6, що паралельні твірній конічної поверхні зміцнюваної різьби деталі 1. Деформівні ролики 2, тримачі 7 та напрямні 6 закріплені в сепараторі 5, який з ексцентриситетом, рівним половині висоти витка зміцнюваної різьби, вільно розташований над оброблюваною різьбовою поверхнею. При цьому ролики 2 можуть вільно обертатись навколо власних осей у тримачах 7, тримачі 7 можуть переміщатись вздовж напрямних 6, а сепаратор 5 може завдяки ексцентриситету обкочуватись навколо зміцнюваної конічної різьбової поверхні. На початку і в кінці різьбової поверхні оброблюваної деталі 1 встановлені кінцеві перемикачі (на рис. 1 не відображені), які перемикають на протилежний напрям обертання валу електродвигуна приводу і змінюють, тим самим, напрям кругових коливань платформи із закріпленими на ній оброблюваною деталлю 1 та зміцнювальним пристроєм. Над сепаратором 5 із

ексцентриситетом встановлено обкатник 8 у формі циліндричного масивного кільця. Ексцентриситет обкатника 8 обирають рівним амплітуді коливань привідної платформи, яку призначають із діапазону рівності 2,5-3 значень висоти профілю витка зміцнюваної різьби.

Зміцнювальну обробку різьбових впадин здійснюють наступним чином. На платформі за допомогою кронштейна 4 закріплюють оброблювану деталь 1, попередньо нагвинтивши на неї зміцнювальний пристрій. Платформі із закріпленою на ній оброблюваною деталлю 1 та зміцнювальним пристроєм надають кругових вібрацій із амплітудою, що втричі перевищує висоту профіля зміцнюваної різьби, та частою 15-24 Гц. Напрям кругових коливань оброблюваної деталі 1 при цьому перпендикулярний її геометричній осі. Під дією кругових коливань деталі 1 вільно і ексцентрично встановлений на ній сепаратор 5 та обкатник 8 самовтягуються в обкочувальний рух деформівними роликами 2 по впадинах різьбової поверхні на деталі 1. При цьому ролики 2 вступають в ударний контакт із матеріалом впадини різьби зміцнюваної деталі 1 почергово у круговій послідовності, що протилежна напряму кругових коливань платформи. За кожний період коливного руху платформи кожен деформівний ролик 2 наносить почергово один удар по матеріалу зміцнюваної впадини різьби і переміщується на незначну величину вздовж різьбового профілю. За одну хвилину при частоті коливань платформи 24 Гц і чотирьох деформівних роликах 2 по зміцнюваній деталі наноситься біля 4,5 тисяч ударів і ролики переміщуються вздовж осі оброблюваної деталі приблизно на один виток зміцнюваної різьби. Досягнувши крайнього лівого чи правого витка зміцнюваної різьби тримач 4 перемикає кінцевий перемикач, платформа змінює напрям своїх коливань на протилежний і тримачі із деформівними роликами 2 переміщуються до протилежного краю різьбової поверхні, зміцнюючи повторно всю різьбову впадину. Кількість таких повторних переходів обирають експериментальним шляхом, орієнтуючись по досягненню необхідної якості зміцнювальної обробки.

Основними технологічними параметрами даного зміцнювального процесу є сила деформування матеріалу зміцнюваної деталі, амплітуда і частота коливань привідної платформи, кількість повторних переходів деформівних роликів вздовж зміцнюваної впадини різьби.

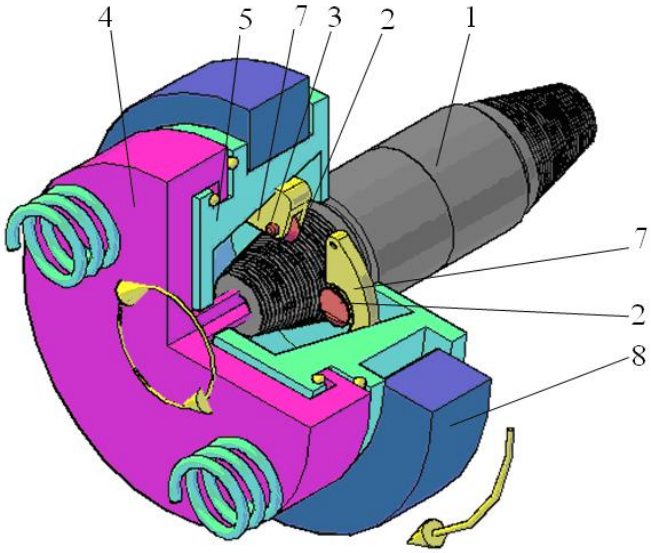


Рисунок 2 – Твердотільна 3D-модель зміцнювальної головки для вібраційно-відцентрового зміцнення ніпеля 3-121 бурильної труби: 1- ніпель, 2- деформівний ролик, 3- вісь ролика, 4- кронштейн, 5- сепаратор, 6- напрямна (див. рис.1), 7- тримач, 8- обкатник.

Обумовлюючу товщину зміцнення металу різьбової впадини силу $P_{деф.}$ визначають із залежності [3]

$$P_{деф.} = (\mathrm{m}_{об.} \cdot \varepsilon + m_{сеп.} \cdot \varepsilon_{сеп.})\omega^2,$$

де $m_{об.}$ – маса обкатника 8, величину якої обирають експериментальним шляхом; $m_{сеп.}$ – маса сепаратора 5 із тримачами 7 та деформівними роликами 2; ε – ексцентриситет обкатника, рівний потроєній висоті різьбового профіля; $\varepsilon_{сеп.}$ – ексцентриситет сепаратора 5, рівний половині різьбового профіля; $\omega = 2\pi f$ - кругова частота коливань привідної платформи; $f=15\text{-}24$ *Гц* – частота коливань привідної платформи.

При масі обкатника, рівній $m_{об.}=6,5$*кг*, масі сепаратора $m_{сеп.}=3,5$*кг,* ексцентриситеті $\varepsilon=8\cdot10^{-3}$*м* та частоті коливань платформи $f=24$ *Гц* величина сили деформування сягає $P_{деф.}=1317$*Н*. Контактні напруження в матеріалі зміцнюваної деталі визначають із залежності [4]

$$\sigma_{кон.} = \frac{P_{деф.}}{\mathrm{S}_{\text{кон.}}}.$$

Враховуючи, що площа контакту деформівного ролика 9 із поверхнею різьбової впадини не перевищує $S_{кон.}=(2,5\text{-}3)$ *мм*^{2} контактні напруження сягають значень $\sigma_{кон.}=(440\ldots530)$ *МПа*, тобто доволі високих значень, спроможних якісно проклепати поверхневий прошарок металу у впадині різьби.

Ефективність розробок вбачається у підвищенні надійності бурильних колон завдяки підвищенню міцності матеріалу різьбових з'єднань їх елементів. Промислове запровадження вібраційно-відцентрової зміцнювальної обробки різьбових елементів бурильних колон, на думку авторів, зменшило б кількість випадків руйнування складових колони, а відповідно, сприятиме зменшенню часових затрат на ремонт і обслуговування бурильного обладнання, підвищуватиме швидкості буріння свердловин.

Список посилань.

1. Патент № 116265 Україна, МПК B24B 39/04 (2006.01), B23P 9/04 (2006.01) Пристрій для зміцнення торсіонних валів поверхневим пластичним деформуванням. Афтаназів І.С., Шевчук Л.І. – a201602854 Заявл. 21.03.2016; Опубл. 26.02.2018, Бюл.№4.

2.Афтаназів І.С. Підвищення довговічності торсіонних валів та довгомірних деталей поверхневим пластичним деформуванням/ І.С. Афтаназів, Л.І. Шевчук, О.І. Строган// Scientific Journal "ScienceRise" №4/2(21)2016, - С. 37-44. Doi: 10.15587/2313-8416.2016.67693.

3.Aftanaziv I. Vibrational-centrifugal surface strengthening of drill and casing pipes / I.S. Aftanaziv, L.I. Shevchuk, L.R. Strutynska, O.I.Strogan // Науковий вісник Національного гірничого університету Науково-технічний журнал. Naukovyi VISNYK Natsionalnogo HirnychogoUniversytetu Scientific and technical journal. м. Дніпро.- №5 (167), 2018.-С.88-98. DOI:10.292/nvngu/2018-5/7.

4.Миронов А.В., Редреев Г.В. К вопросу об упрочнении поверхности деталей пластическим деформировинием. Вестник Омського государственного аграрного университета, - Омськ №3- (15), 2014. – С. 35-38.

УДК 378.14:004-057.4(045)

ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОФЕСІЙНОГО САМОЗДІЙСНЕННЯ ФАХІВЦЯ ТИПУ «ЛЮДИНА-ПРИРОДА»

к.т.н. ***Руда М.В.****, Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Вступ. Соціально-економічні перетворення, які відбуваються у суспільстві, постійно змінюють вимоги до особистості сучасного фахівця. Все більшого значення для нього набуває здатність бути суб'єктом свого професійного розвитку та самостійно знаходити вирішення соціально та професійно значущих проблем в умовах мінливої дійсності. Окрім професійних знань, вмінь та навичок, фахівці сьогодні мають мати ще й спеціальні здібності, вміння та особистісні властивості, які забезпечують гнучкість та динамізм професійної поведінки, креативність у професійній діяльності, самостійність у пошуку та засвоєнні нової інформації і професійного досвіду. Особливо важливим є набуття здатності до прийняття

адекватних рішень в «нестандартних» ситуаціях, в умовах дефіциту часу, навичок оптимальної взаємодії з учасниками виробничого процесу у спільній професійній діяльності.

Саме тому особливої уваги науковців нині потребують фахівці професій типу «людина-природа». Це зумовлено, окрім надзвичайно важливої суспільної значущості таких професій, яку вони мають самі по собі, ще й тим, що вони природним чином тісно інтегровані у професії всіх інших типів.

Виклад матеріалу. В загальному плані психологічне забезпечення професійного самоздійснення фахівця типу «людина-природа» може відбуватися стосовно двох його форм: зовнішньопрофесійного самоздійснення (досягнення значущих здобутків у різних аспектах професійної діяльності) і внутрішньо-професійного самоздійснення (професійного самовдосконалення, спрямованого на підвищення професійної компетентності та розвиток професійно важливих якостей). В результаті емпіричного дослідження упродовж 2018 – 2019 рр. визначено та інтерпретовано провідні психологічні чинники професійного самоздійснення (обох його форм) інженерів-екологів, що вже опанували професію та студентів-магістрів ІСТР ім. В.Чорновола.

Методологія реалізації психологічного забезпечення розвитку професійного самоздійснення фахівця типу «людина-природа» ґрунтується на таких принципах: єдності свідомості й діяльності, вивченні психічних явищ в їхньому розвитку; орієнтації на провідну діяльність, її закони та особливості зміни; професіоналізації як становленні компетентного професіонала, що з необхідністю супроводжується його особистісно-професійним розвитком; спрямованості на досягнення максимально можливих професійних досягнень; індивідуалізації в підборі засобів та способів розвитку професійного самоздійснення з урахуванням нерівномірності психічного розвитку й індивідуального досвіду, мотивів, цінностей, інтересів, схильностей, якостей та інших особливостей особистості; комплексності і системності у застосуванні методів та засобів розвитку професійного самоздійснення; забезпеченні і формувальних, і розвивальних психологічних впливів та ін.

З’ясування особливостей і закономірностей професійного самоздійснення професії типу «людина-природа» було потрібне для встановлення взаємовідповідності значущих аспектів професійної реальності й важливих характеристик особистості суб’єкта природничої діяльності − його мотиваційних, когнітивних, комунікативних, емоційно-вольових та інших особливостей і можливостей. Адже забезпечення такої відповідності фахівця і професії, що відбувається, на думку О.М. Іванової, в професійній діяльності не відразу і не завжди, – це передумова професійного самоздійснення, яке є безперервним процесом цілеспрямованого професійного розвитку і досягнення у підсумку професійної досконалості.

УДК 378.147,331.015

ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ ЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ

к.т.н. ***Свідрак І.Г., Шевчук А.О.,*** *к.т.н.* ***Баранецька О.Р.,*** *Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Вступ. Процес підготовки спеціалістів у вищих навчальних закладах на основі удосконалення навчання шляхом використання технічних засобів.

Виклад матеріалу. З розвитком комп’ютерної графіки та застосування її в навчальному процесі, проблема програмованого навчання виявила характерну особливість, що при досить значній частині розумової праці, з’являється база для системного підходу до навчального процесу. При цьому чітко спостерігаємо наявність основних підсистем: викладач, студент, засоби прямого та непрямого контакту між ними. Правильне застосування технічних засобів дозволяє полегшити процес передачі та сприйняття інформації, а також формування навичок у студентів. Велике значення також має рівень професійної кваліфікації викладацького складу, оскільки педагогічна майстерність та вміння керувати складною

діяльністю студентів в умовах високої напруженості розумової праці, впливають на загальні трудові затрати студентів, а також і на якість їх підготовки.

Розглянемо особливості передачі інформації в навчальному процесі. Що таке інформація? Термін інформація в навчальному процесі можна розглядати як сукупність свідчень, знань; свідчень, як об'єкт зберігання, передачі, обробки. Оскільки відображення інформації визначає діалектичний зв'язок між двома об'єктами – джерело та прийом інформації, тобто зв'язок між викладачем та студентом, між тим, хто надає та тим, хто приймає цю інформацію. В навчальному процесі основна роль належить викладачу - передачі змісту інформації, оскільки передача інформації повинна містити такі аспекти, як точність, швидкість передачі інформації, ефективність сприйняття отриманої інформації, а також визначення умов передачі. Для лекції, тобто для колективної форми передачі інформації, потрібно так підібрати необхідну інформацію для її повного засвоєння, щоб реалізувався індивідуальний об'єм поданого матеріалу. При цьому, важливу роль відводиться програмованим матеріалам, які необхідно подати за допомогою технічних засобів. Підготовка лекційного матеріалу повинна містити зміст та форму матеріалу для такої передачі інформації, щоб її можна було подати різними технічними засобами для максимального індивідуального сприйняття групою студентів.

При передачі та прийнятті інформації проходить послідовний перехід від множини об'єктів до множини сигналів, який завершується у свідомості кожного, хто приймає інформацію. Прийняту інформацію студент сприймає як сукупність сигналів про стан та функціонування об'єкта спостереження, якщо матеріал поданий тільки технічними наочними засобами, а потім, на основі цих джерел інформації, формує реальний образ. Це процес прийнятої інформації з відповідною її первинною обробкою, але студент не тільки приймає інформацію, а ще повинен видати інформацію, хоча б у вигляді домашнього завдання. При подачі лекційного матеріалу тільки технічними засобами, є можливість збільшення кількості поданої інформації, але кількість не завжди забезпечує якість сприйняття, оскільки кожен студент, як індивідуум, має власне сприйняття і свої можливості відтворення отриманої інформації. Можливо, окремій групі студентів не достатньо тільки такий спосіб подачі інформації, а необхідне доповнення у вигляді конспектування за допомогою простих ручних засобів (олівець, циркуль, лінійка і т.п.). Необхідно забезпечити взаємну сумісність оператора-викладача та взаємодіючих з ним засобів подачі та прийому інформації від оператора до слухачів-студентів ще й в умовах сумісності.

По-друге, також важливим аспектом передачі та сприйняття інформації є її швидкість, оскільки знову звертаємо увагу, що питання взаємодії викладач-студент є складною системою, яка складається з різнорідних елементів. Але, основними каналами передачі інформації в навчальному процесі є не тільки зоровий, а ще й слуховий, тому реальна пропускна здатність цих каналів досягається в процесі прийому та обробки інформації студентами, яка й буде визначати границю можливості прискорення процесу прийому та обробки інформації.

Будь-які можливі зміни – погіршення умов праці студента, наприклад, погане освітлення (завелика яскравість, контраст, або надмірна напруженість зору), шум, поганий звук, зайва втома, незручний кут зору – все це зменшує додатково інформаційно-пропускну здатність, а відповідно впливають на ефективність процесу прийому-сприйняття та переробки інформації і як наслідок знижують загальні результати процесу навчання.

Велике значення має ще таке поняття, як пропускна здатність людини. Студент сприймає інформацію при певній швидкості її передачі, тобто швидкість повинна бути такою, щоб відбулось максимальне сприйняття отриманої інформації та правильне смислове визначення її змісту. При передачі інформації за допомогою технічних засобів, швидкість передачі інформації залежить від кількості лекційного текстового та графічного матеріалу. Але, за змістом та об'ємом лекції суттєво відрізняються, а значить і змінюється швидкість передачі інформації. Пропускна здатність не залишається теж постійною для студентів, вона залежить від багатьох факторів. Це може бути зайва втома, недостатнє освітлення, шум і т.п.

Від студента завжди вимагається активна переробка (осмислення) інформації, яку він отримує. Але, кожен студент має свою зорово-моторну реакцію, тобто, від моменту подачі сигналу до реалізації моторної відповіді у кожного індивідуума проходить свій період. Технічні засоби не дозволяють в певний час сповільнити або збільшити швидкість подачі інформації, а викладач може регулювати швидкістю в залежності від «наочної» пропускної здатності аудиторії. Викладач в процесі передачі інформації може гнучко змінювати її об'єм, швидкість, а також повторювати деякі незрозумілі моменти в процесі передачі, тобто, так подати лекційний матеріал, щоби досягнути максимальної пропускної здатності. Але при збереженні гнучкості процесу передачі інформації, така передача перш за все залежить від майстерності та професіоналізму викладача. Технічні програмні засоби це заздалегідь підготовлена за змістом та формою інформація і розрахована на визначений час (лекцію), тобто, під час поганої пропускної здатності аудиторії (вплив різних факторів на конкретний час), не дозволяють змінити передачу для кращого сприйняття.

Категорично сказати, що передача інформації може здійснюватись тільки викладач-студент не можна. Технічні програмні засоби є на сьогоднішній день необхідністю і відмовлятись від них не потрібно. Передача інформації повинна здійснюватись так, щоб досягнути максимальну пропускну здатність групи людей. При передачі інформації викладач застосовує програмні продукти, тобто подає інформацію користуючись різними джерелами інформації. При цьому знижується рівень трудових затрат студента. Застосування візуальної передачі інформації сприяє можливості прямої передачі графічного образу, що викликає ще й емоціональний рівень сприйняття інформації. Також велику роль у віртуальному поданні матеріалу відіграє колір сприйняття людським оком. Матеріал для віртуального сприйняття повинен враховувати кут зору, яскравість, контраст, розмір екрану, освітленість чи затемнення аудиторії, а також підбір кольорів для групи людей. Застосування технічних засобів не повинно відволікати ні студентів, ні лектора від основної задачі передача-прийом-переробка інформації. При повністю поданій віртуально лекції забезпечити оптимальний прийом інформації неможливо. Необхідно врахувати втому очей. На втому очей діють різні фактори, наприклад неможна довго концентрувати погляд на екран, необхідно дати відпочити очам. Для того, щоб знизити втому очей необхідно застосовувати раціональні засоби та методи організації процесу передачі – сприйняття інформації, а також правильно застосовувати програмні продукти чергуючи, з ручною працею.

Висновки. До основних критеріїв ефективності використання програмних технічних засобів можна зарахувати показники, які будуть характеризувати досягнення основної мети – ефективність сприйняття та переробки отриманої інформації при зменшенні трудових затрат. При цьому ефект навчання повинен забезпечуватись результатом застосування технічних засобів при передачі інформації, формування вміння використовувати набуті знання.

УДК 81.378, УДК 378.147

КОМП'ЮТЕРНА АНІМАЦІЯ В ЛЕКЦІЙНОМУ КУРСІ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА»

к.т.н. ***Свідрак І.Г.,*** *к.т.н.* ***Баранецька О.Р.,*** *Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна*

Вступ. В Україні, як і в інших європейських державах, під впливом сучасних вимог у сфері вищої освіти йде пошук нових форм викладання дисциплін і організацій вищих навчальних закладів. Проблема розробки нових моделей освітнього процесу є актуальною і вимагає неабияких зусиль із обов'язковим застосуванням інформаційних технологій у навчальному процесі.

В роботі визначені основні принципи навчального процесу, розроблені нові методології системи освіти. В багатьох літературних джерелах інформатизація освіти розглядається як комплекс соціально-педагогічних перетворень, пов'язаних з насиченням освітніх систем інформаційною продукцією, засобами і технологією або як впровадження до освітніх

установ інформаційних засобів, заснованих на мікропроцесорній техніці, а також інформаційної продукції і педагогічних технологій, що базуються на цих засобах. Результати проведених досліджень дають підстави стверджувати про суттєві можливості впливу інформаційних технологій на організаційні форми та методи навчання студентів. Дана проблема не вичерпала своєї глибини та актуальності. Вона потребує широкого аналізу, зважаючи на сьогодення вищої освіти. [1, 2].

Викладення матеріалу. Важливу роль відіграє самостійна робота студента з використанням інформаційних технологій і мережі Інтернет. Це зумовило необхідність створення нових і доопрацювання існуючих навчальних посібників, внесення змін до змісту навчальних планів, робочих програм, навчально-методичної документації. Викладачі технічних дисциплін зобов'язані враховувати у своїй діяльності всі науково-технічні досягнення в цій галузі з метою забезпечення належного рівня знань і навичок студентів, адекватного потребам сфери матеріального виробництва і комерційного ринку. Ці особливості навчання визначають необхідність викладання на основі розширення взаємодії між навчальними програмами спеціальних дисциплін та навчальною програмою курсу інформаційних технологій. Основними принципами цього процесу є безперервність і системність освіти, а також чітка професійна орієнтація майбутній спеціалістів.

За нашого часу, в період широкої комп'ютеризації, постійно виникає велика кількість методичних проблем, пов'язаних із взаємопроникненням класичних методів вивчення технологічних дисциплін і найновіших комп'ютерних технологій. Всі кафедри вищих навчальних закладів, в яких працюють автори, приділяють вирішенню цих проблем велику увагу. Так, наприклад, поряд із традиційною методикою викладання дисципліни «Інженерна графіка» використовуються комп'ютерні технології навчання, які привели до більш широкої взаємодії між графічними та аналітичними методами розв'язання багатьох технічних задач.

Проект візуальної лекції подається у вигляді єдиного відеоролика що складається з теоретичної та візуальної частини. Теоретична частина являє собою динамічний текст що появляється у необхідний момент, для ґрунтовного обґрунтування матеріалу в теоретичній формі, де описані певні процеси та формулювання. Теоретична частина береться з наукової літератури або ж формується спеціально під конкретний відеоролик. Часто теоретична частина накладається на візуальну частину, для того щоб надати інформацію для уточнення певних моментів що показані в певний відрізок часу. Візуальна частина являє собою відеоматеріал, який наочно показує певні процеси чи послідовність процесів, про які йде мова у теоретичній частині. Основна задача візуальної частини – повністю розкрити суть описаного у теоретичній частині. Слід враховувати усі фактори, які можуть впливати на подачу матеріалу, наприклад: швидкість відтворення, кількість деталей, кольори, контрасти і т.п.

При створенні відеоролика для лекції з інженерної графіки було розроблено концепцію відеоматеріалу, яка є унікальною для кожної теми, яку необхідно представити. При цьому враховувався час на те щоб теоретичний матеріал можна було прочитати та записати аудиторією, також варто пам'ятати про те що не варто завантажувати такий матеріал надлишковим текстом, це ускладнює сприйняття матеріалу, більше того матеріал повинен бути легким для сприйняття, щоб його можна було швидко прочитати й записати, в цьому випадку для анімаційної лекції варто подавати спрощений матеріал, якщо матеріал з основного джерела є надто завантаженим, при цьому варто подавати посилання на оригінали для того щоб аудиторія могла ознайомитися з повним обсягом інформації.

Оскільки в курсі «Інженерна та комп'ютерна графіка» є багато задач з просторовими об'єктами, був задіяний пакет програм для просторового моделювання. У даному випадку було використано програмну 3D Max від Autodesk, де було проведено процес моделювання та анімація об'єктів, версія програми в даному випадку не є принциповою, адже у всіх версіях можна цілком відтворити усі необхідні процеси. Деяким об'єктам було надано текстури за допомогою вбудованого матеріалу з бібліотеки матеріалів 3D Max, що надає зображенням вигляду схожого до того що можна побачити на кресленнях, відповідно можна

таким чином продемонструвати як креслення стає об'ємним об'єктом і навпаки, як об'ємне тіло лягає на площину, при цьому вказуючи усі тонкі та товсті лінії, лінії перерізу та ін..

Після налаштування анімації у 3D Max було проведено рендеринг, з подальшим виведенням у секвенцію кадрів у форматі *.tif , цей етап може розглядатися індивідуально, оскільки є можливість зберігати у різних форматах, *.tif було обрано як більш універсальний формат, який розпізнає більшість графічних програм. Додаткові штрихи для деяких кадрів було намальовано на прозорому фоні у програмі Photoshop CS від Adobe. Вже готову секвенцію кадрів було використано у програмі Adobe After Effects CS4, де було зведено всі кадри в один неперервний відеоролик, наповнений текстом та анімацією. Також в цій програмі було додано усі необхідні ефекти переходів, та додаткові надписи, які необхідні в анімаційному ролику [4, 5, 6].

При бажанні у відеоролик можна прикріпити звукову доріжку, у якій може бути як фонова музика, так і дикторський супровід до тексту чи просто дикторське доповнення.

Висновки. Потенціал сучасних інформаційних технологій навчання дозволяє неперервно здійснювати власну самоосвіту та самоудосконалювати професійну майстерність через опанування нових інформаційних технологій; уявляти можливості комп'ютера як засобу навчання; будувати таку методичну систему, що в умовах комп'ютерних технологій навчання буде ефективна на кожному етапі навчального процесу, в кожний момент учбової і навчальної діяльності; добирати, розробляти і вибирати найкращі та найдоцільніші для навчання програмні продукти; вчити студентів ефективно і творчо освоювати і осмислювати здобуту інформацію; готувати студента до повноцінної професійної життєдіяльності в умовах інформатизації суспільства та відповідних знань: новітніх інформаційних технологій та їх функціонування; мережі Інтернет; застосування комп'ютерів в усіх галузях людської діяльності. [3]

Перспективні вирішення піднятого в статті питання полягають в розробці комп'ютерної навчально-методичної наочності для застосування її на усіх видах навчально-методичної підготовки.

Список посилань

1. Баранецька О.Р. та інші Розробка нових методик викладання технічних дисциплін в умовах кредитно-модульної системи.
2. Свідрак І.Г., Баранецька О.Р. Особливості організації навчального процесу за кредитно-модульною системою з дисципліни «Нарисна геометрія, інженерна та комп'ютерна графіка».
3. Морозова Н.Т. Применение компьютерных лекций при изучении начертательной геометрии. – http: //ito. bipro.ru/1999/II4/4102.html.
4. В. Верстак. "3ds Max 8. Секреты мастерства";
5. Ананьин И.К. "Трёхмерное моделирование в 3Ds Max";
6. Дмитрий Кирьянов Елена Кирьянова "Adobe After Efects 6"

РІШЕННЯ

IV Міжнародної науково-практичної конференції «ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ»

IV Міжнародна науково-практична конференція «ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ» пройшла в м. Івано-Франківську з 1 по 3 квітня 2020 року на базі Академії технічних наук України. Співорганізаторами конференції є:

- Інститут модернізації змісту освіти
- Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
- Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
- Університет Короля Данила
- Український державний університет залізничного транспорту
- Національний лісотехнічний університет України
- Connective Technologies LTD, Великобританія

У роботі цієї конференції приймали участь **366** вчених з **8** країн: **України**, **Республіки Білорусь, Чеської республіки**, **Словацької республіки, Молдови, Казахстану, Великобританії**, **Польщі**, та, зокрема: **55** докторів наук, **165** кандидатів наук, **146** науковців-виробничників, викладачів, аспірантів та студентів.

На конференції працювало 12 секцій технічного спрямування:

- Природничі науки
- Інформаційні технології
- Механічна інженерія
- Електрична інженерія
- Автоматизація та приладобудування
- Хімічна та біоінженерія
- Електроніка та телекомунікації
- Виробництво та технології
- Архітектура та будівництво
- Цивільна безпека
- Транспорт
- Міждисциплінарні наукові дослідження

В процесі роботи конференції відбувся обмін досвідом, науковими і практичними досягненнями, визначені основні тенденції, перспективи розвитку наукових досліджень в технічній галузі.

За результатами роботи конференції опубліковано збірник, який містить **198** тез доповідей. Серед представлених доповідей особливо відзначаються роботи вчених, які представляють **61** організацію:

Україна

- Інститут геологічних наук НАН України
- Фізико-технологічний інститут НАН України
- Інститут проблем моделювання в енергетиці ім.Г.Є.Пухова НАН України
- Національна металургійна академія України
- Національний університет «Львівська політехніка»
- Чорноморський національний університет імені Петра Могили
- Академія інженерних наук України
- Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
- Київський національний університет імені Тараса Шевченка
- Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
- Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
- Вінницький національний технічний університет
- Карпатський національний природний парк

- ТОВ «ПП «Укркабель»
- Національний лісотехнічний університет України
- Сумський державний університет
- Національний технічний університет КПІ ім. Ігоря Сік орського
- Харківський національний автомобільно-дорожній університет
- Одеський національний політехнічний університет
- Центральноукраїнський національний технічний університет
- Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
- Національний технічний університет «Запорізька політехніка»
- Український державний університет залізничного транспорту
- Науково-технічний центр "Автополіпром"
- ТОВ «Сакцесстепс»
- ТОВ «Західнадрасервіс»
- ТзОВ «Компанія «Геопошук ЛТД»
- ТОВ «Надвірнянська нафтова компанія»
- Академія технічних наук України
- Національний університет біоресурсів і природокористування України
- Запорізька державна інженерна академія
- Шацький лісовий коледж ім. В. В. Сулька
- Технологічний коледж державного вищого навчального закладу “Національний лісотехнічний університет України”
- Приватне Акціонерне Товариство «Український графіт»
- Український державний хіміко-технологічний університет
- Луцький національний технічний університет
- Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна
- Льотна академія Національного авіаційного університету
- ДПТНЗ «Хмільницький аграрний центр ПТО»
- Університет Короля Данила
- Харківський національний університет радіоелектроніки
- Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника
- Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка
- Криворізький національний університет
- Військовий інститут КНУ ім. Т.Шевченка
- Державний університет "Житомирська політехніка"
- Ужгородський національний університет
- Хмельницький національний університет
- Державне підприємство “Зарічанське лісове господарство”
- Ліцей імені Романа Шухевича

Республіка Білорусь

- Білоруський державний технологічний університет

Чеська республіка

- IT Brains s.r.o.

Словацька республіка

- Технічний університет Кошице
- Словацький технічний університет у Братиславі

Молдова

- Institute of Power Engineering of Moldova
- Technical University of Moldova

Казахстан
- Satbayev University
- ТОО «Каратау»
- ДП «ОРТАЛЫК»
- KAZ Minerals

Великобританія
- Connective Technologies LTD

Польща
- Люблінська політехніка

Слід відзначити високий рівень прикладних досліджень учасників конференції, роботи яких орієнтовані на вирішення актуальних наукових і практичних завдань у галузі технічних наук.

За результатами роботи конференція рекомендує:
- розвивати співробітництво науковців різних країн у галузі технічних наук;
- збірник тез конференції надіслати у науково-технічні бібліотеки України;
- провести наступну міжнародну науково-практичну конференцію «ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ» в березні-квітні 2021 року в м. Івано-Франківську.

Голова оргкомітету IV Міжнародної науково-практичної конференції «ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ», президент Академії технічних наук України, доктор технічних наук М.В. Кузь

ЗМІСТ

стор.

Природничі науки

Курта С.А., Хацевич О.М. КОМПОЗИЦІЇ ВОСКУ, МЕДУ, ПИЛКУ І ПРОПОЛІСУ, ЯК ОСНОВА ДЛЯ ЖУВАЛЬНОЇ ГУМКИ…….. 3
Шибанова А.М., Гивлюд А.М., Руда М.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ОБ'ЄКТАХ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ……... 4
Приходько С.Б., Приходько Н.В. ВИЯВЛЕННЯ ВИКИДІВ У БАГАТОФАКТОРНИХ РЕГРЕСІЯХ ЗА ДОПОМОГОЮ КВАДРАТУ ВІДСТАНІ МАХАЛАНОБІСА ВІД НОРМАЛІЗОВАНИХ НЕЗАЛЕЖНИХ ЗМІННИХ…… 5
Белей Л.М., Куців Л.П. ПРОДУКТИВНІСТЬ БУКОВО-ЯЛИЦЕВО-СМЕРЕКОВИХ ЛІСІВ КАРПАТСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ…….. 7
Біловус Р.І., Погребенник В.Д. СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ В НІМЕЧЧИНІ…… 8
Погребенник В.Д. ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ РЕГІОНУ……. 10
Гаврилюк Р.Б., Тимченко І.В., Михайленко В.П. ВПЛИВ ФІЛЬТРАТУ ГРИБОВИЦЬКОГО СМІТТЄЗВАЛИЩА НА ЗАБРУДНЕННЯ ПІДЗЕМНИХ ВОД…... 12
Джумеля Е.А., Погребенник В.Д. ЯКІСТЬ ПІДЗЕМНИХ ВОД ПІСЛЯ ЗАКРИТТЯ ГІРНИЧО-ХІМІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА…….. 14
Качала С.В. РОЗВИТОК ІНФРАСТРУКТУРНОЇ СКЛАДОВОЇ ІНКЛЮЗИВНОГО ТУРИЗМУ В ОТГ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ…….. 15
Качала Т.Б. ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ВУГЛЕВОДНЕВОГО ЗАБРУДНЕННЯ У ҐРУНТОВОМУ ПОКРИВІ НА ПРИКЛАДІ БИТКІВ-БАБЧЕНСЬКОГО НАФТОГАЗОКОНДЕНСАТНОГО РОДОВИЩА…… 17
Погребенник В.Д. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДРІБНОМАСШТАБНИХ ВИХОРІВ…….. 19
Тимченко І.В., Гаврилюк Р.Б. ДИНАМІКА ЗМІНИ СТАНУ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ (МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛАСТЬ) В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ… 22
Сухомлин Д.А., Проскуркін Є.В. ВИКОРИСТАННЯ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ ТРУБ У НАФТОГАЗОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ: ЕКОЛОГІЧНІ ТА ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ…….. 24
Васильковська К.В., Майхровська В.О. АНАЛІЗ ЕКСПОРТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ЗЕРНОВИХ В УКРАЇНІ…….. 26
Шибанова А.М., Троняк М.І, Погребенник В.Д. ВПЛИВ БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС НА СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ……. 28
Побігун О.В. ІННОВАЦІЙНІ СОЦІАЛЬНО ТА КУЛЬТУРНО ОРІЄНТОВАНІ РІШЕННЯ ДЛЯ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ В ОТГ (НА ПРИКЛАДІ БУДИНКУ ПРОСВІТИ КОРШІВСЬКОЇ ОТГ)……. 29
Мітрясова О., Олексюк А., Носик А. ДО ПИТАННЯ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД……. 30
Гринюк В.І. УДОСКОНАЛЕННЯ ПОКАЗНИКА САМООЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД……. 32
Локтєв А.В., Погребенник В.Д., Локтєв А.А., Пилипів В.В., Іваніна Т.П. ОСОБЛИВОСТІ ВИЯВЛЕННЯ ПОКЛАДІВ ПРІСНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД ПІВНІЧНО–ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ПЕРЕДКАРПАТСЬКОГО ПРОГИНУ…….. 33

Інформаційні технології

Приходько С.Б., Смикодуб Т.Г., Ворона М.В., Беркунський Є.Ю. ОЦІНЮВАННЯ РОЗМІРУ JAVA ТА PHP-ЗАСТОСУНКІВ З ВІДКРИТИМ КОДОМ ЗА БАГАТОФАКТОРНИМИ НЕЛІНІЙНИМИ РЕГРЕСІЙНИМИ МОДЕЛЯМИ……. 36
Пікуляк М.В ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРО-НЕЧІТКИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗРОБКИ

АДАПТИВНОЇ МОДЕЛІ НАВЧАЛЬНОЇ СИСТЕМИ …… 38
Абабий В.В., Судачевски В.М., Мунтяну С., Цуркан А. МНОГОАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ…….. 40
Мануляк І.З. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ОПРАЦЮВАННЯ ЦИФРОВИХ СИГНАЛІВ, ОТРИМАНИХ НА ОСНОВІ АУСКУЛЬТАЦІЇ…….. 44
Дутчак М.С. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПОБУДОВИ ІНДИВІДУАЛІЗОВАНОГО НАВЧАННЯ В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ОСВІТНІХ ОНЛАЙН СИСТЕМАХ……... 47
Яковлев А.О. ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ АНОТУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ НАВЧАННЯ МОДЕЛЕЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ……. 51

Механічна інженерія

Березюк О. В. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЦЕСУ ЗНЕВОДНЕННЯ ТПВ ШНЕКОВИМ ПРЕСОМ……... 54
Бондаренко О.В., Устиненко О.В., Клочков І.Є. МОДИФІКОВАНИЙ ЕВОЛЮЦІЙНИЙ АЛГОРИТМ РАЦІОНАЛЬНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗУБЧАСТИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ РЕДУКТОРІВ ТА КОРОБОК ПЕРЕДАЧ……. 56
Селівьорстов В.Ю., Доценко Ю.В., Касай О.М. ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ УЛЬТРАДИСПЕРСНИМ КАРБІДОМ КРЕМНІЮ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА МАКРОСТРУКТУРУ ВИЛИВКІВ ІЗ СПЛАВУ АК12……. 57
Голубець В. М., Пашечко М. І. ФРИКЦІЙНА ПОВЕДІНКА ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ В УМОВАХ ГРАНИЧНОГО ТЕРТЯ…….. 58
Крижний Г.К. ВЗАЄМОДІЯ ЕВОЛЮЦІЙНИХ ТА РАДИКАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ…….. 60
Лютий Р.В., Прилуцький М.І., Кривик О.В. РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА УСАДКИ МЕТАЛЕВОГО СПЛАВУ У РІДКОМУ СТАНІ……. 61
Озимок Ю.І., Шостак В.В., Бень І.О. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ, ЩО ВИНИКАЄ НА ПОВЕРХНІ ЗАГОСТРЮВАННЯ ЛУЩИЛЬНИХ НОЖІВ, НА МІКРОТВЕРДІСТЬ ЛЕЗА 63
Омельченко Т.А., Холявко В.В. ВПЛИВ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПРУЖНІ ВЛАСТИВОСТІ БІОСУМІСНИХ СПЛАВІВ СИСТЕМИ Ti-Nb-Mo……. 65
Мікульонок І.О. САМОЗМАЩУВАНА ПОВЕРХНЯ ТЕРТЯ…….. 66
Протасов Р.В., Устиненко О.В. МОДИФІКАЦІЯ ПРОФІЛЮ ПРЯМОЗУБИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС З ЕВОЛЮТНИМ ЗАЧЕПЛЕННЯМ……. 67
Глотка О.А., Ольшанецький В.Ю., Гайдук С.В. КАРБІДИ В ЖАРОМІЦНИХ НІКЕЛЕВИХ СПЛАВАХ…… 68
Пилипчук М.І. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ТОЧНОСТІ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ……... 70
Святький В.В. АНАЛІЗ МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГОСИЛОВИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПРЯМОГО ПРЕСУВАННЯ…… 72
Сніжной Г.В., Сніжной В.Л. МАГНІТОМЕТРИЧНИЙ ПІДХІД ДО ПРОГНОЗУВАННЯ ПІТІНГОТРИВКОСТІ АУСТЕНІТНИХ ХРОМОНІКЕЛЕВИХ СТАЛЕЙ У ХЛОРИДВМІСНИХ СЕРЕДОВИЩАХ…… 74
Волошко С.М., Бурмак А.П., Франчік Н.В. ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ЛАТУНІ ЛС59-1 ПІСЛЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ УДАРНОЇ ОБРОБКИ У РІЗНИХ АТМОСФЕРАХ…… 75

Електрична інженерія

Черкашина В.В. ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ІНВЕСТУВАННЯ У ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ 35 – 750 кВ…… 77
Олещук В.И. СИНХРОННО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ МНОГОУРОВНЕВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НА БАЗЕ ШИМ-ИНВЕРТОРОВ……. 78
Кулинич Е.М., Назарова О.С., Гончаров Д.В., Чернишев С.Г. ЛАБОРАТОРНИЙ

СТЕНД З БЕЗДРОТОВИМ ІНТЕРФЕЙСОМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ…….. 79
Доценко Є.Р. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПИТОМОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ СТАЛЕЙ……. 80
Ващишак С.П. ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ РОБОТИ ГІБРИДНОЇ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ…… 82
Цих В.С. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ВИДІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПАЛЕННЯ В БУДІВЛЯХ……... 83
Назарова О.С., Мелешко І.А. ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ У ПНЕВМОТРАНСПОРТІ…….. 86
Ващишак І.Р. ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛОВОРОТНОЇ МІНІГЕС……... 87
Бородай В.А., Нестерова О.Ю., Ковальов О.Р. ЕНЕРГЕТИКА ПЕРЕТВОРЮВАЧА ПАРАМЕТРИЧНОГО СПОСОБУ УПРАВЛІННЯ АСИНХРОНИМ ПРИВОДОМ……. 89
Шевченко С.Ю., Довгалюк О.М., Олубакінде Е., Асадов Е.Д., Кучеренко І.Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ ДЛЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ……... 91

Автоматизація та приладобудування

Граняк В.Ф. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПАРАМЕТРИЧНОГО ВИХРОСТРУМОВОГО СЕНСОРА АБСОЛЮТНОГО ПЕРЕМІЩЕННЯ…… 93
Кепещук Д., Витвицька Л.А. ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ КАЛІБРУВАННІ ЕТАЛОННОГО ЛІЧИЛЬНИКА ГАЗУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕТАЛОННОЇ ДЗВОНОВОЇ УСТАНОВКИ…….. 95
Бутенко В.М. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВІРКИ РЕЛЕ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИМ СТЕНДОМ……. 96
Малісевич Н.М., Середюк О.Є. АПРОБАЦІЯ ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЮ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПАЛИВНИХ ГАЗІВ ЗА ЇХ ТЕМПЕРАТУРОЮ ПРИ СПАЛЮВАННІ…... 97
Рагулін С.В., Ушаков В.В. ВИКОРИСТАННЯ ПЛАТФОРМИ ARDUINO ПРИ РОЗРОБЦІ МЕТОДУ ІНФРАЧЕРВОНОЇ ЕХО-ІМПУЛЬСНОЇ ДЕФЕКТОСКОПІЇ…… 98
Кузь Г.М. ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ…….. 100
Чуйко М.М., Завальський В.І. ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ЗМОЧУВАННЯ ПРИПОЄМ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ПАЯННЯ……... 102
Грига В.М., Гуменицький М.Б., Сачовський А.М., Рудик Р.Д. АВТОМАТИЗОВАНИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА…….. 104
Мацуй А.М., Кондратець В.О., Абашина А.А. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ДІАМЕТРА КУЛІ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ РУДИ В КУЛЬОВОМУ МЛИНІ……. 106
Романів В.М. МЕТОДИКА ГРАДУЮВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНОГО ІНФРАЧЕРВОНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА ПРИРОДНОГО ГАЗУ……. 108
Назарова О.С., Шевченко В.О. МІКРОПРОЦЕСОРНІ ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ЯК ЗАСІБ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ……... 109
Божак В.В., Габльовська Н.Я., Кононенко М.А. ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ПРИ КОНТРОЛІ СТРУКТУРИ МЕТАЛЕВОГО ВИРОБУ ЗА РЕЗУЛЬТАТОМ АНАЛІЗУ ДЕКІЛЬКОХ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ…….. 110

Хімічна та біоінженерія

Демчишина О.В., Євтехова Є.Є. ЕЛЕКТРООСАДЖЕННЯ НІКЕЛЮ В ПРИСУТНОСТІ КАРБОНОВИХ КИСЛОТ…….. 112
Дем'янекно М. М., Павленко І. В., Скиданенко М. С., Склабінський В. І.,

Ляпощенко О. О., Старинський О. Є., Самойленко В.О. МЕТОДИКА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОМЕХАНІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ВІБРОГРАНУЛЯЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДА СКІНЧЕННИХ ОБ'ЄМІВ……... 113

Електроніка та телекомунікації

Луцишин А. С., Березюк О. В. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ШУМОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА…… 114
Штомпель М.А. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВТОРГНЕНЬ У ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖАХ……... 116
Паламарчук Р. П., Березюк О. В. РОЗРОБКА СХЕМИ ЦИФРОВОГО ВОЛОГОМІРА ДЛЯ ПОВІТРЯ…….. 117
Савченко Ю.Г., Макаренко В.В. ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ КОНТРОЛЬ В ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЯХ ІЗ СТРУКТУРНОЮ НАДЛИШКОВІСТЮ…… 119
Кузьмичєв А.І.,. Дрозд І.М., Андрієнко О.В. ГЕНЕРАТОР ОЗОНУ НА КОРОННОМУ РОЗРЯДІ З ДРОТОВИМ КАТОДОМ……. 121
Казанко О.В., Пєнкіна О.Є. РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ПЛОСКОЇ МОНОХРОМАТИЧНОЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ХВИЛІ У ДВОВИМІРНОМУ ОДНОРІДНОМУ ІЗОТРОПНОМУ СЕРЕДОВИЩІ З ДИСКРЕТНОЮ БУДОВОЮ….. 122

Виробництво та технології

Миндюк В.Д., Луцький П.З. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ PV/T-КОЛЕКТОРІВ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ…….. 125
Акритова Т.О., Андрущенко М. І., Осіпов М.Ю., Капустян О.Є. ТЕХНОЛОГІЯ ЗМІЦНЕННЯ ШТАМПІВ ПРЕС-ФОРМ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ І БУДІВЕЛЬНИХ ВИРОБІВ…….. 127
Федоренко О.Ю., Картишев С.В., Бобошко І.О., Левченко М.Ю. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ КВАРЦ-ПОЛЬОВОШПАТВМІСНОЇ СИРОВИНИ У ВИРОБНИЦТВІ ТОНКОЇ ТА БУДІВЕЛЬНОЇ КЕРАМІКИ…… 129
Лелека С.В., Карвацький А.Я., Мікульонок І.О., Бондаренко О.В., Павелко О.В. ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБЕРТОВОЇ ПЕЧІ ДЛЯ ПРОЖАРЮВАННЯ ВУГЛЕЦЕВМІСНОЇ СИРОВИНИ……. 131
Вакал С.В., Вакал В.С. ЕКОЛОГІЧНІ І ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОЦЕСУ КАПСУЛЮВАННЯ АЗОТНИХ ДОБРИВ…… 133
Копанський М.М. ВИКОРИСТАННЯ СТЕБЕЛ РІПАКУ У ВИРОБНИЦТВІ ВОЛОКНИСТО-СТРУЖКОВИХ ПЛИТ……... 134
Христич О.В., Черепаха Д.В. ВИКОРИСТАННЯ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ ДИСПЕРСНОНАПОВНЕНИХ СУХИХ СУМІШЕЙ В ТЕХНОЛОГІЯХ ПЕРЕРОБКИ ШКІДЛИВИХ ВІДХОДІВ……... 136
Красінський В.В., Суберляк О.В., Дулебова Л., Клепка Т. ТЕРМОГРАВІМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОЗИТІВ НА ОСНОВІ СУМІШЕЙ ПОЛІПРОПІЛЕНУ ТА МОДИФІКОВАНОГО ПОЛІАМІДУ……. 138
Удовицька М.В., Тисовський Л.О., Маєвський В.О., Удовицький О.М. ПРО ПРИЧИНИ ДЕФОРМУВАННЯ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ У ВИРОБНИЦТВІ КЛЕЄНИХ ЩИТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ…….. 139
Кусняк І.І. ПРОГРІВАННЯ ПАКЕТА ШПОНУ У ВИРОБНИЦТВІ ФАНЕРИ СКЛЕЄНОЇ ТЕРМОПЛАСТИЧНОЮ ПЛІВКОЮ…… 140
Сорочак О.З. НОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ МЕТОДОМ ПАРАМЕТРИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ПОБУДОВАНИХ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ…… 143
Кий А. В., Боратинський О. В., Кононенко В. Ю. РАЦІОНАЛЬНИЙ СПОСІБ СПУСКУ ДЕРЕВИНИ З ГІР……... 146
Миндюк В.Д. НОВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ НАСОСНО-

КОМПРЕСОРНИХ ТРУБ ДЛЯ ВИДОБУТКУ ВУГЛЕВОДНІВ…… 147
Кий В. В., Каратник І. Р., Цимбалюк Ю. І. СПОСІБ ТРЕЛЮВАННЯ КРУПНОМІРНИХ СОРТИМЕНТІВ ПІД ЧАС ГІРСЬКОЇ ЛІСОЗАГОТІВЛІ……... 149
Лемешев М.С., Лемішко К.К. КОМПОЗИЦІЙНИЙ БЕТОН ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ……... 151
Прокудін О.З., Солодянкін О.В. КОНСТРУКЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КОМБІНОВАНОГО КРІПЛЕННЯ КАПІТАЛЬНИХ ВИРОБОК ШАХТ У СКЛАДНИХ ГЕОТЕХНІЧНИХ УМОВАХ……... 153
Лютий Р.В., Тишковець М.В., Люта Д.В. ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФАТІВ НАТРІЮ У ЛИВАРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ…… 155
Лемешев М.С. БЕТОНИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ…….. 157
Мовчан О.В., Чорноіваненко К.О. ФОРМУВАННЯ ТРИФАЗНОГО КОМПОЗИТУ ПРИ ХІМІКО-ТЕРМІЧНІЙ ОБРОБЦІ……... 159
Нікульшин В.Р., Денисова А.Є., Мельнік С.І., Андрющенко А.М., Бударін В.О. ОПТИМІЗАЦІЯ ДРУГОГО СТУПЕНЮ СИСТЕМИ ВИПАРКИ……... 161
Верховлюк А.М., Довбенко В.В., Червоний І.Ф. ОСОБЛИВОСТІ ПЕРЕРОБКИ АЛЮМІНІЄВОГО ШЛАКУ……... 162

Архітектура та будівництво

Абрамович В.С., Ковальський В.П. ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВИБІР НАПРЯМКУ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ОБ'ЄКТІВ…… 164
Друкований М. Ф., Олійник Ю. Г., Бурлаков В. П. ВПЛИВ СКЛАДУ БЕТОНІВ НА РАДІАЦІЙНУ БЕЗПЕКУ……. 166
Ковальський В.П., Бурлаков В. П., Ковальський А.В. АКТИВНА МІНЕРАЛЬНА ДОБАВКА……. 167
Вознюк І. М., Ковальський В.П., Акімов Н.А. ВИКОРИСТАННЯ СТІЧНИХ ВОД ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ БУДИНКУ……. 169
Цих В.С., Рибіцький І.В. ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ В СУЧАСНОМУ БУДІВНИЦТВІ…….. 170
Мацієвська О.О., Зеленюк М.І. МОНІТОРИНГ СТАНУ ВОДОПРОВОДІВ ТА ЯКОСТІ ВОДИ……. 172
Постолатій М.О., Очеретний В.П., Ковальський В.П. АКТИВАЦІЯ ЗОЛИ-ВИНОС…….. 173
Мацієвська О.О., Голомовза В.О. ПРОТИКОРОЗІЙНИЙ ЗАХИСТ БЕТОННИХ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ КОЛЕКТОРІВ…….. 175
Лемешев М.С., Христич О.В. СТИХІЙНА ТЕРМОСАНАЦІЯ БАГАТОКВАРТИРНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ І ДОВГОВІЧНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ…… 176

Транспорт

Лючков Д.С. АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ «ВАНТАЖНИЙ ТРОЛЕЙБУС» (зарубіжний досвід)……... 178
Ломотько Д.В., Кравченко Д.М. ВИКОРИСТАННЯ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ В ПРОЦЕСІ УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ СТАНЦІЇ КУП'ЯНСЬК – СОРТУВАЛЬНИЙ…… 178
Войтків С.В. НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ СПАЛЬНИХ КУПЕЙНИХ ВАГОНІВ З ОДНОМІСНИМИ КУПЕ ПІДВИЩЕНОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ…… 180
Брилистий В.В., Осадчий В.В., Назарова О.С. ПЕРЕРОЗПОДІЛ КРУТНОГО МОМЕНТА 4-ПРИВОДНОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ……... 182
Дембіцький В.М. ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМИ ДВИГУНАМИ ТА ДВЗ…….. 183
Кондратенко Д.А., Нагорний Є.В. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ

ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ…….. 185
Войтків С.В. НАПРЯМКИ СТВОРЕННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ СПАЛЬНИХ КУПЕЙНИХ ВАГОНІВ ЗБІЛЬШЕНОЇ ВМІСТИМОСТІ ПІДВИЩЕНОЇ КОМФОРТАБЕЛЬНОСТІ…….. 186
Зоценко Є.О., Павленко О.В. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ НА СКЛАДІ ПІДПРИЄМСТВА…… 189
Запара Я.В. АКТУАЛІЗАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНОЇ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ У СФЕРІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ…….. 191
Музикін М. І., Бібік С. І., Горобченко Д. ШЛЯХИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ В УКРАЇНІ 192
Лашина К.О., Павленко О.В. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИКИ ПОСТАВКИ АГРОПРОДУКЦІЇ ІЗ УКРАЇНИ В НІДЕРЛАНДИ…….. 193
Запара В.М. ОНОВЛЕННЯ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЇ БАЗИ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ЯК ВИМОГА ЧАСУ…….. 195
Нестеренко Г.І., Музикін М.І., Бібік С.І. МЕТОДИКА СКОРОЧЕННЯ ОБІГУ ВАГОНУ НА ЗАЛІЗНИЧНІЙ МЕРЕЖІ…… 196
Щербина А.В., Яровий М.О. ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ ОПОРУ КОЧЕННЮ КОЛЕСА... 198
Нестеренко Г. І., Бібік С. І., Горобченко Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ НЕРАЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗНЬ……... 199
Волкова Т.В., Коренна В.С. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ УПРАВЛІННЯ АВТОТРАНСПОРТНИМ ПІДПРИЄМСТВОМ У КОНКУРЕНТНОМУ РИНКОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ…….. 201
Щербина А.В., Артюх О.М., Дударенко О.В., Сосик А.Ю., Криворучко М.С. ДОСЛІДЖЕННЯ РУЛЬОВОГО МЕХАНІЗМУ З ГЛОБОЇДНИМ ЧЕРВ'ЯКОМ І РОЛИКОМ…… 203
Нестеренко Г. І., Музикін М. І., Горобченко Д. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ З МЕТОЮ КОМПЛЕКСНОГО РОЗВИТКУ РІЗНИХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ……... 205
Шульдінер Ю.В., Гриценко Н.В. ДОСЛІДЖЕННЯ НЕДОЛІКІВ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ НА ДІЛЯНЦІ ЛЬВІВ - РАВА-РУСЬКА – ХРЕБЕННЕ – ВАРШАВА……... 206
Цих В.С. ОСОБЛИВОСТІ ПЛАНУВАННЯ МЕРЕЖ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В МІСТАХ УКРАЇНИ НА ПРИКЛАДІ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКА……... 208
Терещенко О.П., Поляков А.П. КОМПЛЕКС ДІЙ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІЙСЬК АВТОМОБІЛЬНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ…….. 210
Равлюк В. Г. ЕКСПЛУАТАЦІЙНО-СТАТИСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕНОРМАТИВНОГО ФРИКЦІЙНОГО ЗНОСУ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ……... 213

Міждисциплінарні наукові дослідження

Афтаназів І.С., Строган О.І., Бойко О.О. ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ БУРОВОГО ОБЛАДНАННЯ…… 218
Руда М.В. ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОФЕСІЙНОГО САМОЗДІЙСНЕННЯ ФАХІВЦЯ ТИПУ «ЛЮДИНА-ПРИРОДА»……... 221
Свідрак І.Г., Шевчук А.О., Баранецька О.Р. ПСИХОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИКЛАДАННЯ ЛЕКЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ….. 222
Свідрак І.Г., Баранецька О.Р. КОМП'ЮТЕРНА АНІМАЦІЯ В ЛЕКЦІЙНОМУ КУРСІ «ІНЖЕНЕРНА ТА КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА»……... 224

Наукове видання

Мови видання: українська, англійська

ПРИКЛАДНІ НАУКОВО-ТЕХНІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Матеріали IV міжнародної науково-практичної конференції

(1–3 квітня 2020 р., м. Івано-Франківськ)

Доповіді друкуються у авторській редакції.

Організаційний комітет не завжди поділяє позицію авторів.

За точність викладеного матеріалу відповідальність покладається на авторів.

Головний редактор *В.М. Головчак*
Оформлення і комп'ютерна верстка *М.В. Кузь*

Підп. до друку 30.03.2020 р. Формат 60x84/16.
Папір офс. Друк цифровий. Гарн. Times new Roman.
Умовн. друк. арк. 10,46. Наклад 400 пр.

Видавець
Прикарпатський національний університет
імені Василя Стефаника
76025, м. Івано-Франківськ,
вул. С. Бандери, 1, тел.: 71-56-22
E-mail: vdvcit@pu.if.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2718 від 12.12.2006

Виготовлювач
ФОП Семко Я.Ю.
76019, м. Івано-Франківськ, вул. Крайківського, 2
тел. +38-067-342-56-46
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3312 від 12.11.2008

ISBN 978-966-640-483-4