



ISSUE №29

Part №1



International periodic scientific journal

—*ONLINE*

www.moderntechno.de

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
(ICV: 87.25)



MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Issue №29

Part 1

October 2023

Published by:
Sergeieva&Co
Karlsruhe, Germany

Editor: Shibaev Alexander Grigoryevich, *Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician*

Scientific Secretary: Kuprienko Sergey, *PhD in technical sciences*

Editorial board: More than 300 doctors of science. Full list on page:

<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/about/editorialTeam>

Expert Board of the journal: Full list on page:

<https://www.moderntechno.de/index.php/swj/expertteam>

The International Scientific Periodical Journal "**Modern engineering and innovative technologies**" has been published since 2017 and has gained considerable recognition among domestic and foreign researchers and scholars.

Periodicity of publication: Quarterly

The journal activity is driven by the following objectives:

- Broadcasting young researchers and scholars outcomes to wide scientific audience
- Fostering knowledge exchange in scientific community
- Promotion of the unification in scientific approach
- Creation of basis for innovation and new scientific approaches as well as discoveries in unknown domains

The journal purposefully acquaints the reader with the original research of authors in various fields of science, the best examples of scientific journalism.

Publications of the journal are intended for a wide readership - all those who love science. The materials published in the journal reflect current problems and affect the interests of the entire public.

Each article in the journal includes general information in English.

The journal is registered in IndexCopernicus, GoogleScholar.

UDC 08

LBC 94

DOI: 10.30890/2567-5273.2023-29-01

Published by:

Sergeieva&Co

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@moderntechno.de

site: www.moderntechno.de

Copyright

© Authors, scientific texts 2023



УДК 621.86

**RESEARCH OF ALGORITHMS AND EQUIPMENT FOR MOVEMENT OF
MOBILE ROBOTS USING COMPUTER SIMULATION****ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ
МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ****Mikhailov E.P. / Михайлов Є.П.,***s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0009-0008-8946-7999

Lingur V.M. / Лінгур В.М.,*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-7240-2848

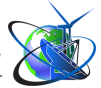
Antikhovich D.S. / Антихович Д. С.,*student / студент***Vasylenko O.P. / Василенко О.П.,***student / студент**Odesa Polytechnic National University, Odesa, Shevchenko avenue, 1, 65044**Національний університет «Одеська політехніка», проспект Шевченка, 1, 65044*

Анотація. Проведений аналіз існуючих засобів переміщення мобільних роботів, які можна використовувати для розробки алгоритмів керування переміщенням робота. Розглянуті можливості комп'ютерного моделювання з метою дослідження алгоритмів та обладнання засобів переміщення як самого робота, так і його окремих ланок. Розроблені алгоритми та засоби переміщення мобільних роботів з використанням різних виконавчих пристроїв та урахуванням траєкторії руху. Розглянуті можливості використання отриманих результатів для дистанційного проведення лабораторним та практичних занять. Результати роботи використовувались для створення комп'ютерних моделей мобільних роботів при проведенні лабораторних та практичних занять.

Ключові слова: мобільний робот, транспортний засіб, алгоритми переміщення, засоби переміщення, система керування, виконавчі пристрої.

Вступ

В наш час все частіше застосовується дистанційне навчання, тому дуже важливо здійснити розробку засобів для проведення практичних і лабораторних занять в умовах, коли неможливе використання відповідного обладнання або лабораторних стендів. Так для проведення практичних та лабораторних занять з використанням робототехнічних пристроїв потребується відповідне устаткування та програмне забезпечення, що робить проведення таких занять у дистанційному режимі вкрай проблематичним. Одним із можливих рішень цієї задачі є використання засобів для комп'ютерного моделювання для дослідження робототехнічних пристроїв у віртуальному середовищі. Такі засоби дають можливість здійснити реалістичну симуляцію поведінки роботів і дозволяють студентам проводити дослідження безпосередньо у домашніх умовах. Для проведення дистанційного навчання, треба заздалегідь створювати відповідні завдання, які студенти можуть виконувати дистанційно за допомогою своїх комп'ютерів. Особливу увагу треба надавати безкоштовним засобам проектування та моделювання робототехнічних пристроїв, що значно спрощує їх використання для досить великої кількості віддалених споживачів,



У роботі розглянуті можливості використання симуляторів UnoArduSim та CorreliaSim для проведення практичних та лабораторних занять, під час виконання яких здійснюється дослідження засобів переміщення колісних мобільних роботів.

1. Аналіз існуючих засобів переміщення мобільних роботів

Важливим елементом автономних мобільних роботів (AMR) та автоматизованих транспортних засобів (AGV) є пристрої, за допомогою яких здійснюється переміщення мобільних роботів у визначену позицію згідно з відповідною траєкторією.

Виходячи з механізму переміщення мобільні роботи можуть бути з довільною або примусовою траєкторією переміщенням. У мобільних роботів з довільною траєкторією переміщення пересування робота обмежується лише природними перешкодами.

Мобільні роботи з примусовою траєкторією переміщення здійснюють пересування по спеціальним направляючим (наприклад, по рейкам або спеціальним засобам переміщення). Такі роботи забезпечують більш високу точність позиціонування за рахунок механічного обмеження траєкторії та потребують відносно прості пристрої позиціонування, тому частіше використовуються на виробництві з невеликим шляхом переміщення [1].

Мобільні роботи можна поділити на виробничі, транспортні та спеціальні. Вони можуть бути повністю автономними, або працювати разом з оператором в інтерактивному режимі.

Мобільні роботи можуть мати різні засоби пересування, такі як колісні, гусеничні та крокуючі. Існують також мобільні роботи, що повзують, плавають (плаваючі та підводні дрони) і літають (безпілотні літальні апарати БПЛА).

У даній роботі обмежимося колісними мобільними роботами.

Колісні мобільні роботи поділяють на голономні та неголономні.

У мобільних колісних роботах застосовують різні поєднання ведучих, рульових, опорних та ведучих рульових коліс, що дає можливість створити як голономні, так і неголономні мобільні роботи. Неголономні мобільні роботи для зміни напрямку руху потребують здійснити поворот, а голономні - можуть переміщуватися у будь якому напрямку без розвороту.

2. Аналіз алгоритмів переміщення мобільного робота

Розглянемо, як здійснюється переміщення мобільного робота на прикладі мобільного робота з диференціальним приводом, який має два мотора, по одному на кожне колесо. Зміна напрямку руху здійснюється за рахунок різних швидкостей коліс. Крім того на траєкторію переміщення впливає відстань між колесами W .

Для прямолінійного руху колеса повинні обертатися з однаковими швидкостями.

Для того, щоб робот розвернувся на місці, необхідно встановити швидкості однаковими по модулю, але спрямованими протилежно.

Інші комбінації швидкостей призводять до руху за дугою кола.

Схема для розрахунку параметрів переміщення транспортних засобів з диференціальним приводом для повороту наліво наведені на (Рисунку 1).

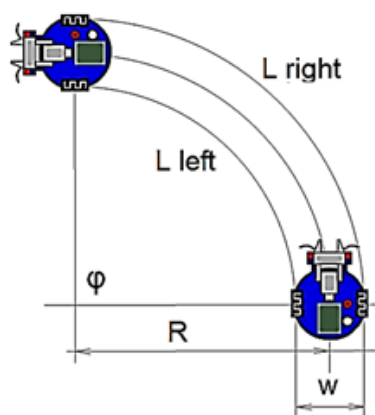


Рисунок - 1 Рух за дугою кола

Для розрахунку використовуються такі позначення, L_{left} – шлях переміщення лівого колеса, L_{right} – шлях переміщення правого колеса, R – радіус кола повороту, w – відстань між колесами, φ – кут повороту. Визначення шляху переміщення найчастіше здійснюється за допомогою засобів одометрії, які здійснюють вимірювання переміщення за допомогою даних, отриманих із сенсорів руху, наприклад, у вигляді послідовності імпульсів на виході фотоімпульсних сенсорів [3].

На (Рисунку 1) видно, що шлях переміщення лівого L_{left} та правого L_{right} коліс, а також кут φ і радіус повороту мають таку залежність:

$$L_{left} = (R - w/2) * \varphi,$$

$$L_{right} = (R + w/2) * \varphi.$$

Звідси маємо таке рівняння:

$$\varphi = L_{left} / (R - w/2) = L_{right} / (R + w/2).$$

Після нескладних перетворень отримаємо таку залежність для визначення радіусу повороту R від шляху переміщення коліс L_{right} та L_{left} :

$$R = w (L_{left} + L_{right}) / 2 (L_{right} - L_{left}) = w (1 + L_{right} / L_{left}) / 2 (L_{right} / L_{left} - 1). \quad (1)$$

Оскільки швидкість і шлях переміщення пов'язані такою залежністю:

$$V = L / t,$$

то отримаємо залежність для визначення радіусу повороту R від швидкості переміщення або обертання коліс V_{right} та V_{left} :

$$R = w (V_{left} + V_{right}) / 2 (V_{right} - V_{left}) = w (1 + V_{right} / V_{left}) / 2 (V_{right} / V_{left} - 1). \quad (2)$$

Для переміщення по колу з радіусом R треба встановити таке відношення між швидкостями переміщення або обертання коліс:

$$V_{right} / V_{left} = (R + w/2) / (R - w/2). \quad (3)$$

Аналогічні залежності можна знайти для інших схем переміщення.

Далі розглянемо, як використовувати отримані залежності при комп'ютерному моделюванні для встановлення траєкторії переміщення мобільних роботів.

3. Дослідження засобів комп'ютерного моделювання мобільних роботів

Засоби комп'ютерного моделювання мобільних роботів детально



розглянуті у матеріалах [4, 5], де було показано, що детальне дослідження мобільних роботів на основі комп'ютерного моделювання можна здійснити за допомогою таких симуляторів, як UnoArduSim та CoppeliaSim (V-REP). Різниця між ними полягає в тому, що симулятор UnoArduSim дає можливість створювати моделі для реального апаратно-програмного комплексу Arduino, який знайшов широке використання у різних робототехнічних пристроях, а симулятор CoppeliaSim має велику кількість готових моделей реальних стаціонарних та мобільних роботів та додаткових пристроїв, а також дозволяє створювати свої діючі моделі досить складних робототехнічних комплексів та їх елементів. Але цей симулятор має обмежені можливості для використання засобів програмування систем керування, що використовуються безпосередньо для керування роботами.

Розглянемо особливості вказаних засобів комп'ютерного моделювання.

Програмний засіб UnoArduSim є безкоштовним симулятором контролера Arduino, який дає можливість здійснити виконання програми в реальному часі без наявності самої плати Arduino [6, 7, 8]. При цьому є можливість перегляду ходу виконання програми. UnoArduSim призначений для створення та налагодження програм для контролера Arduino і містить набір віртуальних пристроїв вводу та виводу ('I/O' Devices), які можна налаштовувати і підключати до віртуального контролера Arduino. На (Рисунку 2) наведені позначення пристроїв введення цифрових (а) та аналогових (б) даних, а також виконавчих пристроїв, а саме двигун постійного струму (в), серводвигун (г) та кроковий двигун (д).

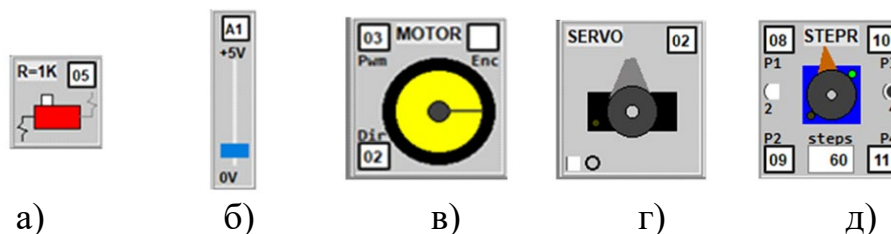


Рисунок - 2 Пристрої введення даних та виконавчі пристрої

Платформа CoppeliaSim використовується для швидкої розробки алгоритмів, моделювання автоматизації виробництва, швидкого створення прототипів і перевірки, навчання, пов'язаного з робототехнікою і багато іншого [9, 10]. Інтерфейс платформи CoppeliaSim (V-REP) має досить великий набір інструментів за допомогою яких можна здійснювати моделювання робототехнічного обладнання, крім того є бібліотека з різними моделями стаціонарних та мобільних роботів. На (Рисунку 3) наведений інтерфейс платформи CoppeliaSim (V-REP) з бібліотекою мобільних роботів у режимі симуляції.

Платформа CoppeliaSim (V-REP) має різні моделі роботів та окремих компонентів з ручним керуванням, наприклад, дві моделі мобільного робота KUKA YouBot, які наведена на (Рисунку 5). Для одної моделі у режимі симуляції здійснюється автоматично переміщення робота по траєкторії, яку можна встановлювати шляхом корегування програми, що буде розглянуто далі.



Для другої моделі у режимі симуляції запускається ручне керування переміщенням робота та усіх ланок маніпулятора.

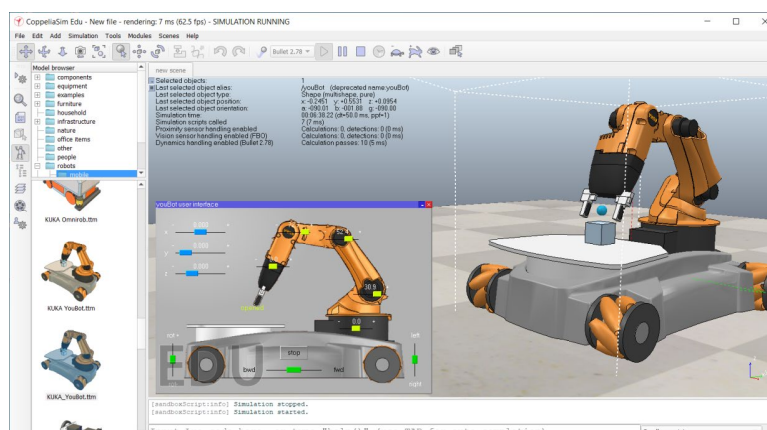


Рисунок - 3 Інтерфейс програми CoppeliaSim (V-REP) у режимі симуляції

4. Розробка моделей пересування мобільного робота

Розглянемо моделі пересування мобільного робота за допомогою симулятора UnoArduSim з використанням різних виконавчих пристроїв.

Модель засобу переміщення на основі двигунів постійного струму наведена на (Рисунку 4).

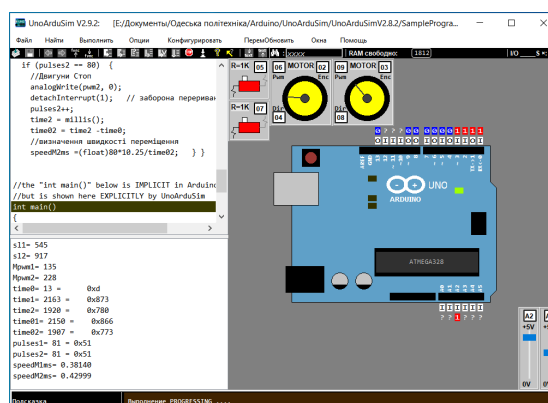


Рисунок - 4 Модель засобу переміщення на основі двигунів постійного струму

Джерело: [5]

Вказана модель має два двигуна постійного струму, за допомогою яких створений диференційний привод. Приводи коліс мають входи керування швидкістю обертання за допомогою напруги з широтно-імпульсною модуляцією (Pwm) та зміни напрямку обертання (Dir), а також вихід (Enc), на який поступають сигнали з імпульсного датчика переміщення, що видає 8 імпульсів на одне обертання (або 16 змін стану). За допомогою енкодера можна здійснити визначення шляху або швидкості переміщення.

Цю модель можна використовувати для дослідження швидкості обертання двигунів від параметру сигналу з широтно-імпульсною модуляцією (ШИМ), який має діапазон від 0 до 255, за допомогою симулятора Q2WDBotSim, що входить у склад симулятора UnoArduSim. Результат наведений на (Рисунку 5).

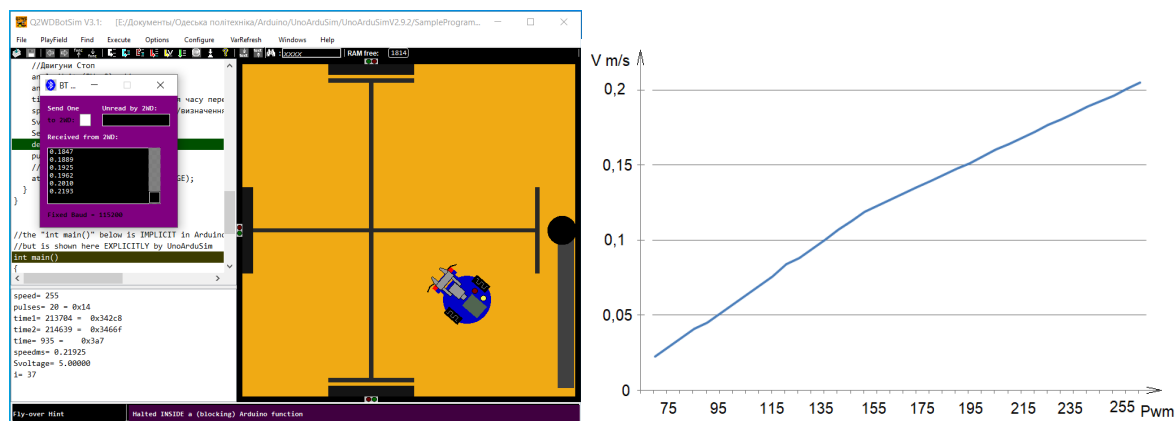


Рисунок - 5 Визначення залежності швидкості переміщення від сигналу ШІМ

Для дослідження переміщення мобільних роботів можна використати моделі мобільних роботів KUKA YouBot з чотирма всеспрямованими ведучими колесами.

У скетчі для останній версії CoppeliaSim, можна визначити такі переміщення, які встановлені функцією `setMovement()`:

Аналіз скетчу дозволив визначити відповідність параметрів з напрямком руху, а саме:

- `setMovement(0,0.5,0)` -- переміщення вправо
- `setMovement(0.5,0,0)` -- переміщення вперед
- `setMovement(0,-0.5,0)` -- переміщення наліво
- `setMovement(-0.5,0,0)` -- переміщення назад
- `setMovement(0.5,0.5,0)` -- переміщення вперед-вправо
- `setMovement(-0.5,-0.5,0)` -- переміщення назад-наліво
- `setMovement(-0.5,0.5,0)` -- переміщення назад-направо
- `setMovement(0.5,-0.5,0)` -- переміщення вперед-наліво
- `setMovement(0,0,0.5)` – поворот за годинниковою стрілкою
- `setMovement(0,0,-0.5)` – поворот проти годинникової стрілки
- `setMovement(0,0,0)` – стоп

Шляхом зміни скрипту керування можна змодельовати переміщення по траєкторії «коло» (Рисунок 6, а) та переміщення по траєкторії «квадрат» (Рисунок 6, б).

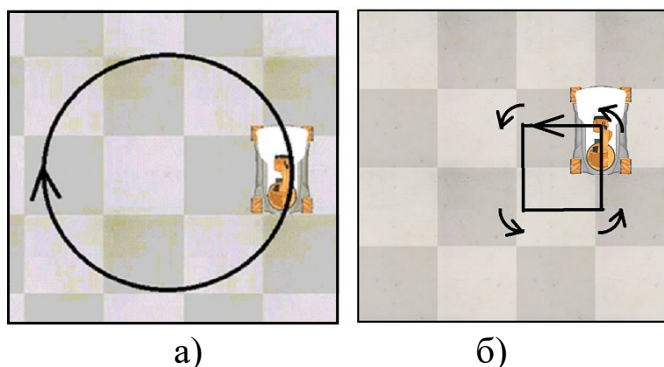


Рисунок - 6 Переміщення по траєкторії «коло» (а) та «квадрат» (б)
Джерело: [5]



За допомогою мобільного робота Pioneer 3-DX можна проводити дослідження визначення радіусу переміщення по колу від швидкості кожного з коліс, яке встановлюються у скетчі (Рисунок 14), де, наприклад, швидкість другого колеса вдвічі більша, ніж у першого. У скетчі це виглядає так:

$$v_{\text{Left}} = v_0 \quad v_{\text{Right}} = v_0 * 2$$

Результат симуляції переміщення по колу з означеними параметрами наведений на (Рисунку 7).

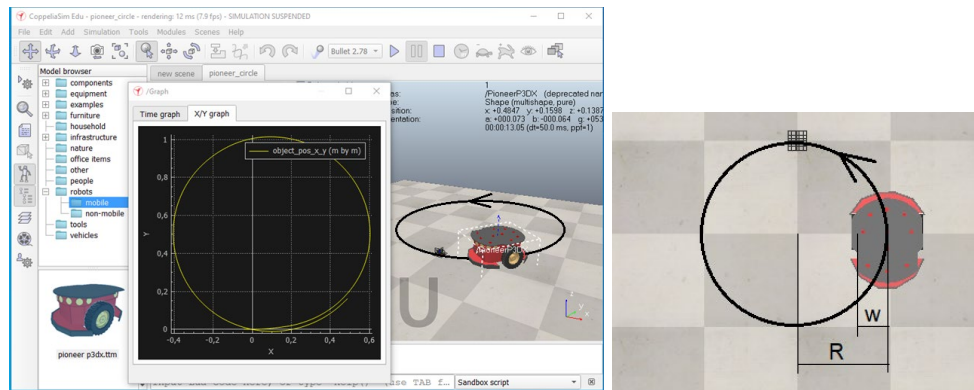


Рисунок – 7 Результат симуляції переміщення по колу

Джерело: [5]

На (Рисунку 8) наведені результати симуляції визначення перешкод за допомогою ультразвукових сенсорів під час переміщення мобільного робота.

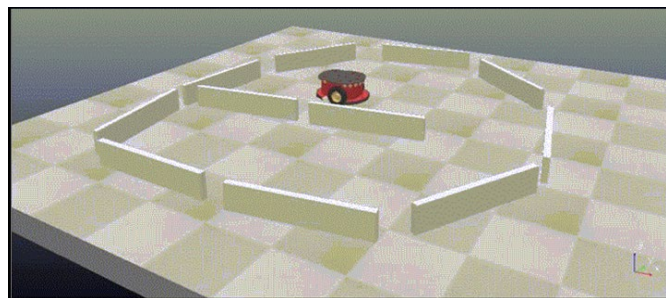


Рисунок - 8 Результат симуляції визначення перешкод

Джерело: [5]

На (Рисунку 9) наведені результати симуляції керування швидкістю обертання коліс робота за допомогою слайдерів.

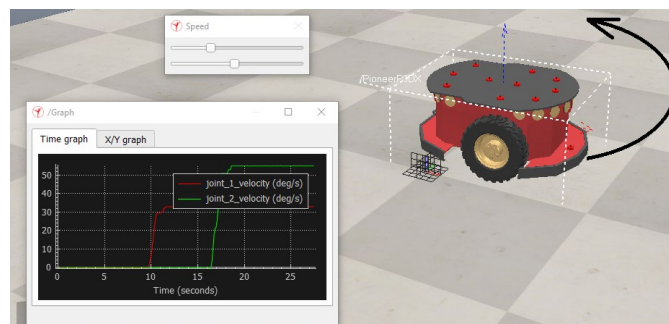


Рисунок - 9 Результат симуляції керування швидкістю обертання коліс робота

Джерело: [5]



Наведені результати моделювання засобів переміщення мобільних роботів використовувались для дистанційного навчання під час проведення лабораторних та практичних занять.

Висновки

В результаті проведеного аналізу існуючих засобів переміщення мобільних роботів були визначені залежності, які дозволяють здійснювати переміщення мобільних роботів по вказаним траєкторіям.

Розглянуті можливості моделювання за допомогою симуляторів UnoArduSim та CoppeliaSim.

Наведені залежності параметрів руху транспортних засобів від засобів переміщення. Розроблені алгоритми переміщення транспортного засобу.

Результати роботи використовувались для при проведенні лабораторних та практичних занять.

Література:

1. Михайлов, Є. П. Навчальний посібник з дисципліни "Мобільні роботи" : для студентів за фахом 131 - Прикладна механіка – спеціалізація - Мехатроніка та пром. роботи / Є. П. Михайлов ; Одес. нац. політехн. ун-т. – Одеса, 2016. – 238 с.

2. Інтернет ресурс. Automated guided vehicle. URL: https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Automated_guided_vehicle&oldid=1087463869 (дата звернення 09.06.2022).

3. Інтернет ресурс. Одометрія. / URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B4%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D1%82%D1%80%D1%96%D1%8F> (дата звернення 27.09.2023).

4. Розробка засобів для проведення практичних та лабораторних занять з робототехнічними пристроями в умовах дистанційного навчання / Є. П. Михайлов, В. М. Лінгур, В. С. Борисов, О. С. Панфіленко, К. С. Махновський // SWorldJournal. - 2023. - Iss. 20, Part 1. - P. 21-28.

5. Михайлов, Є. П. Комп'ютерне конструювання елементів машин : навч. посіб. для здобувачів бакалаврів : спеціальність 131 - Прикладна механіка, освітні програми: Мехатроніка та промислові роботи, Інженерія логістичних систем; спеціальність 133 – Галузеве машинобудування, освітня програма Підйомно-транспортні, дорожні, меліоративні машини і обладнання / уклад. Є. П. Михайлов. - Одеса : Нац. ун-т "Одес. політехніка", 2023. - 233 с.

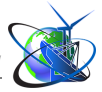
6. Інтернет ресурс. UnoArduSim V2.9.2 Release plus Q2WDBotSim. URL: <https://sites.google.com/site/unoardusim/recent-announcements/v2-9-2-release-plus-q2wdbotsim> (дата звернення 15.09.2023).

7. Інтернет ресурс. ARDUINO.EDUCATION. URL: <https://www.arduino.cc/education> (дата звернення 15.09.2023).

8. Blum J. Exploring Arduino: Tools and Techniques for Engineering Wizardry John Wiley & Sons, Inc., 2013. — 385 с.

9. Інтернет ресурс. COPPELIA ROBOTICS. URL: <https://coppeliarobotics.com/> (дата звернення 28.09.2023).

10. Інтернет ресурс. CoppeliaSim User Manual. URL:



<https://www.coppeliarobotics.com/helpFiles/index.html> (дата звернення 28.09.2023).

Abstract. *An analysis was made of existing means of moving mobile robots, which can be used to develop algorithms for controlling the movement of the robot. The possibilities of computer modeling for studying the algorithms and equipment of the means of movement of both the robot itself and its individual links are considered. Algorithms and methods for moving mobile robots using various actuators and taking into account the trajectory of movement have been developed. The possibilities of using the results obtained for remote laboratory and practical classes are considered. The results of the work were used to create computer models of mobile robots during laboratory and practical classes.*

Keywords: *mobile robot, vehicle, movement algorithms, means of movement, control system, executive devices.*

Стаття відправлена: 14.10.2023

© Михайлов Є.П.



УДК [004.7-047.72]:656.2

**CREATION OF A DATABASE OF MODELS AND CHARACTERISTICS OF
LOCAL AREA NETWORK SWITCHES****СТВОРЕННЯ БАЗИ ДАНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ХАРАКТЕРИСТИК КОМУТАТОРІВ
ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ****Pakhomova Victoria / Пахомова Вікторія***к.т.н., доц. / c.t.s., as. prof.*

ORCID: 0000-0002-0022-099X

Martyniak Denis / Мартиняк Деніс*second degree holder / здобувач другого ступеня*

ORCID: 0009-0003-9592-3667

Ukrainian State University of Science and Technology,

Ukraine, Dnipro, Lazaryan St., 2, 49010

Український державний університет науки і технологій,

Україна, Дніпро, вул. Лазаряна, 2, 49010

Анотація. Спроектвана база даних моделей та характеристик комутаторів локальних мереж «LAN Switch» на основі використання наступних методів: «Нормальні форми» та «Сутність-зв'язок». При проектуванні бази даних «LAN Switch» результати класичного методу, в основі якого використання математичного апарату відношення, співпали з результатами проектування за графічним методом, що заснований на використанні діаграм ER-типу. Спроектвана база даних моделей та характеристик комутаторів «LAN Switch» створена за допомогою програми Microsoft Access та призначена для використання здобувачами бакалаврського ступеня спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека» під час виконання лабораторних робіт з дисципліни «Локальні мережі» при змішаному навчанні.

Ключові слова: комутатор, технологія, модель, параметр, характеристика, база даних, проектування, нормальні форми, діаграма ER-типу.

Вступ

Постановка проблеми. Сучасний стан в світі, що пов'язаний з поширенням інфікованих захворювань та воєнних подій, які загрожують життю здобувачів, призвело до використання змішаного навчання, зокрема з дисциплін «Бази даних» та «Локальні мережі», а також формуванню відповідних міжпредметних зв'язків та предметних компетентностей у здобувачів першого ступеню за такими складними умовами сучасності, що підтверджує актуальність теми.

Аналіз останніх досліджень. Проведений аналіз останніх публікацій [1-8] виявив наступне: 1) відсутність єдиних інформаційно-комунікаційних технологій навчання з дисциплін «Бази даних» та «Локальні мережі» при змішаному навчанні; 2) існування великої кількості моделей комутаторів, що придатні до використання в локальних мережах різних технологій; 3) розповсюдженого використання баз даних та існування широкого спектру програмних додатків по їх створенню та обробки; 4) особливості покоління Z, і став підставою для розробки власної бази даних.

Метою статті є створення бази даних «LAN_Switch» щодо використання здобувачами ступеня «бакалавр» спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека» при змішаному навчанні з дисципліни «Локальні мережі».



Постановка задачі. Аналіз предмета дослідження показав, що для розкриття сутності КОМУТАТОР необхідно розглянути наступні атрибути: Тип комутатора; Модель; Виробник; Призначення; Країна; Конструктивне виконання комутатора; Алгоритм; Технічна реалізація; Основні параметри; Додаткові параметри; Базові характеристики; Технологія; Стандарт; Рік впровадження; Режим роботи; Гіперпосилання. Основною задачею, що обмірковується в процесі проектування бази даних моделей та характеристик комутаторів, являється задача нормалізації її відношень.

Наведемо деякі приклади: домен {комутаційна матриця, розподілена багатовхідна пам'ять, загальна шина, комбіновані комутатори} атрибуту Технічна реалізація; домен {фіксована кількість портів, модульні комутатори на основі шасі, комутатори, що збираються в стек} атрибуту Конструктивне виконання комутатора; домен {прозорий міст, міст з маршрутизацією від джерела} атрибуту Алгоритм; домен {швидкість фільтрації, швидкість просування, пропускна здатність, затримка, продуктивність} атрибуту Основні параметри; домен {тип комутації, розмір буфера, продуктивність шини, продуктивність процесора, розмір адресної таблиці} атрибуту Алгоритм; домен {підтримка алгоритму Spanning Tree, трансляція протоколу каналного рівня, фільтрація трафіку, пріоритетна обробка кадрів} атрибуту Базові характеристики. До початкового відношення, ступінь якого дорівнює 16, надійшли моделі комутаторів, що придатні до використання в локальних мережах.

Проектування бази даних за методом нормальних форм. Між атрибутами початкового відношення виявлені залежності (рисунок 1). Мета першого етапу нормалізації – позбавлення від часткових залежностей. Мета другого етапу нормалізації – позбавлення від транзитивних залежностей.



Рисунок 1 – Графічна інтерпретація залежностей атрибутів

Авторська розробка



Структура спроектованої бази даних «LAN_Switch» за методом нормальних форм представлена на рисунку 2.

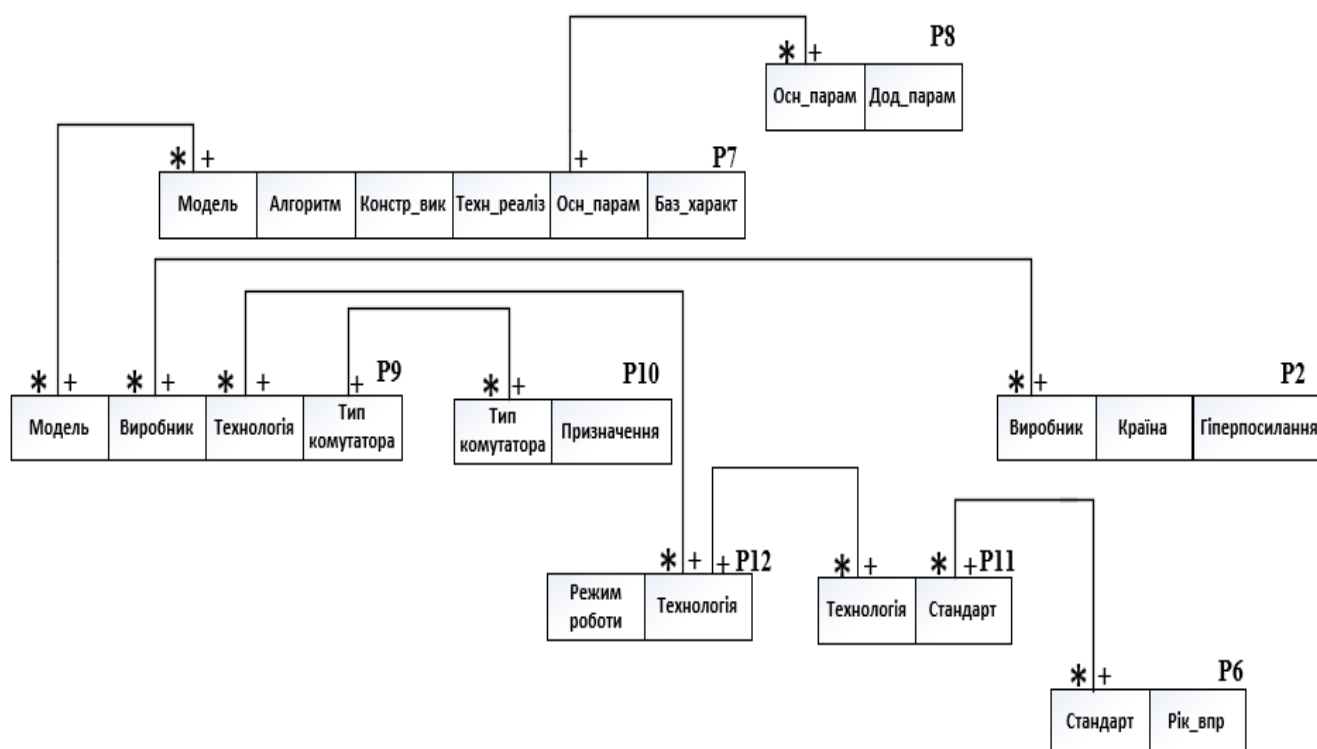


Рисунок 2 – Структура спроектованої бази даних за методом нормальних форм

Авторська розробка

Результатом проектування є база даних «LAN_Switch», яка складається з таблиць P2, P6-P12. Отримані відношення P2, P6-P12 – задовольняють вимогам нормальної форми Бойса-Кодда, тому що вони знаходяться в третій нормальній формі, а їх первинні ключі не залежать від неключових атрибутів. Саме тому процес нормалізації можна вважати закінченим.

Проектування бази даних за методом «Сутність-зв'язок». На першому етапі проектування потрібно виявити сутності і їх зв'язки. Виділимо такі сутності: КОМУТАТОР (Модель, Виробник); МОДЕЛЬ (Модель); ТЕХНОЛОГІЇ (Технологія); СТАНДАРТ (Стандарт); ПАРАМЕТР (Основні параметри); ВИРОБНИК (Виробник); ПРИЗНАЧЕННЯ (Тип комутатора). Виділимо такі зв'язки між сутностями: КОМУТАТОР ВИКОРИСТОВУЄ ТЕХНОЛОГІЇ; КОМУТАТОР МАЄ МОДЕЛЬ; ВИРОБНИК РОЗРОБИВ КОМУТАТОР; ТЕХНОЛОГІЯ ВІДПОВІДАЄ СТАНДАРТУ; ПАРАМЕТР НАЛЕЖИТЬ ДО МОДЕЛІ; КОМУТАТОР ВИКОНУЄ ПРИЗНАЧЕННЯ.

На другому етапі розглянемо зв'язки між сутностями та виявимо їх ступінь, Загальна діаграма ER-типу, що отримана під час проектування бази даних за графічним методом, представлена на рисунку 3.

На третьому етапі проведено формування попередніх відношень за правилами № 1-6 методу «Сутність-зв'язок». Крім того, необхідно додати неключові атрибути до відношень з тією умовою, щоб вони відповідали вимогам нормальної форми Бойса-Кодда, – це четвертий етап. Загальна



структура спроектованої бази даних «LAN_Switch» за методом сутність-зв'язок представлена на рисунку 4.

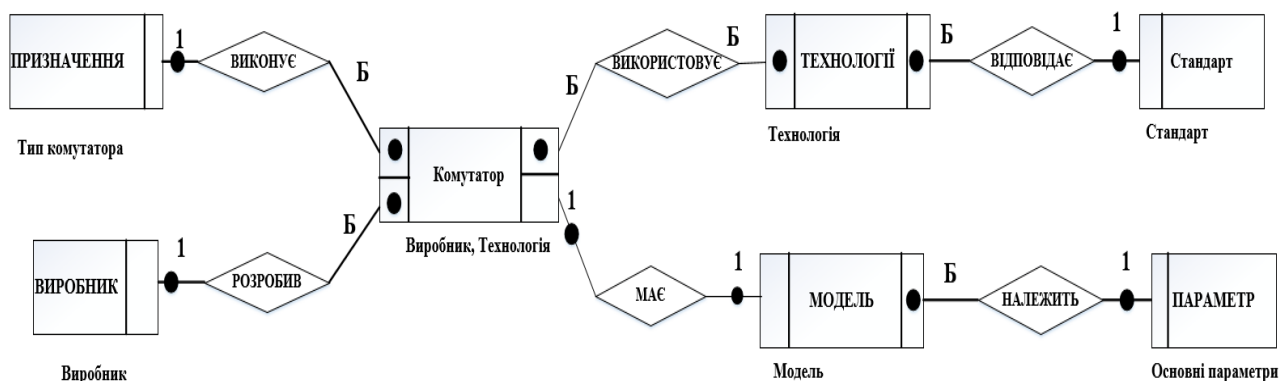


Рисунок 3 — Загальна діаграма ER-типу

Авторська розробка

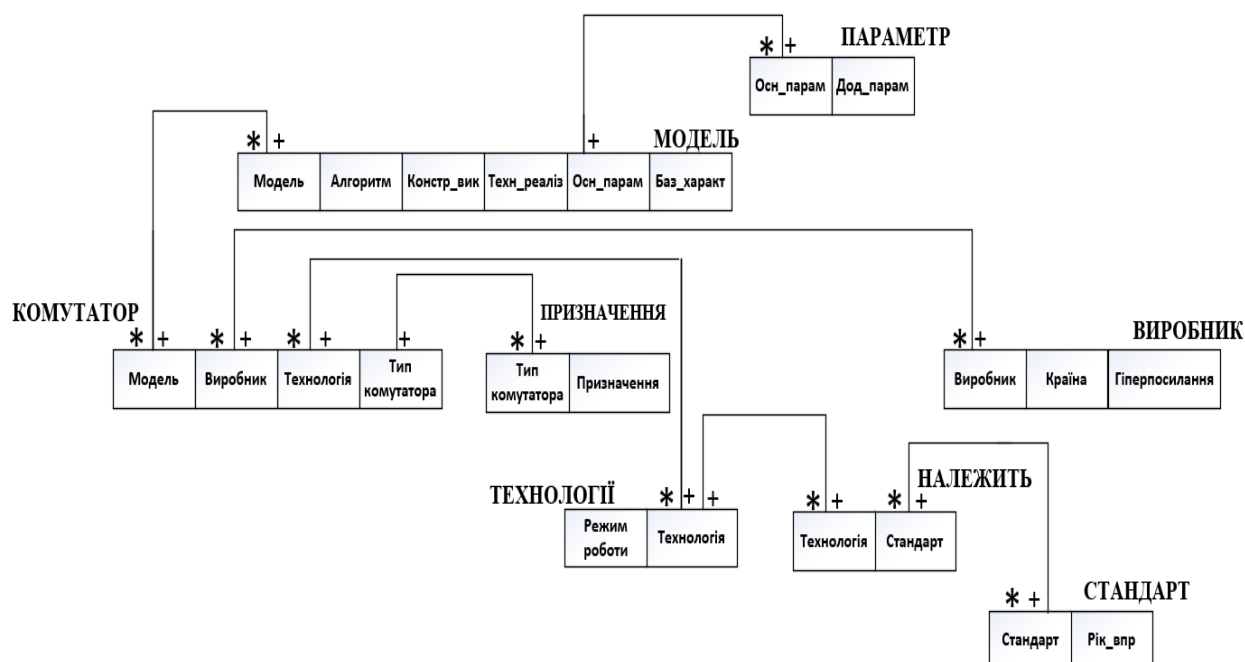


Рисунок 4 – Структура спроектованої бази даних за методом «Сутність-зв'язок»

Авторська розробка

У результаті проектування за методом «Сутність-зв'язок» отримано базу даних «LAN_Switch» (рисунок 4), структура якої співпадає із структурою, що отримано за методом нормальних форм (рисунок 2): відношення ВИРОБНИК співпадає із відношенням Р2; відношення СТАНДАРТ співпадає із відношенням Р6; відношення ПАРАМЕТР співпадає із відношенням Р8; відношення ТЕХНОЛОГІЇ співпадає із відношенням Р12; відношення НАЛЕЖИТЬ співпадає із відношенням Р11; відношення КОМУТАТОР співпадає із відношенням Р9; відношення ПРИЗНАЧЕННЯ співпадає із відношенням Р10 та відношення МОДЕЛЬ співпадає із відношенням Р7.



Створення в Access спроектованої бази даних та її використання. Схема даних спроектованої бази даних «LAN_Switch», що створена в Access, представлена на рисунку 5. Створена база даних моделей та характеристик комутаторів «LAN_Switch» може бути використана під час розробки імітаційних моделей локальних мереж за різними технологіями, що вивчаються з дисципліни «Локальні мережі».

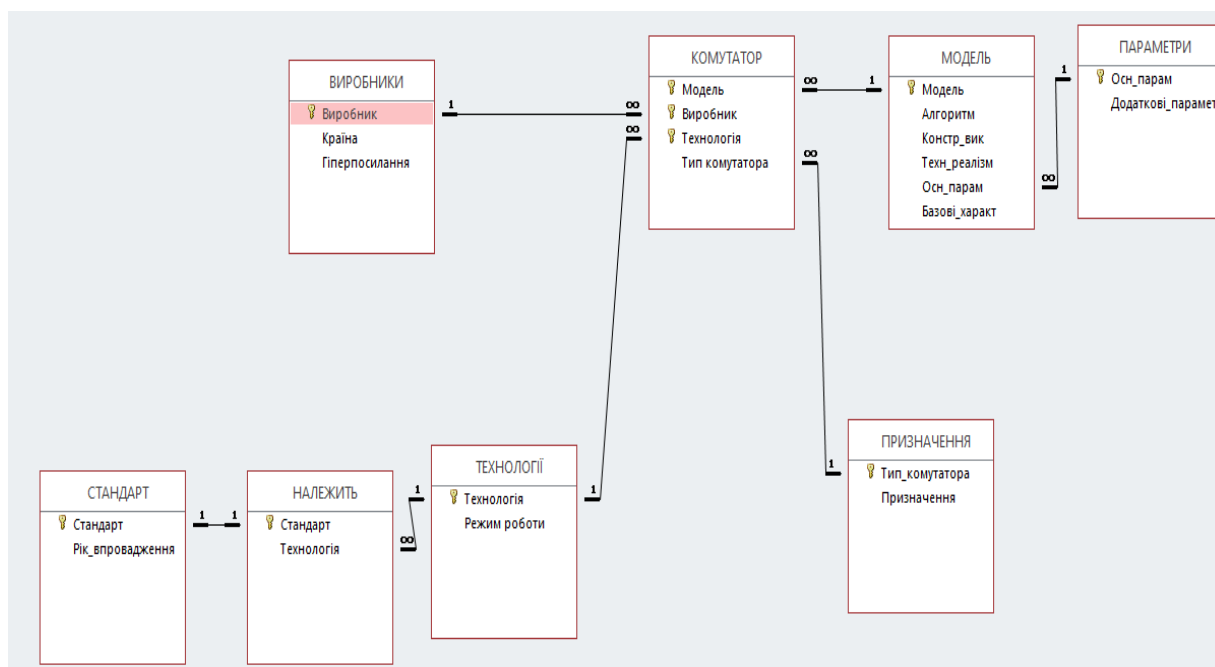


Рисунок 5 – Схема даних «LAN_Switch», що створена в Microsoft Access
Авторська розробка

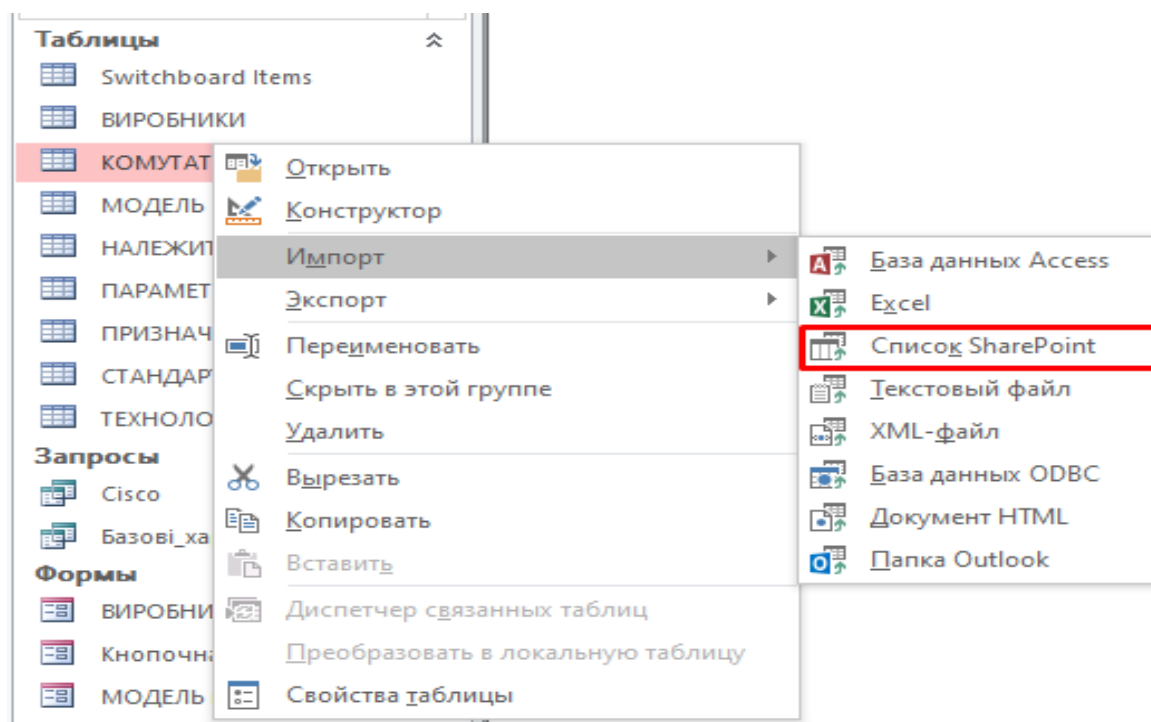
У якості прикладу використання створеної бази даних «LAN_Switch» наведемо наступний приклад: відобразити параметри та характеристики моделей комутаторів технології Ethernet. Результат запиту показаний на рисунку 6.

Базові_характеристики			
Модель	Осн_парам	Базові_характ	Додаткові_параметри
Accelar1200	Продуктивність: висока продуктивність завдяки потужному процесору	Трансляцію протоколу канального рівня	Тип комутації: Магістральна комутація
SmartSwitch 2200	Пропускна здатність: до 1 гігабіта на секунду	Пріоритет обробки кадрів	Тип комутації: Store-and-Forward (Зберігання та пересилання)
ProCurve2626	Пропускна здатність: до 176 гігабіт на секунду	Підтримку алгоритму Spanning Tree	Розмір буфера: 12,38 Мбайт
Catalyst4507R	Швидкість просування: до 10 гігабіт на секунду	Пріоритет обробки кадрів	Тип комутації: Cut-Through (Проходом)
Catalyst 6500	Швидкість фільтрації: до 720 мільйонів пакетів за секунду	Фільтрацію трафіку	Тип комутації: Самостійна комутація (Cut-Through)
EtherSwitch II	затримка: 40 мкс	Отримання доступу до середовища процесором вихідного порту	тип комутації: «на лету»

Рисунок 6 – Параметри та характеристики комутаторів технології Ethernet



Подальший розвиток створеної бази даних. Для подальшого розвитку створеної бази даних «LAN_Switch» здобувач може експортувати базу даних до списку SharePoint, зображеного на рисунку 7. Після цього створити обліковий запис та опублікувати веб-додаток SharePoint, який надається Office365 у хмарі.



Рисунк 7 – SharePoint

Висновки.

1. На основі аналізу предмета дослідження створено початкове відношення «Комутатор», ступінь якого 16, а потужність – 22. Проектування бази даних моделей та характеристик комутаторів локальних мереж виконано за наступними методами: «Нормальні форми» та «Сутність-Зв'язок». Отримані результати проектування бази даних «LAN_Switch» за різними методами співпали, що свідчить про вірність проектування бази даних.

2. На сучасному етапі існують різні додатки для створення бази даних, а саме: Altibase; Microsoft Access; MySQL Workbench; Oracle; PostgreSQL; SQL Azure та інші. Спроектовану базу даних моделей та характеристик комутаторів локальних мереж створено за допомогою Microsoft Access.

3. Створена база даних «LAN_Switch» може бути використана здобувачами першого ступеня спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека» під час лабораторних занять з дисципліни «Локальні мережі» при змішаному навчанні.

Література:

1) Дистанційний курс з навчальної дисципліни «Локальні мережі» для здобувачів ступеня «бакалавр» спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека»; укладач Пахомова В.М. Сертифікат ДК0287 від 20.07.2018.

2) Дистанційний курс з дисципліни «Бази даних» для здобувачів ступеня «бакалавр» спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» і «Кібербезпека»; укладач



Пахомова В. М. Сертифікат № ДК0288 від 20.07.2018.

3) Журавська І. М. Проектування та монтаж локальних комп'ютерних мереж: навч. посіб. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2016. – 360 с.

4) Пахомова В. М. Технології локальних мереж в інформаційних системах залізничного транспорту: навчальний посібник. Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. – 260 с.

5) Пахомова В. М. Локальні мережі. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для здобувачів ступеня «бакалавр» спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» і «Кібербезпека». Дніпро: УДУНТ. – 60 с.

6) Пахомова В. М., Маслак А. В., Остапеч Я. О. Формування компетентностей у здобувачів ступеня «бакалавр» при дистанційному навчанні з дисципліни «Локальні мережі». Modern engineering and innovative technologies Germany, Karlsruhe: Sergeieva&Co, «ISE&E». 2021. № 16-06. pp. 66-70. DOI: 10.30890/2567-5273.2021-16-06-041.

7) Сидоренко В. В., Константинова Л. В., Смірнов С. А. Організація баз даних: Навчальний посібник. Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 274 с.

8) Ярцев В. П. Організація баз даних та знань: навчальний посібник. Київ: ДУТ 2018. – 214 с.

Abstract. A database of models and characteristics of local network switches «LAN_Switch» has been designed based on the use of the following methods: «Normal forms» and «Entity-relation». When designing the database, «LAN_Switch» the results of the classical method, which is based on the use of the mathematical apparatus of relations, coincided with the results of the design by the graphical method based on the use of ER-type diagrams. The designed database of models and characteristics of switches «LAN_Switch» was created with the help of Microsoft Access and is intended for use by applicants for bachelor's degrees in the specialties «Computer Engineering» and «Cybersecurity» during laboratory work in the discipline «Local Area Networks» in blended learning.

Keywords: switch, technology, model, parameter, characteristic, database, design, normal forms, ER-type diagram.



HIGH VOLTAGE MEASUREMENT AMPLIFIER ВИСОКОВОЛЬТНИЙ ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ

Dovhal A.V/ Довгаль А.В

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Анотація. В даній статті розглядається побудова високовольтного вимірювального підсилювача (ВВП) з розширеним діапазоном вихідної напруги, та результати випробування моделі такого підсилювача. Наведено відповідні схеми та діаграми.

Результати дослідження моделі такого ВВП [9] показують, що завдяки використанню оригінальної схеми з'єднання кількох каскадів операційних підсилювачів суттєво розширюється діапазон робочих частот підсилювача, що дозволяє підвищити якість вимірювання.

Використання ВВП запропонованої схеми може бути ефективним при виконання досліджень та випробувань в цивільних та військових програмах, особливо для побудови лабораторних еталонів для вимірювання при розробці систем електростатичного відхилення та електрооптичної модуляції.

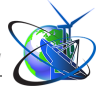
Ключові слова: високовольтний вимірювальний підсилювач, каскадний підсилювач, напруга, опір, діапазон

Вступ Операційні підсилювачі спочатку були спроектовані для виконання математичних операцій, в яких значення чисел задавалося рівнем напруги, відповідного знаку та частоти. Проте зараз, операційні підсилювачі є багатofункціональними виробами з великою кількістю варіантів застосування.

До високовольтних операційних підсилювачів взагалі відносять підсилювачі, вихідна напруга яких перевищує робочу напругу існуючої елементної бази [2]. Такі операційні підсилювачі схемотехнічно являють собою багатотранзисторні схеми з великим коефіцієнтом підсилення напруги (до 10^6) і смугою частот $0 \dots f_{\max}$. У сучасних підсилювачів значення $f_{\max}$ може сягати одиниць ГГц [1].

Високовольтні підсилювачі широко використовуються в діелектричній спектроскопії. При цьому такі підсилювачі мають забезпечувати не тільки значну вихідну напругу (сотні вольт), але й високу точність підтримання сталого її значення та велику швидкість її зростання. Це дозволяє застосовувати такі підсилювачі в пристроях для діагностики ізоляції і діелектриків в промисловості (джерелах живлення, зварювальному обладнанні, системах управління електроприводами, клапанами, соленоїдами і іншими виконавчими механізмами) та при лабораторному застосуванні. Вони також успішно застосовуються в обладнанні військового і аерокосмічного призначення (схемах компенсації вібрації, гідролокаторах, пристроях електростатичної левітації), виробках медичного призначення (апаратурі ультразвукової діагностики та магнітно-резонансної томографії, мікроскопах і аналізаторах) [3].

У калібраторів змінної напруги є і певні особливості: обмежена смуга робочих частот, обмежений вихідний рівень сигналу, висока похибка стабілізації заданого рівня вихідного сигналу. Такі похибки виникають переважно від зміщення нульового рівня напруги на виходах окремих каскадів і



від спадання напруги в лініях зв'язку між каскадами [7].

Частотний діапазон більшості калібраторів обмежується частотою 100 кГц, а високочастотні калібратори, що працюють в діапазоні 50-100 МГц (B1-16, B1-29, H5-3), мають обмежений вихідний рівень сигналу (30 V), недостатній для комплексної повірки приладів вказаного діапазону частот. При цьому власні похибки стабілізації рівня вихідної напруги калібраторів, що працюють в діапазоні частот до 100 кГц, становлять $\pm(0,002-0,05) \%$, а працюючих в діапазоні частот до 100 МГц становлять $\pm(0,1-1) \%$ [6].

Окремо слід розглядати вимірювальні операційні підсилювачі. Прецизійні параметри таких підсилювачів забезпечують їх широке використання у вимірювальному чи тестувальному обладнанні [1]; однак вони не призначені для забезпечення високої потужності на виході.

Вимірювальний високовольтний підсилювач можна вважати спеціалізованим вимірювальним операційним підсилювачем. На основі операційного підсилювача зручно будувати не тільки підсилювальні схеми як такі, але й системи автоматичного регулювання.

Актуальним завданням є побудова високовольтних потужних калібраторів змінної напруги на основі ВВП. Такі калібратори забезпечують автоматичне підтримання стабільного рівня вихідної напруги при її відхиленнях від заданого значення.

Аналіз поточних досліджень і публікацій

Існують різноманітні варіанти схемотехнічної реалізації ВВП з метою розширення діапазону їх робочої напруги та зменшення похибок стабілізації рівня вихідної напруги.

Найбільш поширені на сьогодні є ВВП американської фірми Fluke та потужні операційні підсилювачі фірми Apex Microtechnology.

Такі пристрої використовуються в новітніх калібраторах із вбудованими підсилювачами потужності, здатними формувати змінну напругу амплітудою до 1000 В на частотах до 30 кГц та 750 В на частотах до 100 кГц. Такі калібратори побудовані на основі генератора сигналів з вбудованою системою автоматичного регулювання рівня вихідної напруги [8].

Підсилювачі Apex Microtechnology являють собою унікальні за своїми параметрами багатофункціональні пристрої, що забезпечують широкий діапазон напруг живлення (25...450 В), великі значення вихідних струмів (до 200 мА), точність і максимальну швидкодію поряд з малими струмами спокою, низькими внутрішніми втратами і високою лінійністю (клас АВ)- можливо так, а можливо ні, хіба що представники фірми написали про це).

Слід зазначити, що неспеціалізовані операційні підсилювачі не можуть забезпечувати значення вихідної напруги більшої за напругу живлення. Для подолання цього недоліку в статті розглянута нова схема побудови підсилювачів високої напруги, в яких використовується кілька каскадів високовольтних операційних підсилювачів для значного (в 3-5 разів) розширення діапазону робочої напруги пристрою в цілому.

В даній статті розглядається побудова моделі 3-каскадного ВВП на основі операційного підсилювача PA94 (Apex Microtechnology).



РА94 – це високовольтний операційний підсилювач з потужними MOSFET-транзисторами, що був розроблений саме як недороге рішення для передачі постійних вихідних струмів до 100 мА та імпульсних струмів до 200 мА на ємнісні навантаження. РА94 було обрано для побудови багатокаскадного підсилювача з високою напругою живлення (± 1500 В) та значною швидкістю наростання сигналу (до 700 В/мкс) [4].

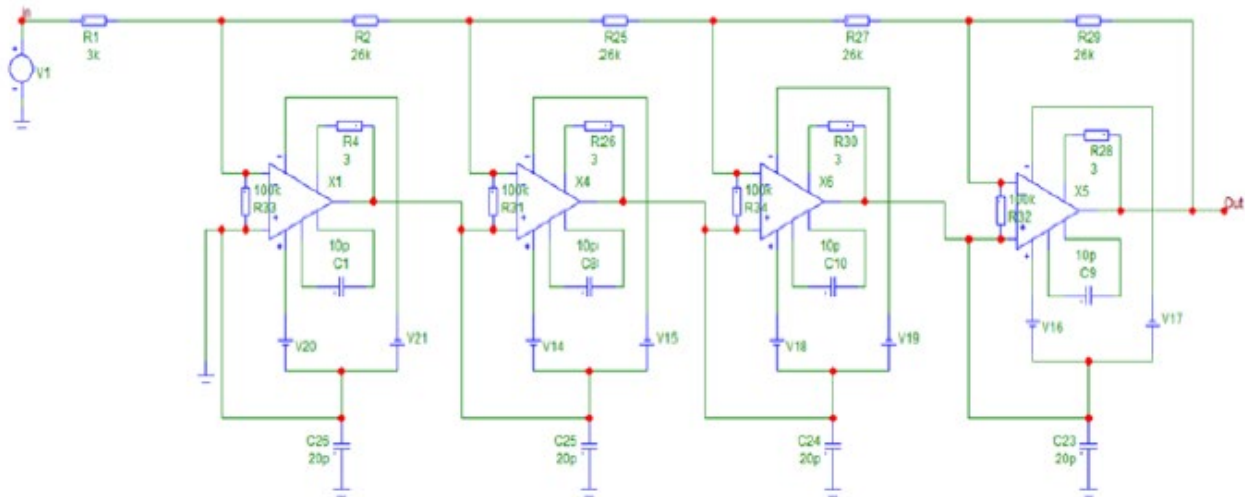


Рисунок 1. Схема високовольтного підсилювача на чотирьох операційних підсилювачах.

Постановка завдання дослідження

На даний момент промисловістю випускаються генератори сигналів, калібратори і вимірювальні підсилювачі високої напруги, основним призначенням яких є використання для метрологічної атестації термоелектричних перетворювачів; вказані вимірювальні прилади працюють в діапазоні частот до 100 кГц при напрузі 500 В і 1000 В. Основним недоліком сучасних ВВП є те, що вони мають обмежений рівень вихідного сигналу (± 400 В). В той же час, для забезпечення вимірювання потрібні більш високі напруги (± 1500 В). Тому є доцільним створення високовольтного вимірювального підсилювача, який міг би забезпечити амплітуду вихідної напруги не менше 1000 В у діапазоні частот до 100 кГц.

Мета дослідження

Мета дослідження полягає у розробці нової моделі ВВП, в якому використовується декілька каскадів операційних підсилювачів для розширення діапазону значень робочої напруги (завдяки послідовному "віртуальному" з'єднанню вихідних напруг окремих каскадів).

Модель багатокаскадного високовольтного вимірювального підсилювача

Дослідження декількох варіантів побудови схем операційних підсилювачів із інвертуючими та неінвертуючими каскадами із залежними і незалежними зв'язками показали, що на частоті 100 кГц через обмежену швидкість наростання, вихідний сигнал спотворюється. При цьому замість синусоїдальної форми, він набуває форми близької до трикутної. Більш наочно це явище спостерігається у разі каскадного з'єднання двох та більше підсилювачів по



еквівалентній схемі інвертуючого підсилювача (рис. 1) [5]. Відповідно, постає задача розробки пристрою, що буде позбавлений вказаних недоліків.

Для уникнення вказаних недоліків використовується послідовне каскадне з'єднання окремих операційних підсилювачів, з метою послідовного з'єднання джерел живлення шляхом формування суматора напруг.

Для аналізу роботи схеми такого підсилювача було виконано моделювання в пакеті MicroCap. Структурна схема моделі високовольтного вимірювального підсилювача зображена на рис. 2.

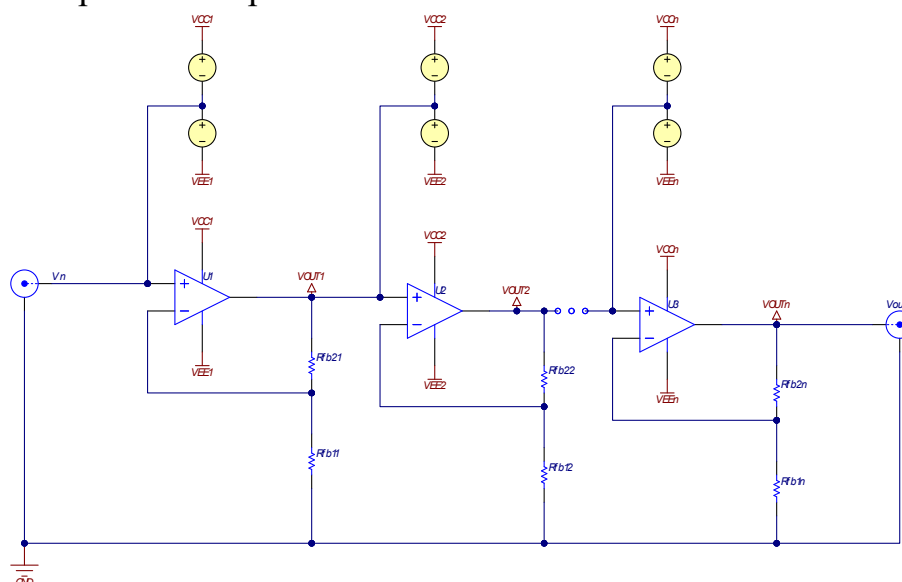


Рисунок 2. Структурна схема високовольтного підсилювача.

Вказана модель являє собою схему з фіксованим коефіцієнтом перетворення; схема складається з окремих незалежних каскадів операційних підсилювачів, з'єднаних послідовно. Кожен каскад високовольтного підсилювача виконано у вигляді окремого операційного підсилювача з незалежним та гальванічно розв'язаним від інших каскадів, джерелом живлення.

Вхідна напруга, що поступає на вхід кожного каскаду підсилюється у K разів; це досягається завдяки використанню подільника напруги на резисторах R_{fb2} та R_{fb1} в колі зворотного зв'язку. Таким чином напруга на виході кожного з каскадів може бути обчислена за загальною формулою:

$$V_{out_n} = V_{out_{n-1}} \times K_n \quad (1.1)$$

$$K_n = 1 + \frac{R_{fb2n}}{R_{fb1n}} \quad (1.2)$$

де: n – номер каскаду підсилювача;

$V_{out_{n-1}}$ – напруга, що надходить на неінвертуючий вхід відповідного підсилювача;

K_n – коефіцієнт подільника зворотного зв'язку.

При цьому формула перетворення для вхідної напруги набуває такого виду:

$$V_{out} = V_{in} \times \prod_{i=1}^n K_i \quad (1.3)$$



На рис. 3 наведені розрахункові діаграми вихідної напруги окремих каскадів.

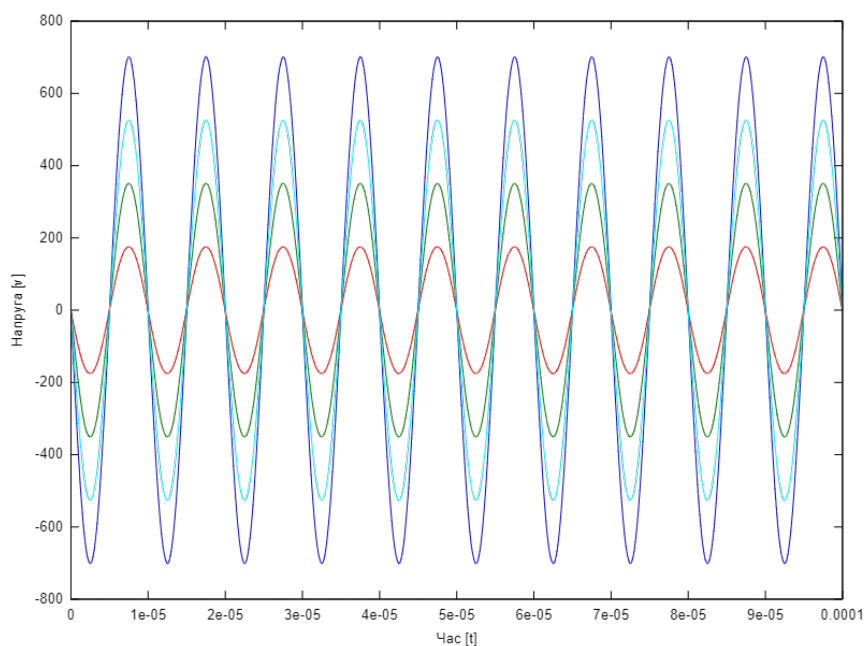


Рисунок 3. Діаграми вихідної напруги на виходах каскадів: червоний – вхідний сигнал; зелений – вихідний сигнал першого каскаду, блакитний – вихідний сигнал другого каскаду, синій – вихідний сигнал третього каскаду.

При виборі коефіцієнта перетворення для кожного каскаду необхідно умови звертати увагу, щоб вихідна напруга конкретного каскаду не перевищувала суми значень вхідної напруги та напруги джерела живлення:

$$V_n \times K_n < V_{cc_n} + V_n \quad (1.4)$$

$$K_n < \frac{V_{cc_n} + V_n}{V_n} \quad (1.5)$$

Схема електричної моделі високовольтного підсилювача наведена на рис. 4.

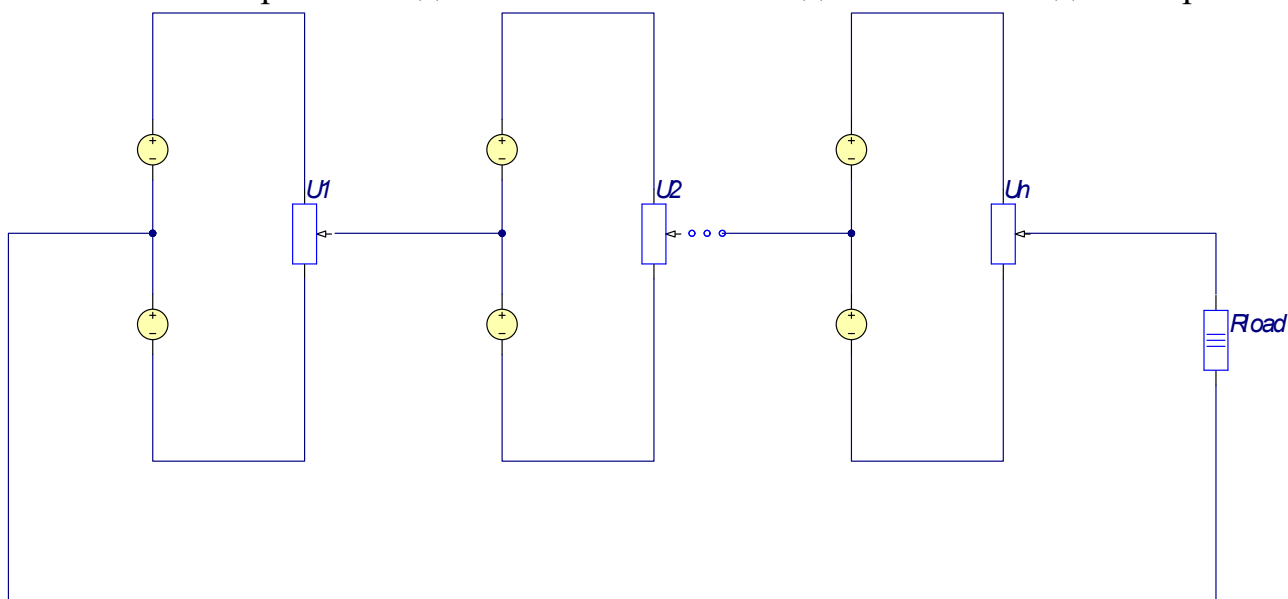


Рисунок 4. Електрична модель високовольтного підсилювача.



Висновки

Результати розрахункових досліджень нової моделі ВВП показують, що завдяки використанню кількох каскадів операційних підсилювачів та введенню схеми адитивної корекції похибки можливо суттєво збільшити частотний діапазон підсилювача, а також розширити інтервал робочої напруги, що у свою чергу підвищить якість вимірювання.

Література

1. Аналогова схемотехніка / Л.П. Медяний – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 177 с.
2. Сєдов С.О. Оброблення сигналів на базі операційних підсилювачів. Схемотехніка. Розрахунки: Навч. посіб. / Сергій Олексійович Сєдов. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 132 с.
3. Ji Liu, Daning Zhang, Mengqi Wang, Ling Huang, Dongxu Zhao. A cascaded linear high-voltage amplifier circuit for dielectric measurement. IEEE Transactions On Industrial Electronics, № 3(63), 2016. – P. 1834- 1841. DOI: 10.1109/TIE.2015.2498129.
4. Офіційний сайт компанії «Апекс Microtechnology». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.apexanalog.com>.
5. Кобзар Д.А. Моделювання високовольтного широкосмугового вимірювального підсилювача / Д. А. Кобзар, Ю. М. Туз // Механіка гіроскопічних систем. – 2016. – Вип. 32. – С. 132-139. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/mgs_2016_32_16.
6. Гуревич М.Л. «Комплект широкополосных измерительных преобразователей напряжения В9-29» Вестник метролога. - №3 – 2005.
7. Paul C.A. Roberts. «Developments in high bandwidth power amplifier technology for compact cost effective calibrator applications». 2007.
8. Flue Corporation. «The 5700A/5720A Series II. High Performance Multifunction Calibrators. Extended Specifications».
9. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1718340> - Патент на корисну модель

Abstract. This article discusses the construction of a high-voltage measuring amplifier and a model capable of changing the working range of a single voltage. Schemes and diagrams have been translated.

The results of research on a new model of a high-voltage measuring amplifier show that, using several cascades of operational amplifiers, the frequency range of the amplifier's operation is essentially increased, which makes it possible to increase the washing efficiency.

The use of the proposed model can be useful in research, military applications, including reference units, dielectric laboratories, electrostatic deflection and electro-optical modulation.

Key words: high-voltage measuring amplifier, cascade amplifier, voltage, resistance, range



MODULAR MONOLITH AS A MICROSERVICES PRECURSOR

Shablii Taras

2nd-year master's degree student, Software Engineering

Tytenko Sergiy

Ph.D., Associate Professor

ORCID: 0000-0002-7548-9053

American University Kyiv,

Ukraine, Kyiv, Poshtova Pl. 3, 02000

Abstract. The world of software architecture is in a constant state of evolution, and the development of distributed architectures continues to shape the industry's landscape. Monoliths, characterized by their unified codebase and singular deployment, have long been the traditional choice for software development. On the other hand, microservices, with their small, independently deployable services, have gained prominence due to their scalability and resilience. This article explores the dynamics of monoliths and microservices, the challenges associated with this migration, and proposes the idea of modular monoliths as a precursor to microservices to reduce migration efforts. It also highlights the lack of research in the domain of structuring monoliths in advance for future efficient migration to microservices.

Key words: software architecture, microservices, modular monolith

Introduction

In the world of software architecture, two dominant styles have emerged, each with its set of advantages and disadvantages: monoliths and microservices. Monolith is a “system in which all of the code is deployed as a single process” [1]. In this architectural style all code resides in a single repository and forms a single deployment artifact, all data is most often located within a single database (Figure 1).

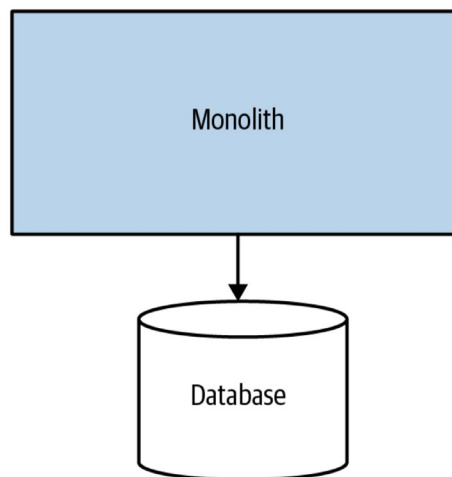


Figure 1 - Single process monolith

A source: [1]

In contrast, a microservice (Figure 2) is a “single-purpose, separately deployed unit of software that does one thing really, really well” [2].

While both approaches have their merits, the shift towards microservices has been on the rise in the recent decade (Figure 3).

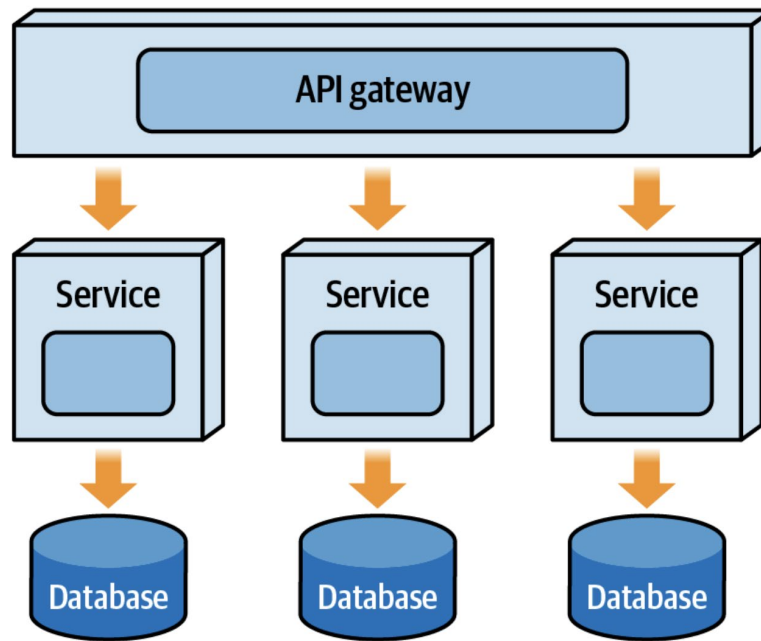
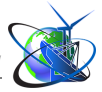


Figure 2 - Microservices topology

A source: [2]

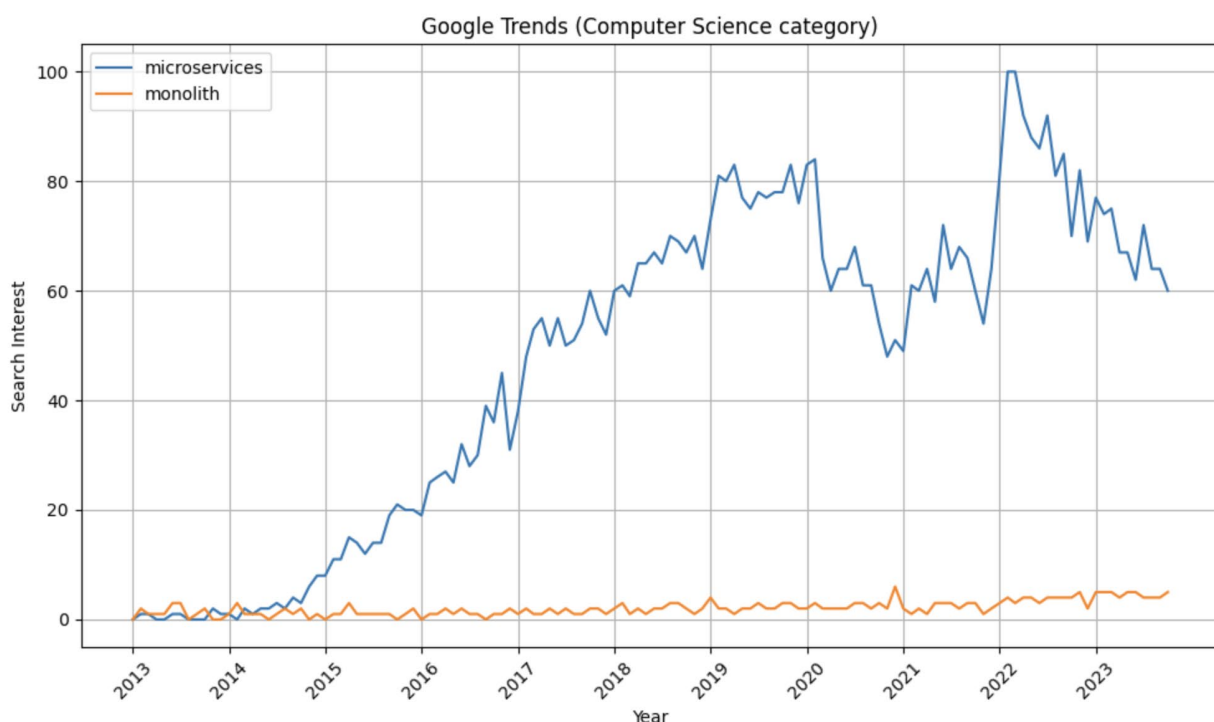


Figure 3 - Raising interest in microservices architecture

A source: [3]

Monoliths vs. Microservices

Monoliths have been the traditional choice for software development for decades. In a monolithic architecture, the entire application, from user interface to database access, is bundled together in a single codebase. This tightly coupled nature simplifies development but introduces challenges in terms of scalability and maintainability [4].

Monolithic architecture provides the following benefits [5]: simplicity of



development and deployment since all code is located within a single codebase and is deployed as a single artifact; optimal performance, since components communicate via direct function calls without any network overhead; faster time to market since developing and deploying a single codebase that does not require sophisticated infrastructure. At the same time, monolithic architecture is characterized by natural degradation of scalability (increasing capacity often involves scaling the entire application, which can be inefficient) and maintainability (monoliths tend to become increasingly complex and harder to maintain) [5].

Microservices, in contrast, advocate for breaking down an application into smaller, autonomous services, each with a specific singular responsibility. These services communicate with each other over the network, allowing for flexibility and independent scalability [5].

The heightened interest in microservices over the past decade can be attributed to several key factors. First, there has been a growing demand for applications with enhanced availability, fault tolerance, and resilience, especially as businesses rely more on digital services [6]. Microservices provide a framework for achieving these goals by allowing individual services to fail gracefully without compromising the entire system's functionality. Second, the rapidly evolving technological landscape has introduced greater complexity, making it challenging to develop and maintain monolithic applications efficiently. Microservices offer a solution by breaking down complex systems into smaller, manageable components that can be developed, deployed, and scaled independently [7]. Third, the surge in data volumes, driven by the advancements of data-driven applications and IoT devices, has necessitated scalable and distributed architectures. Microservices' ability to scale horizontally makes them well-suited for handling data-intensive workloads [6]. Lastly, advancements in IaaS cloud technology have made it easier to adopt microservices, with cloud providers offering robust infrastructure, platforms and services that facilitate the deployment and management of microservices. These factors have collectively fueled the rising interest in microservices as a modern software architecture paradigm [7].

Benefits of microservices include [5]: scalability since each microservice can be scaled independently, enabling cost-effective resource allocation; smaller codebases are more maintainable, reducing the risk of system-wide disruptions; microservices are fault-tolerant and can be easily made highly available, as the failure of one service doesn't necessarily affect the entire application.

At the same time, microservices architecture is complex, as developing and managing microservices can be complex due to the need for inter-service communication and infrastructure management; it brings added overhead in terms of communication, deployment, and monitoring; and introduces additional layers of communication between services which negatively affects overall system performance due to network latencies [4].

The Migration Trend: Monoliths to Microservices

In recent years, many organizations have embarked on the journey of migrating from monoliths to microservices. Several compelling reasons drive this migration [7][8]:



1. Scalability: Monoliths often struggle to scale efficiently, as any increase in load affects the entire application. Microservices allow organizations to scale only the parts of the application that require additional resources. The entire system can scale up or down in response to demand changes.

2. Technology diversity: Microservices support a wider range of technologies for different components of the application. This enables organizations to choose the best tool for each job, enhancing overall performance.

3. Distributed team autonomy: In a monolithic environment, changes to one part of the application can affect other components. Microservices promote team autonomy, as technologically diverse teams can work on separate services with minimal interference.

4. Faster deployment: Microservices enable independent deployment, allowing organizations to release updates and new features more rapidly.

5. Resilience: Microservices inherently offer better fault isolation. If one service fails, it doesn't necessarily lead to the entire application's collapse.

Challenges of Migrating Monoliths to Microservices

While the benefits of microservices are clear, the journey from monoliths to microservices is fraught with challenges [9]. These challenges encompass both domain and codebase refactoring, as well as infrastructure and data-related hurdles [4]. Moreover, the cost of migration, both in terms of time and resources, can be substantial [10].

Domain and Codebase Refactoring

Refactoring a monolith into microservices requires tearing the application into smaller bounded contexts that encompass specific business domains. This process involves identifying boundaries, separating concerns, and establishing clear APIs for inter-service communication.

These refactoring efforts often face the following common challenges:

- *Boundary identification:* Determining the right boundaries for microservices can be complex, and mistakes can lead to overly chatty communication between services or services that are too tightly coupled.

- *Data separation:* Monoliths often share a common database. Refactoring requires separating the often tightly coupled data into distinct databases for each microservice, which can be intricate for some systems [4].

- *API design:* Designing clear APIs for microservices is a critical task, as these APIs serve as a domain separation boundary and enable inter-service communication.

While there is plenty of research on the attempts to automate or semi-automate monolith decomposition by static code analysis [11] or by analyzing data flow [12], the prospect remains a daunting one [13].

Infrastructure and Data Challenges

In addition to domain and codebase refactoring, the migration from monolith to microservices entails addressing infrastructure and data-related challenges [14]:

- *Deployment and orchestration:* Microservices require robust CI/CD practices to manage the deployment of multiple services across a distributed environment.

- *Data consistency:* Maintaining data consistency and ensuring data availability in a microservices environment is a complex task, particularly when multiple services



access the same data or when there is a need to implement more complex data replication or CQRS patterns.

- *Monitoring and observability*: With the increase in the number of services, monitoring and troubleshooting become more challenging. Each service needs to be individually monitored and each service call needs to be traced as it propagates through a distributed system with varying availability.

- *Communication and networking*: Microservices rely heavily on network communication. Designing and managing network traffic and security is vital.

- *Infrastructure cost*: The distributed nature of microservices can lead to increased infrastructure costs, as additional resources are required to maintain the architecture.

The cost of migration should not be underestimated. It encompasses not only the time and effort required for refactoring but also the effect on organization communication patterns and potential business disruptions during the migration process [4].

Modular Monoliths: A Potential Solution

Despite their shortcomings, monoliths remain an attractive architectural choice for many projects due to their speed of development, shorter time to market, infrastructure relative simplicity, and performance benefits. Not every greenfield project should start from microservices. In fact, many falling prey to the trend find themselves not being able to deliver on time. So, the question to be asked is: what architecture is the best fit for a greenfield project that needs fast time to market at first and is very likely to scale exponentially later? Or rather: are there any options other than painful monolith to microservices migration or unnecessary and expensive microservices from the start?

One way to alleviate the challenges associated with migrating from monoliths to microservices is to consider the concept of modular monoliths. A modular monolith is a monolithic application that is structured in a way where each module already represents a separate domain or subdomain. This modular structure mimics the decomposition of a microservices architecture within a monolithic codebase. While modularizing a monolith is a challenging endeavor [15] it will certainly pay off when a need to scale arises and the organization decides on migration to microservices. In this respect, modularizing a monolith from the start can be viewed as earning architectural credit early on.

A modular monolith brings:

- *Fast time to market*: Inherent to monolithic architectures ease of development, simplicity of deployment, and lack of interservice communication overhead mean that greenfield projects can freely experiment and deliver functionality faster than with microservices.

- *Clear domain boundaries*: A well-structured modular monolith already exhibits distinct domain boundaries, making the transition to microservices more straightforward.

- *Loose coupling*: The modular structure reduces interdependencies between modules, making it easier to extract and deploy them as separate services.



- *Infrastructure simplicity*: Modular monolith inherits simplicity of deployment and required infrastructure from the monolith by the virtue of being a single deployable artifact.

- *Incremental migration*: Organizations can gradually migrate modules to microservices, reducing the disruption and risk associated with a complete migration.

- *Performance*: Direct method calls within a singular deployment artifact bring a natural performance optimization as opposed to a distributed system.

However, it's important to note that achieving a well-structured modular monolith is not a trivial task and requires careful planning and design. A clear understanding of the business domains and subdomains, along with effective API design, is crucial for success. Despite structural complexity required from the start, greenfield projects are likely to adopt a modular monolith approach as part of addressing the tech debt [16].

The Research Gap

Despite the increasing popularity of microservices and the challenges associated with migrating from monoliths to microservices, there is a noticeable scarcity of research in the domain of structuring a monolith to facilitate a smooth transition. Among the few research attempts in this area, a bachelor's thesis by Tsechelidis should be noted [17]. The paper proposes to standardize monolith module structure by leveraging hexagonal architecture as an easy way to control granularity of services and promote microservice-like domain-centric design of each module [17]. Author emphasizes on the benefits of infrastructure simplicity but does not extend an argument for further splitting of such modular monoliths into microservices.

Apart from the lack of scientific research in the area there are conflicting opinions from the industry voices. Fowler is convinced that “*you shouldn't start a new project with microservices, even if you're sure your application will be big enough to make it worthwhile*” [18]. Newman notes that it is more practical to start with a monolithic system, warns against the pitfall of introducing unnecessary complexity overhead, but does not rule out using microservices for greenfield projects altogether [19]. Tilkov, on the other hand, argues that carving the new system into pieces should be done as early as possible and going with microservices first is the right way to achieve that [20].

While industry best practices and case studies provide valuable insights, there is a need for systematic and scientifically grounded approaches. Research question that remains unexplored is: what are the best practices for designing modular monoliths that are more amenable to migration to microservices? What design patterns and architectural principles should be applied?

Summary and Conclusions

The architectural choices in software development are pivotal, and the transition from monoliths to microservices is a significant endeavor for many organizations. While the benefits of microservices are clear, the migration process is challenging, both in terms of domain and codebase refactoring, as well as infrastructure and data considerations. The concept of modular monoliths, where each module already represents a separate domain or subdomain, offers a potential solution to ease this transition.



However, it's important to note that the landscape of structuring monoliths for microservices migration is under-researched. More scientific inquiry and systematic studies are needed to develop best practices, tools, and frameworks that can guide organizations in this transition. By closing the research gap, we can make the path from monoliths to microservices more predictable and efficient. This will allow organizations to harness advantages of both architectural styles, alleviate the fear of being “stuck” with the monolith, and enable easier transitions from monoliths to microservices when the need to scale arises.

References:

1. Newman, S., 2021. *Building microservices*. O'Reilly Media, Inc.
2. Richards, M., 2022. *Software architecture patterns*, 2nd edition. O'Reilly Media, Inc.
3. Google Trends. (n.d.). Explore - Google Trends. Retrieved October 15, 2023. URL: <https://trends.google.com/trends/explore?cat=1227&date=2013-01-01%202023-10-15&q=microservices,monolith&hl=en>
4. Kalske, M., Mäkitalo, N. and Mikkonen, T., 2018. Challenges when moving from monolith to microservice architecture. In *Current Trends in Web Engineering: ICWE 2017 International Workshops, Liquid Multi-Device Software and EnWoT, practi-O-web, NLPIT, SoWeMine, Rome, Italy, June 5-8, 2017, Revised Selected Papers 17* (pp. 32-47). Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-74433-9_3
5. Gos, K. and Zabierowski, W., 2020, April. The comparison of microservice and monolithic architecture. In *2020 IEEE XVIth International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH)* (pp. 150-153). IEEE. DO: <https://doi.org/10.1109/MEMSTECH49584.2020.9109514>
6. Pahl, C. and Jamshidi, P., 2016. Microservices: A Systematic Mapping Study. *CLOSER* (1), pp.137-146. URL: <https://www.scitepress.org/PublishedPapers/2016/57855/57855.pdf>
7. Salah, T., Zemerly, M.J., Yeun, C.Y., Al-Qutayri, M. and Al-Hammadi, Y., 2016, December. The evolution of distributed systems towards microservices architecture. In *2016 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)* (pp. 318-325). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICITST.2016.7856721>
8. Fritzsche, J., Bogner, J., Haug, M., Wagner, S. and Zimmermann, A., 2022. Towards an architecture-centric methodology for migrating to microservices. *arXiv preprint arXiv:2207.00507*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.00507>
9. Razzaq, A. and Ghayyur, S.A., 2023. A systematic mapping study: The new age of software architecture from monolithic to microservice architecture—awareness and challenges. *Computer Applications in Engineering Education*, 31(2), pp.421-451. DOI: <https://doi.org/10.1002/cae.22586>
10. Faustino, D., Gonçalves, N., Portela, M. and Silva, A.R., 2022. Stepwise migration of a monolith to a microservices architecture: Performance and migration effort evaluation. *arXiv preprint arXiv:2201.07226*. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.07226>



11. Gouigoux, J.P. and Tamzalit, D., 2017, April. From monolith to microservices: Lessons learned on an industrial migration to a web oriented architecture. In 2017 IEEE international conference on software architecture workshops (ICSAW) (pp. 62-65). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSAW.2017.35>
12. Chen, R., Li, S. and Li, Z., 2017, December. From monolith to microservices: A dataflow-driven approach. In 2017 24th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC) (pp. 466-475). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/APSEC.2017.53>
13. Seedat, M., Abbas, Q. and Ahmad, N., 2023. Systematic Mapping of Monolithic Applications to Microservices Architecture. arXiv preprint arXiv:2309.03796. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.03796>
14. Velepucha, V. and Flores, P., 2023. A survey on microservices architecture: Principles, patterns and migration challenges. IEEE Access. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3305687>
15. Gonçalves, N., Faustino, D., Silva, A.R. and Portela, M., 2021, March. Monolith modularization towards microservices: Refactoring and performance trade-offs. In 2021 IEEE 18th International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C) (pp. 1-8). IEEE. DOI: <https://doi.org/10.1109/ICSA-C52384.2021.00015>
16. Cico, O., Souza, R., Jaccheri, L., Nguyen Duc, A. and Machado, I., 2021. Startups transitioning from early to growth phase-a pilot study of technical debt perception. In Software Business: 11th International Conference, ICSOB 2020, Karlskrona, Sweden, November 16–18, 2020, Proceedings 11 (pp. 102-117). Springer International Publishing. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-67292-8_8
17. Tsechelidis, M., 2023. Developing distributed systems with modular monoliths and microservices. URL: <http://dspace.lib.uom.gr/handle/2159/29357>
18. Fowler, M. (2015). MonolithFirst. Retrieved October 15, 2023. URL: <https://www.martinfowler.com/bliki/MonolithFirst.html>
19. Newman, S. (2015). Microservices for Greenfield? Retrieved October 15, 2023. URL: <https://samnewman.io/blog/2015/04/07/microservices-for-greenfield/>
20. Tilkov, S. (2015). Don't start with a monolith when your goal is microservices architecture. Retrieved October 15, 2023. URL: <https://www.martinfowler.com/articles/dont-start-monolith.html>

Article sent: 19.10.2023

© 2023 Authors



QUALITY ATTRIBUTES AND ARCHITECTURAL PATTERNS OF MODERN MOBILE APPS

Bilohub Dmytro

2nd-year master's degree student, Software Engineering

Skrypchenko Mykyta

2nd-year master's degree student, Software Engineering

Tytenko Sergiy

Ph.D., Associate Professor

ORCID: 0000-0002-7548-9053

American University Kyiv, Ukraine, Kyiv, Poshtova Pl. 3, 02000

Abstract. *When embarking on the development of a mobile application, the initial step is the selection of the appropriate architectural framework, which should be based on the specific domain, intended functionality, and the identified quality attributes. This article delves into the examination of established architectural paradigms utilized in mobile application development, alongside an exploration of the quality attributes that should be taken into account during the architectural selection process. The aim here is to unearth prevalent mobile architecture patterns and provide insights into methods for measuring and comparing these architectures against one another.*

Keywords: *software architecture, mobile development, quality attributes, architectural patterns.*

Introduction

Mobile applications have witnessed an unprecedented surge in popularity and ubiquity over the past decade. This phenomenon can be attributed to several factors, including increasing smartphone adoption, changing consumer behavior, and the normalization of mobile-first approaches in businesses. As pointed out in [1], the penetration rate of smartphones reached 78.05 percent globally in 2020, and this figure is projected to rise to almost 87 percent in the United States by 2025. With this surge, mobile applications have become the primary gateway to the online world for a significant portion of the global population.

In 2010, only 27 percent of mobile users in the United States owned smartphones, a stark contrast to the anticipated 87 percent in 2025 [1]. This transformative shift has allowed not only enterprises but also individual developers and teams to create and distribute their applications to a worldwide audience. However, this diverse landscape comes with various challenges, ranging from differences in team sizes, budget constraints, and time-to-market pressures to distinct marketing strategies and business models.

Not only enterprises but individual developers and teams are allowed to create their applications and distribute them to a worldwide audience. The organizations vary in team sizes, budget constraints, time-to-market and marketing strategies, and business models.

Mobile applications have become integral to our daily lives, facilitating a wide range of activities, from online shopping to managing finances and accessing government services. Consequently, mobile application developers bear a considerable responsibility in ensuring that their products meet high standards of usability, availability, and reliability. This responsibility extends to both individual



developers and large enterprises.

Amidst this dynamic landscape, the software architecture of a mobile application emerges as a pivotal factor. Software architecture encompasses the fundamental design decisions that dictate how an application will function and evolve. In the context of mobile applications, where agility, scalability, and user experience are paramount, the choice of software architecture becomes even more crucial.

High competition levels and therefore high levels of expectations from users make mobile application vendors careful in technical decisions and practices. The first thing every vendor should be aware of is the software architecture of its product.) – In the realm of mobile applications, a prescient perspective has been validated, primarily attributed to the rapid pace of evolution within this domain. Each vendor must possess a profound understanding of the software architecture underpinning their product as a foundational consideration.

Software Architecture and Quality Attributes for Mobile Applications Development

How can you ensure that the software architecture you've selected is the most suitable for your needs? It is not an easy question, and there is no one right answer or a silver bullet. As stated in the work [2], software architecture is like a bet, a wager, wouldn't it be nice to know the outcome in advance? To know it, we need to step out and as we already did for the piece of code and then for software — we need to establish the rules, and measurements for a clear understanding of which architecture could fit better in certain conditions. However, the topic has already been well researched, we found plenty of space to fill towards the architecture of mobile applications.

Project Managers seek to achieve business requirements, Software Architects seek to manage the architecture according to these requirements. It can't be managed what is not measured. But what can we measure in software architecture? While it was identified [4] the main quality attributes of the software overall, we would like to stop on those that are crucial specifically for mobile application development.

Performance. Performance pertains to the system's reactivity, which encompasses the time needed to react to stimuli (events) or the number of events processed during a specific period [4]. Performance holds significant importance in mobile software architecture due to the perpetual resource constraints of mobile devices, including limitations in terms of microprocessor power, storage capacity, and battery life .

Reliability. Reliability denotes the system's capacity to sustain continuous operation throughout its operational lifespan, often assessed through the metric known as mean time to failure [4]. For mobile systems we should consider that the network could be unstable, and some operations could fail due to the aforementioned constraints.

Availability. Availability refers to the percentage of time the system remains operational [4]. Availability is a critical consideration in mobile application architecture. Ensuring the availability of a mobile application means that it should be accessible and operational for users whenever they need it. Mobile applications can



face challenges related to network connectivity, server availability, and other factors that can affect their accessibility. To provide a positive user experience, mobile app architects need to design for availability, which may include strategies like offline capabilities, redundant servers, and efficient error handling to ensure the app remains usable even under less-than-ideal network conditions.

Security. Security involves assessing the system's capacity to withstand unauthorized access attempts and service disruptions, all while maintaining its functionality for authorized users [4]. Security of Mobile apps involves implementing robust measures to protect user data and the application itself, ensuring that it remains resilient in the face of potential security risks.

Modifiability. Modifiability refers to the system's capacity for swift and cost-effective modifications, which is one of the key attributes for a large team, which is working on a mobile application.

Portability. Portability refers to a system's adaptability to function across diverse computing environments, which can encompass hardware, software, or a blend of both [4]. For a mobile architecture, it could address new versions of OSs or the device's screen size.

As stated in the work [2], quality attributes form the basis for architectural evaluation, but simply naming the attributes by themselves is not a sufficient basis on which to judge an architecture for suitability. In a perfect world, the quality requirements for a system would be completely and unambiguously specified in a requirements document.

Modern Mobile Applications Architectural Styles

Over the years of mobile app development, the projects have rapidly become more and more complex and harder to maintain. Companies behind major platforms - Google and Apple have sought to develop guidelines for native app architectures. At the same time, developers have adapted existing architectural patterns for mobile platforms and continued to evolve them to adjust to growing complexity. In this section we will briefly review some of the most popular patterns: MVC, MVP, MVVM, and Clean architecture-based patterns.

Model-View-Controller (MVC)

Model-View-Controller (MVC) architectural pattern was first introduced by Trygve Reenskaug while working on Smalltalk based system [3]. MVC architecture operates with three entities: model, view and controller. A model object encapsulates the data and implements the logic for manipulating the data. It can be as simple as storing a string, or more complex, like storing an object with multiple value fields or retrieving data remotely. A view object is responsible for the user interface. View object receives updates of model's state and updates the user interface accordingly. Controller object receives user input events from the view and changes the state of the model [5].

Over the years, the MVC architecture gained a lot of popularity among developers thanks to its clear separation of concerns [6].

MVC implementation in iOS

When Apple first published its iPhone SDK, MVC was the recommended architecture for native apps. However, the implementation Apple has proposed was



different from the original pattern [7].

View doesn't receive updates of the model directly. Instead, the controller receives updates of the model and then updates the view accordingly. Ideally, View and Model should not even be aware of each other and should not be coupled in any way.

This form has a few advantages, mainly increased maintainability. Decoupled models and views should make it easier to introduce changes to one of these components without changing the other. Additionally different teams may be able to work on business logic and user interface concurrently which can increase overall productivity and time to market.

MVC and its variants [8] have also become very popular with Android developers [9] due to its excellent separation of concerns and increased maintainability.

Model-View-Presenter (MVP)

Model-View-Presenter (MVP) pattern was introduced in 1990s and was one of the first alternatives to MVC [10]. MVP has a lot in common with MVC. Similarly, MVP also has 3 entities: Model, View and Presenter.

In MVP, the Model is again responsible for data access and manipulation. The view is dedicated to user interface and presentation logic. Finally, MVP introduces a new concept: Presenter. The presenter acts as an intermediary between the Model and the View. It responds to the user input from the view and updates the Model. At the same time, the Presenter listens to changes in the Model's state and updates the view if necessary [11].

The View in MVP is completely separated from the Model, which is similar to the Apple's version of MVC we mentioned earlier. While MVP is a little more complex than MVC, it offers a better separation of concerns, which makes business logic more testable [11].

Model-View-ViewModel (MVVM)

Model-View-ViewModel (MVVM) architecture was introduced by Microsoft in the early 2000s and was used in Silverlight and WPF [12]. It became prevalent in native app development for both Android and iOS.

MVVM operates with three objects: Model, View and ViewModel. Similarly to MVC and MVP, the Model is responsible for data access, data persistence, and communication. The View is dedicated to the user interface and should not contain any logic. The new object ViewModel is the core of the MVVM pattern, and its place is between Model and View. The view is bound to ViewModel via data binding. The data binding updates the View automatically when ViewModel's state changes. A View can have multiple references to ViewModel. However the ViewModel should not have any dependencies on View. This is a big difference compared to MVC or MVP, where presenter or controller will set view in code [9]. This way MVVM offers even greater separation of concerns and greater testability of ViewModel [11].

Clean Architecture based architectural patterns

Clean Architecture is a layered architectural pattern proposed by Robert C. Martin [13]. This architecture provides an improved separation of concerns by using four concentric layers: Entities, Use Cases, Interface Adapters, Framework and



Drivers.

The central idea behind Clean Architecture is that the inner layers (Entities and Use Cases) are independent of the outer layers. Business logic and core use cases are not tightly coupled to specific UI frameworks, databases, or external services. The dependency flow moves inward, from the outer layers to the inner layers. The inner layers should have no direct dependencies on the outer layers [13]. This separation enables easier testing, maintainability, and adaptability [14].

Naturally, Clean Architecture derived patterns became extremely popular with mobile developers. On iOS the most popular patterns are VIPER [15] and VIP [16]. Android and cross-platform frameworks like Flutter have their own examples of Clean Architecture implementation [17].

Conclusions and future work

In this work, we discussed what is Software Architecture and Quality Attributes for Mobile applications and what are the main styles used in Mobile application development. We discussed the history of architectural styles and patterns and their implications in the modern world.

In the [18] it was described the variability inherent in the design of the software architecture and how that variability argues for the use of measures that are tailored to the context of the specific organization. For instance, different roles seek to have different points of view and therefore different metrics, specifically, there was elaborated on Software Architect and Project Manager roles.

That's also true for different domains – there is no architecture of size-fits-all, no silver bullet, we should carefully integrate our requirements into Quality Attributes and therefore pick the right architecture for the solution.

A more in-depth examination underscores the significance of a comprehensive assessment of mobile software architectures with a focus on their thorough implementation to ensure the robustness of these attributes and more.

Such examination should first of all rely on practical comparison of the different architecture codebases. Furthermore, we have posed an essential research question: Is there a suitable method for selecting the right architecture based on the specific requirements of a given project? As the field of Mobile Application Development continues to expand, there is a growing need for a more in-depth exploration of this topic, particularly concerning the criteria used to evaluate the quality attributes of Mobile Software Architectures.

Literature:

1. Laricchia, F. (2023, September 28). *Global smartphone penetration 2016-2022*. Statista. <https://www.statista.com/statistics/203734/global-smartphone-penetration-per-capita-since-2005/>
2. Clements, P., Kazman, R., & Mark. Klein. *Evaluating Software Architectures: Methods and Case Studies*, Addison Wesley., Dec 6, 2001.
3. Trygve Reenskaug. *The Model-View-Controller (MVC). Its Past and Present* Java Zone, Oslo 18–19 September 2003
4. Bass, L., Clements, P., & Kazman, R. (2003). *Software architecture in practice*. Addison-Wesley Professional.



5. Fowler, M., Rice, D., Foemmel, M., Hieatt, E., Mee, R., Stafford, R. (2002). *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley Professional.
6. Campos, E., Kulesza, U., Coelho, R., Bonifácio, R., & Mariano, L. (2015, April). *Unveiling the architecture and design of android applications*. In *Proceedings of the 17th international conference on enterprise information systems* (Vol. 2, pp. 201-211).
7. Apple Inc. Concepts in Objective-C Programming, Model-View-Controller [Online]. 2012. Available: <https://developer.apple.com/library/content/documentation/General/Conceptual/CocoaEncyclopedia/Model-View-Controller/Model-View-Controller.html>
8. Sokolova, Karina & Lemercier, Marc. (2014). *Towards High Quality Mobile Applications: Android Passive MVC Architecture*. International Journal On Advances in Software 1942-2628. 7. 123 - 138.
9. Lou, T. (2016). *A comparison of Android Native App Architecture MVC , MVP and MVVM*.
10. Potel, Mike. (1996). MVP: Model-View-Presenter The Taligent Programming Model for C++ and Java", Taligent Inc.
11. García, R. F. (2023). *IOS architecture patterns MVC, MVP, MVVM, Viper, and VIP in swift*. Apress. ISBN: 978-1-4842-9069-9
12. J. Grossman, *Introduction to Model/View/ViewModel pattern for building WPF apps*, Microsoft, 8 October 2005. [Online]. Available: <https://blogs.msdn.microsoft.com/johngossman/2005/10/08/introduction-to-modelviewviewmodel-pattern-for-building-wpf-apps/>
13. Martin, R. C. (2017). *Clean Architecture: A Craftsman's Guide to Software Structure and Design*. Boston, MA: Prentice Hall. ISBN: 978-0-13-449416-6
14. D. Bui (2017). *Reactive Programming and Clean Architecture in Android Development*
15. J. Gilbert and C. Stoll. *Architecting ios apps with viper*, objc, vol. 13, 2014. [Online]. Available: <https://www.objc.io/issues/13-architecture/viper/>
16. R. Law, *The Clean Swift Handbook*, 2019. [Online]. Available: <https://clean-swift.com/handbook/>
17. S. Boukhary and E. Colmenares, *A Clean Approach to Flutter Development through the Flutter Clean Architecture Package*, 2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI), Las Vegas, NV, USA, 2019, pp. 1115-1120, doi: 10.1109/CSCI49370.2019.00211.
18. Chastek, Gary J.; Ferguson, Robert W. (2018). *Toward Measures for Software Architectures*. Carnegie Mellon University. Report. <https://doi.org/10.1184/R1/6585371.v1>

Article sent: 20.10.2023

© 2023 Authors



УДК 62-665.3:536.626.2

CALORIMETRIC TECHNIQUE OF DETERMINING THE COMBUSTION HEAT OF FUELS FROM SOLID MUNICIPAL WASTE КАЛОРИМЕТРИЧНА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПАЛИВ З ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Sklyarenko E.V. / Скляренко Є.В.

Ph.d. / к.т.н.

ORCID : 0000-0003-3952-6520

Vorobiov L.Y. / Воробйов Л.Й

D.s.c., s.r. / д.т.н., с.н.с.

ORCID : 0000-0001-7958-6996

SPIN: 6154-2069

*Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine, 2a, M. Kapnist Str., Kyiv
Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, вул. М. Капніст, 2а, Київ*

Анотація. Розглянуті питання утилізації твердих побутових відходів (ТПВ) з виробництвом нових палив на їх основі і запропонована технологія їх виробництва з наперед заданими теплотехнічними характеристиками, зокрема, їх теплоти згоряння. Проведено аналіз існуючих методик визначення теплоти згоряння палив з ТПВ, їх переваг і вад. Калориметричний метод вважається найбільш точним серед них. Показано, що точність визначення теплоти згоряння ТПВ калориметричним методом, в значній мірі, залежить від формування представницької дослідної наважки у відповідності до морфологічного складу вихідних відходів. В роботі розглянута можливість використання бомбових кондуктивних калориметрів для визначення теплоти згоряння ТПВ і запропоновано спосіб підвищення достовірності таких досліджень.

Ключові слова: тверді побутові відходи, морфологічний склад відходів, теплота згоряння палив, досліджувана наважка, калориметрія.

Вступ.

Тверді побутові відходи (ТПВ), об'єми яких постійно зростають, є значним джерелом забруднення навколишнього середовища. Тому проблема їх утилізації і обеззараження є одною з найбільш актуальних задач світу.

Схема поводження з відходами в кожній країні визначається як власними факторами (наявність вільних земель під полігони для захоронення, стан економіки, щільність населення, умови утворення і збирання відходів і ін.), так і міжнародними зобов'язаннями. Наприклад, для України, таким «дороговказом» є Угода про асоціацію з ЄС і розроблена Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 р.

Передовий світовий досвід і прийняті зобов'язання стимулюють до впровадження технологій найбільш ефективної утилізації ТПВ, які наносять мінімальну екологічну шкоду довкіллю, мають низькі капітальні витрати та дозволяють отримати прибуток. Вирішення зазначеної проблеми є доволі актуальною як науковою, так і практичною задачею.

Основний матеріал.

Тверді побутові відходи (ТПВ) – це відходи, які утворюються в процесі життєдіяльності людини, є непридатними до подальшого використання і потребують утилізації, знешкодження та захоронення.



Однак, ефективна утилізація ТПВ є складною справою, оскільки потребує спеціальної техніки і технології. Складність утилізації ТПВ, в значній мірі, обумовлена широким морфологічним складом та низькими теплотехнічними характеристиками цих компонентів (табл.1) [1]. Проблема ускладнюється ще й тим, що кількісні і якісні характеристики ТПВ не є сталими, а постійно змінюються, в залежності від країни, населеного пункту, умов життя населення, пори року, погодних умов та інших факторів їх утворення і збору [1,2,3,4]. Тому різні літературні джерела часто надають відмінні між собою дані про склад та характеристики ТПВ.

Так, наприклад, в [4] наведено усереднені дані Шостого національного повідомлення України з питань зміни клімату діапазонів зміни морфологічного складу ТПВ: харчові відходи — від 35 до 50%, папір та картон — від 10 до 15%, вторинні полімери (пластмаса, ПЕТФ пляшки, полімерна плівка, Тетра Пак упаковка) — від 9 до 13%, скло — від 8 до 10%, чорні та кольорові метали — 2%, текстильні матеріали — від 4 до 6%, деревина — 1%, будівельне сміття — 5%, інші відходи (листя, гігієнічні засоби, кістки, шкіра, гума, комбіновані відходи, небезпечні відходи тощо) — 10%. Частка відходів з органічною складовою — від 60 до 85%.

Зміна ж морфологічного складу призводить до зміни елементарного складу відходів, і як наслідок, до зміни їх теплоти згоряння, що є основною енергетичною характеристикою відходів.

Таблиця 1 - Теплотехнічні характеристики складових ТПВ [1]

Компоненти ТПВ	Середній склад ТПВ, % по масі	Хімічний склад, %							Вихід летких, % на горючу масу	Q_H , МДж/кг
		C ^p	H ^p	O ^p	N ^p	S ^p	A ^p	W ^p		
Папір	34	27,8	3,7	28,3	0,16	0,14	15	25	79,0	9,49
Харчові	35	12,6	1,8	8,0	0,95	0,15	4,5	72,0	65,2	3,43
Текстиль	4,5	39,4	4,5	23,2	3,4	1,1	8,0	20,0	84,0	15,72
Деревина	3	40,5	4,8	33,8	0,1	-	0,8	20,0	67,9	14,46
Шкіра, гума	2,5	65,0	5,0	12,6	0,2	0,6	11,6	5,0	49,0	25,8
Пластмаса	1,5	55,1	7,6	17,5	0,9	0,3	10,6	-	89,0	24,37
Відсів < 15 мм	5,5	13,9	1,9	14,1	-	0,1	50,0	20,0	54,0	4,6
Зола, шлак		25,2	0,45	0,7	-	0,45	63,2	10,0	2,7	8,65
Інші відходи	0,5	47,0	5,3	22,7	0,1	0,2	11,7	8,0	60,2	18,14
Кістки, метал, скло, каміння	13,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Так, в [5] зазначається, що наприклад, в Японії, лише за останні роки, середня теплота згоряння міського сміття, збільшилась майже у двічі з 3300 – 4200 до 6300 – 7150 кДж/кг).

Аналіз світового досвіду показує, що утилізація ТПВ здійснюється в трьох основних напрямках:



- повторне використання складових ТПВ, чи їх переробка з отриманням нових корисних продуктів і палив;
- термохімічна конверсія (спалювання, газифікація, піроліз) та інші методи утилізації (біологічні, хімічні, фізико-хімічні і ін.);
- захоронення на полігонах.

На практиці, найбільш оптимальним є комплексний підхід, що передбачає роздільний збір і сортування ТПВ та наступну термохімічну конверсію (переробку) лише тих відходів, які не можуть бути ефективно перероблені іншими методами.

Враховуючи недоліки полігонного захоронення ТПВ, а також дефіцит і постійне зростання цін на традиційні викопні палива, установки термічної утилізації ТПВ набули широкого поширення. На сьогодні, в розвинутих країнах світу, експлуатується тисячі сміттєспалювальних установок і їх число постійно зростатиме. На більшості цих установок виробляється тепла і електрична енергія, що суттєво зменшує вартість утилізації відходів і є певним вкладом в енергетику країни. Наприклад, в країнах ЄС до 98% ТПВ обробляється, і до 30% спалюється з генерацією енергії. Зокрема, для генерації енергії, в Фінляндії використовується приблизно 10% побутових відходів, в Німеччині – 25%, Швеції – 30%, Данії – 45%, Швейцарії – 55% [6]. А в Японії, взагалі спалюють більше 80% міського сміття, з якого 25 -30% з генерацією енергії і лише до 3% захоронюють, або використовують як добриво [7].

В Україні ж, за даними наведеними в [8], при щорічних обсягах збирання ТПВ в межах 11—12 млн. т., лише до 6% переробляється і утилізується, а всього до 2% спалюється з генерацією теплової та електричної енергії.

Тобто, основна маса ТПВ в Україні вивозиться на спеціально обладнані чи стихійні звалища, а це потребує значних земельних площ і транспортних витрат. Поряд з цим, екологічний і санітарний стан цих полігонів, призводить до суттєвого забруднення довкілля (землі, повітря, поверхневих та ґрунтових вод). Якраз екологічний чинник і є, відповідно до Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030р, основним фактором заборони утворення нових звалищ, зменшення об'ємів захоронення ТПВ на цих полігонах до рівня 30% в 2030 р, а також збільшення кількості стаціонарних установок для термічної їх утилізації (піролізу, газифікації чи прямого спалювання).

Серед термічних методів утилізації побутових відходів, найбільшого поширення набули процеси прямого спалювання ТПВ без підготовки і з підсвіткою газом чи мазутом. При цьому, згідно практичного досвіду, процесам прямого спалювання найбільш доцільно піддавати ТПВ з вологістю 20-40%, середньою зольністю до 25% і теплотою згоряння не нижче 6 МДж/кг.

Інша технологія - це спалювання ТПВ з попередньою термохімічною переробкою і без підсвітки іншим паливом. Така технологія є більш вартісною, оскільки передбачає попереднє сортування і відбір компонентів які придатні для подальшого використання, а також вилучення шкідливих компонентів. Не дивлячись на це, вона вважається більш перспективною, оскільки частина органіки відходів, може бути використана для виробництва компосту після,



наприклад, анаеробної ферментації і виробництва горючого газу, а з решти відходів, підданих сушінню, подрібненню та пресуванню виробляють гранульоване паливо (у вигляді гранул чи брикетів). Енергетична щільність нових палив і їх ефективність застосування, в значній мірі, залежить від вихідного морфологічного складу ТПВ.

Традиційно тверде паливо з побутових відходів розділяють на дві групи - RDF (Refuse Derived Fuel) та SRF (Solid Recovered Fuel). Головна відмінність між ними у тому, наскільки очищений та оброблений кінцевий продукт. SRF - це більш трудомісткий процес, але матеріал, що отримується в результаті, дуже добре підходить для використання в якості палива в промисловості. З іншого боку, RDF менш очищений і зазвичай не такий ефективний, як паливо.

RDF (Refuse Derived Fuel) — це органічне паливо, у вигляді пилу, порошку, гранул, брикетів чи суспензій, отримане при видаленні вторинної сировини та негорючих матеріалів із ТПВ. RDF є загальним терміном, що використовується для змішаних відходів, склад яких, характеристики та властивості не є повністю відомими. Теплота згоряння таких палив, в залежності від морфологічного складу вихідних ТПВ, може складати до 14 МДж/кг.

SRF (Solid Recovered Fuel) — це більш якісне тверде паливо, отримане з ТПВ після сортування та сушіння із застосуванням для вироблення палива безпечних матеріалів з високою теплотою згоряння. Теплота згоряння таких палив зазвичай становить більше 15 МДж/ кг.

В той же час сучасні нормативні документи, наприклад ДСТУ EN 15359:2018 [9], розглядають тверде паливо з ТПВ тільки як SRF, розділяючи його на п'ять класів в залежності від вищої теплоти згоряння та вмісту хлору і ртуті.

Таблиця 2 - Класифікація SRF згідно з EN 15359:2011 [9]

Класифікаційний параметр	Статистична міра	Одиниці вимірювання	Класи				
			1	2	3	4	5
Вища робоча теплота згорання	Середнє значення	МДж/кг	>25,0	>20,0	>15,0	>10,0	>3,0
Хлор (Cl)	Середнє значення	% (на суху масу)	<0,2	<0,6	<1,0	<1,5	<3,0
Ртуть (Hg)	Середнє значення	мг/МДж	<0,02	<0,03	<0,08	<0,15	<0,50

Крім того за бажанням виробника або за вимогою споживача можуть визначатися вміст важких металів або інших забруднюючих речовин.

В останні роки, серед таких технологій, широкого поширення набула технологія «Waste-to-Energy» або WtoE. Вона передбачає виробництво теплової і електричної енергії при використанні палив RDF/SRF з побутових і промислових відходів. При цьому, економляться традиційні викопні палива та зменшуються шкідливі викиди у навколишнє середовище.

Наприклад, за технологією фірми PLM Miljoteknik (Швеція) [10], легкі фракції (папір, текстиль, пластмаса і ін.), які складають 10 -15% вихідних відходів, після зменшення їх вологості з 30 до 15%, пресують під великим



тиском, в паливні брикети Brini Fuel. Їх теплота згоряння біля 16,7 МДж/кг, при щільності, приблизно, 450 кг/м³.

У Франції широкого поширення набув технологічний процес підготовки сміття до його спалювання у вигляді гранул Combor [11]. Технологія передбачає сортування, подрібнення, сепарацію, сушку за рахунок спалювання частини ТПВ і гранулювання решти (40%) відходів. Гранули мають форму циліндрів діаметром 12 – 16 мм і довжину 20 – 70 мм. Теплота згоряння гранул складає 15,1 МДж/кг, при вологості 10% і зольності 15 – 20%.

Спалювання палив з ТПВ відбувається в котлах, печах чи спеціальних установках. Найбільш поширеним способом спалювання таких палив є їх спалювання в суміші з іншим паливом (вугіллям, мазутом, газом) [12,13,14,15]. Поряд з економією традиційних палив і зменшення шкідливих викидів в атмосферу, спалювання такої суміші дозволяє уникати значного нагару і корозії поверхонь нагріву. Так в [13] зазначається, що при спалюванні суміші з 50% брикетів і 50% вугілля швидкість корозії поверхонь нагріву в 10 – 30 разів менша, ніж при використанні одних брикетів.

Переробка ТПВ в гранули і брикети та їх використання, крім енергетичних і екологічних зисків, дозволяє отримати і інші переваги. Це транспортабельність, що дозволяє використовувати їх на відстані від місць виробництва, а також можливість безпечного складування і довготривалого зберігання таких палив.

При виробництві твердих палив з ТПВ, більшість технологій функціонують за принциповою схемою приведеною на рис.1, які включають процеси: сортування з магнітною сепарацією і повітряною класифікацією, подрібнення, сушіння, брикетування та складування.



Рисунок 1 - Традиційна схема технології виробництва гранульованих палив з міських побутових відходів

Вибір методів утилізації ТПВ з виділенням вторинної сировини та використанням енергетичного потенціалу нових палив повинен базуватися на адекватних даних про їх склад і основні теплотехнічні характеристики (вологість, зольність і теплота згоряння), що потребує відповідних досліджень в процесі сертифікації цих палив.

Розглянута технологічна схема передбачає визначення теплотехнічних характеристик палива після факту його виготовлення. А враховуючи широкий і змінний морфологічний склад вихідних ТПВ, можна стверджувати, що теплота згоряння таких палив буде також змінюватись в широких межах, причому



теплота згоряння не може корегуватись (підвищуватись) при потребі.

Для вирішення даної проблеми пропонується технологію утилізації ТПВ і виготовлення гранульованих палив здійснювати за схемою, наведеною на рис.2.



Рис.2 Принципова схема утилізації твердих побутових відходів з виробництвом палив з наперед заданими теплотехнічними характеристиками

На відміну від технології приведеної на рис.1, в запропонованій технології додатково вводиться змішувальна камера, де відбувається змішування вихідної суміші ТПВ з додатковими високоенергетичними інгредієнтами (відходи вуглезбагачення, нафтопереробки, біомаса, торф і ін.). Тобто, технологія дозволяє виробляти композитне паливо з наперед заданими теплотехнічними характеристиками, при цьому теплоту згоряння вихідної суміші ТПВ пропонується досліджувати після камери сушіння.

Отримана інформація дозволяє аналітично визначити кількість необхідних додаткових інгредієнтів які мають більшу енергетичну щільність. При цьому кількісні співвідношення вихідних ТПВ і додаткових компонентів підбираються на основі попереднього визначення їх теплоти згоряння і планових теплотехнічних характеристик кінцевого продукту Тобто теплоту згоряння проектного палива визначають як суму теплоти згоряння відходів ТПВ і додаткові інгредієнтів з їх ваговими коефіцієнтами, які пропорційні часткам цих компонентів у суміші [16,17,18]. Теплоту згоряння кожного з додаткових компонентів визначають, або за результатами окремих калориметричних досліджень або за літературними даними.

Метою даної роботи є розгляд різних методик визначення теплоти згоряння палив з твердих побутових відходів та обґрунтування ефективності калориметричного методу.

Теплота згоряння, як основна характеристика енергетичного потенціалу палива, є кількістю тепла (ккал, МДж), що виділяється при повному його згорянні на одиницю маси або об'єму (1кг; 1м³). Для аналізу палива і для виконання різних теплотехнічних розрахунків використовують значення вищої



і нижчої теплоти згоряння. Нижча теплота згоряння відрізняється від вищої витратами тепла на випаровування води (яка міститься у вихідному паливі і утвореній в процесі його згоряння).

Визначенню теплоти згоряння ТПВ та палив з них присвячено багато досліджень. Традиційно, теплоту згоряння палив визначають аналітичним чи експериментальним методом.

Серед відомих методів аналітичного визначення теплоти згоряння широкого поширення набули розрахунки за елементарним складом горючої частини і баласту робочої маси палива. Для цього використовують ряд емпіричних формул, серед яких доволі поширеною є формула Д.І.Менделєєва [4], яка має вигляд:

$$Q^P_H = 339,13 \cdot C^P + 1029,95 \cdot H^P - 108,86 (O^P - S^P) - 25,12 \cdot W^P, \text{ кДж/кг} \quad (1)$$

$$\text{або } O^P_H = 81 \cdot C^P + 246 \cdot H^P - 26 (O^P - S^P) - 6 \cdot W^P, \text{ ккал/кг},$$

де: C^P , H^P , O^P , S^P – елементарні складові твердого палива, визначені в процесі технічного і елементарного аналізу, % по масі; W^P – вихідна вологість палива, %.

Практика показує, що точність розрахунку теплоти згоряння палива по емпіричним формулам, в значній мірі залежить від точності визначення елементарного складу палива, що пов'язано з складністю проведення хімічного аналізу. Відносно ТПВ, це також ускладнюється і в силу їх широкого та змінного морфологічного складу.

Разом з тим, дані детального дослідження морфологічного складу ТПВ, можуть бути покладені в основу методик визначення їх основних теплотехнічних характеристик, необхідних для оцінки енергетичного потенціалу і вибору методів їх ефективної утилізації.

З одного боку, перевагою таких методик, є спрощення і скорочення експериментальних досліджень при отриманні середніх показників теплотехнічних характеристик відходів без застосування вартісного високотехнологічного аналітичного обладнання.

З іншого боку, проблемою при дослідженні ТПВ, є складність формування проб релевантних реальному морфологічному складу, що має важливе значення для забезпечення якості і точності результатів досліджень. Враховуючи те, що досліджувані проби відбираються значно більшої маси, ніж проби які використовуються в лабораторних методах, дещо зменшуються зусилля та похибки при їх формуванні.

Потреба у визначенні орієнтовних значень теплоти згоряння ТПВ, в ході їх промислової утилізації, часто стимулює до застосування експрес методів аналітичного спрямування, з використанням емпіричних формул, які нівелюють проблеми викликані морфологічним складом відходів. Так, ряд методик визначення теплоти згоряння, базується на основі лише даних технічного аналізу (вмісту води, золи, виходу коксу та летких продуктів в перерахунку на горючу масу палива) [4].

Наприклад, в [19] приведена формула визначення нижчої робочої теплоти згоряння ТПВ лише за даними технічного аналізу їх вологості і зольності.



$$Q_H^P = 4600 - 4A^P - 51,85 W^P \quad (2)$$

де: Q_H^P - нижча теплота згоряння ТПВ на робочу масу, кДж/кг;

A^P – зольність ТПВ на робочу масу, мас.%;

W^P - вологість ТПВ, мас.%

Як показує порівняння результатів розрахунків теплоти згоряння ТПВ по формулі (2) з даними наведеними в таблиці 3, їх значення є значно заниженими, що можна віднести на недостатню точність визначення морфологічного складу ТПВ і нижчої теплоти згоряння на суху масу компонентів.

Ряд методик [16,17,20] передбачає визначення теплоти згоряння різних композитних палив та ТПВ, виходячи з реального їх морфологічного складу. Для цього використовують довідкові дані складових цих палив, чи дані отримані в ході власних досліджень. І загальна формула щодо визначення теплоти згоряння таких палив, наприклад ТПВ, має вигляд:

$$Q_H^P = \sum_{i=1}^n \frac{Q_H^{pi} \times C_i}{100} \quad (3)$$

де: Q_H^P - нижча теплота згоряння ТПВ на робочу масу, кДж/кг; Q_H^{pi} - нижча теплота згоряння на робочу масу i -го компоненту ТПВ, кДж/кг; C_i - вміст i -го компоненту ТПВ в загальній масі ТПВ, мас.%.

При видимій простоті методики, точність розрахунків, в значній мірі буде також залежати від повноти визначення реального морфологічного складу ТПВ і реальних характеристик цих компонентів.

Для спрощення і зменшення об'ємів розрахунків ряд методик [21] передбачає розділення морфологічного складу ТПВ на компонентні групи (папір, текстиль, пластмаса, метал, інші неорганічні матеріали і харчові відходи), визначення їх масової долі в загальній масі відходів та їх середніх теплотехнічних характеристик.

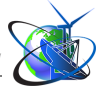
Наприклад, в [22] запропонована наступна формула розрахунку нижчої теплоти згоряння ТПВ:

$$Q_H^P = 4,186 \times [(95F_{\text{пол}} + 40F_{\text{орг}} + 40F_{\text{мак}} + 44F_{\text{дер,тек}})(1 - W/100) - 14W] \quad (4)$$

де: Q_H^P — нижча теплота згоряння ТПВ на робочу масу, кДж/кг; $F_{\text{пол}}$ – загальний вміст полімерів, мас.%; $F_{\text{орг}}$ – загальний вміст органічних відходів (харчових і рослинних), мас.%; $F_{\text{мак}}$ – загальний вміст макулатури, мас.%; $F_{\text{дер,тек}}$ – загальний вміст деревини і текстилю, мас.%; W – загальна вологість відходів, мас.%.

Таким чином і в вище розглянутій методиці, точність визначення теплоти згоряння ТПВ, також залежить від морфології відходів, їх компонентного складу.

Для спрощення експериментального дослідження ТПВ в роботі [23] розглянута методика інтегрального визначення енергетичного потенціалу змішаних твердих побутових відходів усереднених за сезонами року, при їх вологості в стані поставки та повітряно–сухому стані. Експерименти проводились на лабораторному стенді, до складу якого входив блок подачі газу для підсвічування (пропан–бутанова суміш), водогрійного котла потужністю 12,5кВт (в якості проточного водяного калориметра), системи відводу



продуктів згоряння та контрольно–вимірювального обладнання.

Установка розігрівалась при допомозі газової підсвітки. Після встановлення визначеного температурного режиму в топці котла газ відключався, а в топку подавалась визначена наважка палива для спалювання. Процес спалювання визначеної наважки ТПВ тривав до загасання процесу та повного охолодження топки (температура води $t_{\text{вх\iд}} = t_{\text{вих\iд}}$).

В ході досліджень вимірювались витрати та температура води на вході і виході охолоджувального контуру котла, а також параметри газів (витрати, температура, склад), що видаляються з котла.

За отриманими даними і довідковими даними літературних джерел проводився розрахунок кількості теплоти, що виділилась при згорянні досліджуваної наважки ТПВ. В даній методиці, крім складності формування досліджуваних проб релевантних реальному морфологічному стану вихідних ТПВ, на точність визначення теплоти згоряння вихідного палива значний вплив мають і ряд інших факторів. Це точність визначення: теплоти згоряння підсвітного газу, витрат і елементарного складу продуктів згоряння та їх теплотехнічні характеристики, витрат охолоджуючого теплоносія і його характеристик, втрат теплоти в навколишнє середовище і ін. Крім того, тривалість проведення експерименту значною мірою ускладнює дослідження.

Як показує практика, використання розглянутих методик, в тій чи іншій мірі, потребує використання калориметричного методу визначення теплотехнічних характеристик досліджуваних палив і його компонентів, як більш точного методу.

Проведений аналіз показує, що експериментальні дослідження теплоти згоряння ТПВ та палив з них, в більшості випадків базуються на калориметричних методах які регламентуються стандартом EN15400 [24].

Даний стандарт поширюється на тверде паливо з побутових відходів і установлює метод визначення вищої теплоти згоряння при постійному об'ємі та стандартній температурі (25°C) в калориметричній установці, а також спосіб розрахунку нижчої теплоти згоряння при постійному тиску.

Загальна сутність методу визначення вищої теплоти згоряння при постійному об'ємі, полягає в повному згорянні наважки твердого палива в атмосфері стисненого кисню ($3 \pm 0,2$) МПа, в герметично закритій металевій посудині - калориметричній бомбі і реєстрації виділеної теплоти. Для цього використовують різні типи автоматизованих водяних або безводних калориметрів, серед яких, в останні роки, широкого застосування набули бомбові калориметри теплового потоку або кондуктивні калориметри [25], які дозволяють спростити і пришвидшити процедуру вимірювання.

Так в ІТТФ НАН України впродовж ряду років розробляються кондуктивні калориметри марки КТС, які побудовані на базі термоелектричних перетворювачів теплового потоку [26]. Калориметр дозволяє вимірювати вищу теплоту згоряння рідких та твердих палив.

На рис. 3 представлено вимірювальний комплекс, на базі бомбового анероїдного ізоперіболічного калориметра теплового потоку, до складу якого входять: тепловий блок (1), електронно – обчислювальний блок (2), дві



універсальні калориметричні бомби БКУ – 2 (3), підставка для бомб (4) та прес для виготовлення проб (5). Для термостатування теплового блоку (1), щодо стандартних умов проведення досліджень (температура 25°C), його розміщують в холодильній камері.

Основні технічні характеристики КТС – 4:

- діапазон вимірювання кількості теплоти 10...40 кДж;
- границі допустимої основної відносної похибки $\pm 0,1\%$;
- час підготовки до вимірювань, не більше 1,5 год.;
- час проведення вимірювань 0,5 год.

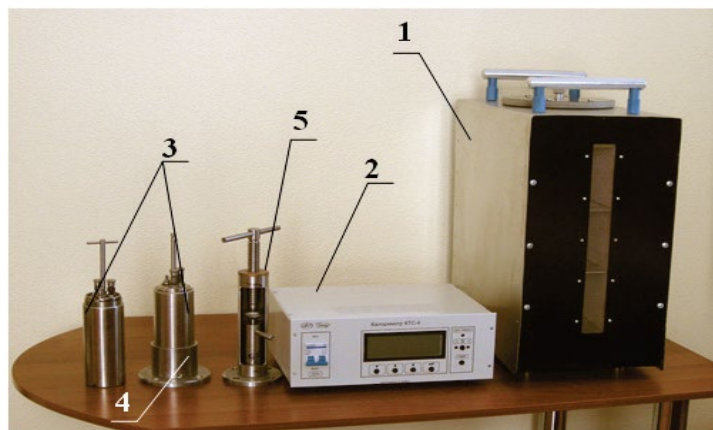


Рисунок 3 - Вимірювальний комплекс для визначення теплоти згоряння палив.

Методика визначення вищої теплоти згоряння ТПВ чи палив з них, при використанні даного вимірювального комплексу, полягає в наступному:

1. Для проведення калориметричних досліджень ТПВ необхідно, в першу чергу, провести відбір проб палива, що регламентується стандартом EN15442 [27]. Складність цієї процедури визначається широким морфологічним і фракційним складом відходів, різною їх вологістю та зольністю. Для цього із вибраної партії палива з ТПВ відбираються точкові проби (мінімальне число точкових проб – 24), які при змішуванні формують об'єднану пробу. Мінімальні розміри точкових та об'єднаної проб визначаються в залежності від розмірів частинок палива, насипної густини та розмірів об'єкту, з якого відбирається проба. Після подрібнення і гомогенізації з частини об'єднаної проби визначають вологість (EN15414) [28] та зольність (EN15403) [29] вихідного палива, в стані поставки.

Із іншої частини об'єднаної проби, шляхом її скорочення, подрібнення, гомогенізації і конденціювання формується лабораторна проба (EN15443) [30], для подальших досліджень (вологості, зольності, теплоти згоряння). Стандарт визначає послідовність проведення операцій обробки проби (це сукупність процесів скорочення маси проби, подрібнення і її розділення). Метою підготовки проби є її скорочення до однієї чи більше досліджуваних частин, які переважно менші, ніж вихідна проба. Але головний принцип скорочення проби полягає в тому, що склад відібраної проби не може бути змінений у ході кожної наступної стадії пробопідготовки і кожна скорочена проба має характеризувати



вихідну пробу. Для досягнення цієї мети кожна частка проби повинна мати рівну ймовірність потрапити до частини проби, що зберігається і після зменшення маси під час скорочення. Подрібнення проби проводять за допомогою різних типів млинів та дробарок, а зменшення проби за допомогою пристроїв - дільників або вручну, методом квартування. Сформована проба повинна пройти кондиціювання в лабораторних умовах, тобто пройти витримку у тонкому шарі впродовж двох діб до досягнення рівноважної повітряно-сухої вологості.

2. При подальшому розділенні, гомогенізації, а при потребі і додатковому подрібненні лабораторної проби, формується аналітична проба для подальших досліджень. При цьому, для отримання релевантного результату вимірювань необхідно забезпечити властивості кожної дослідної наважки такими, що відповідають усередненим значенням вихідного палива. Підготовка проби проводиться згідно стандарту EN 15413:2011 [31].

Методика визначення вологості полягає у зважуванні зразка досліджуваного матеріалу, сушінні його при температурі $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$ до постійної маси та зважуванні сухого зразка. За знайденими масами вологого та абсолютно сухого зразка визначають відносну вологість. Розрахунок вологості W проводять за формулою:

$$W = \frac{m_1}{m} 100 \quad (5)$$

m_1 – зміна маси наважки зразка під час сушіння; m – початкова маса наважки зразка.

Паралельно проводять вимірювання не менше ніж на двох наважках зразка, а за результат приймається середнє двох вимірювань.

Зольність зразка визначається методом повільного озолення наважки зразка шляхом нагріву його в тиглі у муфельній печі на протязі 60 хвилин, від кімнатної температури до 500°C , витримці на цій температурі протягом 60 хвилин, а потім нагріву до $(815 \pm 10)^\circ\text{C}$ і витримці при цій температурі протягом 120 хвилин. Після цього тиглі виймають з печі, охолоджують 5 хвилин на керамічній або металевій підставці, а потім у закритому ексікаторі до кімнатної температури та зважують.

Розрахунок зольності аналітичної проби проводять за формулою:

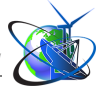
$$Z_a = 100 \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \quad (6)$$

де: m_1 – маса тигля; m_2 – маса тигля з наважкою; m_3 – маса тигля з золою.

Паралельно проводять вимірювання не менше ніж на двох наважках зразка, а за результат приймається середнє значення вимірювань. Зольність при довільній робочій вологості W^p визначається за формулою:

$$Z^p = Z^a \frac{100 - W^p}{100 - W^a} \quad (7)$$

Для визначення вологості та зольності зразків використовувалися ваги аналітичні лабораторні з межою допустимої похибки $\pm 0,1\text{ мг}$ (наприклад, ваги А500 фірми AXIS), шафа сушильна лабораторна (наприклад, СНОЛ -3,5) та піч муфельна.



3. Визначення теплоти згоряння проводиться за методикою, наведеною в EN 15400:2011 [2], для чого з аналітичної проби формується дослідна наважка. Отримання такої наважки досягається в процесі низки послідовних, ретельно проведених операцій (гомогенізації, розділення, подрібнення, змішування і ділення проби). Складність отримання такої представницької дослідної наважки полягає і в тому, що для калориметричного дослідження вона повинна становити в межах $(1,0 \pm 0,1)$ г.

Зразки насипних речовин брикетують за допомогою технологічного обладнання, або використовують, наприклад, паперову упаковку з відомою теплою згоряння. Зважують окремо упаковку і спеціальний запальний дріт, а також зразок в комплексі.

Для зважування проби зразка, запального дроту, упаковки вагою менше 0,5г використовують ваги аналітичні лабораторні з межою допустимої похибки $\pm 0,01$ мг.

4. На початку в бомбу додають визначений об'єм (з розрахунку 3г на 1дм^3 внутрішнього об'єму бомби) дистильованої води, щоб ще до спалювання створити газову атмосферу, насичену водяними парами. Це сприяє повній конденсації води, яка утворюється з водню і вологи проби зразка (рідка фаза продуктів згоряння).

Зразок, з дротом запалу, розміщують у тиглі калориметричної бомби, яку заповнюють киснем під тиском $(3,0 \pm 0,2)$ МПа. Бомбу установлюють в калориметр. Після встановлення необхідного теплового режиму зразок досліджуваного палива підпалюють і вимірюють кількість теплоти, що виділяється при згорянні. В кінці досліду проводять аналіз повноти згоряння і зважують залишки запального дроту. Згідно стандарту проводять щонайменше два досліди вимірювання теплоти згоряння і результат визначають як середнє значення. Проте при визначенні теплоти згоряння, внаслідок неоднорідності проб, може спостерігатися значна розбіжність результатів дослідів, що перевищує заданий рівень.

Практичний досвід досліджень теплотехнічних характеристик композитних палив [16,17,18] показав, що одним з дієвих способів підвищення точності вимірювань і зменшення похибки дослідження є збільшення кількості вимірювань, а значення вищої теплоти згоряння визначати за середнім значенням вимірювань. Аналогічний спосіб пропонується і для визначення теплоти згоряння твердих побутових відходів.

5. Питома теплота згоряння аналітичної проби в бомбі q_b розраховується за формулою (8), з врахуванням виділення тепла при згорянні частини запального дроту і упаковки:

$$q_b = [Q_p - q_{др}(m_1 - m_2) - q_{уп} m_{уп}] / m_{зр} \quad (8)$$

де: Q_p – виміряна теплота згоряння проби палива, Дж;

$q_{др} = 2510$ Дж/г – питома теплота згоряння запального дроту;

m_1, m_2 – маси запального дроту до та після згоряння;

$q_{уп} = 15627$ Дж/г – питома теплота згоряння паперової упаковки;

$m_{уп}$ – маса упаковки з паперу; $m_{зр}$ – маса зразка палива.



На підставі проведених випробувань і розрахунків теплоти згоряння аналітичної проби палива в бомбі, проводяться розрахунки вищої і нижчої аналітичної, сухої і робочої проби із врахуванням поправок на створення та розчинення азотної кислоти, яка визначена при градуванні калориметра.

Крім того, при розрахунках вищої теплоти згоряння вводять також поправку на теплоту утворення водного розчину сірчаної кислоти з діоксиду сірки і рідкої води.

Вища теплота згоряння аналітичної проби з врахуванням поправок на створення та розчинення кислот розраховується за формулою:

$$q^a_B = q_6 - (94 \cdot S + \alpha \cdot q_6) (\text{кДж/кг}), \quad (9)$$

де 94 – коефіцієнт, що враховує теплоту утворення сірчаної кислоти з діоксиду сірки та розчинення сірчаної кислоти у воді на 1% сірки, що перейшла при згорянні палива в сірчану кислоту, кДж/кг;

S – масова доля сірки в паливі, %;

αq_6 – поправка, що враховує теплоту утворення та розчинення у воді азотної кислоти, прийнято $\alpha q_6 = 29$ кДж/кг.

Вміст сірки в аналітичній пробі розраховується за формулою:

$$S^a = S^c \frac{100 - W^a}{100} \quad (10)$$

Вміст сірки S^c на суху масу приймають виходячи з даних вимірювань або технічної літератури.

Нижча теплота згоряння аналітичної проби розраховується за формулою :

$$q^a_H = q^a_B - 24,42(8,94H^a + W^a) (\text{кДж / кг}) \quad (11)$$

В абсолютно сухому стані вища теплота згоряння складає:

$$q^c_B = q^a_B \frac{100}{100 - W^a} \quad (12)$$

В абсолютно сухому стані нижча теплота згоряння складає:

$$q^c_H = q^c_B - 24,42 \times 8,94H^c (\text{кДж / кг}) \quad (13)$$

При довільній робочій вологості W^p , розрахунки проводяться за формулами:

- вища теплота згоряння:

$$q^p_B = q^c_B \frac{100 - W^p}{100} (\text{кДж/кг}) \quad (14)$$

- вміст водню:

$$H^p = H^c \frac{100 - W^c}{100} \quad (15)$$

- нижча теплота згоряння:

$$q^p_H = q^p_B - 24,42(8,94H^p + W^p) (\text{кДж/кг}) \quad (16)$$

Значення вмісту водню, сірки та азоту для визначення поправок при обробці експериментальних даних, використовуються результати окремих вимірювань або дані технічної літератури. Результати вимірювань оформлюють у вигляді протоколу із зазначенням всіх відомих параметрів дослідженого зразка палива.



Висновки.

Запропонована методика контролю теплотехнічних характеристик палив з ТПВ при виробництві перед їх пресуванням, дозволить отримати кінцевий продукт з більш високими наперед заданими теплотехнічними характеристиками, що значно підвищить ефективність утилізації ТПВ і використання їх енергетичного потенціалу для генерації енергії.

Для підвищення точності визначення значень теплоти згоряння палива при калориметричних дослідженнях, необхідно ретельно проводити процес формування дослідної наважки, що включає: представницький відбір, подрібнення та перемішування у кілька стадій, зменшення обсягу та кондиціювання. У разі розбіжності результатів двох дослідів визначення теплоти згоряння на декілька відсотків рекомендується проводити 5...7 дослідів і визначати теплоту згоряння як середньоарифметичне значення вимірювань, та розраховувати середньоквадратичне відхилення як оцінку неоднорідності.

Література

1. Гольстрем В.А., Кузнецов Ю.Л. Справочник по экономии топливно – энергетических ресурсов. – К.: Техніка, 1985. – С.384.
2. O. Sigal, Q. Boulanger, L. Vorobiov, N. Pavliuk N., R. Serhiienko. Research of the energy characteristics of municipal solid waste in Cherkassy. Journal of Engineering Sciences. Sumy: Sumy State University, 2018. Vol. 5, Is. 1. P. H16-H22.
3. Rajca, P.; Skibinski, A.; Biniek-Poskart, A.; Zajemska, M. Review of Selected Determinants Affecting Use of Municipal Waste for Energy Purposes. Energies 2022, 15, 9057. – p. 17.
4. Равич М.Б. Топливо и эффективность его использования. Изд – во «Наука», 1971. – С.358.
5. Waste disposal – waste for the production of energy. Evemi Philip. «Wastes Manag.». 1985, 75. №8, p.430 – 444.
6. Гладунцов А.И. и др. Эффект энергоиспользования в народном хозяйстве Москвы. М., 1982, с.73 – 79.
7. Peterson Ch. Japanese, Europeans lead in waste – to – energy incineration. «World Wastes», 1985, 28, №6, p.32 – 33.
8. Буляндра О., Гапонович Л., Голенко І., Топал О. Перспективи використання палива з твердих побутових відходів на ТЕЦ цукрових заводів. Наукові праці НУХТ 2020. Том 26, №3.
9. ДСТУ EN 15359:2018 Тверде відновлювальне паливо. Технічні характеристики та класи (EN 15359:2011. IDT).
10. Energia dai rifiuti. Gernuschi Giovanni Battista. «AES», 1985. 7, №3. P.5-8
11. Fabrication de granules combustibles a partir d'ordures E.L.menageres. «Techn.energ.», 1981, №52, p.50 – 51.
12. Иидзима Риндзо. Получение RDF из бытовых отходов в США. «Хай – кибуцу», 1982. 8, №4, p.81 -87.
13. Porteous A. Municipal waste derived fuels, production combustion and environmental aspects. «J. Heat Recov. Syst.», 1984, 4, №5, p.317 – 322.
14. Porteous A. Municipal waste derived fuels. Production, combustion and



environmental aspects. «Energy Ecjn. And Manag. Ind. Proc. Eur. Congr., Algarve, 2-5 Apr., 1984. Vol.1». Oxford e.a., 1985, h.103 – 111.

15. Peterson Ch. Municipal solid waste for energy a technology review., Givonetti Raymond. «Energy Technol. 11:Appl. And Econ. Proc. 11th Energy Technol. Conf., Washington, D.C.,19 – 21 Varch,1984». Rockville, Md, 1984, p.1337 – 1356.

16. Склярєнко Є.В., Воробйов Л.Й. Калориметричний аналіз композитних палив з біомаси на основі соломи пшениці. The scientific heritage No 32, vol.1,(2019)p.38-43.

17. Склярєнко Є. В., Воробйов Л.Й. Теплотехнічний аналіз палив з біомаси. Modern engineering and innovative technologies. 2019, №08-2. - С.19-30.

18. Воробьев Л.И., Грабов Л.Н., Декуша Л.В., Назаренко О.А., Шматок А.И.. Определение теплотворной способности биотопливных смесей. Промышленная теплотехника –К., 2011. – Т. 33, №4 – С. 87-93.

19. Рекомендации по проектированию и эксплуатации заводов по сжиганию твердых бытовых отходов/Акад. ком. хоз-ва им. К.Д. Памфилова.- М., 1987.- 61 с.

20. Ильиных Г.В. Оценка теплотехнических свойств твердых бытовых отходов исходя из их морфологического состава. Вестник ПНИПУ. Урбанистика. 2013, №3. - С. 125 – 137.

21. Тугов А.Н. Исследование процессов и технологий энергетической утилизации бытовых отходов для разработки отечественной ТЭС на ТБО: автореф. дис. д-ра техн. наук / ОАО «ВТИ». – М., 2012. – 42 с.

22. Castrillon L., Fernandez-Nava Y., Gonzalez A., Maranon E. A case study of the characteristics of municipal solid waste in Asturias (Spain): influence of season and source // Waste Manag. Res. – 2013. – № 31. – P. 428. – URL: <http://wmr.sagepub.com>.

23. Магєра Ю.М., Павлюк Н.Ю. Створєння методики експериментального визначєння теплоти згоряння твердих побутових вїдходїв. «Тєхнїчна теплофізика та промислова теплоенєргєтика». Випуск 8 , 2016. - С.130 – 139.

24. EN 15400:2011 Solid recovered fuels - Determination of calorific value

25. Гаджиев С.Н. Бомбовые калориметры./С.Н.Гаджиев.- М.: Химия, 1988. – 192с.

26. Воробьев Л.И., Грищенко Т.Г., Декуша Л.В. Бомбовые калориметры для определения теплоты сгорания топлив. Инженерно – физический журнал. 1997, т.70, №5. – С. 828 – 839.

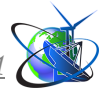
27. EN 15442:2011. Solid recovered fuels - Methods for sampling EN

28. EN 15414 – 1:2010. Solid recovered fuels - Determination of moisture content using the oven dry method - Part 1: Determination of total moisture by a reference method.

29. EN 15403:2011. Solid recovered fuels - Determination of ash content.

30. EN 15443:2011. Solid recovered fuels - Methods for the preparation of the laboratory sample.

31. EN 15413:2011. Solid recovered fuels - Methods for the preparation of the test sample from the laboratory sample



Abstract. The issues of disposal of solid municipal waste with the production of new fuels based on them are considered, and the technology of their production with predetermined heat-technical characteristics, in particular, their heat of combustion, is proposed. An analysis of the existing methods of determining the heat of combustion of fuel from solid waste, their advantages and disadvantages was carried out. The calorimetric method is considered the most accurate among them. It is shown that the accuracy of determining the heat of combustion of solid waste by the calorimetric method largely depends on the formation of a representative test weight in accordance with the morphological composition of the original waste. The paper considers the possibility of using bomb conductive calorimeters to determine the heat of combustion of solid waste and suggests a way to increase the reliability of such studies.

Key words: solid municipal waste, morphological composition of waste, combustion heat of fuels, investigated specimen, calorimetry.

Стаття підготовлена у рамках виконання науково – дослідної тематики ІТТФ НАН України, тема «Розроблення технічних засад нової високоефективної технології спалювання штучних палив з твердих побутових відходів та біомаси у когенераційних енергоустановках з використанням водню, кисню, синтетичного та біометану для забезпечення енергетичної безпеки України»

Стаття відправлена: 2023р
© Скляренко Є.В., Воробйов Л.Й.



УДК 004.2

**USE OF ELECTRICAL NETWORKS WITH DISTRIBUTED GENERATION
FOR BALANCED ELECTRICITY SUPPLY****ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З РОЗПОДІЛЕНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ
ДЛЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО ПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ****Shcherbina D.V. / Щербина Д.В.***master / магістр**National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**Kyiv, Prosp. Peremohy, 37, 03056**Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут**імені Ігоря Сікорського» Київ, Проспект Перемоги, 37, 03056*

Анотація. Ця стаття присвячена дослідженню та аналізу використання електричних мереж з розподіленою генерацією для збалансованого постачання електроенергії. Основною метою статті є розгляд переваг і викликів, пов'язаних зі змінами у електричних мережах та інтеграцією відновлюваних джерел енергії. Також у статті будуть розглянуті стратегії та технології, що дозволяють оптимально управляти розподіленою генерацією, забезпечуючи стабільне та стійке постачання електроенергії.

Ключові слова: електричні мережі, розподілена генерація, збалансоване постачання електроенергії, відновлювані джерела енергії, централізовані мережі, енергетична стійкість.

Вступ.

В сучасному світі зростають вимоги до стабільного та стійкого постачання електроенергії, а також до зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. З цією метою все більшу популярність набувають електричні мережі з розподіленою генерацією, які поєднують в собі відновлювані джерела енергії, ефективне управління та інноваційні технології. Ці мережі відкривають нові перспективи для забезпечення збалансованого та екологічно чистого постачання електроенергії.

Мета роботи. Дослідження та аналіз використання електричних мереж з розподіленою генерацією для забезпечення збалансованого постачання електроенергії. Робота спрямована на вивчення особливостей цих мереж, викликів, з якими вони стикаються, та переваг, які вони можуть принести.

Основна частина.**Електричні мережі з розподіленою генерацією.**

Електричні мережі з розподіленою генерацією представляють собою новий підхід до постачання електроенергії, який базується на використанні децентралізованих джерел енергії, таких як сонячна, вітрова або гідроенергія [1]. У традиційних централізованих мережах електроенергія генерується великими електростанціями та передається через великі відстані до кінцевих споживачів. Однак, цей підхід часто супроводжується втратами енергії під час передачі та залежністю від викопних палив.

Електричні мережі з розподіленою генерацією пропонують розміщувати джерела виробництва енергії ближче до місця споживання (рисунк 1). Наприклад, сонячні панелі можуть бути встановлені на дахах будинків, а вітрові турбіни - на пагорбах або уздовж узбіч великих доріг. Це дозволяє



знизити втрати енергії, оскільки електроенергія виробляється там, де вона використовується [3].



Рисунок 1 – Загальний макет електричної мережі з розподіленою генерацією

Однією з особливостей електричних мереж з розподіленою генерацією є можливість використання різних джерел енергії в комбінації. Наприклад, сонячна енергія може бути використана протягом сонячного дня, тоді як вітрова енергія може забезпечувати постачання електроенергії у вечірні години або в періоди недостатнього сонячного випромінювання. Таке поєднання різних джерел дозволяє забезпечити більш стабільне постачання електроенергії [2].

При розгляді електричних мереж з розподіленою генерацією важливо враховувати інтеграцію з традиційними централізованими мережами. Це може включати використання системи двостороннього лічильника, яка дозволяє обмінюватись електроенергією між джерелами виробництва та споживачами, а також впровадження систем управління та моніторингу, що забезпечують координацію між різними частинами мережі [2,3].

Виклики і переваги використання електричних мереж з розподіленою генерацією.

Один з викликів полягає у забезпеченні збалансованості між виробництвом та споживанням електроенергії.

З мінливістю виробництва відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергія, виникає потреба в розробці стратегій управління, які дозволять підтримувати стабільне постачання електроенергії до споживачів. За умови зміни погодних умов або інших факторів, що впливають на виробництво енергії з відновлюваних джерел, може змінюватись і кількість доступної електроенергії. Це може призвести до недостатнього або надлишкового постачання електроенергії [4].

Оптимальне управління електричними мережами з розподіленою генерацією вимагає розробки алгоритмів та стратегій, які забезпечать баланс між виробництвом та споживанням електроенергії. Наприклад, можуть бути



розроблені алгоритми передачі даних про очікуване виробництво енергії від відновлюваних джерел та прогноз споживання, щоб забезпечити збалансованість у реальному часі.

Незалежно від викликів, використання електричних мереж з розподіленою генерацією також має кілька переваг. Перш за все, це знижує залежність від викопних палив, так як відновлювані джерела енергії є безперервно доступними та необмеженими. Крім того, використання розподіленої генерації допомагає зменшити викиди парникових газів, оскільки вони мають значно менший вплив на навколишнє середовище порівняно з традиційними електростанціями на викопних паливах. Крім того, розподілені генераційні системи можуть підвищити стійкість електричних мереж, оскільки вони розподілені та менш вразливі до відмов [2,5].

Оптимальне управління електричними мережами з розподіленою генерацією.

Ось кілька ключових елементів, які розглянуті в цьому пункті:

1. Прогнозування споживання та виробництва. Одним із ключових викликів в управлінні електричними мережами з розподіленою генерацією є нестабільність у виробництві енергії з відновлюваних джерел, таких як сонячна та вітрова енергія. Оптимальне управління вимагає точних прогнозів споживання та виробництва електроенергії. Такі прогнози можуть базуватися на аналізі історичних даних, використанні штучного інтелекту та машинного навчання.

2. Управління зберіганням енергії. Зберігання енергії може відігравати важливу роль у розподіленій генерації. Енергія, зібрана з відновлюваних джерел, може бути збережена у батареях або інших системах зберігання для використання в часи пікового навантаження або коли виробництво енергії з інших джерел є недостатнім.

Крім того, оптимальне управління включає розробку алгоритмів управління, що дозволяють ефективно керувати навантаженням та розподіляти електроенергію між різними джерелами. Ці алгоритми враховують прогнози попиту на електроенергію, наявність та потужність розподілених джерел генерації, а також стан електричної мережі. Вони допомагають забезпечити стійкість та ефективність системи, регулюючи режим роботи різних компонентів електричної мережі.

Для досягнення оптимального управління електричними мережами з розподіленою генерацією можуть бути використані технології Internet of Things (IoT) та штучного інтелекту. IoT дозволяє підключати різні пристрої та сенсори до мережі, що забезпечує збір та обмін даними. Це дозволяє отримувати реальний час інформації про стан електричної мережі, що допомагає управляти її роботою [6].

Штучний інтелект використовується для аналізу та обробки великих обсягів даних, що збираються в електричних мережах з розподіленою генерацією. За допомогою алгоритмів машинного навчання та глибокого навчання можна здійснювати автоматизоване прийняття рішень щодо управління мережею, прогнозування попиту на електроенергію та оптимізації



роботи розподілених джерел генерації [6].

3. Балансування навантаження. Електрична мережа повинна бути збалансованою, щоб забезпечити стабільну роботу та запобігти перевантаженням або перенавантаженням. Оптимальне управління включає стратегії балансування навантаження, які розподіляють споживання енергії в різних часах та місцях, використовуючи технології "розумних сіток" та автоматизовані системи [4].

4. Врахування тарифів та вартості енергії. Оптимальне управління електричною мережею з розподіленою генерацією також враховує тарифи на електроенергію та вартість виробництва. Використання "розумних" тарифів, які варіюються залежно від попиту та доступності енергії, може сприяти ефективному використанню та збереженню енергії.

Це лише кілька аспектів оптимального управління електричними мережами з розподіленою генерацією. Враховуючи унікальні вимоги та контекст кожної мережі, можуть використовуватись різні стратегії та технології для досягнення максимальної ефективності, стійкості та сталості.

Приклади успішного впровадження електричних мереж з розподіленою генерацією.

Згідно з опитуванням Word Energy Council, понад 50% експертів у галузі енергетики очікують, що до 2025 року розподілена генерація зросте принаймні на 15% від загальної встановленої потужності їхньої країни. Ці об'єкти забезпечують безпеку, доступність і конкурентоспроможність енергетичних ресурсів, тому приваблюють енергетиків, інноваторів, політиків і споживачів як найкращий спосіб задоволення енергетичних потреб [5].

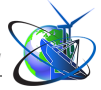
Прагнення до використання сонячної енергії продовжує зростати – сонячні батареї на даху будинку чи земельної ділянки та сонячні теплові колектори для нагрівання води. Глобальні інвестиції в невеликі сонячні системи на дахах і на землі зросли на 15 відсотків до 49,4 мільярда доларів у 2017 році [5].

Один з прикладів успішного впровадження електричних мереж з розподіленою генерацією знаходиться в Данії. У цій країні вдалося створити ефективну мережу, що базується на вітрових та сонячних електростанціях, яка забезпечує електроенергією значну частку населення.

Данська система електричних мереж з розподіленою генерацією відома своєю інноваційністю та забезпечує стабільне та стійке постачання електроенергії. Основна частина енергетичної системи в Данії базується на вітровій енергії, зокрема на великих вітрових фермах, розташованих на узбережжі. Ці ферми виробляють значну кількість електроенергії та постачають її у мережу з розподіленою генерацією.

У додаток до вітрової енергії, широко використовуються сонячні електростанції, які генерують електроенергію з сонячного випромінювання. Ці сонячні панелі встановлюються на дахах будівель, на земельних ділянках та інших відкритих просторах. Генерована електроенергія поступово інтегрується у мережу з розподіленою генерацією та постачається споживачам.

Одна з головних переваг електричних мереж з розподіленою генерацією в Данії - це їх гнучкість та здатність швидко реагувати на зміни в обсягах



виробництва енергії. Завдяки сучасним технологіям управління, система може підлаштовувати розподіл електроенергії в залежності від потреб споживачів та доступних джерел генерації. Наприклад, у періоди зі збільшеним виробництвом енергії, коли вітрові та сонячні електростанції працюють на повну потужність, зайву електроенергію можна перенаправити на заряджання батарей для зберігання енергії або на інші потреби [9].

Вже 2014 року у Німеччині частка малих систем генерації, встановлених споживачами, сягнула майже 20% від всіх встановлених потужностей у країні. Орієнтир на розвиток малих сонячних станцій країна взяла ще на початку 1990, були створені державні програми підтримки малих СЕС «Тисяча сонячних дахів», яка після успіху трансформувалась у програму «Сто тисяч сонячних дахів». Завдяки програмі було доведено, що дахи звичайних приватних будинків є добре пристосованими для децентралізованого виробництва електроенергії. Запуск «100 000 сонячних дахів» підвищив обізнаність громадськості про можливість використання фотоелектричної генерації електроенергії, що допомогло підвищити інтерес громадськості та загальну частку ринку до застосування цієї технології [5,9].

Ці приклади успішного впровадження електричних мереж з розподіленою генерацією в Данії та Німеччині показують, що такі системи можуть бути надійним та стійким джерелом електроенергії, сприяти зменшенню викидів шкідливих газів та прискорювати перехід до сталого енергетичного майбутнього.

Висновок.

Використання електричних мереж з розподіленою генерацією може стати ефективним рішенням для забезпечення збалансованого постачання електроенергії в умовах зростаючого використання відновлюваних джерел енергії. Оптимальне управління електричними мережами з розподіленою генерацією вимагає використання передових технологій та розробку алгоритмів, що дозволяють ефективно керувати навантаженням та забезпечувати стабільне постачання. Приклади успішного впровадження таких мереж свідчать про потенціал цієї концепції для енергетичної стійкості та сталого розвитку.

Література:

1. EPA United States Enviromental Protection Agency: The Electricity System; Distributed Generation; Distributed Generation of Electricity and its Environmental Impacts; About Distributed Generation. – 15.05.2023 – Режим доступу: <https://www.epa.gov/energy>
2. УАВЕ Українська асоціація відновлюваної енергетики: Головна / Новини / Розподілена генерація електроенергії – глобальні тенденції розвитку. – 25.02.2016 – Режим доступу: <https://uare.com.ua/novyny>
3. Вікіпедія Вільна енциклопедія: стаття - Розподілене виробництво енергії – 26.03.2022 – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
4. Комплексне використання відновлюваних джерел енергії: Курс лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141



«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.П. Кузнєцов, О.А. Мельник – Електронні текстові дані (1 файл: 7,93 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – ст. 66-80
Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/bitstream>

5. SETech Спеціалізовані Енергетичні Технології: стаття - Чому в Україні слід розвивати децентралізовану енергетику вже сьогодні? – 25.07.2018 – Режим доступу: <https://setech.in.ua>

6. ORACLE: Internet of Things (IoT); IoT topics – 2023 – Режим доступу: <https://www.oracle.com/internet-of-things>

7. БІЛА КНИГА. РОЗПОДІЛЕНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ. Автори дослідження: А. Зинченко, И. Бондарчук, В. Хоменко – Електронні текстові дані (1 файл: 1 Мбайт) – 22.01.2020 – ст. 20-21. Режим доступу: <https://www.undp.org/sites>

8. Вікіпедія Вільна енциклопедія: стаття - Відновлювана енергія у Данії – 07.06.2022 – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

9. DS Нова енергія: стаття - Електрика та зберігання енергії – 01.04.2023 – Режим доступу: <https://ua.dsisolar.com/info>

Abstract. *This article is devoted to research and analysis of the use of distributed generation electric networks for balanced electricity supply. The main purpose of the article is to consider the benefits and challenges associated with changes in electrical networks and the integration of renewable energy sources. The article will also consider strategies and technologies that allow optimal management of distributed generation, ensuring a stable and sustainable supply of electricity.*

Keywords: *electrical networks, distributed generation, balanced power supply, renewable energy sources, centralized networks, energy sustainability.*

Стаття відправлена: 19.10.2023 р.

© Щербина Д.В.



MELTING OF COMPLEX LATERITE ORES AND SELECTION OF THE OPTIMAL REDUCING AGENT

ПЛАВКА СКЛАДНИХ ЛАТЕРИТНИХ РУД ТА ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВІДНОВНИКА

Prykhodko S. V. / Приходько С. В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0005-0013-2198

Shevchenko D.V. / Шевченко Д.В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0005-0013-2198

Akreiev V. V. / Акреєв В. В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0009-3705-4129

Melnyk S. O. / Мельник С. О.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0009-3964-312X

Ovcharuk A. M. / Овчарук А. М.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

Institute of Industrial and Business Technologies, Dnipro, Gagarina avenue, 4, 49000

Інститут промислових та бізнес технологій, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 4, 49600

Анотація. Сприятливі фізико-механічні характеристики нікелю призвели до його широкого застосування в різних продуктах близько двох мільйонів тон на рік. Нікель є найважливішим легуючим елементом в аустенітній нержавіючій сталі та інших спеціальних сплавах. Різке збільшення виробництва таких сплавів протягом останніх десятиліть значно збільшився попит на феронікель.

Щоб задовольнити збільшення промислового попиту, необхідні нові та ефективніші шляхи для вилучення нікелю з бідних і складніших руд за умов виснаження запасів багатих нікелевих руд. У цьому документі узагальнено досвід роботи в галузі освоєння та експлуатації технології електроплавки феронікелю та викладено досягнуті показники рудотермічної печі потужністю 40 MWA та особливості процесу технології низького відновлення заліза та вибір оптимального відновника процесу.

Ключові слова: латерити, плавка феронікелю, рудотермічна піч, проблеми виплавки, технологія низького відновлення заліза, відновник.

1. Вступ

Латеритні відкладення утворюються в результаті вивітрювання основних гірських порід, які є складними сумішами феро-магнієвих мінералів, таких як олівін $(\text{Fe}, \text{Mg})_2 [\text{SiO}_4]$, піроксен $(\text{Mg}, \text{Fe})_2 \text{Si}_2 \text{O}_6$ та амфібол $(\text{Mg}, \text{Fe})_7 \text{Si}_8 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$.

Промисловий інтерес латеритів складають три види мінералів:

- **Лимоніт:** гетит $(\text{FeO}(\text{OH}))$, також записується у вигляді $\text{Fe}_2 \text{O}_3 \cdot \text{H}_2 \text{O}$, гематит, а іноді магнетит є основними мінералами. Вміст нікелю, як правило, від 1,0 до 1,5% масою, досить однорідного складу;

- **Сапролітом:** гарнієрит $(\text{Ni}, \text{Mg})_6 \text{Si}_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_8$ є основним мінералом нікелю для виробництва сортової сталі з вмістом до 10% за масою Ni. Сапроліти дуже неоднорідні і містять багато інших складів, що містять не менше нікелю, ніж гарнієрит. Зміст нікелю у яких близько 1,8 до 2,5% по масі.

- **Перехідні мінерали:** є перехідними між сапролітом та лимонітом.



Науковий підхід зумовлює доцільним виконати переробку лимонітів вилуговуванням, а сапролітів – пірометалургійними методами [2]. Однак скорочення сапролітових покладів змушує звертатися до переробки лимонітів і перехідних мінералів, пірометалургійними методами.

Крім того, підвищений попит на нікель призводить до того, що в переробку залучаються руди з небажаними проблематичними у пірометалургійній переробці показниками кислотності (S/M), високим вмістом гетиту, що збільшує співвідношення Fe/Ni. Ці руди створюють практичні проблеми при експлуатації печей, таких, наприклад, як:

- наявність великої кількості вільного кремнезему та гетиту обмежують температуру випалу огарка, для запобігання його спіканню в трубчастій печі, і як наслідок, збільшує питомі витрати електроенергії при плавленні шихти в електропечі;
- збільшення кислотності S/M призводить до наявності проблем, пов'язаних з електричними режимами роботи печей, а також кипіння (спінювання) розплаву шлаку, і як наслідок, призводить до аварійності самоспільних електродів.

У цьому документі зосереджено основні проблематики, з якими стикаються в процесі плавки нікелевих руд.

2. Основні проблеми

Основним обмежуючим фактором є те, що не всі потенційні руди можуть (або повинні) бути переплавлені в довільні сорти феронікелю.

При цьому феронікелеві заводи потрапляють у дві групи, що відрізняються ступенем відновлення заліза із руди:

- Низьке відновлення, яке відновлює від 15% до 30% заліза з руди;
- Високе відновлення, яке відновлює від 45% до 65% заліза з руди. У тому числі виробники нікелевого чавуну. Забезпечують рівень відновлення заліза в діапазоні від 70% до 80%.

Таким чином, кожен процес повинен починатися з визначення його оптимального ступеня відновлення заліза і відповідно сорту феронікелю [3]. Це визначення вимагає наступних кроків:

Визначення оптимального сорту феронікелю:

Очевидно те, що виробництво феронікелю з нижчим вмістом нікелю призводить до нижчої втрати нікелю в шлаковій фазі з двох причин: через низький вміст нікелю в шлаку і менших обсягах власне шлаку.

При цьому більш високе відновлення вимагає більше відновника і більше витрат енергії на тонну проплавленого недогарка.

Відповідно, виробництво феронікелю з нижчим вмістом нікелю, як правило, призводить до зниження обсягів переробки руди, оскільки потужності більшості плавильних печей є печі обмежені.

Таким чином, для будь-якої заданої руди та плавильної печі існує максимальний рівень виробництва нікелю, де зростання ступеня відновлення врівноважується зниженням обсягів проплаву руди.

На **малюнку 1** наведені ці кореляції в залежності від ступеня відновлення заліза для руди з вмістом 1,6% Ni, 16% Fe, та 2,2 S/M. Різка зміна нахилу кривої

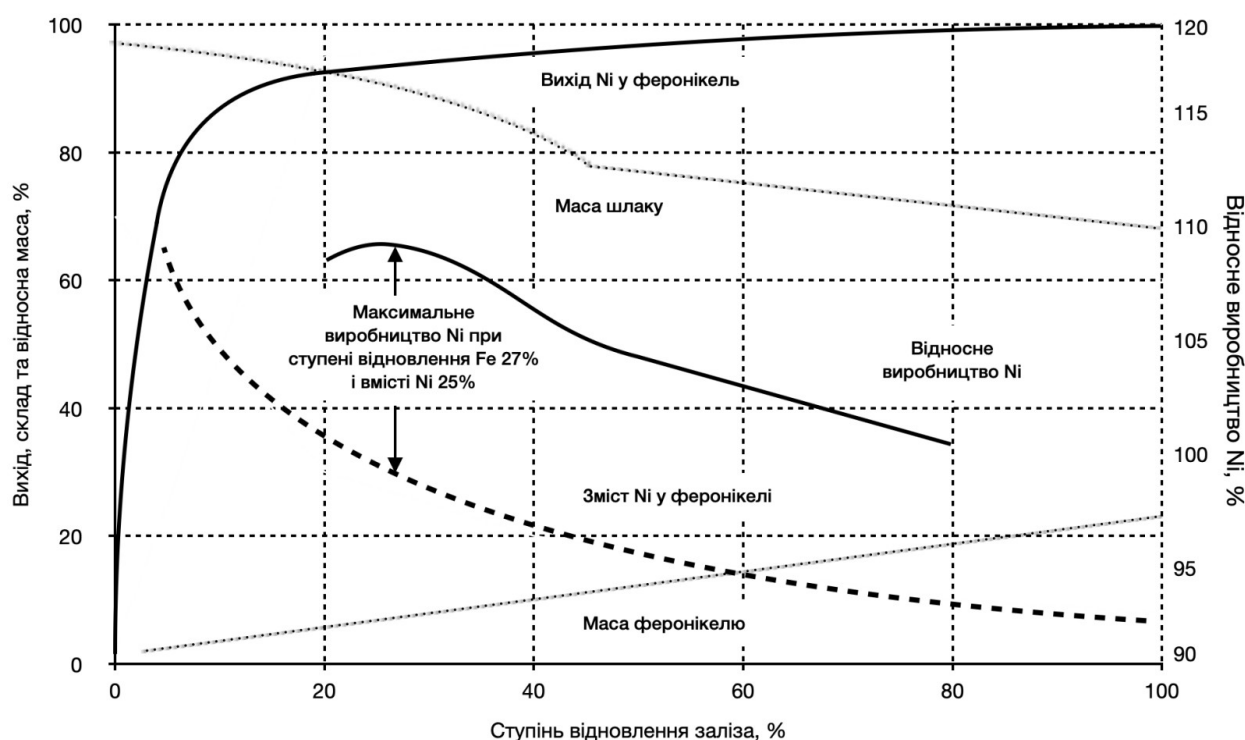


маси шлаку, на рівні близько 45% відновлення заліза, відбувається через окислення кремнію при виробництві феронікелю.

Оцінка металургійної доцільності цього оптимального сорту:

Цей крок включає оцінку безлічі робочих параметрів, такі як ліквідус температури металевої і шлакових фаз, необхідний перегрів феронікелю і шлаку, робочі температури, потенційна стабільність роботи, ймовірність окислення кремнію і вуглецю, кипіння розплаву і таке інше.

Вибір складу феронікелю є компромісом між оптимальним для даної руди (плавильної печі) та ймовірною стабільністю та довговічністю роботи за такого ступеня відновлення. Таким чином, цей вибір не може бути довільним на основі ідеї щодо затребуваності певного сорту феронікелю.



Малюнок 1. Залежність складу нікелю, виходу, виробництва феронікелю та шлаку від ступеня відновлення Fe.

Джерело: [3]

3. Контроль параметрів рудотермічної печі потужністю 40 MWA при зміні складу виробленого феронікелю.

Початковий період роботи рудотермічної печі відповідав усталеній технології високого відновлення заліза з додаванням до рудної суміші флюсів у вигляді вапняку та відновника антрацитової групи [4]. При цьому досягалися такі показники роботи:

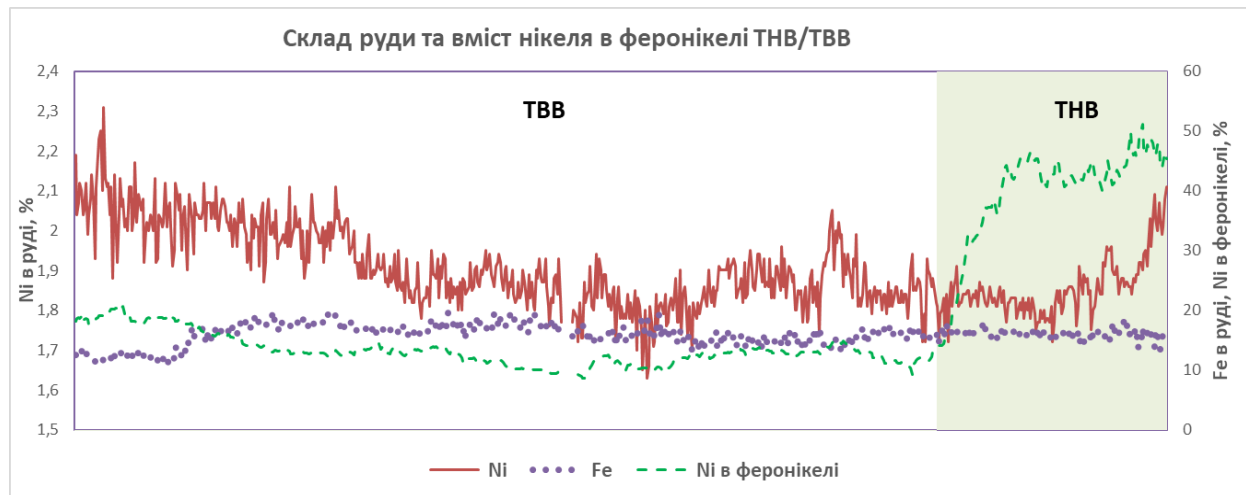
- потужність печі – до 41 МВт;
- відновлення заліза -60-65%;
- питома витрата електроенергії – 620 кВтг/т огарка;
- питома витрата вапняку – до 67 кг/т;
- питома витрата відновника –52-77,7 кг/т (залежно від типу відновника);
- вихід огарка із руди – до 106 %.



- вміст нікелю в чорновому феронікелі – до 14%;
- вміст вуглецю в чорновому феронікелі – до 3,5%;
- вміст кремнію в чорновому феронікелі – 3,5-4,5%.

Збільшення частини лимонітів в перероблюваних рудах призводило до стабільної зміни сорту феронікелю, зменшуючи частку нікелю в феронікелі і роблячи процес більш економічно недоцільним.

На **малюнку 2** відображена залежність зміни сорту феронікелю зі зниженням вмісту в ньому нікелю з 20% до 10% при збільшенні переробки лимонітів з більш високим вмістом заліза та нижчим вмістом нікелю.

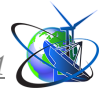


Малюнок 2. Зміна сорту феронікелю за зміни ступеня відновлення заліза
Авторська розробка

Проблематика підтримки стабільності технологічного процесу, погіршення сорту феронікелю та зниження економічної ефективності виробництва зумовили пошук шляхів переведення печі з технології високого відновлення на технологію низького відновлення заліза.

Переорієнтуванню рудотермічної печі на ТНВ передував період освоєння технології без застосування флюсів, тим самим із шихтування до рудної суміші виключили вапняк. При цьому стало спостерігатися погіршення виходу шлаку і відповідне накопичення його у ванні печі. Для поліпшення рідинної рухомості шлаку прийнято рішення про збільшення вмісту заліза в електропічних шлаках з 5,5% до 8% шляхом зниження частки антрацитового відновника з 3,5% до 2,5%. В результаті досягнуто збільшення вмісту заліза в шлаках до 8,7%, зниження вмісту кремнію в чорновому феронікелі до 1,8% (загальне зниження 3,9-1,8), збільшення температури металу до 1500 °С. Регулювання температури металу проводилося зниженням потужності печі до 30 МВт. З метою недопущення неконтрольованого окислення кремнію в чорновому феронікелі, частка відновника тимчасово збільшена до 3-4%. на показник 1,5-1,6%) до 1,1%. Подальше регулювання (стабілізація) вмісту кремнію в чорновому металі шляхом збільшення навішування відновника виявилось неефективним. Температура металу регулюється зниженням потужності печі до 25 МВт.

Наступним кроком через неможливість подальшого збільшення потужності рудотермічної печі на величину більше 25 МВт через критичну температуру



металу, що могло вкрай негативно позначитися на стабільності конструкцій печі, включаючи вогнетривку футеровку, подальше технологічне управління рудотермічної піччю було можливим за технологією низького відновлення. Для чого виконано зміну типу відновника, що використовується, з антрацитової марки вугілля на енергетичні, приблизного наступного складу:

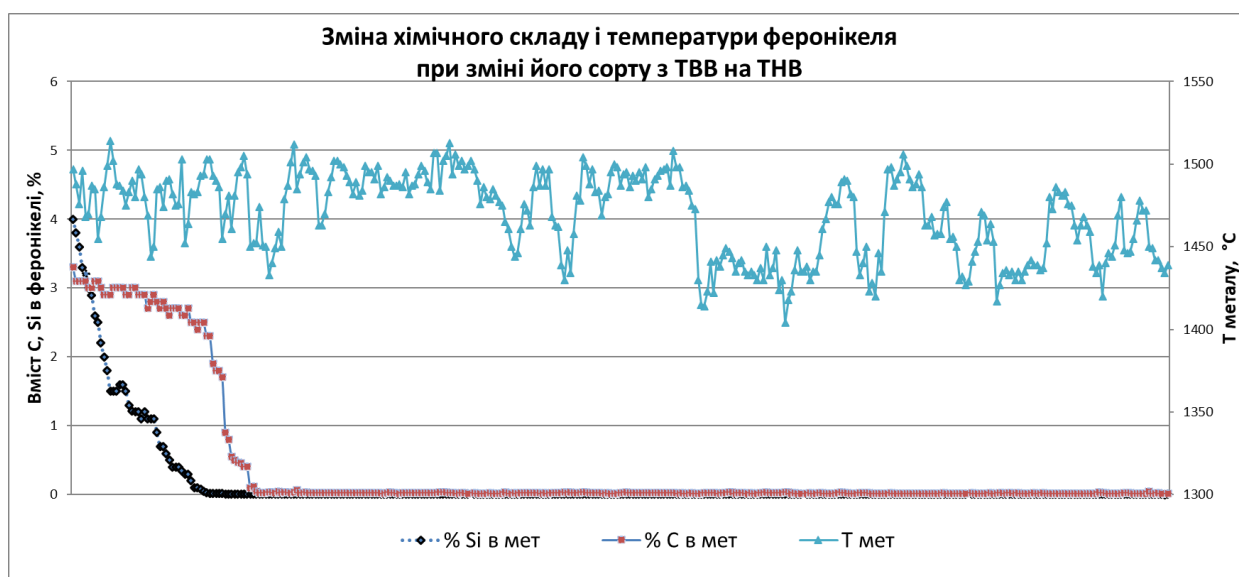
- зола – 10,8%;
- леткі – 34,5%;
- сірка – 0,5%;

та контролем фракційного складу.

Подальші кроки були спрямовані на стабілізацію технологічних параметрів роботи печі та повне оновлення розплавів у печі.

Зниженням частки енергетичного відновника досягнуто максимальне окислення кремнію з феронікелю, досягнувши вмісту 0,2% та деякого окислення вуглецю до 2,5%. Потужність печі обмежувалася максимально, аж до повних зупинок 25 МВт через підвищену температуру металу більше 1500 °С. Період залишкового окислення кремнію в печі і початку окислення вуглецю характеризувався активним спінюванням шлакової ванни, через що частка енергетичного відновника, що використовується, була знижена до 1,5%. Щоб уникнути аварійних виходів розплаву, експлуатація печі проводилася в режимі оплавленої ванни з питомою витратою електроенергії до 700 кВт/т огарка і більше. Вміст кремнію знизився до 0,1%, вміст вуглецю – до 2,5%. Зафіксовано зниження температури шлаку до 1490 °С (нижче за температуру металу). Цей факт свідчив про початок періоду активного окислення вуглецю, який тривав протягом 9 діб.

Період окислення вуглецю характеризувався активним спінюванням шлакової ванни і відповідними повними зупинками рудотермічної печі для осадження шлаку, що спінився. Температура металу за період знижено з 1500 °С до 1470 °С (малюнок 3).



Малюнок 3. Зміна сорту феронікелю під час переходу з технології високого відновлення заліза на технологію низького відновлення.

Авторська розробка

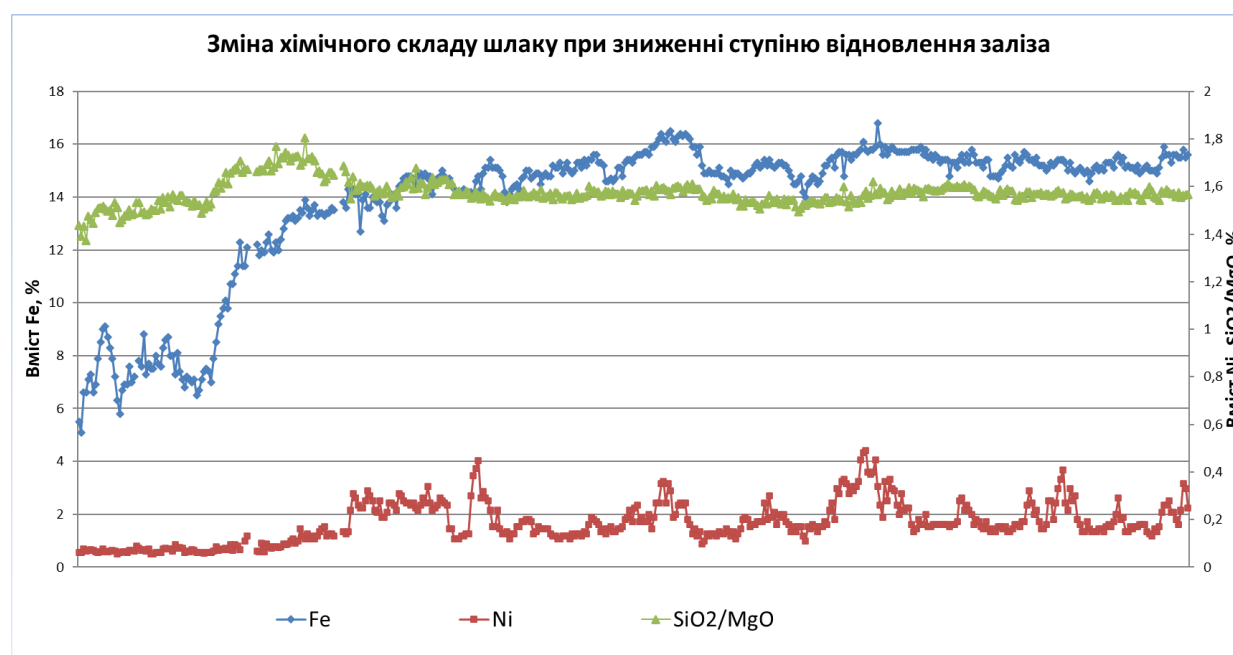


Остаточний період переведення феронікелевої рудотермічної печі на технологію низького відновлення характеризувався активним окисненням вуглецю з феронікелю та плавним набором технологічної потужності.

Період повного окиснення кремнію та вуглецю з феронікелю обґрунтував твердження про можливе протікання позапічної десульфурзації без наявності кремнію в металі та повного припинення процесу позапічної десульфурзації при зниженні вмісту вуглецю менше 2%.

Подальше рафінування феронікелю стало можливим виключно шляхом мікшування чорнового феронікелю з рудотермічної печі, що працює на технології високого відновлення заліза.

До кінця цього періоду окиснення вуглецю температура чорнового феронікелю стабілізована на показнику 1430 °С, шлаку - до 1580 °С.



Малюнок 4. Зміна складу шлаку зі зниженням ступеня відновлення заліза.
Авторська розробка

Наступний період виходу в робочий режим роботи рудотермічної печі був пов'язаний зі стабілізацією шлакового режиму (**малюнок 4**) та вирішенням практичних завдань:

- визначення оптимальної питомої витрати електроенергії

При цьому спостерігається природна залежність зниження питомої витрати електроенергії зі збільшенням потужності (**малюнок 5**), а також стабільна залежність зниження питомої витрати електроенергії зі збільшенням вмісту заліза (лимонітів) у руді, що переробляється (**малюнок 6**).

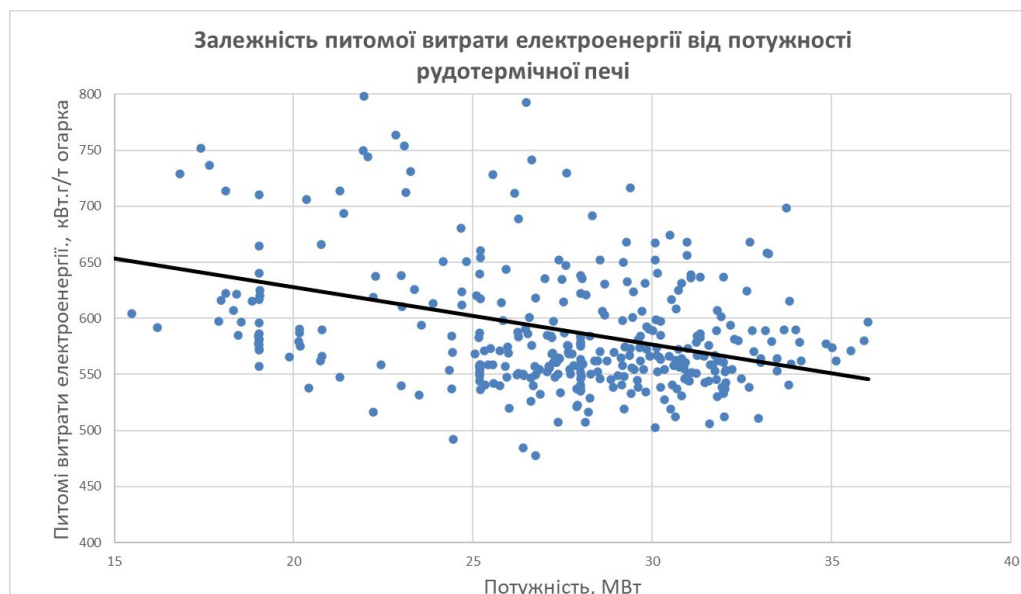
Таким чином, перехід на технологію низького відновлення заліза є не тільки технологічно оптимальним, а й економічно доцільним, знижуючи витрати основної економічної складової – електроенергії.

• робота на електричних режимах, що забезпечують оптимальну температуру чорнового феронікелю та електропічного шлаку (**малюнок 7**).

Це продиктоване необхідністю через те, що зниження струмових

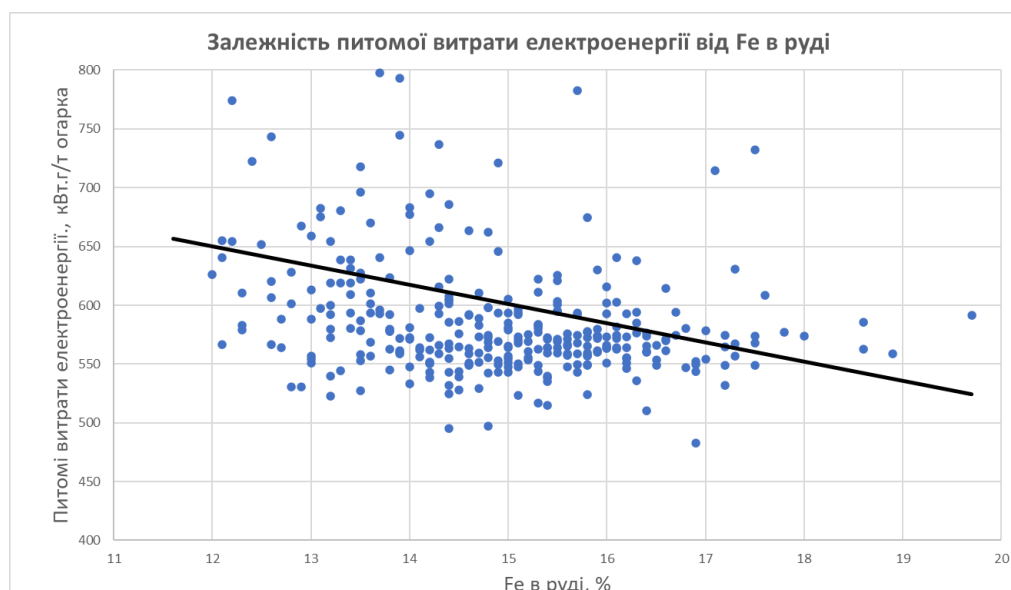


навантажень до 18-20 кА призводило до підвищення температури металу до 1460 °С і збільшення температури шлаку до 1670 °С, при руйнівній дії на футерування через критичний перегрів шлаку;



Малюнок 5. Залежність питомої витрати електроенергії від потужності рудотермічної печі

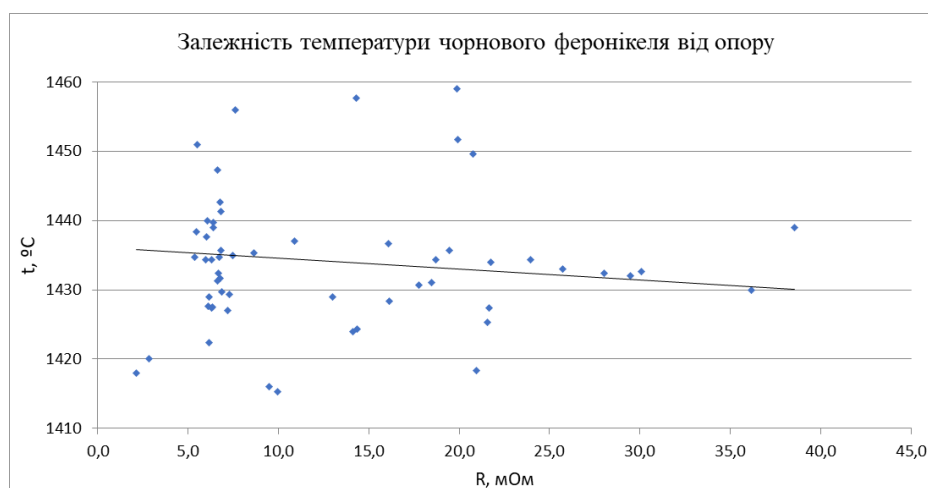
Авторська розробка



Малюнок 6. Залежність питомої витрати електроенергії від вмісту заліза у руді

Авторська розробка

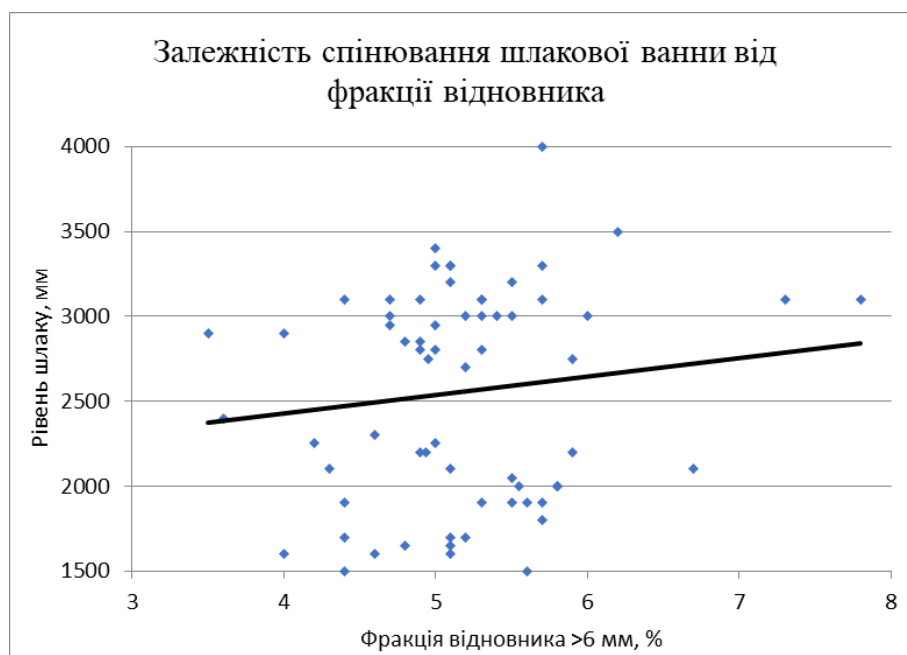
Збільшення ж струмових навантажень до 26-28 кА давало зворотний ефект зі зниженням температури чорнового феронікелю з відповідним подовженням каналів металевих шпурів (підвищувало їх стійкість), але тим самим ускладнювало евакуацію «короткого» металу через малий його перегрів і зниження температури електропічного шлаку з відповідним збільшенням вмісту в них прямих втрат нікелю.



Малюнок 7. Залежність температури чорного феронікелю від опору

Авторська розробка

• зниження рівня шлаку, що спінився, в печі, що збільшується при вмісті вуглецю в огарку більше 1% і знижується при падінні вуглецю в недогарку менше 1%



Малюнок 8. Залежність спінювання шлакової ванни від фракції відновника

Авторська розробка

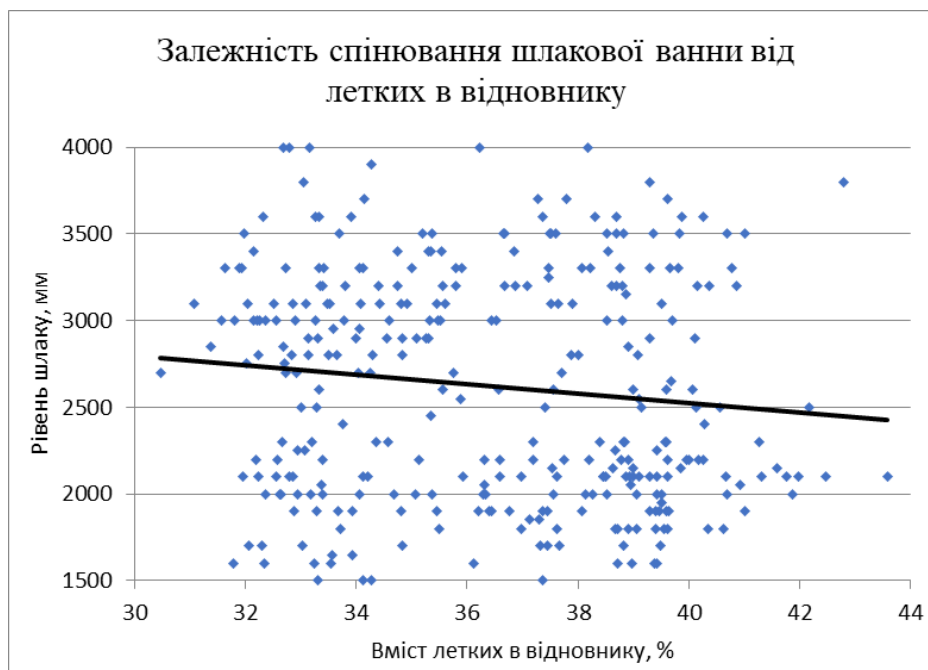
Вміст залишкового вуглецю в огарку, при постійному дозуванні відновника, залежить від активності відновника (**малюнок 8**) та його фракційного складу, часу знаходження матеріалу у ТОП та температурного профілю ТОП. Переважно використання «молодого» вугілля, з високим вмістом легких та фракційним складом -6 мм >95% (**малюнок 9, 10**) [5].

Досягнуті показники роботи рудотермічної печі на ТНВ [4]:

- потужність печі – 37МВт
- відновлення заліза – до 15%;



- питома витрата електроенергії- 583 кВт/т огарка;
- питома витрата вапняку – 0кг/т;
- питома витрата відновника – 36,6 кг/т;
- вихід огарка з руди- 91,0%.
- вміст нікелю в чорновому феронікелі – 45%;
- вміст вуглецю в чорновому феронікелі – до 0,02%;
- вміст кремнію у чорновому феронікелі – 0,01%.



Малюнок 9. Залежність спінювання шлакової ванни від вмісту летких відновника

Авторська розробка



Малюнок 10. Зміна рівня шлаку, вмісту летких та фракції відновника.

Авторська розробка

З урахуванням роботи двох рудотермічних печей, одна з яких працює з високим ступенем відновлення заліза, інша – з низьким ступенем відновлення заліза, досягнуто потенціалу виробництва можливого повного спектру сортів феронікелю, з вмістом нікелю в товарному феронікелі від 18 % до 70 %.



Літературні джерела

1. Frank Crundwell, Michael Moats, V. Ramachandran, Tim Robinson, William Davenport «Видобувна металургія нікелю, кобальту та металів платинової групи», стаття, січень 2011 р.
2. M.Y. Solar, Ian Candy, B. Wasmund «Вибір оптимальної марки феронікелю для виплавки нікелевих латеритів», 2008 р.
3. Maurice Y. Solar & Sina Mostaghel «Виплавка складних латеритних руд», наукові статті, публікація онлайн грудень 2014 р.
4. Технологічна інструкція електроплавка огарка у руднотермічних печах № ПФК-УВ-ТІ-14-0002 від 18.02.2022
5. С.В. Приходько, В.К. Солоха «Звіт з переходу на технологію низького відновлення заліза в РТП-1 на Побузькому феронікелевому комбінаті», 2015 р

Abstract. *The favorable physical and mechanical characteristics of nickel have led to widespread use in various products, about two million tons per year. Nickel is the most important alloying element in austenitic stainless steel and other special alloys. The dramatic increase in the production of these alloys over the past decade has significantly increased the demand of ferronickel. In order to meet increased industrial demand, new and more efficient ways of nickel production from poor and more complex ores are needed in conditions of depletion of reserves of rich nickel ores. This document summarizes the experience in the field of development and operation of ferronickel electric smelting technology, sets out performance of ore-smelting furnace with a capacity of 40 MWA and the features of the process of low iron reduction technology, selection of the optimal process reducing agent.*

Key words: *laterites, ferronickel smelting, ore-thermal furnace, smelting problems, low iron reduction technology, reducing agent.*

Стаття відправлена: 24.10.2023 р.

© Приходько С.В.



PURGING OF THE CONVERTER BATH IN THE REFINING OF FERRONICKEL USING SINGLE-NOZZLE AND THREE-NOZZLE LANCES ПРОДУВАННЯ ВАННИ КОНВЕРТЕРА ПРИ РАФІНУВАННІ ФЕРОНІКЕЛЯ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ОДНОСОПЛОВИХ ТА ТРИСОПЛОВИХ ФУРМ

Akreiev V. V. / Акрєєв В. В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0009-3705-4129

Prykhodko S. V. / Приходько С. В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0005-0013-2198

Melnyk S. O. / Мельник С. О.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0009-3964-312X

Ovcharuk A. M. / Овчарук А. М.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

Institute of Industrial and Business Technologies, Dnipro, Gagarina avenue, 4, 49000

Інститут промислових та бізнес технологій, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 4, 49600

Анотація. Заключною стадією процесу отримання феронікелю, одного з варіантів переробки окиснених нікелевих руд перед гранулюванням, є рафінування феронікелю. Технологічні схеми рафінування феронікелю на підприємствах в світі, в основному, містять схожі етапи виробництва з незначними варіаціями, але нерідко використовується процес у вертикальних кисневих конвертерах. Двоетапність (дуплексність) рафінування феронікелю полягає в тому, що побічний продукт плавки, що утворюються в початковий період обробки чорного феронікелю, містить багато оксиду кремнію, відповідно першу стадію рафінування проводять в конвертерах з кислим футеруванням. Другу стадію обробки, з видаленням залишків хрому, вуглецю, сірки, фосфору, та інших домішок, здійснюють в конвертерах з основним футеруванням. В цій статті мова йде про конвертори, які мають верхнє підведення кисню.

Отже процес продування киснем необхідний для зниження вмісту сірки, фосфору, вуглецю та заліза в металі FeNi до заданого рівня. Окислення домішок відбувається здебільшого у зоні циркуляції, де метал стикається з футеровкою, шлаком і присадками плавки. Візуальне спостереження, дослідження газового струменя, процесу циркуляції рідкого металу і шлаку всередині конвертера неможливе, тому що середовище непрозоре, а конвертер має металевий корпус і вогнетривке футерування. У цій доповіді буде проведено комп'ютерне моделювання гідродинамічного процесу продування конвертерної ванни із застосуванням односоплових та трисоплових фурм де сопла розташовані під різним кутом до вертикалі. Розглянуто способи збільшення ефективності та стабільності продування на прикладах моделювання об'ємної концентрації рідини, масової концентрації рідини та траєкторії руху газу в розплаві. Звернено увагу на питання стійкості футерування агрегату.

Ключові слова: рафінування феронікелю, конвертер, киснева фурма, односоплова фурма, трисоплова фурма, моделювання процесу продування, стійкість футерування агрегату.

Нікель та використання нікелю. Виробництво феронікелю на Побузькому феронікелевому комбінаті

Нікель — п'ятий за поширеністю елемент на Землі, який широко зустрічається в земній корі та ядрі, природним чином міститься в ґрунті та воді, є важливою поживною речовиною для рослин. Нікель має видатні фізичні та



хімічні властивості, що робить його присутність необхідною у сотнях тисяч продуктів, його найбільше використовують у легуванні, зокрема з хромом та іншими металами для виробництва нержавіючої та жаростійкої сталі:

- має високу температуру плавлення 1453 °C;
- стійкий до корозії та окислення;
- має високу пластичність, нікель ковкий;
- готовий до використання в сплавах;
- магнітний за кімнатної температури;
- може бути нанесений за допомогою гальванічного покриття;
- має каталітичні властивості;
- піддається повній переробці.

Таким чином майже 70% світового виробництва нікелю витрачається на виробництво нержавіючої сталі, 11% використовується в виробництві електроніки та акумуляторів, сплави кольорових металів - 7%, інші галузі, такі як леговані сталі та ливарне виробництво - 12% [1, 2].

Нікель зустрічається в природі, головним чином у вигляді оксидів, сульфідів і силікатів. Первинний нікель виробляють і використовують у вигляді феронікелю, оксидів нікелю та інших хімічних речовин, а також як чистий металевий нікель. Щорічно у світі виробляється та використовується понад два мільйони тонн нового або первинного нікелю. Існує багато різних нікелевих руд, які вимагають різноманітних методів видобутку нікелю. В даний час нікельвмісні руди видобувають більш ніж в 25 країнах світу, а ресурси нікелю оцінюються майже в 350 мільйонів тонн. Понад 50% світових ресурсів нікелю припадає на Австралію, Індонезію, ПАР, Росію та Канаду, економічні концентрації нікелю зустрічаються в родовищах сульфідних і латеритних руд [1].

Майже 80% усього історично видобутого нікелю було видобуто протягом останніх трьох десятиліть. Удосконалені технології видобутку, плавлення та рафінування, а також збільшені потужності дозволяють переробляти нікелеву руду з нижчим вмістом. Зниження вмісту руди не обов'язково є ознакою зменшення ресурсів, а є відображенням інновацій і вдосконалень, внесених у видобуток і технологічні процеси. Додатково слід зазначити, що значними вважаються поклади нікелю в морських глибинах. За останніми оцінками, у таких родовищах міститься понад 300 мільйонів тонн нікелю [1].

За оцінками закордонних експертів, підтверджені запаси нікелю в Україні становлять близько 190 тис. т (0,4% від світових). Рентабельні родовища силікатного нікелю виявлені в регіоні Середнє Побужжя (6 родовищ). В Побузькій групі розробляються Деренюхське та Липовеньківське родовища, підготовлене до експлуатації Тарнаватське родовище. За вітчизняними даними, запаси нікелю в Середньому Побужжі становлять понад 60 тис. т. У районі Побузького ферронікелевого заводу виявлено кілька нових родовищ і перспективних ділянок із загальними перспективними ресурсами 52 тис. т. Здебільшого це руда з низьким вмістом нікелю [3].

Побузький феронікелевий комбінат - єдине в Україні підприємство, що виробляє в промисловому масштабі феронікель з бідних окислених



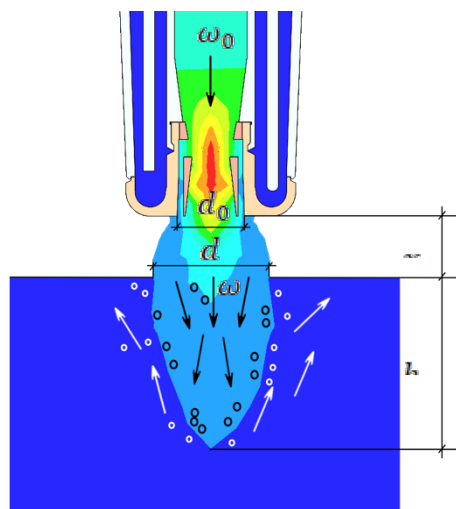
нікелевмісних руд. Технологія включає в себе попередню сушку всієї маси руди зі зниженням вологості з 30 – 35 % до 18 – 20 %, випал рудної шихти-суміші руди з відновником (АС, АШ), ведеться в трубчастих обертових печах діаметром 4,5 м і довжиною 70 м. Одержаний гарячий недогарок з температурою 800-900°C завантажується для відновлювальної плавки на чорновий феронікель у рудоплавильних електропечах потужністю 40 МВт з шістьма самоспікаючимися електродами діаметром 1200 мм. Температура чорнового металу на виході з РТП становить 1360-1480°C. Чорновий феронікель має наступний склад: Ni 10 – 30 %; Si 0,1 – 6,0 %; C 1,8 – 2,5%; S – не більше 0,4 %; Cr 0,5 – 2,0 %; P – не більше 0,1 %, Cu – не більше 0,08 %, решта — залізо.

Остаточне очищення від домішок, при отриманні товарного феронікелю, проводиться у вертикальних, 50 тонних конверторах з верхнім підводом кисню (кисень – власного виробництва), дуплекс-процесом, послідовно в двох конверторах. Товарний феронікель з вмістом нікелю близько 15-20 %, домішок менше 0,5 %, розливається в зливки, масою близько 35 кг або гранулюється [4].

Продування в конвертері зверху та циркуляція рідини

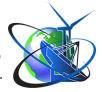
Режим дуття суттєво впливає на продуктивність конвертерів, хід шлакоутворення, стійкість футерування, кількість викидів, вихід рідкої сталі та стійкість сопла фурми. Характер взаємодії кисневого струменя з конвертерною ванною може змінюватись в залежності від конструкції сопла, тиску кисню, положення сопла над рівнем ванни та інших факторів [6].

Схема інжекції газового струменя зверху в рідину при великому тиску або швидкості струменя в гирлі сопла і при невеликій відстані x кінця сопла від рівня рідини представлена на мал. 1. Струмінь газу, виходячи із сопла, розширюється, залучаючи і речовину навколишнього газового середовища.



Мал. 1. Схема взаємодії струменя газу та рідини при продуванні зверху

При зустрічі з рідиною діаметр струменя d більший за діаметр сопла d_0 , швидкість струменя в рідині ω менша за швидкість струменя ω_0 в соплі.



Газовий струмінь входить суцільним факелом у рідину, глибина занурення струменя - h , його швидкість поступово зменшується, з боків струменя утворюються спрямовані вгору циркуляційні потоки; всередину газового струменя втягуються «відірвані» краплі рідини [5].

Швидкість газу на осі струменя на рівні поверхні рідкої ванни залежить від відстані між вихідним перерізом фурми та поверхнею ванни:

$$\omega = \frac{B\omega_0}{\frac{x}{d_0}} \quad [6.1]$$

де x - відстань між вихідним перерізом фурми та поверхнею ванни, мм;

B - коефіцієнт, що залежить від значення $\frac{x}{d_0}$ і відношення щільностей газу,

що витікає з фурми, і середовища, в яке спливає газовий струмінь.

Зі збільшенням $\frac{x}{d_0}$ величина B зростає до деякого максимального значення (B_{max}), після чого практично не змінюється. На основній ділянці струменя, починаючи з $\frac{x}{d_0} > 2B_{max}$, значення B залишається практично постійним. В

умовах подачі кисню з фурми в порожнину конвертера відношення щільностей газів (кисню і газового середовища) в конвертері, а також значення B практично не змінюються. Тому швидкість на осі струменя на рівні поверхні ванни визначається відносною відстанню $\frac{x}{d_0}$ між вихідним перерізом фурми і

поверхнею ванни: чим більша ця відстань, тим менша швидкість струменя на рівні поверхні ванни [6].

Струмінь кисню, що направляється на поверхню рідкої ванни, впроваджується в останню на деяку глибину. Глибина занурення зростає із збільшенням швидкісного напору струменя на рівні поверхні ванни:

$$h = \frac{n}{\gamma_p} \cdot \frac{\gamma_g \omega^2}{2g} \quad [6.2]$$

де h - максимальна глибина занурення, м;

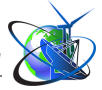
n - коефіцієнт проникнення швидкісного напору;

γ_p та γ_g - об'ємна маса рідини та газу, кг/м³;

ω - швидкість газу на осі потоку на рівні поверхні рідкої ванни, м/сек;

g - прискорення сили тяжіння, м/сек.

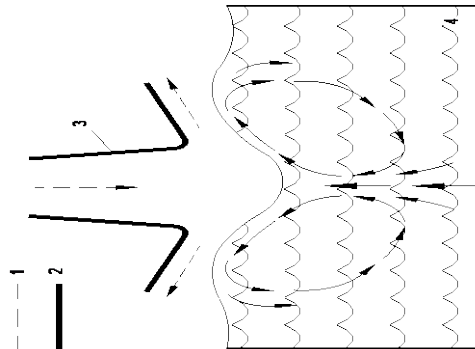
Вільний струмінь (ламінальний або турбулентний) неоднаково діє на рідину. Ламінарний струмінь - вузький, рівний, утворює на поверхні води вузьку глибоку западину-лунку. Турбулентний струмінь утворює в місці зіткнення з рідиною широку і менш глибоку западину. В обох випадках зі збільшенням швидкості струменя глибина та ширина западини збільшуються



[5].

Струмінь, зіткнувшись з рідкістю, утворює в останній кратерообразную западину, форма якої, як вказувалося, визначається відстанню між трубою і поверхнею і інтенсивністю дуття. Проникаючи в рідину струмінь частково відбивається і внаслідок тертя приводить у рух ванну рідини навколо струменя. При відносно невеликій швидкості (до початку та при слабкому розпиленні рідини) западина дрібна (**мал. 2а**). Відбитий струмінь залишає рідину по дотичній до лінії западини. Рідина циркулює. Вторинний струмінь, як у соплі, що розширюється, обумовлює розрідження на стінці кратера. При досить великій швидкості дуття та глибокій западині (**мал. 2б**). спостерігається сильне розпилення рідини. Крапельки рідини захоплюються струменем, що виходить, падають по параболічним траєкторіям назад в рідку ванну. Частина крапельок проскакує струмінь, що виходить, захоплюється первинним струменем і повертається у ванну, створюючи кругообіг рідини, спрямований всередину [5].

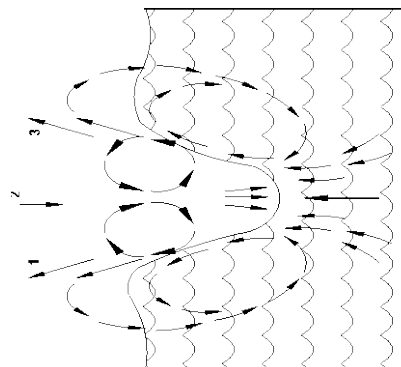
- 1 – напрямок струменя;
- 2 – напрямок потоків в рідині;
- 3 – повітряний струмінь;
- 4 – рідина



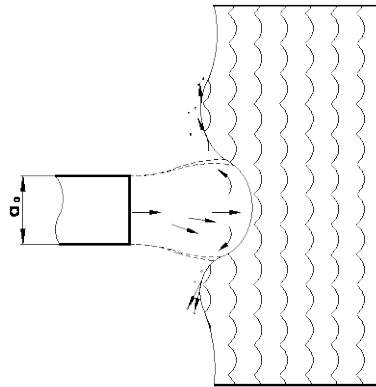
Мал. 2а. Схема руху ванни за наявності дрібної западини

Взаємодія струменя газу з рідиною може бути різною залежно від величин динамічного натиску в осевій частині струменя на межі газ-ванна h_x (або осевої швидкості струменя ω), які визначаються тиском дуття, висотою підйому фурми над ванною та іншими факторами.

- 1, 3 – струмінь, що виходить;
- 2 – повітряний струмінь;
- 4 – рідина



Мал. 2б. Схема кругообігу рідини при дутті до сильного розпилення



Мал. 2в. Взаємодія струменя газу з рідкістю при малих тисках

При малих значеннях h_x , тобто при малому тиску p і великій висоті фурми x струмінь утворює виїмку (кратер) в рідині, що відбивається і розтікається на поверхні ванни; при деякому збільшенні h_x рідина подрібнюється, краплі викидаються відбитим струменем (мал. 2в) [7].

У конвертері є циркуляція рідини - загальна та у кожного сопла (або фурми). При близькому розташуванні сопел у днищі відбувається наближення струменів під впливом циркуляції та злиття їх із утворенням суцільних каналів, т. е. утворюються розриви рідини. Рідина обертається і горизонтальній площині, відбуваються коливання рідини, при резонансі — сплески хвиль. При підвищенні в'язкості рідини картина розподілу газу (повітря) та рідини змінюється: порушується або зникає правильна циркуляція рідини, бульбашки великі, рідина дробиться на великі краплі; відбуваються викиди рідини (металу, шлаку); контакт газу та рідини погіршується [5].

При продуванні зверху характер взаємодії газового струменя з рідиною залежить від динамічного натиску (швидкості) струменя на межі газ-ванна. При малих значеннях динамічного напору (швидкості) струмінь утворює лунку рідини, відбивається і розтікається поверхнею ванни; при великих значеннях динамічного натиску відбувається розбризкування рідини, але основна частина струменя проникає в рідину, підсмоктує (відриває) рідину і дробить її на дрібні краплі. Спостерігається також циркуляція та утворення бульбашок газу. Таким чином, при достатньому тиску газу і невеликій висоті фурми газовий струмінь входить в рідину спочатку теж суцільним струменем-факелом. У реальних умовах струмінь нерідко занурений у шлакометалеву піну.

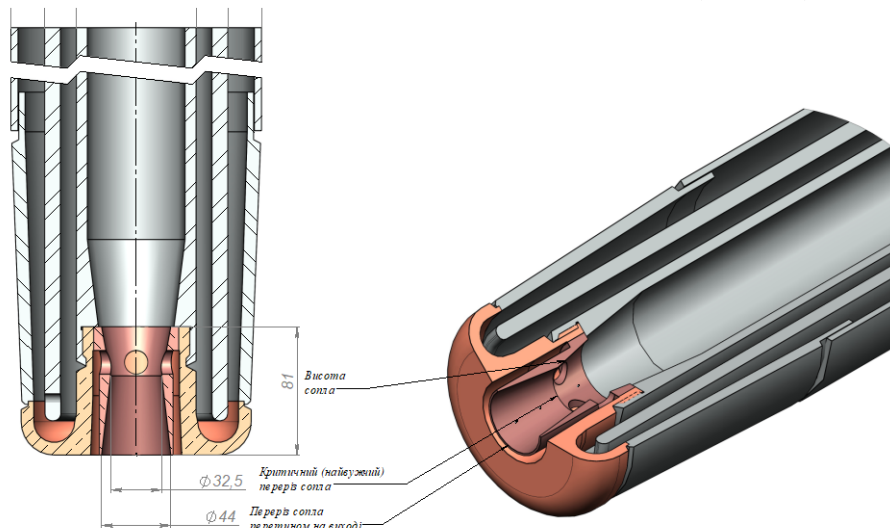
При продуванні зверху глибина проникнення струменя в рідину збільшується зі збільшенням тиску чи швидкості, газу, діаметра сопла та зменшенням висоти сопла над рівнем рідини. При продуванні зверху киснем останнім часом, крім односоплових фурм, стали застосовувати три- і чотирисоплові. Сопла нахилені до вертикалі на кут 6-15 град., утворюючи струмені, що розходяться. Як показав досвід зарубіжних та вітчизняних заводів, багатосоплові фурми дозволяють значно збільшити (30—40%) інтенсивність продування за збереження спокійного характеру її (без викидів) та збільшити вихід придатного [5].



Рафінування в основному конвертері в умовах ПФК

В основному конвертері на Побузькому феронікелевому комбінаті проводиться остаточне рафінування напівпродукту з метою одержання товарного феронікелю. При вмісті кремнію в чорновому феронікелі менш, ніж 1,5% рафінування дозволяється проводити в одну стадію в основному конвертері. Після заливки напівпродукту конвертер встановлюється у вертикальне положення, опускається фурма і починається продування.

Для рафінування феронікелю в кислій стадії застосовується односоплова фурма з мідним наконечником, з критичним перерізом сопла – 32,5 мм; перетином на виході – 44,0 мм; висотою сопла – 81 мм (мал. 3).



Мал. 3. Односоплова фурма з мідним наконечником

Залежно від хімічного складу чорнового феронікелю, а також кількості перероблюваного холодного металу, що містить нікель, для продування може бути використана фурма з трисопловим наконечником [8].

Продування проводиться при тиску кисню не нижче 10 ат ($10,1 \times 10^6$ Па) по манометру на цеховому колекторі, витрата кисню – 100–170 м³/хв, чистота кисню не менш, ніж 99,5%. Положення фурми змінюється над рівнем дзеркала ванни в залежності від складу, температури чорнового феронікелю та заданого режиму.

Для шлакоутворення по ходу продування додається вапняк або вапно з розрахунку отримання основності шлаку (співвідношення CaO/SiO_2) в межах 2–3. Витрата вапняку визначається машиністом дистриб'ютора залежно від вмісту кремнію, сірки, фосфору в напівпродукті. Тривалість першого продування визначається машиністом дистриб'ютора візуально по факелу до повного окислення вуглецю. Після закінчення першого продування на розсуд бригадира відбирається проба металу для визначення вмісту вуглецю, кремнію, сірки, фосфору, хрому, нікелю, міді, кобальту. З метою коригування хімічного складу та температури феронікелю можливі наступні продування. Після кожного продування проводиться відбір проб для визначення хімічного складу [8].

Рафінування у кислому конвертері в умовах ПФК

Після заливки феронікелю кислий конвертер встановлюється у

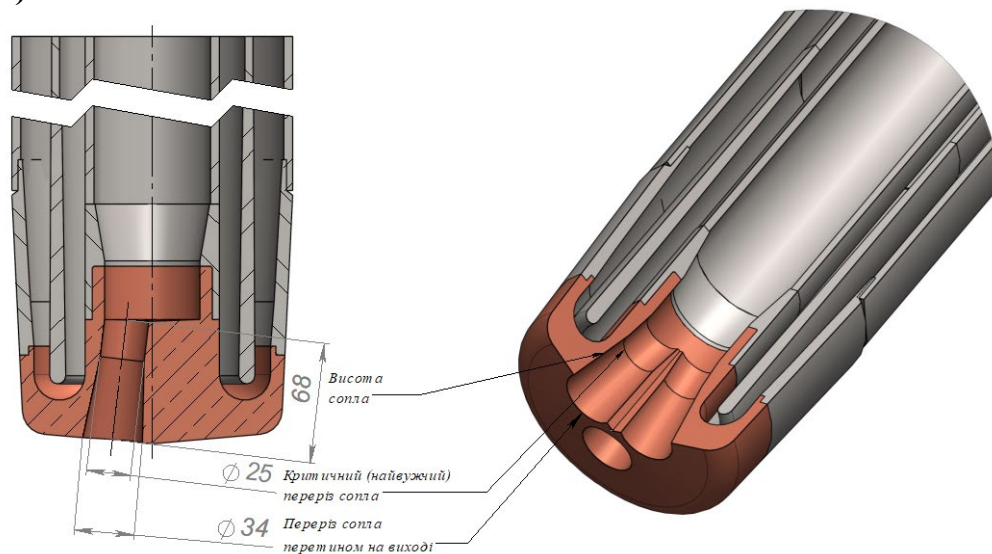


вертикальне положення, опускається фурма і починається продування киснем. До початку продування під конвертером повинні бути встановлені шлакова чаша, коробка, а на металовозному візку – ковш з температурою футерування не нижче 400°C .

З ціллю нормального запалювання плавок при продуванні чорнового феронікелю з пониженою температурою менше 1180°C і високим вмістом кремнію в металі (вище 6%), після заливання металу в конвертер необхідно зробити завалку пилоподібного матеріалу, що містить нікель (окаліни, струженини, пилу), у кількості, що вказана в технологічній інструкції, почати продування. Забороняється проводити заливку металу на шлак, тому що при цьому можливі викиди металу з конвертера. Перед початком продування необхідно переконатися, що фурма справна, немає течі, сопло не забито і немає розпалу [8].

Для рафінування феронікелю у кислій стадії застосовується односоплова фурма з мідним наконечником, з критичним перерізом сопла – 32,5 мм; перетином на виході – 44,0 мм; висотою сопла – 81 мм (мал. 3).

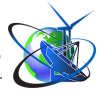
Залежно від хімічного складу чорнового феронікелю, а також кількості перероблюваного холодного металу, що містить нікель, для продування може бути використана фурма з трисопловим наконечником, з критичним перерізом кожного сопла – 25,0 мм; перетином на виході – 34,0 мм; висотою сопла – 68 мм (мал. 4).



Мал. 4. Трисоплова фурма з мідним наконечником

Залежно від хімічного складу чорнового феронікелю, а також кількості перероблюваного холодного металу, що містить нікель, для продування може бути використана фурма з трисопловим наконечником, з критичним перерізом кожного сопла – 25,0 мм; перетином на виході – 34,0 мм; висотою сопла – 68 мм (мал. 4).

Продування проводиться також при тиску кисню не нижче 10 ат ($10,1 \times 10^6$ Па) по манометру на цеховому колекторі, витрата кисню – $100\text{--}170 \text{ м}^3/\text{хв}$, чистота кисню не менш, ніж 99,5%. Положення фурми змінюється над рівнем дзеркала ванни в залежності від складу, температури чорнового феронікелю та



заданого режиму.

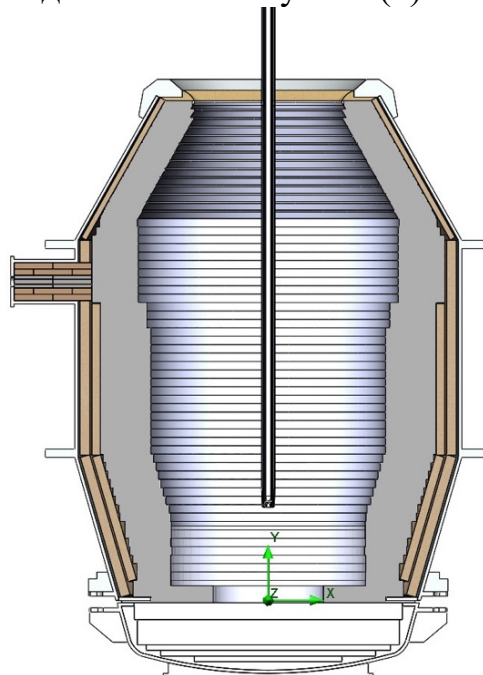
Тепловий режим плавки може регулюватися завантаженням в конвертер відходів нікелю, холодного чорнового феронікелю, нікелевої або залізної руди. Витрата охолоджувачів визначається в залежності від температури кладки конвертера, від ваги, хімічного складу та температури чорнового феронікелю. При цьому машиніст дистриб'ютора повинен враховувати, що основним джерелом хімічного тепла процесу є реакція окислення кремнію, що має найвищий тепловий ефект [8].

Моделювання продування в феронікелевому конвертері

Для побудови геометрії моделі феронікелевого конвертера використовувався програмний комплекс системи автоматичного проектування SolidWorks. Ґрунтуючись на проектних кресленнях, підготували тривимірну модель металевого корпусу конвертера, в неї встановили арматурне і робоче футерування відповідно до реального робочого проекту, встановили кисневу фурму зі змінним наконечником (мал 5).

Під час підготовки умов моделювання враховувалися реальні значення - тиск кисню 10 ат ($10,1 \times 10^6$ Па) по манометру на цеховому колекторі, витрата кисню – 150 м³/хв. Положення фурми над рівнем дзеркала ванни (як для односоплової, так і для трисоплової) не змінювалося і становило $x = 216$ мм (відстань між вихідним перерізом фурми та поверхнею ванни).

Для формулювання математичної моделі були зроблені наступні припущення: розглядалися лише рідкий шлак, метал і кисень (1); кисень розглядався як стисливий ідеальний газ і, таким чином, дотримувався співвідношення $pV = \nu RT$, а розплав – як нестислива ньютонівська рідина (2); в'язкість і поверхневий натяг усіх фаз були постійними (3); хімічними реакціями процесу плавки довелося знехтувати (3).



Мал. 5. Тривимірна модель основного конвертера рафінування феронікелю



Додатковий модуль Flow Simulation дозволяє моделювати потоки рідини та газу для обчислення різних характеристик, таких як температура, швидкість потоку, об'ємна та масова концентрація рідини, тощо. Модуль розв'язує рівняння Нав'є-Стокса, які є формулюваннями законів збереження маси, імпульсу та енергії для потоків рідини. Рівняння доповнюються рівняннями стану рідини, що визначають природу рідини, і емпіричними залежностями густини рідини, в'язкості і теплопровідності рідини від температури. Непружні неньютонівські рідини розглядаються шляхом введення залежності їх динамічної в'язкості від швидкості зсуву потоку і температури, а стисливі рідини — шляхом введення залежності їх густини від тиску. Задача конкретизується визначенням її геометрії, граничних і початкових умов.

Програма для моделювання здатна передбачати як ламінарні, так і турбулентні потоки. Ламінарні потоки виникають при низьких значеннях числа Рейнольдса, коли число Рейнольдса перевищує певне критичне значення, потік стає турбулентним, тобто параметри потоку починають хаотично коливатися. Більшість потоків рідини, які зустрічаються в інженерній практиці, є турбулентними, тому модуль було розроблено в основному для моделювання та вивчення турбулентних потоків. Для прогнозування турбулентних потоків використовуються усереднені за Фавром рівняння Нав'є-Стокса, де враховуються усереднені за часом ефекти турбулентності потоку на параметри потоку, тоді як інші, тобто великомасштабні, залежні від часу явища враховуються безпосередньо. Завдяки цій процедурі в рівняннях з'являються додаткові члени, відомі як напруги Рейнольдса, для яких необхідно надати додаткову інформацію. Щоб закрити цю систему рівнянь, програмний модуль використовує рівняння переносу для турбулентної кінетичної енергії та швидкості її дисипації, так звану модель $k - \varepsilon$ [9].

Масообмін сумішах рідин визначається рівняннями збереження часток. Рівняння, що описують концентрації компонентів суміші, можна записати у вигляді:

$$\frac{\partial \rho y_m}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} (\rho u_i y_m) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left((D_{mn} + D_{mn}^t) \frac{\partial y_m}{\partial x_i} \right) + S_m \quad [9.1]$$

$$m = 1, 2, \dots, M$$

Тут D_{mn}, D_{mn}^t — молекулярна і турбулентна матриці дифузії, S_m — швидкість виробництва або споживання m -го компонента.

У випадку закону дифузії Фіка:

$$D_{mn} = D \cdot \delta_{mn}, \quad D_{mn}^t = \delta_{mn} \cdot \frac{\mu_t}{\sigma} \quad [9.2]$$

Між концентраціями видів має місце наступна алгебраїчна залежність:

$$\sum_m y_m = 1 \quad [9.3]$$

Якщо газоподібна (або рідка) речовина дифундує в газоподібній (або рідкій) рідині (якщо ця рідина тече і переносить іншу речовину, цю рідину



зазвичай називають рідиною-носієм), і масова частка цієї речовини у в рідина носії занадто мала, тобто $y \ll 1$, то вона не може вплинути на властивості потоку рідини-носія (швидкість, тиск, температуру), а потім на розподіл цієї речовини в обчислювальній області через перенесення її потоком рідини та її дифузії в цю рідину. Згідно з цією опцією, дифузія цієї речовини оцінюється в попередньо розрахованому стаціонарному або нестаціонарному потоці рідини-носія шляхом вирішення наступного рівняння, враховуючи нерівномірність концентрації речовини та градієнт тиску рідини-носія (лише для газоподібних рідин):

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\rho y u_i - \frac{\rho R T}{p m} \left(\frac{\mu}{Pr \cdot Le} + \frac{\mu_t}{Pr_t \cdot Le_t} \right) \frac{\partial y}{\partial x_i} \right] = \\ = \frac{\partial}{\partial x_i} \frac{m_1 m_2}{m^2} \left[\frac{\rho y v_i - y}{p} \left(\frac{\mu}{Pr \cdot Le} + \frac{\mu_t}{Pr_t \cdot Le_t} \right) \frac{\partial p}{\partial x_i} \right] \end{aligned} \quad [9.4]$$

де: ρ – густина рідини-носія і суміші речовини (оскільки $y \ll 1$, то ρ можна вважати густиною рідини-носія);

t – час;

x_i – i -та компонента використовуваної системи координат;

u_i – i -та складова швидкості несучої рідини (речовина має однакову швидкість);

p – статичний тиск рідини-носія;

R – універсальна газова стала;

m – молярна маса рідини-носія та суміші речовини;

m_1 – молярна маса речовини;

m_2 – молярна маса рідини-носія;

v_i – питомий об'єм речовини;

μ – ламінарна в'язкість рідини-носія;

μ_t – турбулентна в'язкість рідини-носія;

Pr, Pr_t – ламінарне та турбулентне числа Прандтля несучої рідини;

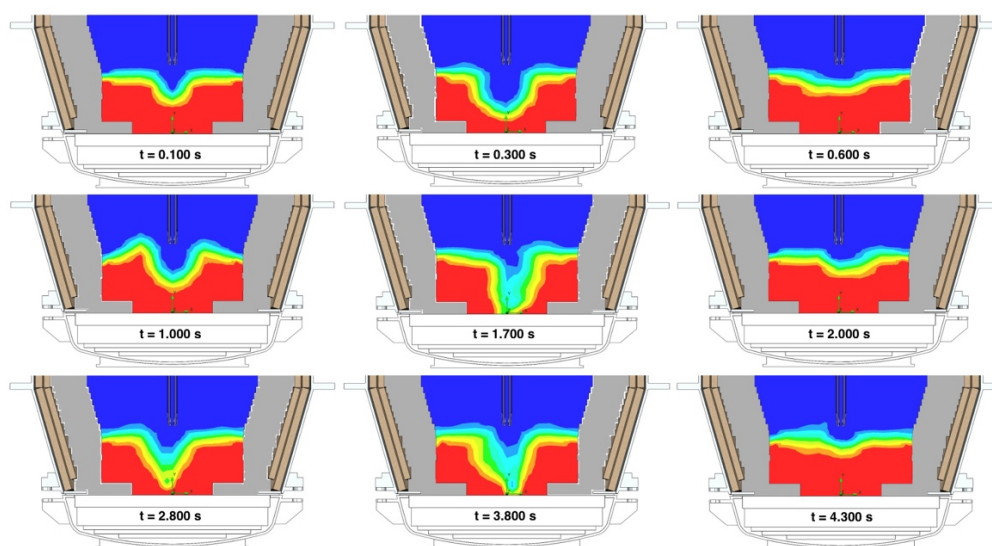
Le, Le_t – ламінарне та турбулентне числа Льюїса несучої рідини. [9]

Рівняння розв'язується в обчислювальній області (або її підобласті) із заданими користувачем граничними умовами, початковими умовами та джерелами об'єму речовини, що переноситься потоком рідини (або газу). В нашому випадку завдання зведено до того, що обчислювальна область визначена як внутрішня порожнина конвертера, обумовлена його робочим футеруванням, рідина – це розплав, газ подається через фурму із заданими умовами, параметри моделювання ідеальні (конвертер та фурма розташовані строго вертикально).

На мал. 6 та 7 відображена об'ємна концентрація розплава в конвертері при моделюванні роботи односоплової та трисоплової фурми в часі, яка є мірою об'єму розчиненої рідини у заданому об'ємі робочої порожнини конвертера. Для проведення аналізу та зіставлення результатів між двома фурмами, обрані наступні часові позначки – 0,1 с; 0,3 с; 0,6 с; 1 с; 1,7 с; 2 с; 2,8 с; 3,8 с; 4,3 с. При впливі струменя газу на ванну конвертера на мал. 6



спостерігається «пульсаційний» характер западини, що повторюється з часом (1,7 с, 3,8 с), розплав періодично «пробивається» струменем газу практично до дна конвертера, що безумовно може вплинути негативно на футеруванні агрегату, зменшуючи його термін служби.



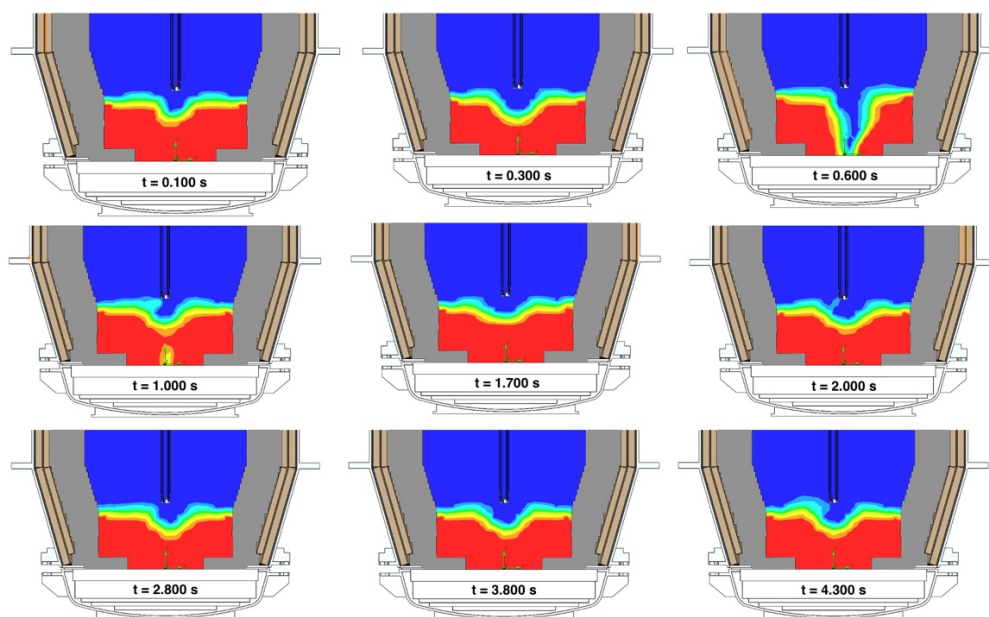
Мал. 6. Односоплова фурма. Об'ємна концентрація рідини

При роботі фурми з одним соплом, ширина западини в рідині залишається майже постійною під впливом газу, змінюється лише глибина западини, спостерігається утворення хвиль, гребінців по краях западини, характер та форма яких змінюються в часі. Окремо варто звернути увагу на периферію металеві ванни конвертера, на яких об'ємна концентрація рідини практично не змінюється, що може опосередковано свідчити як про недостатнє перемішування розплаву в цій області, так і про меншу дію розплаву на робоче футерування стін конвертера.

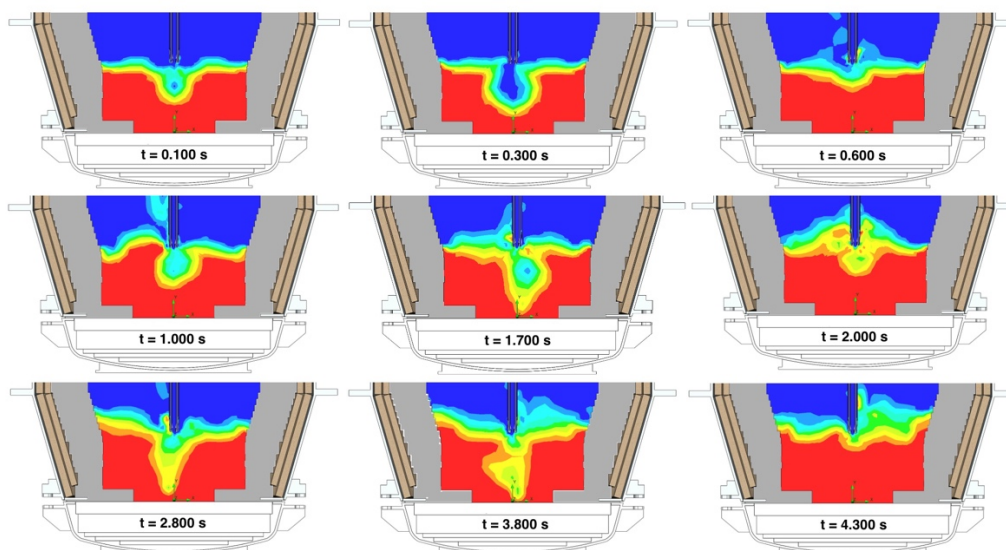
Картина з використанням трисоплової фурми та розподіл об'ємної концентрації рідини, як вказано на мал. 7, має дещо інший характер. По-перше відсутня пульсація западини, що формується потоком газу з фурми, а «простріл» до дна конвертера спостерігається тільки на одній часовій ділянці – біля 0,6 секунди. Враховуючи, що перехід від одного режиму до іншого (початок продування) відбувається стрибкоподібно, оскільки фурма багатосоплова, а струмені газу турбулентні, можемо припустити, що такий ефект пов'язаний з початком роботи фурми при моделюванні процесу. В такому випадку, вплив продування на термін служби футерування дна конвертера буде меншим, ніж у попередньому варіанті.

Додатково фіксуємо більш стабільну поведінку западини, вона не така глибока як на мал. 6, але візуально здається ширше. Хвилі та гребені по краях западини менші, характер і форма стабільніші за попередню, об'ємна концентрація рідини біля стін практично не змінюється.

Масова концентрація рідини, яка відображена на мал. 8 та 9, також відома як масовий відсоток рідини, показує скільки маси розплаву розчинено в заданому об'ємі робочої порожнини конвертера та з якою концентрацією.



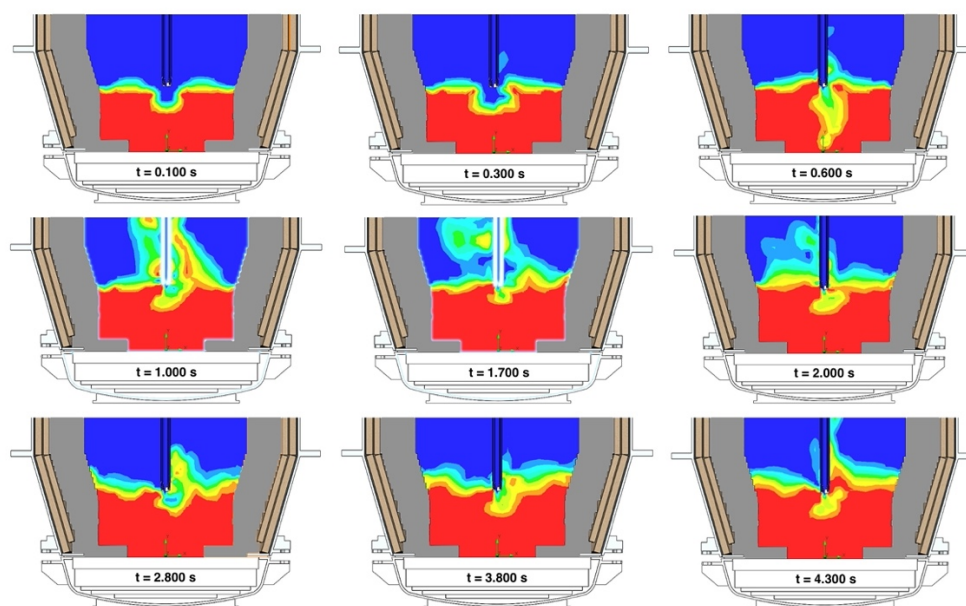
Мал. 7. Трисоплова фурма. Об'ємна концентрація рідини



Мал. 8. Односоплова фурма. Масова концентрація рідини

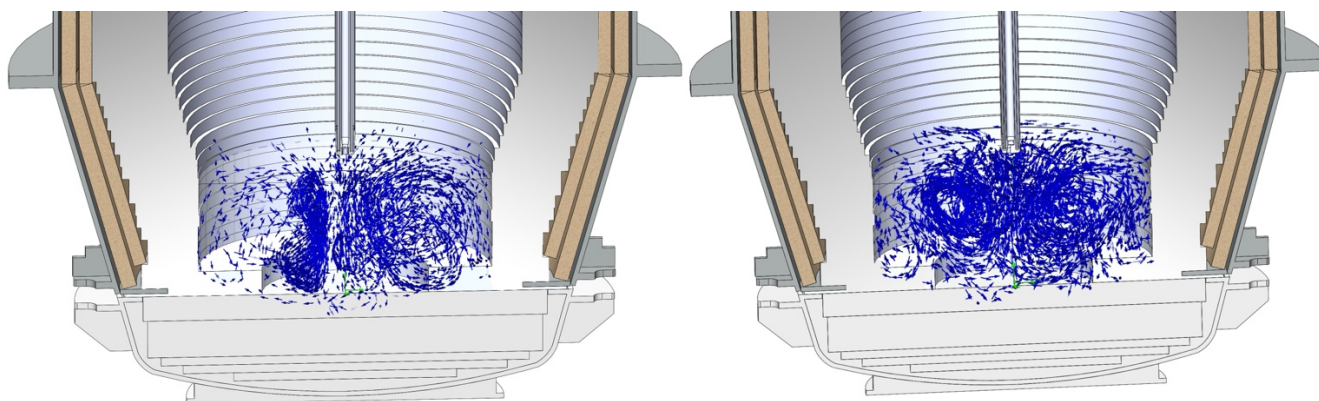
Як і у випадку з об'ємною концентрацією рідини, на мал. 8 спостерігається, характерна для фурми з одним соплом, пульсація, при якій газовий струмінь пробивається до дна конвертера на 1,7 с, 2,8 с, 3,8 с. На мал. 9 ми не бачимо такого ефекту. При цьому, подібний ефект спостерігається на позначці 0,6 с, але це явище можна знову пов'язати з початком продування.

При візуальному порівнянні відзначається більш стабільна западина під час роботи трисоплової фурми, тоді як фурма з одним соплом постійно змінює ширину та глибину западини в часі, надаючи їй непередбачувану форму. Можна припустити, що багатосоплова фурма дозволяє проводити продування розплав при збереженні більш спокійнішого (з меншою турбулентністю) характеру перемішування, з меншим впливом на цілісність робочого футерування дна конвертера.



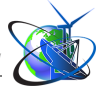
Мал. 9. Трисоплова фурма. Масова концентрація рідини

Питання ефективності перемішування ванни конвертера неможливо достовірно оцінити виходячи з мал. 6-9, оскільки там не відображається потрібної для цього інформації. Тож для того, щоб побачити процес руху частинок газу в розплаві, їх кількість на напрям, проаналізувати хід перемішування, проводилося комп'ютерне моделювання траєкторії пруху газу в рідині. Порівняльні зображення для односоплової та трисоплової фурми зображені на мал. 10.



Мал. 10. Траєкторія потоку газу в рідині (односоплова фурма зліва, трисоплова - справа)

Фурма з одним соплом показує рівномірне перемішування ванни навколо власної вертикальної осі, рідина циркулює, відбиваючись від дна та стін конвертера. Спостерігається невелике розпилення рідини, крапельки рідини захоплюються струменем газу і виносяться за межі ванни у напрямку від фурми до стін конвертера. Перемішування носить більш інтенсивний характер в області западини та вертикальної осі фурми, і спадає в міру віддалення від осі фурми та наближення до стін у горизонтальній площині. Рух потоків газу в безпосередній близькості до дна конвертера візуалізується чітко, з великою



кількістю векторів, що також вказує на високу інтенсивність перемішування.

Грунтуючись на моделюванні, можемо сказати, що трисоплова фурма краще перемішує ванну з рідиною, при однакових параметрах тиску і витрати газу, кількість векторів траєкторії потоку газу набагато більше, ніж у односопловій. При такій траєкторії руху, коли рідина циркулює, відбиваючись від дна і стінок металевої ванни конвертера, перемішування не має такого «загасання» в напрямку від вертикальної осі фурми до стінки. Можна припустити, що застосування трисоплової фурми, збільшивши інтенсивність перемішування, дозволить досягти повного окислення вуглецю при рафінуванні феронікелю в більш короткий термін, що дозволить швидше відібрати пробу металу для визначення вмісту необхідних хімічних елементів, скорочуючи тривалість плавки.

Трисоплова фурма, виходячи з **мал. 10**, в рівній мірі впливає на робоче футерування дна і стін металевої ванни конвертера.

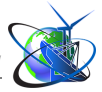
Варто відзначити, що ремонт робочого футерування стін металевої ванни конвертера складніший, у той час як дно можна наростити, використовуючи брикети зі вмістом магнезиту або інші підручні матеріали, такі як, наприклад, бій магнезійної цегли.

Висновки

1. Характер взаємодії газового струменя з рідиною, форма та розміри западини більш стабільні при застосуванні трисоплової фурми.
2. Інтенсивність перемішування ванни металу при використанні трисоплової фурми вище та рівномірніше за об'ємом розплаву, ніж при використанні фурми з одним соплом.
3. Ефект збільшення кількості сопел фурми може призвести до скорочення тривалості плавки, зменшення часу прибуття металу в конвертері, підвищення продуктивності і стійкості футерування агрегату, зниженню питомих витрат.
4. Односоплова фурма більшою мірою впливає на футерування дна конвертера, що може призвести до випереджального зносу та утворення лунки.
5. Фурма з трьома соплами впливає як на робоче футерування стін, так і на футерування дна конвертера.

Літературні джерела:

1. Факти про нікель: <http://www.nickelinstitute.org>; 10.08.2023.
2. Нікель: <https://en.wikipedia.org/wiki/Nickel>; 10.08.2023.
3. Ресурси і запаси нікелю:
https://uk.wikipedia.org/wiki/Ресурси_і_запаси_нікелю; 11.08.2023.
4. Опис виробництва феронікелю на ТОВ «ПФК»: <https://pfk.com.ua/>; 10.08.2023.
5. Лапіцький В. І., Левін С. Л., Легкоступ О. І., Ступар Н. І., Афанасьєв С. Р. Конвертерні процеси виробництва сталі: вид-во «Металургія»; 1970 р.
6. Афанасьєв С. Г. Короткий довідник конвертерника: видавництво «Металургія»; 1967 р.
7. Баптизманський В. І. Чорна металургія; №10; 1962 р.
8. Рибак В.В. Технологічна інструкція рафінування чорного феронікелю;



№ 001; 2022 p.

9. Технічна довідка. Solidworks Flow Simulation - англійська версія; 2022 p.

Abstract. *The final phase of ferronickel production process, one of the options of oxidized nickel ores processing before granulation, is ferronickel refining. Ferronickel refining technological methods at industrial enterprises in the world mainly consist of the similar steps of production with minor variations, but the process in vertical oxygen converters is often used. The two-stage (duplexity) nature of ferronickel refining lies in the fact that smelting by-product, which is formed in the initial period of processing of rough ferronickel, contains a lot of silicon oxide, accordingly, the first phase of refining is carried out in converters with silica lining. The second stage of processing with removing of chromium, carbon, sulfur, phosphorus, and other admixtures, is carried out in converters with basic linings. This article is about converters with upper oxygen supply.*

Therefore, the purging process with oxygen is required in order to reduce the content of sulfur, phosphorus, carbon and iron in FeNi metal to a given level. Oxidation of impurities occurs mainly in the circulation zone, where the metal collides with the lining, slag and melt additives. Visual inspection, study of the gas jet, the process of circulation of liquid metal and slag inside the converter is impossible, because the environment is opaque, converter has a metal body and a refractory lining. In this report, computer simulation of the hydrodynamic process of purging a converter bath using single-nozzle and three-nozzle lances will be investigated, where the nozzles are located at different angles to the vertical. On the base of examples of modeling the volumetric concentration of liquid, the mass concentration of liquid and the trajectory of gas movement in the melt, methods for increasing of the efficiency and stability of purging are considered. The issue of durability of the unit lining are highlighted.

Key words: *ferronickel refining, converter, oxygen lance, single-nozzle lance, three-nozzle lance, modeling of the purging process, durability of the unit lining.*

Статтю надіслано: 23.10.2023 p.

© Акреєв В. В.



THE DEGREE OF SOLID-PHASE REDUCTION OF IRON FROM NICKEL ORE OXIDES IN A TUBULAR ROTARY KILN USING COALS OF ENERGY GROUPS AS REDUCING AGENTS

СТУПІНЬ ТВЕРДОФАЗНОГО ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗА З ОКСИДІВ НІКЕЛЕВОЇ РУДИ В ТРУБЧАСТІЙ ОБЕРТОВІЙ ПЕЧІ З ВИКОРИСТАННЯМ В ЯКОСТІ ВІДНОВНИКІВ ВУГІЛЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ГРУП

Melnyk S. O. / Мельник С. О.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0009-3964-312X

Akreiev V. V. / Акресєв В. В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0009-3705-4129

Prykhodko S. V. / Приходько С. В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0005-0013-2198

Shevchenko D. V. / Шевченко Д. В.

postgraduate / аспірант

ORCID: 0009-0005-0013-2198

Ovcharuk A. M. / Овчарук А. М.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

Institute of Industrial and Business Technologies, Dnipro, Gagarina avenue, 4, 49000

Інститут промислових та бізнес технологій, м. Дніпро, пр. Гагаріна, 4, 49600

Анотація. Вивчення процесів твердофазного відновлення заліза з оксидів з використанням в якості відновника вугілля антрацитових та енергетичних груп та розробка енергоефективних технологій отримання та застосування огарку з нікелевих руд, отриманого внаслідок випалювання в трубчастій обертовій печі, є актуальним науковим напрямом у кольоровій металургії. Експериментальне вивчення процесу твердофазного відновлення заліза з нікелевої рудної суміші проводили на ТОВ "Побужський феронікелевий комбінат" у трубчастій обертовій печі №1 (далі ТОП-1), в якості палива використовувався природний газ. Отримано залежності співвідношення вугілля (відновників), що використовуються надалі для відновлення металів у руднотермічній печі. В результаті виділення легких компонентів у процесі нагрівання вугілля двох марок за температур 300-1050 °С, визначені оптимальні співвідношення вугілля, що забезпечують попереднє відновлення заліза з нікелевмісної сировини. Додатково, у результаті вивчення процесу відновлення заліза з нікелевої руди визначено оптимальні співвідношення вугілля марок ДГ і АС (75% / 25%) при температурі 850-950 °С, що призводить до зниження витрати природного газу за рахунок горіння легких з вугілля, а також зниження витрати електроенергії під час плавлення огарку в руднотермічній печі.

Результати цього дослідження можуть мати практичне застосування в оптимізації виробничих процесів у металургійній промисловості, а також у виборі оптимальних марок вугілля для поліпшення ефективності та економічної доцільності процесів відновлення заліза в трубчастих обертових печах.

Ключові слова: нікелева руда, огарок, твердо фазне відновлення заліза з оксидів, ступінь металізації, довго полум'яне газове вугілля, вугілля антрацитових груп, трубчаста обертовий піч.

Вступ

Одним з методів відновлення заліза з оксидів нікелевої руди є використання трубчастої обертової печі. Цей тип печі дозволяє ефективно



проводити процес відновлення шляхом постійного переміщення матеріалу в печі. Однак, для успішного твердофазного відновлення заліза з оксидів нікелевої руди необхідне використання відновників.

Одним із потенційних відновників, які можуть бути використані в трубчастій обертовій печі, є вугілля енергетичних груп. Вугілля має високий вміст вуглецю, що дозволяє йому виступати як відновник, забезпечуючи процес твердофазного відновлення заліза з оксидів нікелевої руди [1].

Метою даної роботи є вивчення ступеня твердофазного відновлення заліза з оксидів нікелевої руди в трубчастій обертовій печі з використанням вугілля енергетичних груп в якості відновників.

Проведення експерименту

Проведення досліджень з вивчення впливу завантаження в ТОП суміші антрациту і вугілля з підвищеним вмістом летких на ступінь попереднього відновлення огарку.

Дослідження проведено на ТОП-1 в умовах діючого виробництва ТОВ "Побужський феронікелевий комбінат". Основні характеристики ТОП-1: довжина 70 м, радіус 4,5 м, кут нахилу 3° [2].

Для проведення досліджень під час капітального ремонту в конструкцію печі ТОП-1 внесено такі зміни:

- у внутрішньому просторі на відстані 28 м від гарячого кінця печі встановили підпірне кільце (поріг) заввишки 640 мм і завширшки 400 мм, виконане з вогнетривкого бетону;

- на відстані 30 м і 34 м від гарячого кінця на кожусі печі встановлено два вентилятори типу ВР-288-46-5 продуктивністю 10 000 м³/год, які подають повітря в піч для опалювання оксиду вуглецю і забезпечення вибухобезпечного процесу. У радіальному напрямку вентилятори зсунуті відносно один одного на 180 градусів. Живлення вентиляторів здійснюється за допомогою плаваючих струмознімачів;

- для здійснення контролю температурного режиму отримання огарку і визначення градієнта температури огарку і газу по довжині печі в одному радіальному напрямку встановили 5 термопар типу ТХА 10-88, оснащених радіо контролерами. Відстань від гарячого кінця печі до термопар 10 м, 18 м, 24 м, 32 м, 38 м відповідно. Робочі кінці термопар розміщені в спеціальних кишнях. При нижньому положенні термопар фіксується температура огарка, при верхньому положенні - температура пічних газів [3].

Дослідження з визначення оптимального співвідношення вугілля марки ДГ у складі відновників проведено за такими етапами:

Таблиця 1 - Етапи проведення експерименту

№ етапу	Співвідношення вугілля ДГ:АС у шихті, %	Вміст відновника в шихті, %
1	0:100	4
2	25:75	4
3	50:50	5
4	75:25	5
5	100:0	5



У період проведення досліджень на кожному етапі відібрано проби руди та огарку для виконання хімічного аналізу з визначенням Fe_2O_3 , FeO , $\text{Fe}_{\text{общ}}$, $\text{Fe}_{\text{мет}}$ та вологи. Хімічний склад вугілля виконаний перед початком проведення досліджень і залишався постійним протягом усього періоду випробувань [3].

Таблиця 2 - Хімічний склад вугілля, мас. дол. %

Марка	С	Летючі	Зола	S	Зола, %				
					CaO	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	SiO_2	MgO	P
АШ	80,5	4,4	13,2	1,05	1,4	9,8	49	1,6	0,03
АС	86,3	5,3	7,4	0,85	2	9,5	51	1,8	0,031
ДГ	66,2	25,0	12,1	0,65	7,2	9	47	2,2	0,033

Для вугілля марки ДГ характерний підвищений вміст летких 25 мас. дол. %. Горіння летких речовин забезпечує необхідні умови для твердофазного відновлення в процесі обпалу. За цих умов основна частина тривалентного оксиду заліза відновлюється до двовалентного. Спостерігається також деяке відновлення оксиду заліза до металу [4].

Таблиця 3 - Хімічний склад нікелевої руди, мас. дол. %

№ етапа	Співвідношення вугілля ДГ до АС	Волога	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	$\text{Fe}_{\text{мет}}$	FeO	Fe_2O_3
1	0	23,3	13,56	0,01	2,04	16,04
2	25	23,3	13,56	0,01	2,04	16,04
3	50	20,9	13,74	0,02	2,33	17,07
4	75	20,9	14,4	0,01	2,15	18,2
5	100	22,3	14,23	0,01	2,23	17,85

Таблиця 4 - Середній хімічний склад огарку, мас. дол. %

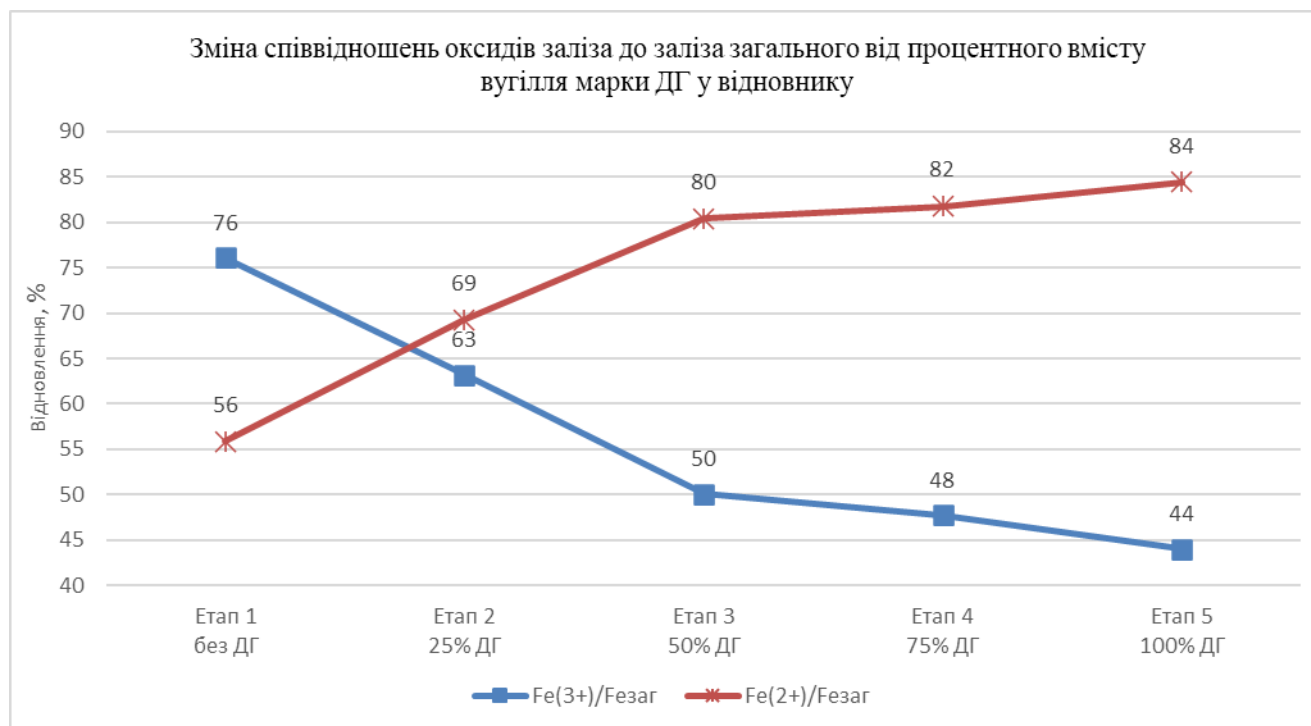
№ етапи	Співвідношення вугілля ДГ до АС	$\text{Fe}_{\text{общ}}$	$\text{Fe}_{\text{мет}}$	FeO	Fe_2O_3
1	0	12,14	0,18	6,78	9,24
2	25	12,63	0,24	8,75	7,98
3	50	13,36	0,32	10,74	6,69
4	75	13,73	0,35	11,23	6,55
5	100	13,6	0,45	11,48	5,98

Як впливає з таблиці 4, відсотковий вміст FeO в огарку з використанням вугілля марки ДГ порівняно із завантаженням без добавки вугілля марки ДГ до складу відновників (етап 1) збільшився в:

- Етап 2 вміст ДГ - 25 % у складі відновника в 1,29 разів;
- Етап 3 вміст ДГ - 50 % у складі відновника в 1,58 разів;
- Етап 4 вміст ДГ - 75 % у складі відновника в 1,66 разів;
- Етап 5 вміст ДГ - 100 % у складі відновника в 1,70 разів.

На підставі результатів аналізів, наведених у таблиці 3, розраховано відношення вмісту $\text{Fe}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_{\text{общ}}$ та $\text{FeO} / \text{Fe}_{\text{общ}}$ у огарку за етапам [3].

Як показано на малюнку 1, зі збільшенням відсоткового вмісту вугілля марки ДГ у відновнику відношення $\text{Fe}^{(+2)} / \text{Fe}_{(\text{общ})}$ підвищується і відповідно відношення $\text{Fe}^{(+3)} / \text{Fe}_{(\text{общ})}$ знижується, що характерно для протікання процесів твердофазного відновлення [3].



Малюнок 1. Зміна співвідношень оксидів заліза до заліза загального від відсоткового вмісту вугілля марки ДГ у відновнику

Основними характеристиками процесу твердофазного відновлення оксидів заліза є ступінь відновлення і ступінь металізації. Для визначення цих характеристик було виконано розрахунок матеріальних балансів за вмістом заліза [5].

Для розрахунку матеріального балансу за залізом у період проведення досліджень здійснювали контроль маси шихтових матеріалів, що завантажуються, отриманого огарку, пиле виносу з печі з використанням даних АСУ ТОП-1. Результати розрахунків матеріальних балансів за етапами представлені в таблиці 5 [3].

Ступінь відновлення - це відношення кількості відібраного в процесі відновлення кисню до кількості його у вихідній сировині, що характеризує повноту відновлення [5].

Таблиця 5. Баланси за вмістом заліза в руді та огарку

№ п/п	Етап	Прихід (за сухою рудою)				Витрата (огарок)		
			т	Fe	O	т	Fe	O
	1	Fe _{мет}	0,87	0,87		16,29	16,29	
	1	FeO	177,59	138,13	39,47	606,74	471,91	134,83
	1	Fe ₂ O ₃	1396,38	977,47	418,91	826,89	578,82	248,07
	1	Всього	1574,85	1116,47	458,38	1449,92	1067,02	382,90
	1	Нев'язка					4,43 %	
	2	Fe _{мет}	0,13	0,13		3,10	3,10	
	2	FeO	27,45	21,35	6,10	115,40	89,75	25,64
	2	Fe ₂ O ₃	215,83	151,08	64,75	105,17	73,62	31,55
	2	Всього	243,41	172,56	70,85	223,67	166,47	57,20
	2	Нев'язка					3,53 %	



№ п/п	Етап	Прихід (за сухою рудою)				Витрата (огарок)		
			т	Fe	O	т	Fe	O
	3	Fe _{мет}	0,77	0,77		12,43	12,43	
	3	FeO	89,99	69,99	20,00	420,54	327,09	93,45
	3	Fe ₂ O ₃	660,15	462,10	198,04	262,08	183,46	78,62
	3	Всього	750,90	532,86	218,04	695,05	522,97	172,08
	3	Нев'язка					1,85 %	
	4	Fe _{мет}	0,11	0,11		3,88	3,88	
	4	FeO	24,20	18,83	5,38	123,59	96,12	27,46
	4	Fe ₂ O ₃	195,14	136,60	58,54	72,12	50,48	21,63
	4	Всього	219,45	155,53	63,92	199,58	150,49	49,10
	4	Нев'язка					3,24 %	
	5	Fe _{мет}	0,20	0,20		5,30	5,30	
	5	FeO	26,77	20,82	5,95	134,37	104,51	29,86
	5	Fe ₂ O ₃	212,90	149,03	63,87	69,97	48,98	20,99
	5	Всього	239,87	170,05	69,82	209,64	158,79	50,85
	5	Нев'язка					6,63 %	

Ступінь металізації - відношення відсоткового вмісту заліза металевого і заліза загального в продукті [5].

Ступінь відновлення і ступінь металізації отриманого огарку за етапами представлені в таблиці 6.

Таблиця 6. Ступінь відновлення і ступінь металізації отриманого огарку, мас. дол. %

№ етапу	Ступінь відновлення	Ступінь металізації
1	16,47	1,50
2	19,27	1,86
3	21,08	2,37
4	23,19	2,57
5	27,17	3,33

Ступінь відновлення огарку при завантаженні вугілля марки ДГ 100% зросла в 1,65 разів, ступінь металізації відповідно в 2,22 разів порівняно із завантаженням без добавки вугілля марки ДГ до складу відновника [3].

Таблиця 7. Ступінь переходу Fe₂O₃ в FeO і FeO в Fe_{мет}, %

№ етапу	Fe ₂ O ₃ в FeO	FeO в Fe _{мет}
1	48,72	3,16
2	58,98	3,20
3	65,16	3,44
4	66,67	3,78
5	67,59	4,65

На процеси твердофазного відновлення крім хімічного складу вихідної сировини великий вплив чинить гранулометричний склад і температурний режим процесу [3].

Гранулометричний склад огарку представлений у таблиці 8, хімічний склад огарку за фракціями (етап 5) представлений у таблиці 9.

**Таблиця 8. Гранулометричний склад огарку, %**

№ проби	Вміст фракції, мас. дол. %		
	-0,063 + 0,315 Дрібна	-0,63 + 5 Середня	-10 + 40 Крупна
1	13,1	33,4	53,5
2	12,1	34,1	53,8
3	12,4	32,1	55,6
4	14,7	32,3	53,1
6	21,1	33,2	45,7

Таблиця 9. Хімічний склад огарку за фракціями, мас. дол. %

Компоненти	Фракція, мм		
	-0,063 + 0,315 Дрібна	-0,63 + 5 Середня	-10 + 40 Крупна
Fe _{общ}	21,50	11,40	8,10
Fe _{мет}	0,30	0,31	0,32
FeO	19,10	10,60	6,60
Fe ₂ O ₃	9,10	4,10	3,80

Аналіз показників таблиці 8 і таблиці 9 показав, що активніше процес твердофазного відновлення протікає в дрібній фракції руди.

Контроль температури огарку і газів по довжині печі здійснювали за допомогою термопар, встановлених на кожусі на відстані від гарячого кінця 10 м, 18 м, 24 м, 32 м, відповідно. Дані за температурами газу й огарку в печі наведено в таблиці 9 і таблиці 10 [3].

Таблиця 10. Середньодобова температура огарку, °C

№ заміру	Вивантаження (гарячий кінець)	т.1	т.2	т.3	т.4
1	869,38	964,17	849,98	635,03	321,53
2	861,25	978,17	834,92	622,35	332,57
3	857,5	901,43	849,58	623,20	346,36
4	846,25	874,22	886,09	684,59	367,62
5	849,38	1036,32	791,0	649,24	352,11
Середнє	856,75	950,86	842,32	642,88	344,04

Таблиця 11. Середньодобова температура газів, °C

№ заміру	т.1	т.2	т.3	т.4
1	1042,65	952,51	837,87	417,07
2	1098,72	960,33	839,38	447,66
3	1053,03	971,89	853,35	469,09
4	983,52	1026,83	908,28	476,69
5	1129,72	1005,97	889,84	470,74
Середнє	1061,53	983,51	865,74	456,25

У період досліджень спостерігалось підвищення температури огарку в гарячому кінці печі (т.1) до 1036 °C, що призвело до його розм'якшення та утворення гарнісажу на футеровці ТОП.



Однією з причин підвищення температури огарку в гарячій зоні печі є порушення режиму роботи пальника. Режим роботи пальників налаштований на співвідношення газ - холодне повітря. При використанні гарячого повітря після рекуператора режимна карта роботи пальників не відповідає поточним умовам роботи [3].

Для контролю вмісту CO, CH₄ і пилю у газах, що відходять, ТОП-1 було виконано пило газові виміри.

Результати пило газових вимірів показали, що у відхідних газах ТОП-1 вміст CO періодично перевищував норматив у 3-4 рази, що пов'язано з порушенням роботи пальника під час подачі на нього повітря, нагрітого в рекуператорі до 214 °C. Збільшення пило виносу з печі та викидів в атмосферу в процесі досліджень не спостерігалось. Викид пилю в атмосферу не перевищував норматив для джерела викидів №33 і становив у середньому 330 мг/нм³ за норми 760 мг/нм³ [7].

За результатами опрацювання даних роботи ТОП-1 виконано розрахунок питомих норм витрат матеріалів, що завантажуються, одержуваного огарку, природного газу. Питомі норми витрат за етапами представлені в таблиці 12.

Таблиця 12. Питомі норми витрат, т/т сухої руди

Шихтові матеріали	етап 1 (ДГ — 0 %)	етап 2 (ДГ — 25 %)	етап 3 (ДГ — 50 %)	етап 4 (ДГ — 75 %)	етап 5 (ДГ — 100 %)
Огарок	0,902	0,825	0,889	0,927	0,935
Вапняк	0,057	0,007	0,048	0,053	0,052
Відновник у т.ч.:	0,052	0,057	0,063	0,063	0,064
АШ	0,041	0,034	0,014	0,016	
АС	0,010	0,009	0,017		
ДГ		0,014	0,031	0,047	0,064
Витрата природного газу, м ³	86,500	84,314	83,092	82,150	81,208
Витрата природного газу середня за період досліджень, м ³ /т сухої руди		83,090			

Зменшення питомої витрати природного газу відбувається за рахунок збільшення частки вугілля марки ДГ у складі відновника. Питома витрата природного газу без використання вугілля марки ДГ за даними комбінату становить 86,5 м³/т сухої руди. Середня питома витрата природного газу за період досліджень з використанням вугілля марки ДГ склала 83,090 м³/т сухої руди. Економія природного газу за рахунок використання вугілля марки ДГ у складі відновника становить 3,41 м³/т сухої руди [3].

Отриманий у ТОП-1 огарок прямував для подальшого перероблення в РТП-1. Завантаження огарку в РТП-1 здійснювалося як з ТОП-1, так і з ТОП-2 у співвідношенні 1:1.

Для перевірки окиснюваності заліза в огарку, що надходив з ТОП-1 на переробку в РТП-1 відібрано 2 паралельні проби під час вивантаження огарку з ТОП-1 і з кубеля подачі огарку в РТП. Результати аналізу представлені в таблиці 13.

**Таблиця 13. Хімічний склад огарку, мас. дол. %**

Місце відбору проби	Fe _{общ}	Fe _{мет}	FeO	Fe ₂ O ₃
Огарок при вивантаженні з ТОП-1	15,00	0,37	14,20	5,10
Огарок із кубеля	15,00	0,24	13,80	6,10

Як видно з таблиці 13, окислення заліза металевого та оксидів заліза було незначним.

У процесі роботи РТП-1 здійснювався контроль за такими технологічними показниками:

- питома витрата електроенергії;
- хімічний склад металу.

Аналіз хімічного складу чорного нікелю показав, що при переробці огарку з використанням в якості відновника при завантаженні в шихту 100 % вугілля марки ДГ, зменшився вміст Si з 5 % до 2,8 %, що призвело до зростання температури металу вище норми, тому найдоцільнішою є переробка огарку з вмістом у складі відновника 75 % вугілля марки ДГ (етап 4) [6].

Економія питомої витрати електроенергії на 1 т огарку за рахунок попереднього твердофазного відновлення становить 5 кВт/т огарку [3].

Висновки

1. Використання вугілля марки ДГ у складі відновника при обпалюванні нікелевої руди з отриманням огарку позитивно впливає на процес твердофазного відновлення. Найефективнішим для подальшого плавлення огарку в РТП є завантаження шихтових матеріалів з відновником, що містить 75 % вугілля марки ДГ і 25 % вугілля марки антрацитових груп (АС).

2. Економія природного газу за рахунок використання вугілля марки ДГ у складі відновника становить 3,41 м³/т сухої руди або ~4%.

3. Економія питомої витрати електроенергії на 1 т огарку за рахунок попереднього твердофазного відновлення становить 5 кВт/т огарку або ~1%.

4. Для уточнення отриманих даних щодо економії питомої витрати природного газу на ТОП-1 і питомої витрати електроенергії на РТП-1 необхідний більш тривалий період досліджень. Економія питомої витрати електроенергії на РТП-1 може бути визначена за 100 % завантаження попередньо відновленого огарку. Для забезпечення цих умов необхідна одночасна робота ТОП-1 і ТОП-2 з отриманням попередньо відновленого огарку.

Літературні джерела:

1. Тарасов А.В., Уткін Н.І. Загальна металургія. - М.: Металургія, 1997, 286 с.
2. Технологічна інструкція підготовка шихтових матеріалів та обпалення шихти в обпалювальному цеху ТОВ «ПФК» Код: ПФК-СВ-ТІ-13-0001. Ганусовський Д.
3. Звіт ДП "Державний науково-дослідний та проектний інститут титану" ІТ-13-1/1. М.В. Хазнаферов, А.Д. Сущинський, Ю.В. Поплавський, Н.Ф. Рябчикова. 2013 р.



4. Звіт з науково-дослідної роботи «Складання енергетичного балансу рудотермічних печей РТП-1 та РТП-2 при виробництві феронікелю в умовах ТОВ «ПФК». Овчарук А.М., Безуглий А.В., Кривенко В.В., Замкової О.В., Цветков І.В., Надточій А.А., Коноваленко В.П., Кухтіна А.Л., Овчарук О.О., Трунова І.В. Дніпро, 2018.

5. Щитов А.Є., Галімов М.Д., Окунєв О.І. Твердофазне відновлення висококремністої руди з виділенням металізованого продукту // Дифузія, сорбція і фазові перетворення в процесах відновлення металів: Зб. - М.: Наука, 1981.

6. Опис виробництва феронікелю на ТОВ «ПФК»: <https://pfk.com.ua/>

7. Соколов А.В., Єжов Є.І., Усевич М.І., Бобковський О.Г. Фазові перетворення при відновлювальному випалюванні окислених нікелевих руд // КІМС. - Алма-Ата. - 1989, №8.

Abstract. *The study of the processes of solid-phase reduction of iron from oxides using anthracite and energy groups of coal as a reducing agent, development of energy-efficient technologies for production and use of calcine from nickel ores obtained by firing in a rotary kiln is a current scientific direction in non-ferrous metallurgy. An experimental study of the process of solid-phase reduction of iron from a nickel ore mixture was carried out at «Pobuzhsky Ferronickel Works» LLC in tubular rotary kiln No. 1 (hereinafter referred to as TRK-1), natural gas was used as fuel. The dependence of the ratio of coal (reducing agents), which are subsequently used for reduction of metals in an ore-smelting furnace, was obtained. As a result of the release of volatile components during the heating of two grades of coal at a temperature of 300-1050 °C, the optimal ratios of coal were determined to ensure the preliminary reduction of iron from nickel-containing raw materials. Additionally, as a result of studying of the process of iron recovery from nickel ore, the optimal ratios of energy coal and anthracite coal grades (75% / 25%) at a temperature of 850-950 °C were determined, which leads to reduce consumption of natural gas due to the combustion of volatiles from coal, as well as reducing energy consumption of calcine melting process in an ore-smelting furnace.*

The results of this research can have practical application in the optimization of production processes in the metallurgical industry, as well as in the selection of optimal grades of coal in order to improve the efficiency and economic rationality of iron reduction processes in tubular rotary kilns.

Key words: *nickel ore, calcine, solid-phase reduction of iron from oxides, level of metallization, long-flame gas coal, coal of the anthracite group, rotary tubular kiln.*

Статтю надіслано: 24.10.2023 р.

© Мельник С.О.



УДК 614.9:578. 62:613, 289:613,267.5

BASIC ELEMENTS IN THE SYSTEM OF GUARANTEEING THE VIGOR, SAFETY OF THE GROWER AND THE IMMEDIATE ASSESSMENT OF THE PROBLEMS OF THE VIGOR OF GRUB PRODUCTS**БАЗИСНІ ЕЛЕМЕНТИ В СИСТЕМІ ГАРАНТУВАННЯ ЯКОСТІ, БЕЗПЕЧНОСТІ У ВИРОБНИЦТВІ ТА СУЧАСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПРОБЛЕМ ЯКОСТІ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ****Prylipko T.M. / Приліпко Т.М.,***d.a.s., prof. / д.с.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-8178-207X

Publons: AAF-5445-2019

*Higher education institution «Podolsk State University, Kamianets-Podilskyi»,
Shevchenko, 13, 32300 Заклад вищої освіти Подільський державний університет***Bukalova N. V / Букалова Н.В.***Ph.D. (Veterinary), канд. вет. н., доц.*

ORCID: 0000-0003-4856-3040

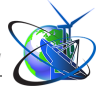
*Bila Tserkva National Agrarian, Bila Tserkva, Soborna 8\1, 09100
Білоцерківський національний аграрний університет., Біла Церква, Соборна 8\1, 09100*

Abstract. It is very important to maintain the stability of the quality of food products. The buyer is interested in the methods, techniques and materials with which the manufacturer ensures the stated expiration date. Trust in the manufacturer can quickly collapse if the consumer learns that ingredients and technologies are used that can negatively affect human health. The buyer appreciates natural products with short expiration dates, including organic products, and is ready to pay a higher price, but will not buy again products that are stored in the refrigerator for months and do not spoil. In Ukraine, the system of control bodies for food safety is in the process of reforming, but at this time, it remains built on the basis of legislative acts adopted earlier: "On the safety and quality of food products", "On veterinary medicine", "On the protection of consumer rights" etc. The urgency of creating a single independent body for control and supervision of food safety, by analogy with the European one, has not yet been reflected in Ukrainian legislation. Food safety is a primary problem for economic development, the health care system, the national.

Keywords. Quality, food products, consumer, system of control bodies, producer.

It is generally known that the production of high-quality and safe products in the global market space for the population provided with food products is of particular importance. After all, food products are a source of fats, proteins, carbohydrates, mineral and extractive substances, vitamins.

Taking into account the peculiarities of the modern food market, it should be noted that the producers of the world trade community define the high quality and safety of food products as the main strategic commercial potential and the source of the formation of the national authority of each country. Therefore, an important aspect of the activities of the governments of the international community is the formation of legislation aimed at protecting consumers from potential health hazards that may come with the consumption of food products. For example, such a danger can potentially arise as a result of falsification of a food product or the provision of unreliable and incomplete information about the properties of products. In this regard, the introduction of measures related to the introduction of guarantees for the production of high-quality and safe food is gaining more and more relevance. The



review of regulatory and technical documents relevant for the world community allowed to determine the scope of the "normative basis" intended for determining the requirements, conditions, features of the implementation and operation of measures necessary for the introduction of quality and safety guarantees in the production of food products.

The key requirement put forward by Europe regarding the production of food products by candidate countries for joining the EU, or their import from third countries, is compliance of these products with the same high requirements as products produced within the Community.

National Food Safety Authorities have been established in each EU country in order to achieve higher standards in this area and guarantee effective control in this area. National control systems on the territory of the EU differ in countries: they vary from completely centralized systems (Netherlands, Denmark, Belgium) to decentralized ones, in which the competent authorities work on the basis of regional (Germany) or local systems (Great Britain, Ireland).

Since 2002, the General Food Law has been in force in the EU, which defined the main principles and procedures for guaranteeing the safety of food products. Within the framework of this law, the Unified Food Safety Authority was created. This organization started its activities in 2003. It focuses on risk assessment and scientific advice in the field of food safety.

In Ukraine, the system of control bodies for food safety is in the process of reforming, but at this time, it remains built on the basis of legislative acts adopted earlier: "On the safety and quality of food products", "On veterinary medicine", "On the protection of consumer rights " etc. The urgency of creating a single independent body for control and supervision of food safety, by analogy with the European one, has not yet been reflected in Ukrainian legislation. Food safety is a primary problem for economic development, the health care system, the national economy of tourism and trade.

The food supply system is international in nature. Effective cooperation between the governments of countries, producers and consumers of food helps to ensure the safety of food products. Ukraine, including at the legislative level, is trying to solve the issue of food security. But this is a question not only of the state, but also of each of us personally. Responsibility in the matter of choosing products and preparing one's own diet is the key to maintaining health and preventing a whole range of diseases related to the way of eating.

The developed concept of total quality management is based on the principle of continuous quality improvement, system and process approaches, the leadership of the manager and the involvement of all employees in improving quality, meeting the needs of customers.

Food products belong to a special group of goods, because a person eats food every day, several times a day, using products, including processed agricultural products. In most cases, these products are perishable, subject to microbiological contamination, possibly with residues of pesticides, veterinary drugs, etc.

The food supply system is international in nature. Effective cooperation between the governments of countries, producers and consumers of food helps to ensure the



safety of food products. Ukraine, including at the legislative level, is trying to solve the issue of food security. But this is a question not only of the state, but also of each of us personally. Responsibility in the matter of choosing products and preparing one's own diet is the key to maintaining health and preventing a whole range of diseases related to the way of eating.

The developed concept of total quality management is based on the principle of continuous quality improvement, system and process approaches, the leadership of the manager and the involvement of all employees in improving quality, meeting the needs of customers.

Food products belong to a special group of goods, because a person eats food every day, several times a day, using products, including processed agricultural products. In most cases, these products are perishable, subject to microbiological contamination, possibly with residues of pesticides, veterinary drugs, etc.

Issues of the quality of food products are determined by relationships in the producer-consumer system, and another risk factor also applies to this process, which includes the participation of wholesale and retail trade structures. The next risk factor is based on the fact that counterfeit products may reach the buyer.

In most cases, the problems of product safety and falsification are invisible to the consumer who does not have sufficient tools and professional experience. The consumer hopes for state guarantees in the field of ensuring safety and protection against falsification of food products.

The combination of consumer requirements regarding the nutritional value and sensory properties of the product is attributed to the biological quality or core quality of food products. In most cases, these requirements are decisive when deciding to purchase a product. In recent years, food enterprises pay more and more attention to the organoleptic properties of products. This applies both to the product itself and to the packaging, which should functionally ensure the preservation of the declared quality properties during the shelf life. In addition, the aesthetics and attractiveness of the packaging, as well as the information printed on it, are of great importance.

The quality of food products can be characterized by the main parameters using the "quality star". In the conditions of crisis phenomena, the price of the product takes one of the first places. A decrease in income and a change in the population's expenditure structure led to a significant decrease in demand for the relatively expensive segment of food products. As a result of import substitution, foreign suppliers of raw materials and materials are replaced by domestic ones, more efficient logistics systems are used, and production costs are reduced.

The growth of competition and the simultaneous decrease in consumer demand forces manufacturers to more responsibly comply with the requirements of regulatory documentation regarding quality, to move to the implementation of stricter requirements of national standards.

Consumers' trust in certain products and manufacturers is the result of a complex measure, which is based on their own feelings of organoleptic properties, advice from friends and relatives, advertising, watching television programs, etc. Such trust is directly related to the target audience of consumers of this product. The manufacturer's challenge is to continuously expand this audience by fulfilling their



current and future desires that lead to repeat purchases.

The quality of the product, its appearance, taste, aroma, structure, consistency, as well as the convenience, functionality and informativeness of the packaging at an affordable price primarily attract buyers. and new products, it increases its target audience, increases the competitiveness of products and expands market share.

Traceability is considered an effective quality improvement tool and allows tracking the movement, location and origin of raw materials, food products and ingredients intended for use at all stages of the life cycle. Tracking allows you to create consumer confidence that the manufacturer manages the safety and quality of manufactured products, reducing the likelihood of appearance, including counterfeit products.

It is very important to maintain the stability of the quality of food products. The buyer is interested in the methods, techniques and materials with which the manufacturer ensures the stated expiration date. Trust in the manufacturer can quickly collapse if the consumer learns that ingredients and technologies are used that can negatively affect human health. The buyer appreciates natural products with short expiration dates, including organic products, and is ready to pay a higher price, but will not buy again products that are stored in the refrigerator for months and do not spoil.

Traceability is considered an effective quality improvement tool and allows tracking the movement, location and origin of raw materials, food products and ingredients intended for use at all stages of the life cycle. Tracking allows you to create consumer confidence that the manufacturer manages the safety and quality of manufactured products, reducing the likelihood of appearance, including counterfeit products.

It is very important to maintain the stability of the quality of food products. The buyer is interested in the methods, techniques and materials with which the manufacturer ensures the stated expiration date. Trust in the manufacturer can quickly collapse if the consumer learns that ingredients and technologies are used that can negatively affect human health. The buyer appreciates natural products with short expiration dates, including organic products, and is ready to pay a higher price, but will not buy again products that are stored in the refrigerator for months and do not spoil.

The integrated system has an obvious hierarchical structure: quality management system (developed in accordance with ISO 9001); safety management system (developed in accordance with ISO 22000, the basic principle of which is risk control according to HACCP principles); prerequisite programs (developed in accordance with "Good Manufacturing Practices (GMP) and "Standard Sanitary Operating Procedures" (SSOP) and others [1].

Therefore, the controlling direction of "Good Manufacturing Practice" GMP and "Standard Sanitary Work Procedures" SSOP conditions the functional significance of prerequisite programs in ensuring quality and safety guarantees in the production of food products. And the problem of quality and safety of food products is relevant for solving in modern theory and practice of commodity science.

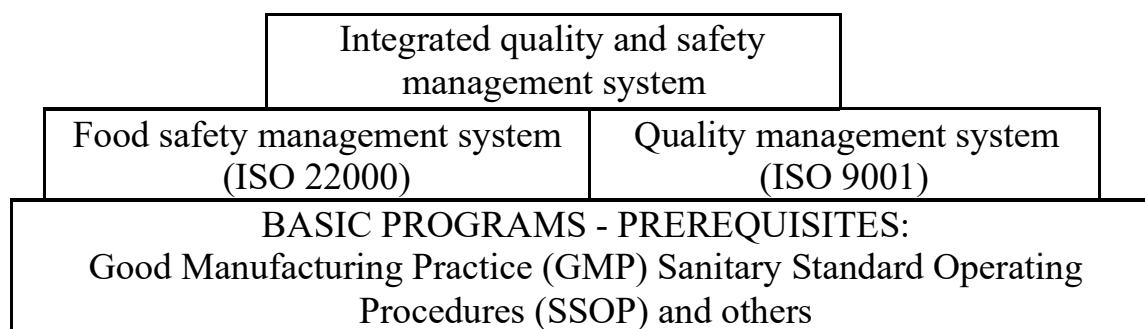


Fig. 1 Hierarchy of provisions for guaranteeing the quality and safety of food products

References

1. Animal proteins TD "Technology Trade". URL: <https://www.ttr.in.ua/products/nutritional-supplements/animal-proteins> (accessed 12.04.20) Biochemical and microbiological quality control of food products. Tutorial. - Kamyanets-Podilsky, 2020. - 653 p.
2. Analysis of the current state of standardization in terms of quality and safety of meat and meat products in Ukraine. World Meat Technologies. 2011. № 3. C. 74-79.
3. Bal-Pryrypko L.V., Kryzhova Y.P. Technology of canned meat production: a textbook. Kyiv: OSNOVA Publishing House, 2015. 998 c.
4. Jeremiah, L.E. (1982): A review of factors influencing consumption, selection and acceptability of meat purchases. Journal of Consumer studies and Home Economics 6, 137–154.
5. Bogatko N.M., Bukalova N.V., Sakhniuk V.V. Peculiarities of implementing the HACCP system at meat, milk, and fish processing enterprises of Ukraine: a study guide. Bilotserkivdruk LLC. Bila Tserkva, 2016. 283 p.
6. Tetiana Prylipko, Volodymyr Kostash, Viktor Fedoriv, Svitlana Lishchuk, Volodymyr Tkachuk. Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. International Journal of Agricultural Extension.- Special Issue (02) 2021. p.83-91.
7. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety // Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects» (Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016).

Анотація. Дуже важливо підтримувати стабільність якості харчових продуктів. Покупця цікавлять методи, методи та матеріали, за допомогою яких виробник забезпечує заявлений термін придатності. Довіра до виробника може швидко зруйнуватися, якщо споживач дізнається, що використовуються інгредієнти та технології, які можуть негативно вплинути на здоров'я людини. Покупець цінує натуральні продукти з коротким терміном придатності, в тому числі органічні, і готовий платити більшу ціну, але не буде знову купувати продукти, які місяцями зберігаються в холодильнику і не псуються. В Україні система органів контролю за безпечністю харчових продуктів перебуває в стадії реформування, але наразі залишається побудованою на основі прийнятих раніше законодавчих актів: «Про безпечність та якість харчових продуктів», «Про ветеринарну медицину». », «Про захист прав споживачів» тощо. Актуальність створення єдиного



незалежного органу контролю та нагляду за безпечністю харчових продуктів, за аналогією з європейським, досі не знайшла відображення в українському законодавстві. Безпека харчових продуктів є першочерговою проблемою розвитку економіки, системи охорони здоров'я.

Ключові слова. Якість, продукти харчування, споживач, система органів контролю, виробник.



УДК 69:002; 72.025; 721

IMPROVING EFFICIENCY OF THE INTEGRATED SECURITY INFORMATION SYSTEM FOR BUILDING PROTECTION ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОЇ БЕЗПЕКИ ЗАХИСТУ БУДІВЕЛЬ

Terentyev O.O. / Терентьев О.О.

d.t.s., prof. / д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-6995-1419

Gorbatyuk Ie.V. / Горбатьок Є.В.

s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-8148-5323

Tyslenko O.B. / Тисленко О.Б.

Ph.D. degree / здобувач ступеня доктора філософії

Zubrij I.M. / Зубрій І.М.

*Ph.D. degree / здобувач ступеня доктора філософії**Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Povitroflotsky Avenue, 31, 03037**Київський національний університет будівництва і архітектури,**Київ, Повітрофлотський проспект, 31, 03037*

Анотація. Пропонується метод, що пов'язаний з підвищенням ефективності інформаційної системи безпечної експлуатації захисту будівель. Розглянутий метод безеталонного оцінювання значень параметрів безпечної роботи будівель. Отримані рекомендації дозволяють можливість забезпечення довготривалої та надійної безпечної експлуатації будівель за рахунок своєчасного прогнозування та використання моделей та методів підвищення ефективності інформаційної системи діагностики технічного безпеки будівель.

Ключові слова: інформаційна система, підвищення ефективності, діагностика, технічний стан, комплексна безпека, захист.

Вступ.

Діагностика технічного стану комплексної безпеки будівель виділяється як важливий напрямок будівельного виробництва. Обсяги цього виду робіт збільшуються внаслідок фізичного та морального зношення будівель, обладнання і реконструкції підприємств, активізації нового будівництва в районах старої забудови, реконструкції малоповерхових будівель, підвищення цін та зміни форм власності на нерухомості.

Проблема діагностування технічного стану будівель розглядається в державі, як соціально-економічна, що потребує суттєвих науково-технічних заходів. Обраний напрямок дослідження відповідає постанові Кабінету Міністрів України "Про забезпечення надійності й безпечної експлуатації будівель, споруд та інженерних мереж" від 05 травня 1997 року № 409 та розпорядженню Кабінету Міністрів України "Про заходи щодо підсилення контролю за проектуванням, новим будівництвом, реконструкцією, капітальним ремонтом та експлуатацією будинків і споруд" № 100-р від 01 березня 2004 р.

Оцінка технічного стану комплексної безпеки будівель є одна з найбільш складних задач на ринку інтелектуальних систем оцінки і прийняття рішень.



Складність полягає у великій кількості чинників, що впливають на оцінку, які досить складно формалізувати. Задача діагностики технічного стану комплексної безпеки будівель вирішується експертами, що користуються лінійними методами статистичного аналізу.

Підвищенню ефективності процесу обстеження, зниженню ступеня ризику прийняття необ'єктивних рішень сприяло б інформаційне забезпечення, що дозволить вирішувати питання з обробки матеріалів обстеження. Звісно, кінцеве рішення прийматимуть експерти, але наявність інформаційної системи комплексної безпеки будівель управління підвищить фаховий рівень прийняття таких рішень.

Аналіз літературних даних.

Проведено вивчення наукових джерел за проблематикою дослідження теоретичних засад щодо побудови інформаційних технологій діагностики складних технічних систем та аналітичного забезпечення їх функціонування, отриманих відомими вітчизняними науковцями, серед яких Терент'єв О.О., Київська К.І., Гончаренко Т.О., Горбатює Є.В., Григоровський П.Є., визначено: відсутність єдиної методології для побудови інформаційної системи діагностики технічного стану комплексної безпеки будівель; відсутність моделей та методів підвищення ефективності комплексної безпеки будівель, які б дали можливість забезпечити ефективне функціонування інформаційних систем діагностики технічного стану безпеки будівель, забезпечити високу точність прийняття рішень щодо їх стану; відсутність єдиної інформаційної бази даних, що дала б можливість порівнювати результати діагностики технічного стану безпеки будівель, спостерігати динаміку старіння, систематизувати висновки про їх стан. А тому, розв'язання цих задач є актуальним і дає можливість забезпечення довготривалої та надійної безпечної експлуатації будівель за рахунок своєчасного прогнозування та використання моделей та методів підвищення ефективності інформаційної системи діагностики технічного стану безпеки будівель.

Забезпечення довготривалої та надійної експлуатації будівель за рахунок своєчасного прогнозування та використання інформаційної системи діагностики їх технічного стану комплексної безпеки будівель є актуальною теоретичною та техніко-економічною проблемою, що потребує застосування ефективних рішень на всіх етапах життєвого циклу будівель.

Даний підхід може знайти практичне застосування в організаціях, що здійснюють підтримку працездатності стану комплексної безпеки будівель.

Мета та задачі дослідження.

Метою дослідження є розробка інформаційної системи підвищення ефективності системи діагностики технічного стану будівель, що дозволить підвищити ефективність процесу обстеження та покращити якість прийняття рішень щодо безпечної та надійної експлуатації будівель.

Для досягнення мети роботи провести аналіз сучасного стану проблеми використання інформаційних систем для підвищення рівня безпеки будівель. Виявлено основні завдання та здійснено вибір шляхів їх вирішення. На основі якого розробити інтегрований метод безеталонного оцінювання значень



параметрів системи діагностики технічного стану та запропоновані комплексні методи прогнозування порушення стану і визначення передаварійних ситуацій комплексної безпеки будівель.

Метод безеталонного оцінювання значень параметрів безпечної експлуатації будівель. Пропонується новий метод безеталонного оцінювання значень параметрів безпечної роботи будівель, що вимагає замість процедури порівняння об'єкта з еталоном упорядкування вибірки з безлічі об'єктів. При цьому передбачається, що на підставі бази даних інформаційної системи можна побудувати закони розподілу аналізованих параметрів.

Відзначимо деякі властивості порядкових статистик, використовуваних в подальших побудовах.

Нехай функція розподілу $F(x)$, що розглядається генеральної сукупності неперервна майже всюди. Елементи вибірки з цієї генеральної сукупності $x_1, x_2, \dots, x_n$ отримані як послідовні значення вимірюваного тимчасового ряду будь-якого параметра. змінивши вихідне розташування цих елементів відповідно до їх зростання (чи спадання), отримаємо ряд: $x_1 < x_2 < \dots < x_n$.

В такому випадку елементи x_i являють собою i -ю порядкову статистику в вибірці обсягу n з генеральної сукупності. При подібному підході генеральна сукупність є комплексом випадкових величин.

При використанні порядкових статистик для обробки даних немає необхідності побудови динамограми в її стандартному вигляді – у вигляді замкнутої кривої. Дані являють собою тимчасові ряди даних $\{x_i\}$ за своєю суттю аналогічні осцилограмам. На практиці рангові порядкові статистики можуть бути обчислені в будь-яких часових рядах, мають характерне положення екстремуму. З урахуванням випадкової складової вимірюваних значень залежності напруги від часу можна представити у вигляді:

$$F(t) = \theta(t) - \xi(t), \quad (1)$$

де $F(t)$ – напруга в момент часу t ; $\theta(t)$ – функція, що описує зміна напруги у часі; $\xi(t)$ – шумова складова виміру, має в загальному випадку довільний розподіл.

Використання теорії рангів для розпізнавання зміни в динамограмі зручно тим, що такий підхід дозволяє уникнути труднощів, пов'язаних з побудовою об'єктивної шкали абсолютних значень навантажень, оскільки цей параметр є істотно варіабельний.

У подальших побудовах під рангом вимірювання розуміти номер $R(F_j)$, який набуває цей вимір в упорядкованому за зростанням ряду значень при $k < i < k + n$, де n – обсяг вибірки. М. Кендел показав, що при аналізі залежності зручно використовувати статистику $S(n) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^n \delta_{ij}$,

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 \text{ при } F_i > F_j \\ 0 \text{ при } F_i = F_j \\ 1 \text{ при } F_i < F_j \end{cases}, \quad (2)$$



де F_i, F_j – вимірювання з тимчасового ряду напруги, $j < N$.

Коефіцієнт рангової кореляції

$$k = \frac{2S(n)}{n(n-1)} \quad (3)$$

дозволяє зробити висновки про ступінь монотонності залежності $F(t)$.

При $k = 1$ значення монотонно зростають, $k = -1$ характеризує монотонне спадання.

Проведений ряд на підставі використання баз даних інформаційної системи, що розглядаються як тимчасові ряди, показав, що в більшості випадків ці ряди характеризуються цілим набором характерних локальних екстремумів функції $F = F(t)$. Тим самим порушується умова монотонності функції, що визначається статистикою Кендалла.

В роботі було показано, що першу статистику Кендалла можна доповнити, якщо існує достовірна апіорна інформація при координатах локальних екстремумів, які поділяють області зростання або спадання функції.

Це досягається за рахунок використання тотожності $N = 2n$ (для парної кількості вимірювань і симетричного розташування точки екстремуму).

Дійсно, якщо розбити вибірку вимірювань на перші і другі спостереження, то величина

$$S_2 = S^{(1)} - S^{(2)}, \quad (4)$$

і коефіцієнт рангової кореляції Кендела другого порядку

$$k_2 = \frac{2S(n)}{n(n-1)} \quad (5)$$

будуть кількісно описувати характер зміни тимчасової послідовності $\{F_t\}$.

Аналіз функції показує, що якщо $\{F_j\}$ монотонно зростає від F_1 до F_n і монотонно убыває від F_{n+1} до F_{2n-N} , то значення k_2 буде в точності дорівнювати +1. При цьому не грає ролі, як швидко зростають або зменшуються значення F_j з ростом i . Важливо лише те, щоб екстремум припадав на точку з номером n .

Методи непараметричної кореляції і регресія для оцінки стану системи діагностики технічного стану комплексної безпеки будівель

Є дві групи пов'язаних спостережень $X = (x_1, \dots, x_m)$ і $Y = (y_1, \dots, y_m)$.

Якщо є сумніви в застосовності Гаусом моделі розподілу даних (а вони, в більшості випадків, небезпідставні), то для оцінки зв'язку між змінними Y і X можна скористатися деякими альтернативами методу найменших квадратів. Реальним змістом цих вимірювань є той порядок, в якому вибудовуються об'єкти за ступенями вираженості вимірюваної ознаки. Порядковий номер числа в такому відсортованому списку називається його рангом.

Необхідно оцінити ступінь впливу ознаки X на ступінь вираженості відгуку Y . Якщо такого впливу немає, то справедлива нульова гіпотеза H_0 про незалежність порядкових ознак. Вирішення цього завдання шукається,



ґрунтуючись на ранги вимірювань.

Нехай кожному i -му вимірюванню приписана пара натуральних чисел r_1, s_1 , де r_1 – ранг x_1 серед чисел $(x_1, \dots, x_m)$, а s_1 – рангу y_1 серед чисел $(y_1, \dots, y_m)$. Будемо при цьому вважати, що серед рядів чисел X і Y немає повторюваних значень, так що перехід до рангів питань не викликає.

Якщо ознаки X і Y взаємопов'язані, то послідовність рангів $r_1, r_2, \dots, r_m$ впливає на рангову послідовність $s_1, s_2, \dots, s_m$; в іншому випадку порядок серед Y випадковий по відношенню порядку серед X . Тому центральним моментом обговорення гіпотези H_0 є оцінка, наскільки є ранги $s_1, s_2, \dots, s_m$ рівноможливими (тобто рівноймовірними) при будь-якому порядку чисел $r_1, r_2, \dots, r_m$. Другим важливим моментом є вибір міри схожості двох наборів рангів.

Коефіцієнт рангової кореляції, заснований на тому, що близькість цих двох рядів чисел відображає величина:

$$S = \sum_{i=1}^m (r_i - s_i)^2, \quad (6)$$

яка варіюється від 0, якщо послідовності повністю збігаються, до

$$\frac{m^3 - m}{3}, \quad (7)$$

коли послідовності рангів повністю протилежні.

Нормований до свого максимального значення, коефіцієнт рангової кореляції Спірмена

$$p = 1 - \frac{6S}{m^3 - m}, \quad (8)$$

варіює від +1 до -1 і свої крайні значення приймає в разі повної передбачуваності однієї рангової послідовності по іншій. Зауважимо, що значення S не залежить ні від значення першого номера послідовності, ні від порядку сортування.

Інший коефіцієнт рангової кореляції, який отримав популярність після робіт М. Кендалла, як міри схожості між двома ранжуваннями використовує мінімальне число перестановок, яке треба здійснити між сусідніми об'єктами, щоб одне впорядкування об'єктів перетворити в інше.

Статистику Кендалла K підраховують наступним чином. Вибудовують пов'язані спостереження в порядку зростання ознаки X і для кожного значення y_i визначають його ранг s_i . На послідовності рангів $s_1, s_2, \dots, s_m$ визначають кількість інверсій, тобто порушень порядку слідування. Наприклад, при $m = 4$ і послідовності рангів $\{4, 3, 1, 2\}$ маємо кількість інверсій (суть – статистику Кендалла) $K = 3 + 2 = 5$, де 3 – кількість інверсій для числа 3 і 2 – кількість інверсій для числа 1. Найменше можливе значення $K = 0$ виходить при повному збігу рангових послідовностей, найбільше $K = \frac{m(m-1)}{2}$ при повній їх протилежності.



Коефіцієнт рангової кореляції по Кендаллу являє собою статистику, нормовану по її максимуму, і змінюється в тих же межах, що і коефіцієнт кореляції Спірмена:

$$\tau = 1 - \frac{4k}{m(m-1)}. \quad (9)$$

Статистика τ Кендалла еквівалентна ρ Спірмена як по потужності, так і по виконанню основних припущень. Зазвичай, однак, числові значення ρ Спірмена і τ Кендалла різні, тому що вони відрізняються як своєю внутрішньою логікою, так і способом обчислення. Більш важливим є те, що статистики Кендалла і Спірмена мають різну інтерпретацію: якщо коефіцієнт кореляції Спірмена може розглядатися як прямий аналог коефіцієнта кореляції τ Пірсона, обчислений за рангами, то статистика Кендалла швидше заснована на підрахунку ймовірностей (висловлюючись більш точно, перевіряється наявність відмінностей між вірогідністю близько розташованих спостережуваних даних для двох величин).

Якщо в даних є багато співпадаючих значень, то краще використовувати третю рангову статистику τ -критерій, який по своїй інтерпретації і обчислень еквівалентний статистикою Кендалла, за винятком того, що збіги явно враховуються в нормуванні. Висловлюючись коротко, τ являє собою різницю між ймовірністю того, що ранговий порядок двох змінних збігається, мінус ймовірність того, що він не збігається, поділену на одиницю мінус ймовірність збігів.

Для перевірки припущення про відсутність зв'язку між ознаками треба обчислити вибіркове значення будь-якого коефіцієнта рангової кореляції і порівняти його з критичним значенням для даного рівня значущості. Нульову гіпотезу H_0 слід відкинути, якщо отримане в досвіді значення коефіцієнтів τ або ρ по модулю перевершує критичне.

Критичні значення рангових критеріїв можна знайти за таблицями, або обчислити за наближеними формулами, які засновані на тому, що при H_0 і зі

збільшенням m розподіл випадкових величин $\rho = \sqrt{m-1}$, $\tau = \sqrt{\frac{9m(m+1)}{2(2m+5)}}$

асимптотично наближається до стандартного нормального закону $N(0,1)$.

Таблиці пов'язаності дозволяють виміряти зв'язки між кросстабульорованими змінними.

Спостережувані на практиці зв'язки значно слабкіше, і тому виникає питання: як виміряти зв'язки між табульованими змінними і оцінити їх надійність (статистичну значущість). Далі обговорюються найзагальніші заходи зв'язку між двома категоризованими змінними.

Методи, які використовуються для аналізу зв'язків між більш ніж двома змінними в таблицях високого порядку, обговорюються в розділах Логлінейний аналіз і Аналіз відповідностей.

Хі-квадрат Пірсона – це найбільш простий критерій перевірки значущості зв'язку між двома змінними. Критерій Пірсона ґрунтується на тому, що в



двовходовій таблиці очікувані частоти при гіпотезі "між змінними немає залежності" можна обчислити безпосередньо.

Значення статистики χ^2 -квадрат і її рівень значимості залежить від загального числа спостережень і кількості осередків в таблиці. Відносно малі відхилення спостережуваних частот від очікуваних буде доводити значимість, якщо число спостережень велике.

Є тільки одне істотне обмеження використання критерію χ^2 -квадрат (крім очевидного припущення про випадковий виборі спостережень), яке полягає в тому, що очікувані частоти не повинні бути дуже малі. Це пов'язано з тим, що критерій χ^2 -квадрат за своєю природою перевіряє ймовірності в кожному осередку і якщо очікувані частоти в осередках стають маленькими, наприклад, менше 5, то ці ймовірності не можна оцінити з достатньою точністю за допомогою наявних частот.

Максимум правдоподібності χ^2 -квадрат призначений для перевірки тієї ж самої гіпотези щодо зв'язків у таблицях спряженості, що і критерій χ^2 -квадрат Пірсона. Однак його обчислення засноване на методі максимальної правдоподібності. На практиці статистика максимум правдоподібності χ^2 -квадрат дуже близька за величиною до звичайної статистики Пірсона χ^2 -квадрат.

Апроксимація статистики χ^2 -квадрат для таблиць 2×2 з малим числом спостережень в осередках може бути поліпшена зменшенням абсолютного значення різниць між очікуваними і спостережними частотами на величину 0,5 перед зведенням в квадрат (так звана поправка Йетса). Поправка Йетса, що робить оцінку більш помірною, зазвичай застосовується в тих випадках, коли таблиці містять тільки малі частоти, наприклад, коли деякі очікувані частоти стають менше 10.

Точний критерій Фішера можна застосувати тільки для таблиць 2×2 . Критерій заснований на наступному міркуванні. Дано маргінальні частоти в таблиці, припустимо, що обидві табульовані змінні незалежні. Задамо питання: наскільки ймовірним є отримання спостережуваних в таблиці частот, виходячи із заданих маргінальних? Виявляється, ця ймовірність обчислюється точно підрахунком всіх таблиць, які можна побудувати, виходячи з маргінальних. Таким чином, критерій Фішера обчислює точну вірогідність появи спостережуваних частот при нульовій гіпотезі (відсутність зв'язку між табульованих змінними). В таблиці результатів наводяться як односторонні, так і двосторонні рівні.

χ^2 -квадрат Макнемара застосовується, коли частоти в таблиці 2×2 представляють залежні вибірки. Наприклад, спостереження одних і тих же індивідуумів до і після експерименту. Зокрема, ви можете підраховувати число студентів, які мають мінімальні успіхи з математики на початку і в кінці семестру або перевагу одних і тих же респондентів до і після реклами. Обчислюються два значення χ^2 -квадрат: A/D і B/C . A/D χ^2 -квадрат перевіряє гіпотезу про те, що частоти в осередках A і D (верхня ліва, нижня права) однакові. B/C χ^2 -квадрат перевіряє гіпотезу про рівність частот в осередках B і C (верхня права, нижня ліва).



Коефіцієнт спряженості являє собою засновану на статистиці χ^2 -квадрат міру зв'язку ознак в таблиці спряженості (запропоновану Пірсоном). Перевага цього коефіцієнта перед звичайною статистикою χ^2 -квадрат тому, що він легше інтерпретується, діапазон його зміни знаходиться в інтервалі від 0 до 1 (де 0 відповідає випадку незалежності ознак в таблиці, а збільшення коефіцієнта показує збільшення ступеня зв'язку). Недолік коефіцієнта спряженості в тому, що його максимальне значення "залежить" від розміру таблиці. Цей коефіцієнт може досягати значення 1 тільки, якщо число класів не обмежено.

Коефіцієнти невизначеності вимірюють інформаційний зв'язок між факторами (рядками і стовпцями таблиці). Поняття інформаційної залежності бере початок в теоретико-інформаційному підході до аналізу таблиць частот, куди можна звернутися з відповідною інструкцією для роз'яснення цього. Є симетричною і вимірює кількість інформації в змінній Y відносно змінної X в змінній X відносно змінної Y . Статистики $S(X|Y)$ і $S(Y|X)$ виражають спрямовану залежність.

Обговорення результатів дослідження методів підвищення ефективності інформаційної системи безпечної експлуатації будівель

Аналіз результатів вимірювань свідчить про те, що протягом досить тривалого відрізка часу розташування локальних екстремумів на динамограмі залишається незмінним, хоча у тимчасових інтервалах між координатами цих екстремумів спостерігаються досить істотні варіації напружень.

Однак з часом технічний стан будівлі змінюються, що, як наслідок, супроводжується зміною виду динамограмми і координат відповідних локальних екстремумів. Старіння будівель можна охарактеризувати тимчасовим вектором стабільного напрямку. Внаслідок цього можна припустити, що статистика Кендела другого порядку зазнаватиме змін з погіршенням технічного стану будівлі.

Аналіз цих результатів показує, що прогнозування зміни технічного стану будівель тільки за одним параметром є малодостовірним. Навпаки, зміна параметра k_2 – статистики Кендела характеризує всі етапи експлуатації будівель та зміна режимних характеристик їх роботи.

Аналіз результатів досліджень показує, що параметр k_2 є вельми чутливим показником, що характеризує зміну рівня технічного стану будівель.

Зауважимо, що прикордонним значенням параметра k_2 , що відокремлює один характерний стан несучої конструкції від іншого, є величина $k_2 = 0,5$ (таблиця 1).

Таблиця 1 – Статистики Кендела II-го порядку в залежності від технічного стану

п/п	Рівень технічного стану несучої конструкції будівлі	Величина параметру k_2
1	Стійке добове навантаження, дефекти відсутні.	0,95 – 0,99
2	Передаварійний стан, розвиток дефектів	0,1 – 0,5



Таким чином, статистика Кендела другого порядку може служити діагностичним критерієм, що дозволяє виносити судження виду «так» / «ні» про рівень технічної безпеки експлуатації будівель.

Аналогічні розрахунки були нами реалізовані для 200 несучих конструкцій будівель, в рамках яких було оброблено понад 300 серій вимірювань. Отримані результати повністю відповідають таблиці 1. Зауважимо при цьому, що інтервальні оцінки показника k_2 для стану системи «дефектів немає» і «наявність розвиненого дефекту» повністю перекриваються, що свідчить про малу чутливість параметра k_2 безпосередньо до розвитку дефекту.

З іншого боку, стрибкоподібна зміна статистики Кендела при виході несучих конструкцій зі стану «стійке добове навантаження, дефектів немає» – свідчить про високу чутливість параметра k_2 до моменту зміни рівня порогової технічної безпеки експлуатації будівлі.

Висновки

1. Проведені дослідження показують, що висока варіабельність значень вимірів і зміна умов, що оточують будівлі, не дозволяють проводити достовірні порівняння виміряних значень, придатних для експертного оцінювання зміни рівня технічного стану будівель.

2. Значення напруги, які характеризуються високим рівнем шуму, доцільно обробляти із застосуванням методів теорії порядкових статистик, що дозволяють обробляти дані без побудови шкал абсолютних оцінок. Для визначення рівня експлуатаційної безпеки роботи будівель можна використовувати точкову оцінку – коефіцієнт рангової кореляції Кендела другого порядку, зміна величини якого до критичного значення $k_2 = 0,5$ свідчить про зміну порогового рівня безпечної експлуатації об'єкта.

3. Визначено межі і описані перспективи застосування пропонованих методів підвищення ефективності інформаційної системи для комплексної безпеки будівель. Результатом є методичні рекомендації щодо вдосконалення і модернізації алгоритмів функціонування існуючих інформаційних систем комплексної безпеки будівель.

4. Результати роботи є основою для подальших наукових досліджень у напрямку поглиблення засобів інтелектуалізації процесів підвищення ефективності інформаційної системи діагностики технічного стану комплексної безпеки будівель.

Література:

1. Honcharenko, T., Terentyev, O., Gorbatyuk, I. (2022). Mathematical Modeling of Information System Designing Master Plan of the Building Territory Based on OLAP Technology. *Mathematical Modeling and Simulation of Systems. MODS 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 344. Springer, Cham. P. 3–15.
2. Honcharenko T., Terentyev O., Malykhina O., Druzhynina I., Gorbatyuk I. «BIM Concept for Design of Engineering Networks at the Stage of Urban Planning», *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information*



Technology, Vol. 11(5), 2021, pp.1728-1735.

3. Increasing efficiency of information system of complex security of buildings protection / Terentyev A.A., Gorbatyuk Ie.V., Serpinska O.I., Borodinya V.V. Eastern European Scientific Journal. 2021. Vol. 1, № 3 (67): Technical science. P. 24-28.

4. Дослідження та реалізація інтелектуальної інформаційної технології тестування нейронної мережі системи діагностики технічного стану будівель / Терент'єв О.О., Горбатюк Є.В., Доля О.В., Лященко Т.О., Серпінська О.І. Управління розвитком складних систем: збірник наукових праць. Київ: КНУБА, 2021. Вип. 46. С. 76-83.

5. Terentyev O.O., Grigorovskiy P.E., Tugaj A.A., Dubynka O.V. Building a System of Diagnosis Technical Condition of Buildings on the Example of Floor Beams Using Methods of Fuzzy Sets. Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations, June 14, 2020. P.729-739.

6. Методи та моделі пошкодження автоматизованої системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва / Терент'єв О.О., Горбатюк Є.В., Доля О.В., Київська К.І., Азенко В.В., Бородиня В.В. Київ: Управління розвитком складних систем, збірник наукових праць, випуск 38/2019, КНУБА, 2019. С. 82–91.

7. Інтегровані моделі та методи автоматизованої системи діагностики технічного стану конструкцій будівель та споруд: підручник / Терент'єв О.О., Русан І.В., Горбатюк Є.В., Івахненко І.С., Петроченко О.В., Куліков О.П. Київ: Компрінт, 2019. 239 с.

8. Terentyev O., Gorbatyuk I., Rusan I., Borodavka Y., Balina O. Building a system of diagnosis technical condition of buildings on the example of floor beams using methods of fuzzy sets. Theoretical aspects of modern engineering, Boston : Primedia eLaunch, 2020. PP. 92-100.

Abstract. A method is proposed related to improving the efficiency of the information system for safe operation of building protection. Considered method of non-reference estimation of values of parameters of safe operation of buildings. The obtained recommendations make it possible to ensure long-term and reliable safe operation of buildings by timely forecasting and using models and methods to increase the efficiency of the information system for diagnosing the technical safety of buildings.

Key words: information system, efficiency improvement, diagnostics, technical condition, complex security, protection.

Стаття відправлена: 16/10/2023

© Терент'єв О.О., Горбатюк Є.В., Тисленко О.Б., Зубрій І.М.



UDC 004.822

LEVERAGING CHATGPT FOR EDUCATIONAL TEXT ANALYSIS AIMING ASSESSMENT GENERATION

Rybak Mykola*2nd-year master's degree student, Software Engineering*

ORCID: 0000-0001-5459-1756

Tytenko Sergiy*Ph.D., Associate Professor*

ORCID: 0000-0002-7548-9053

American University Kyiv, Ukraine, Kyiv, Poshtova Pl. 3, 02000

Abstract. With the rise of new technologies, especially tools using Large Language Models (LLM), many areas of our lives are seeing exciting changes. In education, LLM can dramatically help to improve both learning and testing processes, benefiting everyone involved — from those creating learning materials to the student's educational performance. This article explores how LLM tools, particularly ChatGPT by OpenAI, can help develop better tests and quizzes by analyzing existing educational materials and texts. The goal here is to show how tools that create new text, like ChatGPT, can improve the quality of tests by using already available educational materials. In this article, we propose a high-level architecture of assessment generation based on the ChatGPT.

Keywords: large language model, ChatGPT, concept mapping, educational text analysis, natural language processing, named entity recognition.

Introduction. Education constantly seeks innovative methods to enhance learning and assessment processes. The traditional methods of educational assessment, primarily the generation of tests and quizzes, often entail a substantial investment of time and effort from educators. Moreover, these conventional approaches may need more dynamic adaptability to cater to students' diverse learning curves and educational pathways. With its prowess in processing and analyzing data, LLM seems promising in automating and enriching the assessment generation process. Among the list of LLM tools, OpenAI products, like ChatGPT, showcase the capability to analyze and generate text based on given contexts [6, 7, 8].

This article aims to introduce a high-level solution for integrating ChatGPT for better assessment generation and outline the main direction the article intends to take.

Related work. Various researchers have delved into leveraging LLM for text analysis in context of education. Among the approaches explored, some researchers have utilized concept maps to develop assessment systems [1, 2, 3, 5, 10]. Others describe how to decompose texts into logical parts for further analysis [1, 2, 3, 5].

A concept map as a tool to assess the understanding of a certain topic was described in various papers. For instance, in the article [1], the authors introduced the Artificial Intelligence-based Student Learning Evaluation tool (AISLE), which is based on concept maps to evaluate the understanding of different topics. The main idea of the proposed concept is to allow students to describe the educational content through a concept map. Each topic starts from some primary node and then expands to multiple levels. Roughly said, the level of hierarchy and number of concepts students identified explains how deep the understanding of a particular topic is.

There are other researches where authors decompose text in a more granular



way, which is an essential concept to understand in the scope of our research. The article [2] proposed to break down educational content into smaller, manageable units termed Concepts, Theses, and Hierarchy of Educational Content [2]. This structured approach facilitates a more organized and coherent assessment generation process. Based on different schemas for assessment generation, it can be created around concepts or theses. These schemas are the backbone for generating alternative answers for the tests, sourced from correct and incorrect answers. This not only aids in crafting dynamic and maintainable tests but also provides a system to inform users about their knowledge gaps in specific areas or content portions. The outlined hierarchical relation of Educational Content, Theses, and Concepts simplifies the maintenance of tests and ensures their alignment with the educational content, thereby fostering a more effective and meaningful assessment process. This approach to defining different building blocks of any text is essential in the process of using them by LLM in a formalized way.

The article [6] analyzed the integration of AI tools in education. The article stated that integrating OpenAI's GPT-3 model into educational products led to a 25% improvement in student engagement and learning outcomes. GPT-3 facilitates personalized, efficient, and effective learning experiences for students. The United States, India, and China are the leading adopters of GPT-3 in education, accounting for 60% of the global adoption [6]. The article [6] described five key areas of GPT model usage in the learning process: a) customized content generation, b) conversational learning, c) intelligent tutoring, d) streamlined operations, and e) automated assessments [6].

Based on the available data, the interest in ChatGPT, particularly in education, has risen significantly. Following the recent statistics, the estimated number of visits to ChatGPT is reaching 2 billion points, and an estimated 80% of major Fortune 500 companies are expected to utilize ChatGPT in their business operations permanently [7]. This says that AI technologies, particularly LLM, are becoming inevitable in all areas of our lives, including education.

Methodology. As mentioned above, it is crucial to leverage LLM to formalize the process of analyzing information. The methodology for leveraging LLM in dissecting educational text for assessment generation hinges on adjusting sophisticated AI techniques such as Natural Language Processing (NLP) and Machine Learning algorithms. In the current article, we aim to describe a high-level architecture of the possible solution based on using OpenAI's ChatGPT tool to decompose content into fundamental building blocks, like Concepts and Theses, subsequently crafting a concept map and utilizing it in the assessment process.

The whole process consists of four stages (Figure 1).

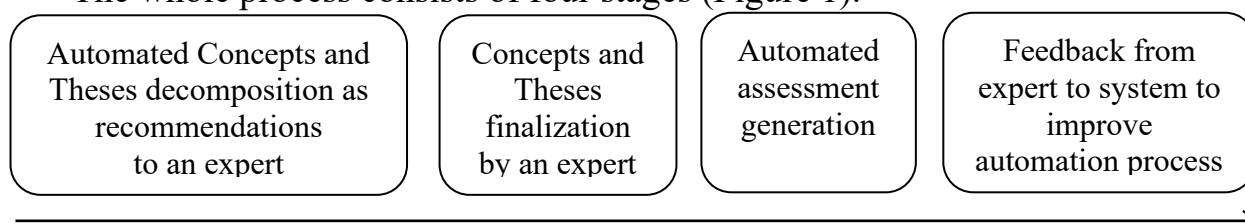


Figure 1 - Assessment generation process



In this article, we will describe the first stage.

Implementation.

We define three stages to implement the content decomposition process that will be analyzed using Natural Language Processing (NLP) techniques. We will use ChatGPT as the LLM of choice to process data.

The entry point for the system is the scientific text or other content to analyze. At this stage, the LLM tool, in our case ChatGPT, identifies, extracts, and categorizes the data into the essential building elements (Concepts, Theses). LLM facilitates understanding semantic relationships among words and phrases within the text, finalizing by a structured breakdown of the content. The data to analyze may be used from a) external API from the existing system and b) attached files by the user.

The second stage of the process is to perform entity recognition using some data preprocessing tasks, like named entity recognition (NER), based on the predefined prompts for ChatGPT. In the context of this paper, the entities primarily comprise Concepts and Theses. These entities are consistent topics or items repeatedly mentioned or referred to throughout the educational text, forming the basis for further analysis and assessment generation in assessments' creation.

The third important part is to extract the essential keywords and attach them to each entity (tagging), like Theses or Concepts.

In the final stage, the subject matter expert analyzes the system's output.

The high-level flow can be visualized as shown below (Figure 2).

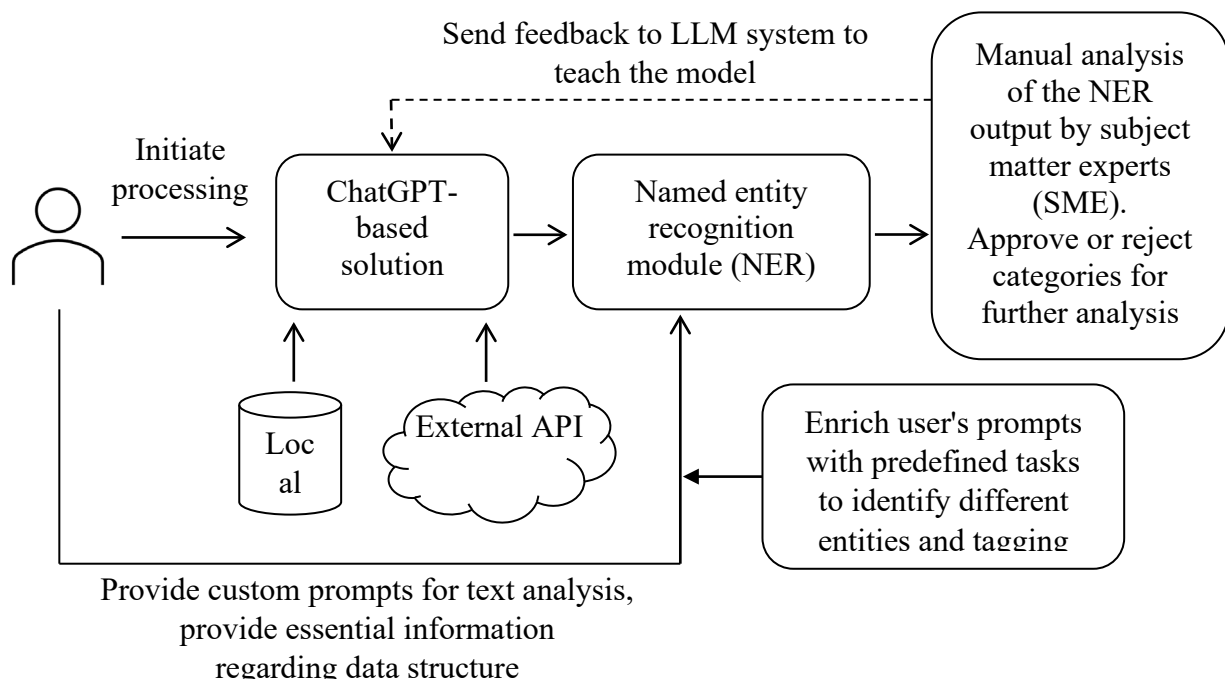


Figure 2 - Educational text decomposition flow

Authoring

Summary and conclusions.

The application of AI, particularly ChatGPT, in analyzing educational texts and decomposing them into fundamental entities (Concepts, Theses) unveils a new horizon in automating and enriching the educational and assessment generation process. The proposed methodology facilitates a more organized and dynamic



assessment generation and paves the way for real-time feedback and continuous improvement, aligning assessments closely with educational goals. The collaborative nature of the solution, involving both LLM and subject matter expertise, exemplifies a balanced approach, ensuring the reliability and relevance of the AI output. The iterative feedback loop with the human experts augments the learning model, promising a refined accuracy and contextual relevance over time, hinting at a sustainable, evolving LLM-aided educational assessment generation model. While the potential of LLM in enhancing the educational process is significant, there are challenges to address. There's a call for further exploration in areas like prompt engineering strategies and validation by domain experts.

References:

1. G. Pankaj Jain, Varadraj P. Gurupur, Jennifer L. Schroeder, and Eileen D. Faulkenberry (2014). Artificial Intelligence-Based Student Learning Evaluation: A Concept Map-Based Approach for Analyzing a Student's Understanding of a Topic. *IEEE Transactions on learning technologies*, vol.7, No.3. DOI: 10.1109/TLT.2014.2330297
2. Tytenko, S.V. (2019) Generation of test tasks in the system of distance learning based on the model of formalization of didactic text. *Scientific news of NTUU "KPI"*, №1(63), p.47–57. URL: <http://www.setlab.net/?view=Tytenko-test-generation>
3. Semantic portal. Educational project. Official site. URL: <http://semantic-portal.net/about>
4. Luckin R., Holmes W. (2016) *Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education*. UCL Knowledge Lab: London, UK. URL: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1475756>
5. Krunoslav Zubrinic, Damir Kalpic, Mario Milicevic. (2012) The Automatic Creation of Concept Maps from Documents Written Using Morphologically Rich Languages. *Expert Systems with Applications*, 39(16), 12709–12718. DOI: 10.1016/j.eswa.2012.04.065
6. Unleashing the Potential of GPT-3 in the Education Space: How Product Companies Can Elevate their Learning Solutions. (2023) Cubettech. Web development. URL: <https://cubettech.com/resources/blog/unleashing-the-potential-of-gpt-3-in-the-education-space-how-product-companies-can-elevate-their-learning-solutions>
7. Jacob Cass. (2023) ChatGPT Statistics: Users, Growth, Revenue & More. URL: <https://justcreative.com/chatgpt-statistics>
8. Ajit Jaokar. (2023) Azure OpenAI Services in teaching and education. URL: <https://techcommunity.microsoft.com/t5/educator-developer-blog/azure-openai-services-in-teaching-and-education/ba-p/3766568>
9. Wim J. van der Linden Cees A.W. Glas. (2010) *Elements of Adaptive Testing. Statistics for Social and Behavioral Sciences*. Springer. DOI: 10.1007/978-0-387-85461-8
10. Fedenko V.A., Polienova V.A., Tytenko S.V. (2022) Educational mobile application based on concept maps. *Modern engineering and innovative technologies*.



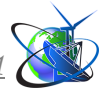
Issue 23, Part 1. DOI: 10.30890/2567-5273.2022-23-01-014

11. Sasha Nikolic, Scott Daniel, Rezwanul Haque, Marina Belkina, Ghulam M. Hassan, Sarah Grundy, Sarah Lyden, Peter Neal & Caz Sandison (2023) ChatGPT versus engineering education assessment: a multidisciplinary and multi-institutional benchmarking and analysis of this generative artificial intelligence tool to investigate assessment integrity, *European Journal of Engineering Education*, 48:4, 559-614.

DOI: 10.1080/03043797.2023.2213169

Article sent: 19.10.2023

© 2023 Authors



GENERATIVE AI AND PROMPT ENGINEERING IN EDUCATION

Kakun Artem

2nd-year master's degree student, Software Engineering

Tytenko Sergiy

Ph.D., Associate Professor

ORCID: 0000-0002-7548-9053

American University Kyiv, Ukraine, Kyiv, Poshtova Pl. 3, 02000

Abstract. *The development of generative AIs and the variability of their use are still at the level of research and active development simultaneously. However, it has already become clear that the emergence of generative AI significantly impacts many industries, including education.*

In this study, we explore the potential applications of generative AI in education, such as personalized learning tools and AI-powered study resources. We also delve into the critical role of prompt engineering in ensuring effective communication between users and AI systems, leading to improved educational outcomes. In addition, we identify the challenges and risks associated with integrating artificial intelligence technologies into the educational environment, including data privacy, security issues, and potential AI "hallucinations". By thoroughly exploring these topics, this study aims to highlight the opportunities and limitations of generative AI and prompt engineering in education.

Keywords: *Generative AI, education, ChatGPT, Prompt Engineering*

Introduction.

Generative AI is an incredibly powerful technology that was popularized by ChatGPT developed by OpenAI. The ChatGPT website has 1.43 billion users as of August 2023 [1]. ChatGPT has brought the revolution to the public by demonstrating the ability to understand not only simple commands but also complex speech patterns and generate well-structured responses. ChatGPT is a product of deep learning [2], which is a subtype of machine learning that mirrors the human brain in learning and responding to data, information, and cues [3]. The big players in the tech world were quick to respond. Google announced its own generative AI - Bard. Generative AI can be defined as a technology that (i) uses deep learning models to (ii) generate human-like content in response to (iii) complex and varied prompts (e.g., languages, instructions, questions) [18]. Several groundbreaking techniques have contributed to the development of generative AI, such as Generative Adversarial Networks (GANs) [5][6]. Eventually, the development of large-scale language models like BERT [7] and GPT [8] paved the way for the practical implementation of generative AI in various industries, including education. It is important to distinguish generative AI from conversational AI. As defined above, generative AI has the ability to not only provide a response but also generate its content based on the information it has been trained on [4], which is a very big difference from conversational AI, which typically relies on pre-formed responses. Key components of conversational AI include natural language processing (NLP), Natural Language Understanding (NLU), and natural language generation (NLG). It should be noted that not all generative AIs are conversational, nor do all conversational AIs lack the ability to generate content. Advanced AIs such as ChatGPT and Bard combine generative and conversational AI, making them much more attractive to the general public.



Generative AI in the educational process.

With the popularization of AI, a lot of research has begun to emerge on how AI can enhance the learning process by improving and optimizing both face-to-face learning and blended and online instruction.

A study of the popularization of online courses and blended learning during the COVID-19 pandemic [10] found that while these types of learning are significant, there are a number of challenges that AI can help solve. For example, an individualized approach to students. During online learning, teachers cannot always track how effective the information is. This problem can be solved by using AI to "tailor" information to the student's needs. Moreover, personalized learning can be facilitated by AI-powered tools that identify individual learning gaps and recommend content tailored to each student's unique context. AI-powered tools can also assist instructors in generating assessments and issuing grades and feedback automatically. This allows teachers to spend more time on actual teaching and student interaction. In addition, AI can help revolutionize assessments by evaluating students' performance over a more extended period, ultimately providing a fairer and more comprehensive evaluation system [11].

Intelligent learning systems, another area where AI is making strides, can mimic teachers, providing students with a personalized learning experience. Although they may be limited in their coverage of a particular field, these systems have proven effective in improving student performance and providing students with the right content.

However, the success of AI depends heavily on the availability and quality of student data, which has historically been a challenge for education companies as well as data researchers. The COVID-19 pandemic has dramatically expanded the use of educational products, thereby providing more data for AI systems. This data, in turn, has the potential to improve further and refine AI-based learning tools and methods.

In addition to the benefits already mentioned, AI technologies offer educators new opportunities to improve teaching methods, including learning analytics. Teachers can increase their effectiveness by using AI tools, and they can also promote self-regulation among their students. Despite these benefits, many educators have not yet used AI-driven technologies. Thus, it is critical to understand what the transition to using such technologies will entail and what obstacles they may face in their implementation. We must provide them with the digital competencies needed to enrich students' learning experiences.

Teachers' concerns about the introduction of AI into the classroom should also be taken into account. Some fear that they will be replaced, believing that AI will weaken their professional positions [12]. This may contribute to reluctance and slow down the adoption of AI technologies, as teachers may not understand that AI can complement, not replace them.

Teachers may hesitate to adopt AI-based tools because they often lack a clear understanding of how student data privacy is ensured and how to avoid algorithmic bias. In addition, a lack of infrastructure, funding, and support is often an obstacle to the widespread adoption of AI systems. Finally, teachers may not have the necessary technical and pedagogical knowledge and experience to successfully integrate AI



tools into the classroom, which may cause them to be hesitant and resistant to using them.

Effective use of Prompt Engineering in the educational context.

Prompt engineering is the process of structuring text that can be interpreted and understood by a generative AI mode [16], [17].

It is crucial to understand that the effectiveness of AI language models is influenced not only by the algorithms they use and the training data, but also by the quality of the instructions they receive [13], [15].

The capabilities of generative AI can be dramatically expanded with careful prompt engineering. Teachers can improve the assessment process, students can receive accurate, contextually relevant information. However, it should be realized that in some cases, users can even extract results from the generative AI model that it is not allowed to generate. This is known as reverse engineering or jailbreaking [14]. It is very important to take these features and concerns into account when integrating AI into the learning process.

Generative AI can contribute to the creation of learning content. However, communication and interaction between humans and generative AI revolve around engaging in critical conversations between these entities, which emphasizes the importance of creating appropriate prompts that require us to understand prompt engineering.

The goal of prompt engineering is to improve the model's responses by adapting them to the structure, content, and tone of the question. This, in turn, helps to achieve more accurate, valuable, or consistent answers. In the field of AI language models, prompt development involves creating well-designed prompts that elicit predictable responses, ensuring clarity, relevance, and accuracy.

To write good prompts, the following strategies can be considered:

1. Clarify the objective: Explicitly state the intended purpose of your prompt. What type of response or information do you aim to obtain? Clearly define the desired learning outcome or the interaction you seek.
2. Be direct and concise: Craft prompts that are clear, concise, and free of ambiguity.
3. Provide context: Establish the setting or background for your prompt, allowing the AI model to better grasp the task or subject matter. Contextual cues aid in guiding the model's response and maintaining relevance.
4. Offer examples: If possible, furnish illustrations of the output you expect from the language model.
5. Specify the format: If you require a particular response format or structure, make sure to explicitly state it in the prompt. For instance, if you need a step-by-step answer or a pros-and-cons analysis, provide clear instructions accordingly.
6. Refine, optimize, and debug prompts: Continuously fine-tune your prompts to elicit more accurate, relevant, and contextually suitable responses from the model [18].

By adhering to these tactics, educators, researchers, and users can enhance the art of prompt engineering, yielding meaningful and precise responses from AI language models while aligning with their unique goals and prerequisites. From this



perspective, it can be argued that in education, prompt engineering can serve as a tool to stimulate critical thinking, and nurture a deeper understanding of the subject matter.

Generative AI full power becomes visible when it is guided by human prompts. Under human guidance, generative AI opens up endless creative possibilities. The key to ensuring effective communication and interaction between humans and generative AI is the skillful creation of prompts. The skillful creation and engineering of appropriate prompts is of paramount importance, as they directly affect the capabilities of generative AI.

Summary and conclusions.

Generative AI has significant potential to revolutionize the educational process by offering personalized learning experiences, improving assessments, and optimizing teaching methods. The role of prompt engineering is crucial to ensure effective communication between users and AI systems, leading to improved educational outcomes.

However, the integration of generative AI into the educational process also comes with certain challenges and risks, such as data privacy, security, potential misinformation, and the impact on human interaction. Addressing these issues and equipping teachers with the necessary digital competencies are important steps to fully utilize the potential of generative AI and rapid engineering, which will ultimately contribute to enriching and engaging students in the learning process. Suggested methods of effective use of Prompt engineering can notably enhance the interaction with Generative AIs.

Nevertheless, it is important to understand that the exploration of Prompt engineering and engagement with Generative Models are in preliminary stages and could undergo significant changes over time.

References:

1. References: A. Tong, Reuters (2023). Exclusive: ChatGPT traffic slips again for third month in a row.
2. OpenAI (2023). About ChatGPT.
3. Sahoo S, Kumar S, Abedin M, Lim WM, Jakhar SK (2022). Deep Learning Applications in Manufacturing Operations: A Review of Trends and Ways Forward. Journal of Enterprise Information Management ISSN: 1741-0398. DOI: 10.1108/JEIM-01-2022-0025
4. Weng Marc Lim , Asanka Gunasekara, Jessica Leigh Pallant, Jason Ian Pallant, Ekaterina Pechenkina. (2023). Generative AI and the future of education: Ragnarök or reformation? A paradoxical perspective from management educators. The International Journal of Management Education Volume 21. DOI: 10.1016/j.ijme.2023.100790
5. Weng Marc Lim, Satish Kumar, Sanjeev Verma, Rijul Chaturvedi (2022). Alexa, what do we know about conversational commerce? Insights from a systematic literature review March 2022 Psychology and Marketing 39. DOI: 10.1002/mar.21654
6. Ian J. Goodfellow, Jean Pouget-Abadie, Mehdi Mirza, Bing Xu, David



Warde-Farley, Sherjil Ozair, Aaron Courville, Yoshua Bengio (2014). Generative Adversarial Networks. Advances in Neural Information Processing Systems.

DOI: 10.1145/3422622

7. Diederik P Kingma, Max Welling (2014). Auto-Encoding Variational Bayes. Conference: ICLR.

8. Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova (October 2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding.

9. A. Radford, K.Narasimhan, T. Salimans, I. Sutskever (2018). Improving language understanding by generative pre-training.

10. Liu Kexin, Qu Yi, Song Xiaoou, Li Yan (202). Future Education Trend Learned From the Covid-19 Pandemic: Take <<Artificial Intelligence>> Online Course As an Example. Conference: 2020 International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE).

DOI: 10.1109/ICAIE50891.2020.00032

11. Olga Tapalova, Nadezhda Zhiyenbayeva, Dmitry Gura (2022). Artificial Intelligence in Education: AIEd for Personalised Learning Pathways December. The Electronic Journal of e-Learning 20(5):639-653.

DOI: 10.34190/ejel.20.5.2597

12. Wayne Holmes, Ilkka Tuomi (2022). State of the art and practice in AI in education. European Journal of Education 57(3).

DOI: 10.1111/ejed.12533

13. Liu, P., Yuan, W., Fu, J., Jiang, Z., Hayashi, H., & Neubig, G (2021). Pre-train, Prompt, and Predict: A Systematic Survey of Prompting Methods in Natural Language Processing.

14. Liu, Y., Deng, G., Xu, Z., Li, Y., Zheng, Y., Zhang, Y., Zhao, L., Zhang, T., & Liu, Y. (2023). Jailbreaking chatGPT via prompt engineering: An empirical study. DOI: 10.48550/arXiv.2305.13860

15. Leo S. Lo (2023). The CLEAR path: A framework for enhancing information literacy through prompt engineering.

DOI: 10.1016/j.acalib.2023.102720

16. Diab M., Herrera J., Chernow B (2022). Stable Diffusion Prompt Book.

17. Albert Ziegler, John Berryman (2023). A developer's guide to prompt engineering and LLMs.

18. Aras Bozkurt, Ramesh C Sharma (2023). Generative AI and Prompt Engineering: The Art of Whispering to Let the Genie Out of the Algorithmic World.

DOI: 10.5281/zenodo.8174941

Article sent: 19.10.2023

© 2023 Authors



УДК 004.9

THE USE OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR THE RECOGNITION OF BURNED FIELDS ON SATELLITE PHOTOS IN THE TERRITORY OF UKRAINE

ВИКОРИСТАННЯ ЗГОРТКОВИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗГОРІЛИХ ПОЛІВ НА СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКАХ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

Bushyn I. M. / Бушин І. М.*Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor**кандидат фізико-математичних наук, доцент**ORCID: 0000-0002-2783-7551***Chernenko R. V. / Черненко Р. В.***ORCID: 0009-0002-4597-7141**Bohdan Khmelnytsky National University of Cherkasy,**Cherkasy, Shevchenko blvd., 81, 18031**Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького,**м. Черкаси, бульв. Шевченка, 81, 18031*

Анотація. В статті описано актуальність визначення згорілих полів на супутникових знімках. Проведено огляд існуючих рішень. Описано підхід для розпізнавання згорілих полів з використанням згорткової нейронної мережі U-net з використанням супутникових зображень Sentinel-2. Також описана методика збору та розмітки вхідних даних. Проведено аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень. Показано, що використання додаткових каналів зображення супутникових зображень Sentinel-2 з інфрачервоного діапазону покращує якість розпізнавання згорілих полів.

Ключові слова: згорткові нейронні мережі, U-net, моделі машинного навчання, сегментація зображень, супутникові знімки, Sentinel-2, згорілі поля, Україна

Вступ

В Україні кожного року трапляється близько 20 тисяч пожеж на землях сільськогосподарського призначення. Якщо порівнювати статистичні дані з сусідніми країнами, то Україна є лідером за кількістю пожеж. В Румунії кількість осередків пожеж у 4 разів менше, у Польщі - у 30 разів. Пожежі на сільськогосподарських полях призводять до знищення екосистеми, зменшення родючості ґрунтів та викидів в атмосферу пилу та інших парникових газів, особливо вуглекислого газу. [1]

З початком війни в 2022 році було зафіксовано пожеж на площі понад 1.5 млн. гектарів. При цьому більше третини пожеж траплялися на землях сільськогосподарського призначення. Половина всіх пожеж відбувалася на території бойових дій. [2]

На даний момент в Україні немає рішення для розпізнавання пожеж на сільськогосподарських полях. При цьому здійснювати оцінку наслідків пожеж на тимчасово окупованих територіях практично неможливо.

Огляд існуючих методів розпізнавання згорілих полів

Розробка рішень для картографії пожеж з використанням супутникових знімків розпочалася з 1970-х років. Останнім часом для вирішення цієї задачі набули популярності алгоритми машинного навчання (SVM, Random Forest, DNN та інші). [3]



Виділяють два основних підходи для визначення пожеж на супутникових знімках. Це розпізнавання активних пожеж та розпізнавання наслідків пожеж. Для першого підходу обов'язковою умовою для визначення пожежі є проліт супутника в момент горіння. Другий підхід, як правило, є більш стійким в часі. [4]

Існуючі рішення для розпізнавання пожеж також можна розділити на глобальні (працюють на більшості території Землі), та локальні (використовують для певної країни чи регіону). До глобальних рішень, які також покривають територію України можна віднести такі: Collection 6 MODIS Burned Area Product (MCD64A), Fire Information for Resource Management System (FIRMS), European Forest Fire Information System (EFFIS). В таблиці 1 наведено короткі характеристики даних рішень. [5, 6, 7]

Таблиця 1 - Короткі характеристики існуючих рішень для розпізнавання пожеж

Назва	Супутник	Рік запуску	Часове розширення	Просторове розширення, м/піксель
Collection 6 MODIS Burned Area Product	MODIS Terra/Aqua	2000	1 місяць	500
Fire Information for Resource Management System	MODIS Terra/Aqua, Suomi NPP, NOAA-20	2000	1 день	375/1000
European Forest Fire Information System (EFFIS)	MODIS Terra/Aqua, VIIRS, Sentinel 2	2000	2-3 днів	250/20

Джерело: [5, 6, 7]

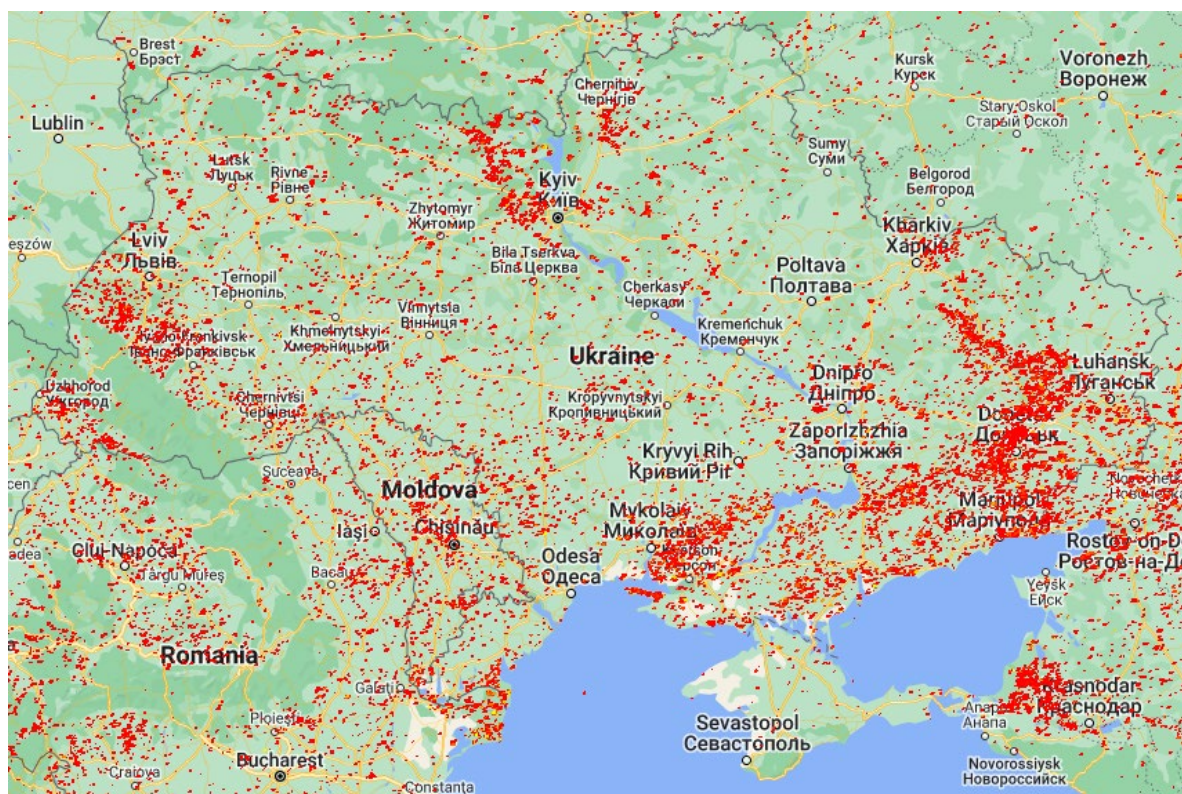


Рисунок 1 - Карта пожеж на території України за 2022 рік за даними NASA FIRMS

Джерело: [6]



Для прикладу, на рисунку 1 наведено карту з даними про пожежі за 2022 рік на території України за даними NASA FIRMS.

Існуючі глобальні рішення часто занижують площі пожеж на полях. Невеликі за площею пожежі, які трапляються на полях, часто пропускаються такими системами через їх низьку роздільну здатність. Використовуючи супутникові знімки з високою просторовою та часовою роздільністю (наприклад Sentinel 2) можна досягти значно кращих результатів. [8]

Більшість згаданих глобальних рішень не має розділення пожеж на лісові та польові. Лише в рішенні “European Forest Fire Information System” існує така можливість. [7]

Опис вхідних даних

У якості вхідних даних для розпізнавання згорілих полів на супутникових знімках використовуються знімки з супутників Sentinel-2. Дані знімки мають найвище просторове та часове розширення з наявних відкритих джерел даних. На рисунку 2 наведені спектральні характеристики знімків супутника Sentinel 2. Кожне отримане зображення містить в собі 13 каналів з різними спектральними характеристиками та з різним просторовим розширенням. Канали 2, 3, 4 (RGB) та 8 (near infrared) мають розширення 10м/піксель. Канали 5, 6, 7, 8а, 11 та 12 мають розширення 20 м/піксель. Всі інші канали мають розширення 60 м/піксель.

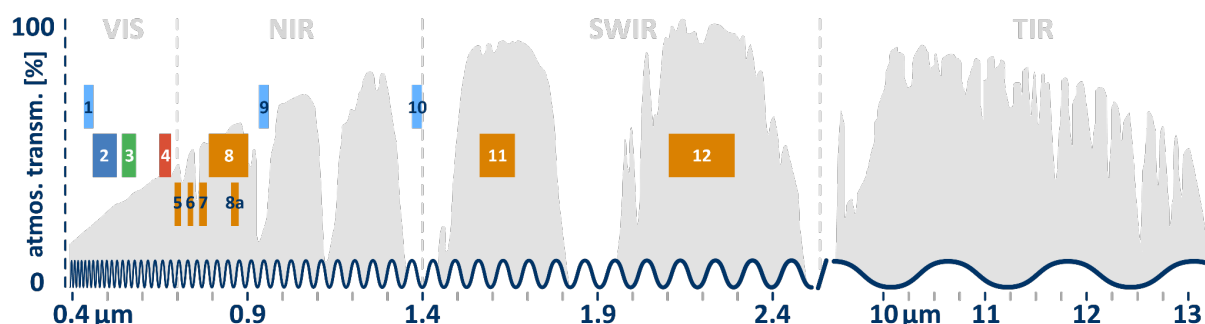


Рисунок 2 - Спектральні характеристики зображень супутника Sentinel-2

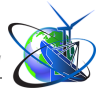
Джерело: [9]

Дані супутникові знімки можливо отримати з різним рівнем обробки. Рекомендовано використовувати рівень Level-2A, який вже містить в собі виконану корекцію атмосферного впливу, рельєфу та хмарності. Також даний рівень обробки надає додаткову інформацію про маску хмарності. [9]

Авторами не було знайдено доступного набору зображень з наслідками пожеж на території України, який можливо було використати в якості тренувальної вибірки. У статті [1] можна знайти приклади зображень з активним процесом горіння на полях. На рисунку 3 наведено приклади таких зображень.

При цьому значно частіше на супутникових знімках можна побачити зображення наслідків пожеж. Приклади таких зображень наведено на рис. 4.

Наведені приклади зображень з наслідками пожеж показують, що можливо провести розмітку тренувальної вибірки вручну за допомогою візуальної



інтерпретації. При проведенні розмітки варто включати як і приклади зображень з позитивними класами (згорівші поля), так і з негативними класами (звичайні поля). Також при розмітці поля важливо вказувати дату отриманого зображення.



Рисунок 3 - Приклади зображень пожеж на супутникових знімках Sentinel-2 в видимому діапазоні (жовтень 2021 р. Кіровоградська та Херсонська обл.)

Джерело: [1]



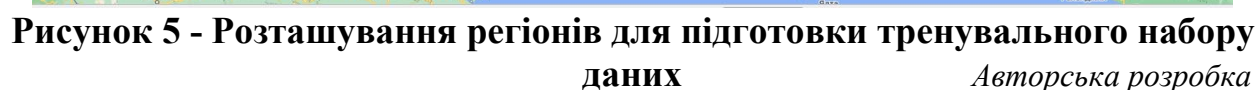
Рисунок 4 - Приклади зображень згорівших полів на Sentinel-2 в видимому діапазоні (Липень 2022 р. Херсонська обл.)

Авторська розробка

Для проведення розмітки тренувальної вибірки були використані знімки Sentinel 2 L2A за літній період 2022 року в Херсонській та Запорізькій областях. На рис. 5 позначено розташування регіонів з тренувальної вибірки на карті.

Всього було відібрано 7 знімків для Херсонської області та 9 знімків для Запорізької області. На отриманих знімках була проведена розмітка цілих та згорілих полів на території з сумарною площею 730 км². Розмітка була проведена методом візуальної інтерпретації, з використанням вільного програмного забезпечення QGIS.

У результаті розмітки було отримано 7333 полігонів з контурами полів, з них 1771 - які містять згорівші поля. На рис. 6 наведено фрагмент отриманої розмітки.





Отримана розмітка вхідних даних містить дисбаланс класів ціле/згорівше поле. Кількість згорілих полів зростає з часом. На рис. 7 наведений графік залежності площі згорілих полів від часу для кожної області окремо.

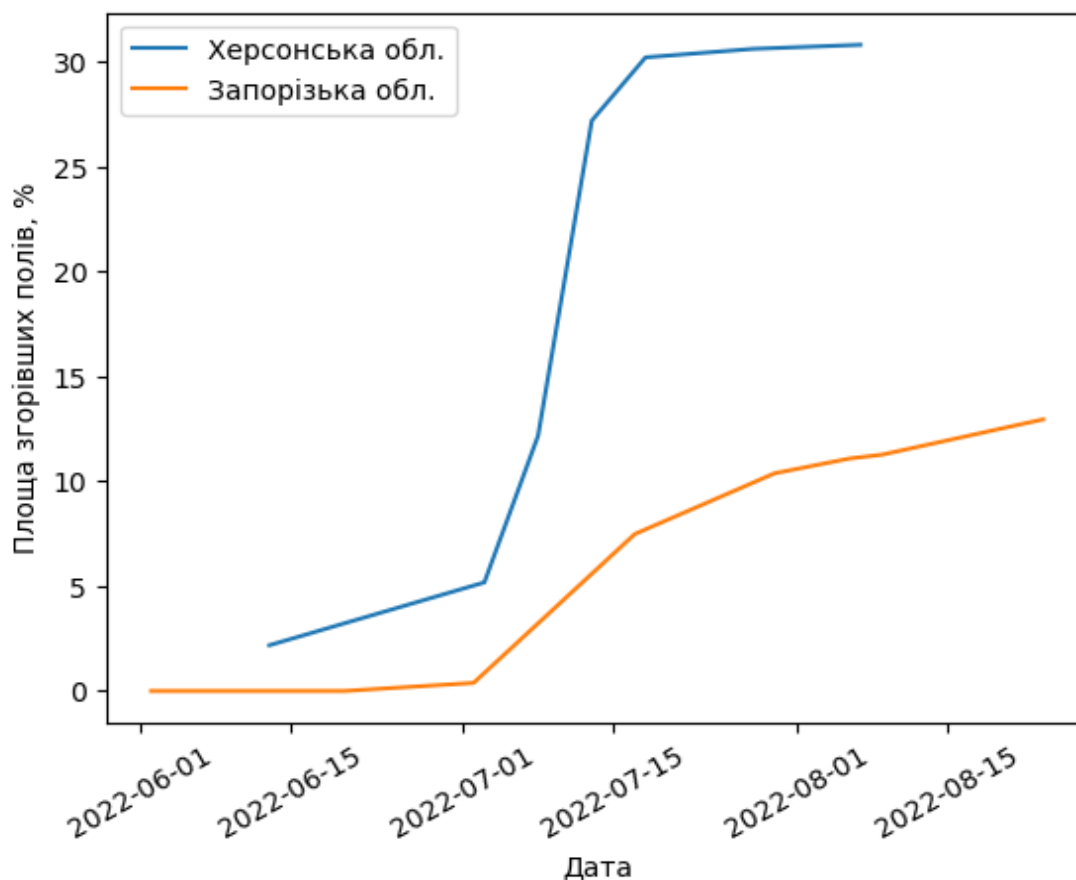


Рисунок 7 - Площі згорівших полів в залежності від часу спостереження для різних регіонів

Авторська розробка

Під час розмітки вхідних даних було відмічено, що зображення згорілих полів з часом стають менш чіткими і зливаються з сусідніми полями. На рис. 8 наведені приклади зображення одного і того самого поля, які були отримані 13 червня, 3 липня та 7 листопада 2022 року. На цих зображеннях видно, що поле, на якому пожежа була недавно є значно темнішим в порівнянні з сусідніми полями і має чіткі межі. Приблизно через 1 місяць вже дуже складно відрізнити згорівше поле від звичайного.



Рисунок 8 - Приклад зміни зображення згорілого поля з часом (червень-серпень 2022 року)

Авторська розробка



Опис алгоритму розпізнавання згорілих полів

Задачу розпізнавання згорілих полів на супутникових знімках є задачею семантичної сегментації з області комп'ютерного зору. Семантична сегментація передбачає, що кожному пікселю зображення буде призначено один з класів. У даному випадку можливе використання наступних класів - згоріле поле, звичайне поле, невідома інформація. Останнім часом для вирішення задачі сегментації набули популярності методи з використанням згорткових нейронних мереж, які складаються з двох блоків - енкодера та декодера.

Одна з таких моделей - це згорткова нейронна мережа U-net, яка початково розроблялась для сегментації біомедичних зображень, але показала ефективність в різних сферах, в тому числі і для сегментації супутникових знімків.

Оригінальна архітектура передбачає одноканальний вхід, який призначений для використання з зображеннями в відтінках сірого. [10] Для роботи з супутниковими зображеннями вхід буде змінений на багатоканальний і його розмірність буде залежати від кількості використаних каналів зображення.

Для розширення набору вхідних даних для навчанням буде використовуватись підхід під назвою аугментація. Аугментація полягає в штучній модифікації вхідних зображень під час навчання моделі. В даному випадку будуть використовуватися випадковий зсув зображення, поворот зображення на випадковий кут, зміна масштабу зображення та ін.

Для більш стабільної оцінки якості роботи алгоритму використовується метод крос-валідації на k блоках (англ. k -fold cross validation). При використанні такого методу навчальну вибірку випадково розбивають на k підвибірок однакового розміру, в даному випадку - за просторовим розташуванням. Потім одна з вибірок використовується як валідаційна вибірка для оцінки роботи моделі, а об'єднання інших $k-1$ вибірок являє собою новий тренувальний датасет. Процес повторюється k разів, і при цьому кожна з k вибірок буде використана в якості валідаційної. Усереднення валідаційних метрик на всіх k розбиттях буде фінальною оцінкою якості роботи алгоритму. [11]

В якості метрики для оцінки роботи алгоритму використовується метрика F1-score, яка часто використовується для оцінки класифікації чи сегментації в випадку значного дисбалансу класів. Формула даної метрики:

$$F1 = \frac{TP}{TP+0.5(FP+FN)}, \quad (1)$$

де TP - це кількість правильно класифікованих пікселів, FP - кількість помилково розпізнаних пікселів згорілих полів, FN - кількість пікселів згорілих полів, які були помилково розпізнані як не згорілі. Дана метрика може мати значення в діапазоні $[0, 1]$, де 0 відповідає випадку, коли жоден піксель зі згорілими полями не було розпізнано, а 1 - коли всі пікселі згорілих полів та не згорілих полів були розпізнані вірно. Для прикладу, така ж сама метрика використовується в роботі [8]



Результати експериментальних досліджень

Для перевірки впливу кількості вхідних каналів зображення на якість розпізнавання згорілих полів було проведено навчання моделей з наступними комбінаціями каналів супутникового знімку Sentinel-2:

1. 3 канали видимого діапазону (RGB).
2. Комбінація RGB та каналу ближнього інфрачервоного - всього 4 канали
3. Комбінація всіх наявних каналів Sentinel 2 в розширенні 10 м/піксель та 20 м/піксель - всього 10 каналів.
4. Комбінація всіх наявних каналів Sentinel 2 в розширенні 10 м/піксель, 20 м/піксель та 60 м/піксель - всього 13 каналів.

Як вже було відмічено вище, з часом зображення згорілих полів на супутникових знімках ставали менш помітними. Для того, щоб перевірити, чи впливає пройдений час від першого отриманого зображення зі згорівшим полем, було проведено додаткове навчання моделей з різними часовими проміжками від першого спостереження пожежі (1, 7, 14, 30 та 90 днів). Наприклад, при навчанні моделі з використанням проміжку 14 днів, всі зображення згорівших полів, які були отримані пізніше, ніж 14 днів від факту першого спостереження, були видалені з тренувального набору даних для даного експерименту.

Маючи 4 можливих комбінації вхідних даних, 5 різних часових проміжків та використання розбиття вхідних даних на 3 частини при кросс-валідації, всього було отримано 60 різних моделей, які включають всі перелічені комбінації факторів.

Всі інші гіперпараметри моделей, такі як функція втрат, розмір вхідного зображення, розмір батчу та інші були зафіксовані для всіх експериментів.

На рисунку 9 наведені графіки залежності результатів моделей на валідаційній вибірці в залежності від кількості використаних каналів вхідного зображення. Можна відзначити, що використання лише 3 каналів видимого діапазону (RGB по осі x) дає в середньому найнижчий результат. Додавання каналу близького інфрачервоного каналу трохи покращує результат (RGB+NIR по осі x). Найкращий результат отримується при використанні комбінації всіх доступних каналів з просторовим розширенням 10 м/піксель і 20 м/піксель (RGB+NIR+20m по осі x). А додавання додаткової інформації з каналів в розширенні 60 м/піксель навіть погіршує результат (RGB+NIR+20m по осі x).

Тепер розглянемо залежність отриманих результатів на валідаційній вибірці в залежності від пройденого часу від першого спостереження пожежі на полі. Графіки такої залежності зображено на рисунку 10. На даному рисунку чітко видно, що моделі RGB і RGB+NIR мають тенденцію до погіршення результату при додаванні більш старіших зображень наслідків пожеж в тренувальну вибірку. При цьому моделі з набором вхідних даних RGB+NIR+20m і RGB+NIR+20m+60m не мають такої тенденції і показують стабільні результати незалежно від пройденого часу від першого спостереження пожежі.

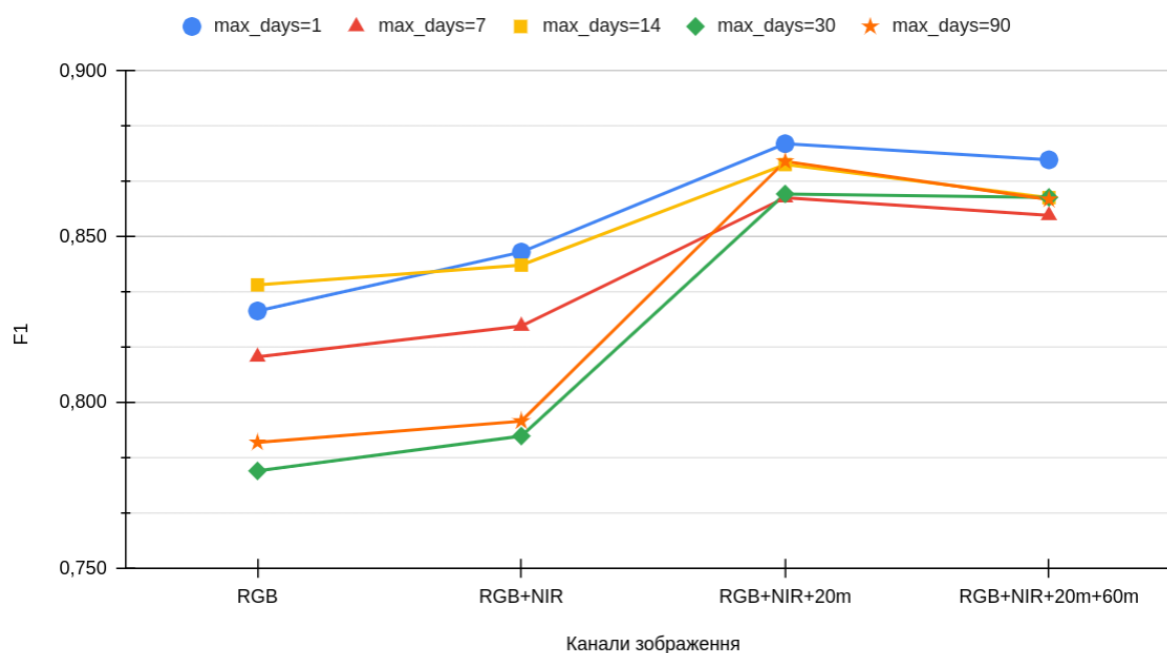


Рисунок 9 - Залежність метрики F1 на валідаційний вибірці від в залежності від кількості каналів вхідного зображення

Авторська розробка

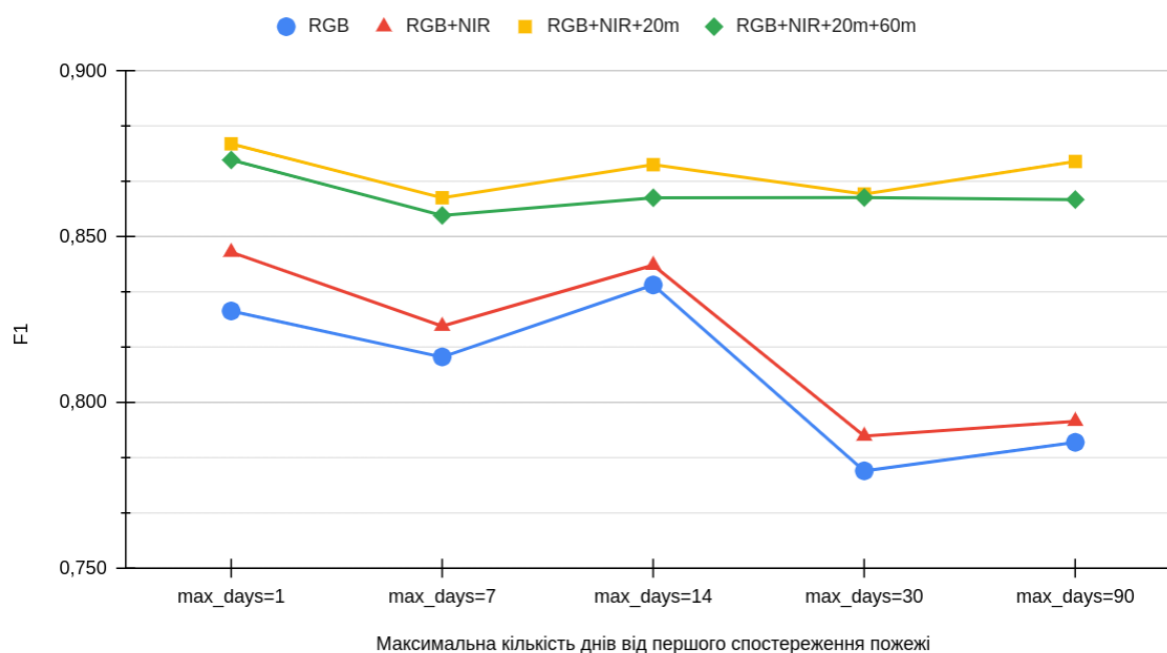


Рисунок 10 - Залежність метрики F1 на валідаційний вибірці від в залежності від пройденого часу від першого спостереження пожежі

Авторська розробка

Таким чином отримані результати показали, що моделі з набором каналів видимого діапазону, близького інфрачервоного та всіх каналів в розширенні 20 м/піксель дають найкращий результат і при цьому є стабільними незалежно від пройденого часу від першого спостереження пожежі. Моделі з набором каналів тільки в видимому діапазоні і в видимому та близькому інфрачервоному показують погіршення результатів зі збільшенням часу від першого спостереження пожежі на полі.



Найкращий усереднений результат метрики на валідаційній вибірці $F1=0.878$ було отримано для моделі, яка приймає на вхід 8 каналів зображення (RGB+NIR+20m).

Висновок.

У даній статті розглянуті існуючі підходи та рішення для розпізнавання згорілих полів на супутникових знімках. Також було запропоновано використання згорткових нейронних мереж (на прикладі моделі U-Net) для розпізнавання згорілих полів на території України з використанням зображень з супутників Sentinel-2. Проведені експериментальні дослідження показали, що запропонований підхід може розпізнавати згорівші поля з досить високою оцінкою точності ($F1 = 0.878$ на валідаційній вибірці).

Література

1. Євгенія Дроздова, Андрій Гарасим, Надя Кельм, Ілля Самойлич, Анатолій Бондаренко. Дикість. В Україні щороку близько 20 тисяч пожеж на орних землях. *ЖУРНАЛІСТИКА ДАНИХ*: веб-сайт. URL: <https://texty.org.ua/projects/104757/v-ukrayini-shoroku-blyzko-30-tysyach-pozhezh-yak-vony-vyhyadayut-iz-kosmosu/> (дата звернення: 11.12.2022).
2. Любов Петрушко. Урожай у вогні: у зоні бойових дій згоріло близько 350000 га полів. Які втрати та наслідки масштабних пожеж. *Forbes*: веб-сайт. URL: <https://forbes.ua/inside/urozhay-u-vogni-u-zoni-boyovikh-diy-zgorilo-blizko-350-000-ga-poliv-yaki-vtrati-ta-naslidki-masshtabnikh-pozhezh-12072022-7129> (дата звернення: 11.12.2022).
3. Piyush Jain, Sean C P Coogan, Sriram Ganapathi Subramanian, Mark Crowley, Steve Taylor, and Mike D Flannigan. A review of machine learning applications in wildfire science and management. *Environmental Reviews* July 2020 DOI:10.1139/er-2020-0019
4. Dmitry Rashkovetsky, Florian Mauracher, Martin Langer, Michael Schmitt Wildfire Detection from Multi-sensor Satellite Imagery Using Deep Semantic Segmentation. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 14, pp. 7001-7016, 2021, doi: 10.1109/JSTARS.2021.3093625.
5. Louis Giglio. MCD64A1 v006 MODIS/Terra+Aqua Burned Area Monthly L3 Global 500 m SIN Grid. веб-сайт. URL: <https://lpdaac.usgs.gov/products/mcd64a1v006/> (дата звернення: 11.12.2022).
6. Fire Information for Resource Management System (FIRMS). веб-сайт. URL: <https://www.earthdata.nasa.gov/learn/find-data/near-real-time/firms> (дата звернення: 11.12.2022).
7. European Forest Fire Information System. веб-сайт. URL: <https://effis.jrc.ec.europa.eu/> (дата звернення: 11.12.2022).
8. Monish Vijay Deshpandea, Dhanyalekshmi Pillai, Meha Jainc. Agricultural burned area detection using an integrated approach utilizing multi spectral instrument based fire and vegetation indices from Sentinel-2 satellite. *MethodsX* Volume 9, 2022, 101741
9. Sentinel-2. Freie Universität Berlin. веб-сайт. URL: <https://blogs.fu-berlin.de/reseda/sentinel-2/> (дата звернення: 17.12.2022)



10. Ronneberger, O., Fischer, P., Brox, T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015.

11. Cross-validation: evaluating estimator performance. веб-сайт. URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/cross_validation.html (дата звернення: 16.10.2023)

Abstract. *The article discusses the significance of identifying burnt fields in satellite images. It provides an overview of existing solutions and describes an approach for recognizing burnt fields using a U-Net convolutional neural network with Sentinel-2 satellite imagery. The method for collecting and annotating input data is also detailed. The results of experimental studies are analyzed, demonstrating that utilizing additional image channels from the infrared spectrum of Sentinel-2 satellite imagery improves the accuracy of burnt field recognition.*

Key words: *convolutional neural networks, U-net, machine learning models, image segmentation, satellite imaging, Sentinel-2, burned fields, Ukraine.*



УДК 004.2

SOFTWARE DEVELOPMENT TO AUTOMATE JWT TESTING**РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕСТУВАННЯ JWT****Posuvailo M.-M.V./ Посувайло М.-М.В.***bachelor / бакалавр**Lviv Polytechnic National University,**Lviv, Stepan Bandera, 12, 79000**Національний університет “Львівська Політехніка”,**Львів, Степана Бандери, 12, 79000*

Анотація. У статті розглядається JSON Web Token, відносно “молода”, але популярна технологія, яка в основному використовується для відстеження сеансів користувачів.

Метою цієї роботи є створення інтуїтивно зрозумілого програмного засобу, який може автоматизувати тестування JWT.

Для виконання цього завдання ми провели дослідження, під час якого зібрали якомога більше інформації про відомі вразливості та характеристики вже існуючих програм. Ми проаналізували їх і отримали чітке уявлення про кінцевий продукт.

Вреши-решт завдання було виконано. Фахівці з усього світу отримали доступ до інтуїтивно зрозумілої та багатofункціональної програми. На даний момент, це єдине програмне забезпечення, здатне автоматизувати тестування вже відомих і можливих вразливостей.

Ключові слова. JWT, JSON Web Token, автоматизація тестування, вразливості, stateful cookie, stateless cookie, JwtTester, JSON Web Tokens, jwtcat, jwt_tool, jwtXploiter, JwtCracker.

Вступ.

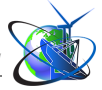
Авторизація тривалий час використовувала локально збережені сесії клієнтів (кукі). Користувачі вводять свої облікові дані, генерується унікальний ідентифікатор сеансу (кукі), зберігаємо його на стороні сервера та повертаємо користувачеві. Усі дані користувача повинні зберігатися на стороні сервера. Будь-яка служба, якій потрібна якась інформація про користувача, повинна звернутися до сховища даних. Якщо дані користувача централізовані, їх неможливо підробити. Крім того, це усуває проблему застарілих даних. Все зберігається в центральному місці.

Такий підхід називають – “stateful”, протилежний підхід – “stateless”.

Файли cookie із збереженням стану (далі - Stateful) [1] і файли cookie без збереження стану (далі - Stateless) - це прикметники, які описують, чи призначений сервер або певна програма для запису та запам'ятовування однієї чи кількох попередніх подій у певній взаємодії з користувачем, іншим комп'ютером чи програмою, пристроєм чи іншим зовнішнім елементом. Без збереження стану означає, що не існує записів про попередні взаємодії, і кожен запит на взаємодію має оброблятися виключно на основі отриманої інформації. Файли cookie із збереженням стану та без збереження стану походять від використання стану як набору умов у певний момент часу.

Коротко підсумуємо:

- Stateful - відстеження збереженої інформації, яка використовується для взаємодії із клієнтом.
- Stateless – жодна інформація не зберігається на стороні сервера.



Якщо повернутись саме до “stateful” підходу, для складних архітектур, такі куки можуть спричинити проблеми: отримання даних із центрального сховища для кожної операції може стати проблемним рішенням, враховуючи кількість запитів, що будуть виконуватись щосекунди для отримання тої чи іншої інформації. Вони не тільки займатимуть обчислювальні потужності сервера, але й понижуватимуть пропускну здатність мережі. На додаток до цього, ми живемо у реальному світі, тому важливо враховувати те, що у будь-якій частині нашої інфраструктури може статись збій. Це означає, що нам потрібно витрачати додаткові ресурси на створення другого серверу, який у разі збою, підстрахуватиме головний хост.

Є декілька можливих рішень такої проблеми, однак в цій роботі, ми розглядатимемо лише використання Stateless Cookie, а саме JWT.

Основний текст.

Вирішенням раніше вказаних проблем може стати JSON Web Token [2]. Це закодований блок інформації, який може містити велику кількість даних (на відміну від Cookie) і має криптографічний підпис. Коли хост отримує токен, він може бути впевненим, що даним, які містить отриманий JWT, можна довіряти, оскільки вони підписані відправником. Жоден посередник не може змінити вміст JWT після його відправлення без наявності у нього ключа.

Огляд токена. JWT представлений у вигляді послідовності трьох секцій, розділених символами крапки ('.'). Кожна частина містить закодоване значення у форматі base64url, це означає, що токен може без проблем надсилатись через HTTPS протокол. Загалом токен містить:

- Заголовок
- Пейлоад
- Підпис

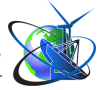
Тобто загальна схема JSON Web Token має наступний вигляд: aaa.bbb.ccc , де aaa – “Заголовок”, bbb – “Пейлоад” і ccc – “Підпис”.

Кожна із вище перелічених секцій може бути вразливою до того чи іншого типу атак, наприклад:

- *Заголовок:* зазвичай містить метадані про токен, наприклад алгоритм, який використовується для підпису. Загальна вразливість [3] в цій секції може виникнути, коли JWT підписуються за допомогою слабких алгоритмів або застарілих стандартів, які не є безпечними. У таких випадках зломисник може використати вразливі місця в алгоритмі підпису, щоб зламати токен і отримати доступ до інформації в корисному навантаженні або навіть змінити її.

- *Пейлоад:* містить дані користувача та параметри, пов’язані з процесом автентифікації та авторизації. Потенційні вразливості в цій секції можуть включати незахищене зберігання даних, несправний контроль доступу та викрадення сеансу. Зломисник може отримати доступ до інформації користувача, перевизначивши претензії, зроблені в JWT, і змінивши їх на бажані значення. Це може поставити дані користувача під загрозу та потенційно призвести до витоку даних.

- *Підпис:* ця секція включає зашифрований хеш повідомлення розділів заголовка та пейлоаду. Поширена вразливість у цьому розділі може бути



пов'язана зі схемою керування ключами, яка використовується для створення підпису. Якщо зломисник може викрасти закритий ключ, який використовується для підпису JWT, він може створити новий маркер і підписати його вкраденим ключем.

Враховуючи те, що JWT є об'ємною технологією, зрозуміло, що і площа для пошуку вразливостей також є великою. У мережі Інтернет немає конкретного списку із усіма можливими вразливостями, але за моїми дослідженнями, їх щонайменше 15.

Тому, звичайно ж, такий об'єм ручної роботи потрібно автоматизовувати, і певні напрацювання є. Даваймо перейдемо до них, і розберемось наскільки вони хороші, яким критеріям відповідають та які вразливості здатні знайти.

Огляд утиліт для тестувань на вразливості. Загалом, ми розглянемо наступні скрипти: JSON Web Tokens (Burp's extention), jwtcat, jwt_tool, jwtXploit і jwtcracker. Більшість із них є безкоштовними і розробленими на мові програмування Python, однак є і виключення, але до цього ми ще дійдемо.

JSON Web Tokens (Burp's extention)

До основних функцій можна віднести [4]:

- Зміна алгоритму з RSA на HMAC (CVE-2016-10555). Зломисник може використовувати це, щоб обхитрити сервер і використовувати відкритий ключ для перевірки.
- Відсутність алгоритму (CVE-2015-2951). Це може призвести до того, що сервер взагалі не буде виконувати перевірку підпису і відразу перейде до обробки корисного навантаження токена.
- Відсутність підпису (CVE-2020-28042). Спосіб схожий на попередній, але відмінність у тому, що цього разу перша частина токена не змінюється, третя просто відкидається.
- Перевірка маркерів. Перевірка підпису та перших двох частин токена.
- Редагування токена. Якщо у вас є секретне слово чи ключ, можна змінити вміст токена і підпис залишиться дійсним.
- Ін'єкція ключа (CVE-2018-0114). Ми можемо додати наш ключ до першої частини токена. Вразливий сервер використовує його для верифікації підпису.

- Перевірка на погані налаштування. Закінчується тестування багатьох варіантів поганого налаштування веб-токена JSON.

Jwtcat

До його функціональності можна віднести лише три компоненти [5]:

- Відсутність алгоритму (CVE-2015-2951). Це може призвести до того, що сервер взагалі не буде перевіряти підпис і відразу перейде до обробки токена.
- Bruteforce для HS256. Зломисник може спробувати вгадати секрет, який використовувався для створення підпису в цьому шифрі. Ця атака може використовувати або список найбільш розширених слів, або грубу силу.
- Редагування токена. Якщо у вас є секретне слово або ключ, ви можете змінити вміст маркера, і підпис залишиться дійсним.

JWT Tool

До функціональності можна віднести [6]:



- міна алгоритму з RSA на HMAC. Зловмисник може використати це, щоб змусити сервер використовувати відкритий ключ для перевірки.
- Відсутність алгоритму (CVE-2015-2951). Це може призвести до того, що сервер взагалі не виконує перевірку підпису та негайно переходить до обробки корисного навантаження маркера.
- Відсутність підпису (CVE-2020-28042). Спосіб схожий на попередній, але відмінність у тому, що цього разу перша частина токена не змінюється, третя просто відкидається.
- Спричинення помилок. Цей метод атаки покликаний на тестування повідомлень про помилки. Ці повідомлення можуть містити цінну інформацію.
- Атака грубого перебору для HS256. Зловмисник може спробувати вгадати секрет, використаний для створення підпису в цьому шифрі.
- Перевірка токена. Перевірка підпису та перших двох частин токена.
- Підробка позначки часу.
- Редагування токена. Якщо ви маєте секретне слово чи ключ, можливо змінити вміст токена і підпис залишиться валідним.
- Ін'єкція ключа (CVE-2018-0114). Ми можемо додати наш ключ у першу частину токена. Вразливий сервер використає його для верифікації підпису.
- Генерація ключів RSA і ECDSA.

jwtXploiter

Присутня наступна функціональність [7]:

- Редагування токена. Маючи всі необхідні компоненти на місці, ми можемо змінювати вміст токена.
- Експлуатація вразливих заголовків. Якщо JWT містить одне з потенційно вразливих значень у другій частині токена, ми можемо спробувати використати його.
- Перевірка токена. Перевірка підпису та перших двох частин токена.
- Видобуток публічного ключа через SSL з'єднання. Ця утиліта здатна самостійно отримати публічний ключ із веб-сервера.
- Підтримує усі алгоритми підпису та шифрування

JWT Cracker

На жаль, ця утиліта не має велику кількість функцій, однак вона є найефективнішою для [8]:

- Перебір секретів для HS алгоритмів.

Порівняння програмних засобів. Співставивши наявний список відомих вразливостей і функціонал усіх розглянутих утиліт, можна дійти до висновку, що жодна із них не покриває виявлення усіх вразливостей. Після практичного використання, також можна додати, що зазначені програмні засоби можуть бути важкими у використанні, особливо для людей із малою кількістю досвіду.

Для того, щоб вирішити описані проблеми, ми вирішили написати власну утиліту, яка б покривала увесь спектр вразливостей та була інтуїтивно зрозумілою у використанні.

За результатами випробувань, JwtTester довела, що здатна знаходити усі потрібні вразливості. Наявність мануалу робить її зрозумілою навіть для початківців. Результати тестувань наведені нижче:

**Таблиця 1 – Порівняння утиліт**

	JwtTester	Burp	jwtcat	Jwt_tool	jwtXploiter	Jwt cracker
RSA to HMAC	+	+		+	+	
Alg: None	+	+	+	+		
Strip sign	+	+		+	+	
Errors	+			+		
Brute for HS256	+		+	+		+
Verify token	+	+		+	+	
Timestap tampering	+			+		
Path traversal	+					
SQLi	+					
OS Injection	+					
SSRF	+					
JWT Editor	+	+	+	+	+	
Price	Free	Free	Free	Free	Free	Free
Key injection vulnerability	+	+		+		
Platform	Any OS	Burp	Any OS	Any OS	Linux	Any OS
Blank password	+	-	-	+	+	
RSA key generation	+			+		
ECDSA key generation	+			+		
Interface	CLI	GUI	CLI	CLI	CLI	CLI
kid	+(sqli, path,rce,ssrf)			+(sqli, path,rce)	+(path,sqli)	
jku	+			+	+	
x5u	+				+	
x5c	+					
jti	+					

Висновки.

Було розглянуто теоретичну інформацію щодо JWT, відомі вразливості та наявні програмні рішення для знаходження слабких місць. Також ми проаналізували та порівняли утиліти для тестування токена.

В результаті, було отримано ряд показників, із яких ми виділили речі, які вирішили покращити. Після написання коду та завершальних тестувань, результати показали, що поставлене завдання було виконано.

Література.

1. Java M. stateful, stateless, cookie and session. Bit and Bytes. URL: <https://sethuranmanmurali.wordpress.com/2013/07/07/stateful-stateless-cookie-and->



session/.

2. JSON Web Tokens. *Auth0*. URL: <https://auth0.com/docs/secure/tokens/json-web-tokens>.

3. JWT attacks | Web Security Academy. *PortSwigger*. URL: <https://portswigger.net/web-security/jwt#:~:text=JWT%20vulnerabilities%20typically%20arise%20due,many%20implementation%20details%20for%20themselves>.

4. JSON Web Tokens. *PortSwigger*. URL: <https://portswigger.net/bappstore/f923cbf91698420890354c1d8958fee6>.

5. GitHub - aress31/jwtcat: A CPU-based JSON Web Token (JWT) cracker and - to some extent - scanner. *GitHub*. URL: <https://github.com/aress31/jwtcat>.

6. GitHub - ticarpi/jwt_tool: :snake: A toolkit for testing, tweaking and cracking JSON Web Tokens. *GitHub*. URL: https://github.com/ticarpi/jwt_tool.

7. GitHub - DontPanicO/jwtXploit: A tool to test security of json web token. *GitHub*. URL: <https://github.com/DontPanicO/jwtXploit>.

8. GitHub - lmammino/jwt-cracker: Simple HS256 JWT token brute force cracker. *GitHub*. URL: <https://github.com/lmammino/jwt-cracker>.

Abstract. This work involves the creation of an intuitive software tool for testing JSON Web Tokens (JWT), which is a solution to traditional authorization problems with cookies. Despite their security features, each aspect of JWT can be vulnerable to attacks, requiring an automated solution to address over 15 known vulnerabilities. *JwtTester*, a utility that can identify all necessary vulnerabilities and is easy to use, was developed. This work reviewed theoretical information, known vulnerabilities, and software solutions to identify weaknesses in JWT. After thorough testing, the final product successfully completed the original aim.

Key words. JWT, JSON Web Token, testing automation, vulnerabilities, stateful cookie, stateless cookie, *JwtTester*, JSON Web Tokens, *jwtcat*, *jwt_tool*, *jwtXploit*, *JwtCracker*.



UDC 388.1.

ANALYSIS OF INTERMODAL TRANSPORT DEVELOPMENT IN EUROPEAN COUNTRIES AND UKRAINE

Golovko T.V.*c.t.s., as. associate prof.*

ORCID: 0000-0002-7977-9664

Demchenko I.S.*Postgraduate student*

ORCID: 0009-0008-6708-9800

*Ukrainian State University of Railway Transport,
Kharkiv, Feuerbach Square 7, 61050*

Abstract. This article examines the intermodal freight markets in Europe and Ukraine, emphasizing the importance of rigorous analysis for guiding policy and investment decisions. The analysis reveals weak and statistically insignificant relationships in the EU intermodal transport volumes, calling for a more comprehensive dataset and consideration of other factors. In Ukraine, a complex Polynomial Regression model fits the data perfectly, but overfitting is a concern. This model captures intricate relationships, demanding careful interpretation. Further research is needed to address limitations, improve data consistency, explore innovative strategies, assess the financial sustainability of intermodal systems, and investigate the impact of regulatory frameworks, stakeholder collaboration, and emerging technologies on the intermodal freight sector.

Key words: intermodal freight, intermodal freight market, OLS Regression, polynomial regression, freight mode

Introduction.

In the ever-strengthened landscape of global trade and transportation, the efficient movement of goods stands as a pivotal driver of economic growth and prosperity. At the heart of this movement lies the intermodal freight market — a dynamic network that seamlessly integrates multiple modes of transportation to optimize the flow of cargo. In Europe and across the world, intermodal and multimodal transport systems have emerged as key catalysts for enhancing connectivity, reducing transportation costs, and minimizing environmental impact.

As countries strive to forge stronger links in their logistical chains, the importance of comprehensive analysis cannot be understated. Understanding the intricacies of intermodal freight markets, both in Europe and specifically within Ukraine, becomes not only relevant but imperative in fostering a competitive and resilient economy. For Ukraine, a nation endowed with a strategic geographical location and burgeoning trade potential, a well-calibrated intermodal freight strategy is not only aligned with global trends but also deeply intertwined with its national transport and development strategy up to 2023.

Ukraine's aspiration to harness the power of intermodal freight systems is anchored in its broader vision for robust and sustainable economic growth. The need to augment intermodal and multimodal transportation capabilities resonates not only with international best practices but also with the country's own strategy to elevate its position as a key player in regional and global trade. The ongoing analysis of intermodal freight dynamics both in Europe and Ukraine serves as a compass guiding policy makers, industry stakeholders, and investors toward strategies that optimize



efficiency, boost competitiveness, and foster environmentally conscious choices.

In a comprehensive exploration of intermodal freight markets, a collection of articles was examined to unravel key insights and trends within the realm of multimodal transport and its impact on various aspects of transportation and logistics. These articles delved into diverse facets, ranging from the development of intermodal transport in individual EU countries to the challenges faced by the European rail freight sector. While each article offered valuable perspectives, a systematic analysis has revealed common threads and discernible limitations across the research landscape.

Through an in-depth review of these articles, several prominent conclusions emerge, shedding light on the current status, challenges, and potential avenues for enhancing intermodal freight transport:

Insufficient methodological detail: some articles lack in-depth descriptions of the methodologies used for data collection, analysis, or audits, affecting the credibility of the research [4, 6, 8, 10]

Data inconsistencies: multiple articles note data inconsistencies or lack of disaggregated data, limiting the accuracy and reliability of their findings [4, 5, 8]

Lack of comparative analysis: some articles do not sufficiently compare intermodal transport with other modes or analyze the advantages and disadvantages in a broader transport context [6, 7, 9]

Inadequate future outlook: a few articles lack discussions about future trends, potential developments, or how research findings might evolve over time [1, 2, 4, 7, 9]

Scope and sample size: limited geographic coverage, small sample sizes, or focus on specific segments hinder the generalizability of findings to larger regions or the entire intermodal transport industry [4, 5, 7, 9.]

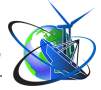
Limited economic analysis: few articles discuss economic impacts, cost-effectiveness, or financial sustainability of the proposed solutions or recommendations [3, 8, 9.]

Infrastructure focus: some articles emphasize infrastructure issues without comprehensive analysis of existing infrastructure, development strategies, or the relationship between infrastructure and modal shift. [7, 10]

Based on the research and analysis of current investigations of European and Ukrainian markets, our analysis could potentially address the following limitations:

Data inconsistencies: our research could contribute to solving the limitation of data inconsistencies by conducting a thorough investigation into the availability and quality of data related to intermodal freight transportation. By identifying data gaps and proposing methods to improve data collection, standardization, and sharing, our research could promote the use of accurate and reliable data for informed decision-making and policy formulation.

Inadequate future outlook: our research could provide valuable insights into the future outlook of intermodal freight transportation in Europe and Ukraine. By analyzing emerging trends, technologies, and market dynamics, your article can offer predictions and recommendations that contribute to informed decision-making and strategic planning in the intermodal transport sector.



Research and analysis.

Before we started the analysis, we had several assumptions of dependencies between the volumes of EU intermodal transport and other indicators:

- Funding and volumes: the hypothesis is that increased funding of transport volumes may lead to higher volumes of intermodal transport volume as it can support infrastructure development and operational improvements.
- GDP and volumes: The hypothesis is that economic growth, as represented by GDP, may have a positive impact on intermodal transport volumes as it reflects increased trade and economic activity.
- Mode shares and volumes: this can help identify if certain modes, such as rail or trucking, have experienced significant changes in their market shares over time and if those changes align with changes in overall volumes.

The question is whether all these variables have a mutual impact on the dependent variable — EU intermodal freight volumes.

By performing Multiple Linear Regression on these variables, we identified patterns, trends, and potential causal relationships over time. It's important to note that the specific dependencies discovered depend on the data and the time period being analyzed. The analysis may provide insights into how different factors, such as funding and economic conditions, impact the growth and dynamics of EU intermodal freight transportation.

For the analysis we used data derived from the Special report Intermodal freight transport [10] and European Commission website [12]. As for the dependent variable, it was 'Goods transported' in intermodal transport units. Independent variables selected for the analysis were: 'Gross Domestic Product (GDP)', 'Road vehicles (accompanied)', 'Founded projects and investments related to intermodal transport', 'Railways & inland waterways', 'Railways, Roads, Inland waterways' — which refer to shares of different transport modes. The time period — 10 years from 2012-2022 (Table 1).

Based on the provided OLS regression results (Figure. 1), here are some key observations.

1. R-squared: the R-squared value of 0.122 indicates that the selected variables (GDP, road vehicles, and railways) explain only a small portion (12.2%) of the variation in intermodal transport volumes. This suggests that there are other likely factors influencing intermodal transport volumes that are not captured in the current model.

2. Coefficients: the coefficients represent the estimated effect of each variable on intermodal transport volumes. In this case, the coefficient for GDP is -0.0102, for road vehicles it is 0.2068, and for railways it is -30520. These coefficients suggest a weak or negligible relationship between these variables and intermodal transport volumes. However, none of the coefficients are statistically significant ($P > |t| > 0.05$), indicating that the relationships observed could be due to random chance.

3. Adjusted R-squared: the adjusted R-squared value of -0.317 indicates that the inclusion of the selected variables actually worsens the model's fit. This suggests that the selected variables may not be appropriate predictors of intermodal transport volumes or that there may be multicollinearity issues among the variables.



4. Other statistics: The statistics such as F-statistic, p-values, AIC, BIC, omnibus, and Durbin-Watson are additional measures of model fit, significance, and goodness-of-fit. However, in this case, none of these statistics provide strong evidence of a meaningful relationship between the variables.

Table 1 - EU intermodal freight transportation market data

Variables	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
GDP	15.207.863	15.353.133	15.821.900	16.712.834	16.832.668	17.282.585,80	13.533.331,00	14.018.762,00	13.461.663,70	14.532.191,10	15.806.899,30
Road vehicles	N/A	558.653,00	390.615,00	270.502,00	256.877,00	265.147,00	241.954,00	347.293,00	167.443,00	236.611,00	128.490,00
Goods transported	N/A	245.381,00	231.327,00	233.226,00	243.345,00	253.628,00	277.125,00	281.702,00	259.514,00	289.798,00	34.771,00
Founded projects and investments	32.385.602,00	N/A	12.848.647,00	68.779.100,00	275.527.016,00	18.419.524,00	19.144.401,00	59.607.636,00	36.537.283,00	1.118.000.000,00	N/A
Railways, inland waterways, %	25,40	25,20	25,20	24,80	24,30	23,50	24,40	23,70	22,60	22,70	N/A
Railways	18,50	18,30	18,40	18,30	18,00	17,50	18,60	17,70	16,80	17,00	N/A
Roads	74,60	74,80	74,80	75,20	75,70	76,70	75,60	76,30	77,40	77,30	N/A
Inland waterways	6,80	6,90	6,80	6,50	6,20	6,00	5,80	6,00	5,80	5,60	N/A

Sources:[10], [12]

Overall, based on these results, it is difficult to establish a strong and statistically significant relationship between intermodal transport volumes and the selected variables (GDP, road vehicles, and railways). Further analysis with a larger dataset and consideration of other potential factors may be necessary to gain a more comprehensive understanding of the relationships.

The limitations of the Multiple Linear Regression method for our particular case may be solved with the help of another method — Polynomial Regression, which we used for another set of variables and with the aim of discovering dependencies between the volumes of intermodal freight transport in Ukraine and other indicators:

Population density: Higher population density in an area may lead to increased demand for intermodal transport.

Trade volume: The volume of international trade can have a direct impact on the demand for intermodal transport services.

Infrastructure investments: The level of investments in transportation infrastructure, such as ports, railways, and roads, can influence the efficiency and capacity of intermodal transport.

Energy prices: Fluctuations in energy prices, especially fuel costs, can affect the operational costs of intermodal transport and, in turn, impact volumes.



OLS Regression Results

<u>Dep. Variable:</u>	Intermodal Volumes	<u>R-squared:</u>	0.837
<u>Model:</u>	OLS	<u>Adj. R-squared:</u>	0.744
<u>Method:</u>	Least Squares	<u>F-statistic:</u>	9.176
<u>No. Observations:</u>	5	<u>Prob (F-statistic):</u>	0.0807
<u>Df Residuals:</u>	1	<u>Scale:</u>	9.051e+09
<u>Df Model:</u>	3		
<u>Covariance Type:</u>	nonrobust		

	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
<u>const</u>	-7.614e+06	2.616e+07	-0.291	0.859	-3.77e+08	3.63e+08
<u>GDP</u>	0.1665	0.152	1.095	0.464	-2.410	2.743
<u>Road Vehicles</u>	0.0637	0.067	0.953	0.484	-2.903	3.030
<u>Railways</u>	-0.1206	0.117	-1.031	0.454	-2.232	1.990

<u>Omnibus:</u>	nan	<u>Durbin-Watson:</u>	2.800
<u>Prob(Omnibus):</u>	nan	<u>Jarque-Bera (JB):</u>	0.498
<u>Skew:</u>	0.500	<u>Prob(JB):</u>	0.779
<u>Kurtosis:</u>	1.500	<u>Cond. No.</u>	1.14e+06

Figure 1 - OLS Regression Results

Authoring

Manufacturing output: The level of manufacturing activity in an area or country can be an indicator of the need for efficient transportation of goods, potentially driving intermodal transport volumes.

International economic conditions: Factors such as global economic growth, trade agreements, and political stability can influence the demand for intermodal transport on an international scale.

Given the results we obtained during the analysis of the EU market of intermodal freight, to discover the trends of the Ukrainian market we also opted for additional method — Polynomial Regression.

The results (Figure. 2) indicate the output of a multiple linear regression analysis that aims to model the relationship between the dependent variable "Intermodal freight (mln. t)" and several independent variables: "Goods transported by railway (mln. t)," "Population density (mln)," "Import volumes (mln)," "Export volumes (mln)," "Energy prices for non-households (UAH for 1 kWh)," "Industrial Production Index," and "GDP growth (annual %)."

The R-squared value of 1.000 suggests that the model explains 100% of the variance in the dependent variable, indicating a perfect fit. However, such a high R-squared value may be a result of overfitting or collinearity issues, especially with a



limited number of observations.

Table 2 - Ukrainian intermodal freight transportation market data

Metrics	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Goods transported by railway, mln. t	457,50	441,80	387,00	350,00	344,10	339,50	322,30	312,90	305,50	314,30	26,20
Intermodal freight, mln. t	4,575	4,418	3,87	3,5	3,441	3,395	3,223	3,129	3,055	3,143	0,262
Population density, thousands	45633,6	45439,822	45410,071	42910,885	42738,07	42584,5	42364,933	42122,657	41879,904	41588,354	41208,106
Population density, mln	45,6336	45,439822	45,410071	42,910885	42,73807	42,5845	42,364933	42,122657	41,879904	41,588354	41,208106
Import volumes, thousands	84.658.059,90	76.963.965,40	54.428.716,90	37.516.443,00	39.249.797,20	49.607.173,90	57.187.578,00	60.800.173,10	54.336.136,68	6.186.613,48	55.295.748,39
Import volumes, mln	84658,0599	76963,9654	54428,7169	37516,443	39249,7972	49607,1739	57187,578	60800,1731	54336,13668	6186,613478	55295,74839
Export volumes, th	68809810,6	63312022,1	53901689,1	38127149,7	36361711,2	43264736	47334987	50054605,8	49191824,52	6020580,676	44135592,46
Export volumes, mln	68809,8106	63312,0221	53901,6891	38127,1497	36361,7112	43264,736	47334,987	50054,6058	49191,82452	6020,580676	44135,59246
Infrastructure investments, mln	N/A	6807,7	4531,2	9070,3	16781,1	23801,9	32731,6	43792,8	34884,6	528802	N/A
Energy prices for non-households (UAH for 1 kWh)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	2,19	2,24	1,9	2,25	N/A
Industrial Production Index	98,5	95,2	112,8	94,2	94,3	98,3	102,1	101	96,1	92,8	95,9
GDP growth (annual %)	0,152	0,045	-10,079	-9,773	2,441	2,36	3,488	3,2	-3,753	3,446	-29,1

Source:[13]

Each coefficient estimates the change in the dependent variable associated with a one-unit change in the corresponding independent variable, assuming all other variables remain constant. The coefficients have extremely small values (e.g., 10^{-12} or 10^{-15}), which might indicate a problem with the scale of the data or potential multicollinearity.

The p-values for most of the coefficients are not significant, suggesting that the independent variables do not have a statistically significant effect on the dependent variable in this model.

The F-statistic is enormous ($1.536e+25$), but the probability (Prob F-statistic) is very low ($2.53e-38$), suggesting that at least one of the coefficients is significant. However, since the p-values for individual coefficients are not significant, this result should be interpreted with caution.

The Omnibus test (Prob(Omnibus)) and the Jarque-Bera test (Prob(JB)) assess the normality assumption of the residuals. In this case, the residuals may not be normally distributed as the p-values for these tests are greater than the typical significance level of 0.05.



OLS Regression Results

Dep. Variable: Intermodal freight (mln. t) R-squared: 1.000

Model: OLS Adj. R-squared: 1.000

Method: Least Squares F-statistic: 1.536e+25

Log-Likelihood: 307.27

No. Observations: 11

AIC: -598.5

Df Residuals: 3 BIC: -595.4 Df Model: 7 Covariance Type: nonrobust

coef std err t P>|t| [0.025 0.975]

const -1.091e-12 1.33e-11 -0.082 0.940 -4.34e-11 4.12e-11

Goods transported by railway (mln. t) 0.0100 8.66e-15 1.15e+12 0.000 0.010 0.010

Population density (mln) 3.575e-14 4.54e-13 0.079 0.942 -1.41e-12 1.48e-12

Import volumes (mln) -5.421e-19 7.66e-17 -0.007 0.995 -2.44e-16 2.43e-16

Export volumes (mln) 6.234e-19 9.87e-17 0.006 0.995 -3.13e-16 3.15e-16

Energy prices for non-households (UAH for 1 kWh) 7.327e-15 2.14e-13 0.034 0.975 -6.73e-13 6.88e-13

Industrial Production Index -3.83e-15 4.8e-14 -0.080 0.941 -1.57e-13 1.49e-13

GDP growth (annual %) 5.343e-15 5.78e-14 0.092 0.932 -1.79e-13 1.89e-13

Omnibus: 4.210

Durbin-Watson: 0.035

Prob(Omnibus): 0.122

Jarque-Bera (JB): 2.244

Skew: 1.105

Prob(JB): 0.326

Kurtosis: 2.886

Cond. No. 9.50e+06

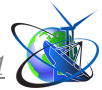
Figure 2 - OLS Regression Results

The Durbin-Watson statistic is very close to 0, indicating potential positive autocorrelation among the residuals, which may violate one of the assumptions of linear regression.

The condition number (Cond. No.) indicates that there might be strong multicollinearity or other numerical problems, which can affect the reliability of the coefficient estimates.

In summary, the current model with these variables may not be suitable for predicting intermodal freight volumes accurately.

Based on the analysis, the correlation between intermodal freight volumes and the selected variables ('Goods transported by railway', 'Population density', 'Import volumes', 'Export volumes', 'Energy prices for non-households', 'Industrial Production Index', and 'GDP growth') is quite complex and might not be straightforward to interpret. The model used for the analysis claims to explain 100%



of the variance in intermodal freight volumes, but this level of fit is unusual and could indicate potential issues with overfitting the data.

Using alternative statistical methods like Polynomial Regression can be beneficial when dealing with complex relationships and nonlinear patterns in the data. Linear regression assumes a linear relationship between the dependent variable and independent variables, but in many real-world scenarios, the relationships may be more intricate. Polynomial regression extends linear regression by introducing polynomial terms to capture nonlinear relationships. This can be useful when the relationship between the variables is curvilinear.

The polynomial regression model with an R-squared value of 1.0 (Figure. 3) perfectly fits the data, which means it describes a relationship between intermodal freight volume and the other variables that perfectly explains the observed variations in the data. However, due to the high complexity of the polynomial model and the possibility of overfitting, the specific functional form of the relationship may not be straightforward to interpret.

In general terms, the polynomial regression model captures not only linear relationships between intermodal freight volume and other variables but also nonlinear relationships. This means that the model can describe complex dependencies between intermodal freight volume and the variables considered.

The model considers various interactions between the input features (variables) and their higher-order terms, which allows it to adapt to curvilinear patterns and more intricate relationships. Consequently, the model may describe scenarios where the impact of certain variables on intermodal freight volume varies non-linearly with their values.

[3.82445334e-18 7.57905714e-12 2.42540162e-13 -1.45939402e-09
-1.12451237e-09 7.49922487e-10 1.05311486e-13 4.63650794e-13
4.11778527e-12 4.25190898e-09 4.21988977e-10 8.01014858e-08
1.05617676e-07 -8.09524699e-08 2.65394315e-11 1.04905472e-09
1.22061089e-09 2.16412597e-11 -4.57580436e-08 -3.21539671e-08
2.54976705e-08 4.27267728e-12 5.05799843e-11 1.72532797e-10
9.52556473e-11 -1.05469356e-09 4.33455461e-10 9.13339292e-09
-7.07281410e-08 1.36267657e-07 4.77810807e-10 -2.17255941e-10
7.25812080e-09 -3.73989911e-08 1.34212145e-07 3.61969700e-11
1.16332596e-08 4.81139489e-08 4.78771205e-08 2.76971145e-13
9.97503145e-12 2.64191882e-13 1.20227208e-10 3.59460288e-10
-3.93919503e-11]

Intercept: 2.4636766792491382

R-squared value of the polynomial regression: 1.0

Root mean squared error (RMSE): 1.8261243633040052e-15

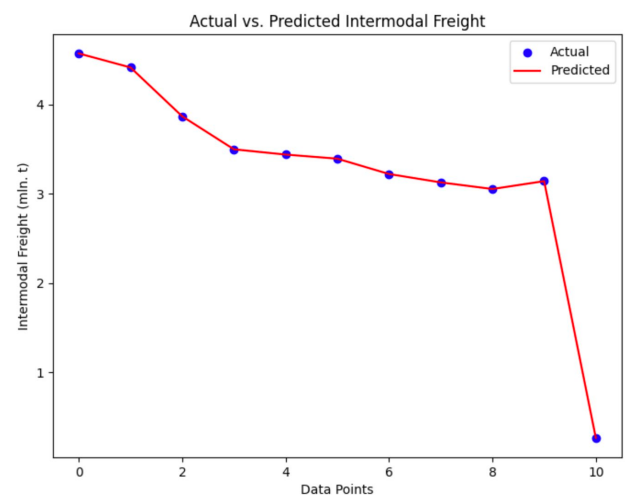


Figure 3 - Polynomial Regression results: actual vs predicted intermodal freight volumes in Ukraine

Summary and conclusions.

In an ever-evolving global trade landscape, the article emphasizes the vital role



of intermodal freight markets in optimizing the movement of goods. It underscores the importance of rigorous analysis in guiding policy makers, stakeholders, and investors toward strategies that enhance connectivity, competitiveness, and sustainability. By delving into the intermodal dynamics of both Europe and Ukraine, the article identifies complexities and potential trends that have implications for future developments in the intermodal freight sector.

The results of the Multiple Linear Regression analysis indicate that the selected variables, including GDP, road vehicles, and railways, explain only a small portion of the variation in EU intermodal transport volumes. The coefficients are generally weak and statistically insignificant, suggesting that the relationships observed may be due to chance. The analysis underscores the need for a more comprehensive dataset and consideration of other potential factors.

The Polynomial Regression analysis for the Ukrainian intermodal freight market reveals a model with an R-squared value of 1.0, indicating a perfect fit to the data. However, such a high R-squared value raises concerns about overfitting. The model captures complex relationships between intermodal freight volumes and variables like population density, trade volumes, energy prices, and economic conditions. While the results offer insights into nonlinear patterns, the high complexity of the model calls for cautious interpretation.

References:

1. Rokicki, T., Ochnio, L., Bórawski, P., Bełdycka-Bórawska, A., & Zak, A. (2021). Development of Intermodal Transport in the EU Countries. *European Research Studies Journal*, XXIV(4), 300-308.
2. Giannopoulos, G.A., and G. Aifantopoulou-Klimis. (1997). Intermodal Freight Transport Networks in Europe and Policies for Their Development. *IFAC Proceedings Volumes*, 30(8), 485-495. Web.
3. ERFA. (2022). The European Rail Freight Market - Competitive Analysis and Recommendations. [Online] ERFA. Available at: <https://www.erfarail.eu/uploads/The%20European%20Rail%20Freight%20Market%20-%20Competitive%20Analysis%20and%20Recommendations-1649762289.pdf> [Accessed 17 Oct. 2023].
4. Saeedi, H., Givoni, M., & Rietveld, P. (2017). European intermodal freight transport network: Market structure analysis. *Journal of Transport Geography*, 60, 141-154.
5. Wiśnicki, B., & Dyrda, A. (2016). Analiza Intermodalne Transportne Učinkovitosti u Srednjoj i Istočnoj Europi. *Naše more*, 63(2), 43-47.
6. Чайка-Петегирч, Л. Б. (2020). Мультиmodalні та інтерmodalні вантажоперевезення в системі міжнародної транспортної логістики. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*, 33(2), 114-117.
7. Огар, О. М., Колісник, А. В., & Щєбликіна, О. В. (2021). Перспективи розвитку інтерmodalних перевезень в Україні. Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті: тези доповідей 9-ої міжнародної науково-технічної конференції (17-19 листопада 2021 р.), 52-53.



8. Шкробот, М. В., & Бентин, З. (2017). Інтермодальні перевезення: досвід Польщі та України, напрями співпраці. Сучасні підходи до управління підприємством, № 2(2017), 114-117.

9. Hryhorak, M., et al. (2021). Multimodal freight transportation as a direction of ensuring sustainable development of the transport system of Ukraine. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 915, 012024.

10. European Court of Auditors. (2023). Special report 08/2023: Special report Intermodal freight transport EU still far from getting freight off the road. [Online] European Court of Auditors. Available at: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR-2023-08/SR-2023-08_EN.pdf.

11. National Transport Strategy of Ukraine. (2018). [Online] Ministry of Infrastructure of Ukraine. Available at: https://mtu.gov.ua/files/for_investors/230118/National%20Transport%20Strategy%20of%20Ukraine.pdf [Accessed 17 Oct. 2023].

12. European Commission. (n.d.). Multimodal and combined transport. [Online] European Commission. Available at: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/logistics-and-multimodal-transport/multimodal-and-combined-transport_en [Accessed 17 Oct. 2023].

13. State Statistics Service of Ukraine. (n.d.). [Online] State Statistics Service of Ukraine. Available at: <https://www.ukrstat.gov.ua/> [Accessed 17 Oct. 2023].

*Scientific adviser: Candidate of Technical Sciences,
associate prof. Golovko T.V.*

Article sent: 19.10.2023

© Demchenko I.S.



УДК 656.61.07

PROGRESS OF IMPLEMENTATION THE REQUIREMENTS OF THE INTERNATIONAL CONVENTION "ON THE CONTROL OF SHIP BALLAST WATERS AND SEDIMENTS AND THEIR MANAGEMENT" IN UKRAINE

ПРО ХІД ВИКОНАННЯ ВИМОГ МІЖНАРОДНОЇ КОНВЕНЦІЇ "ПО КОНТРОЛЮ ЗА СУДОВИМИ БАЛАСТНИМИ ВОДАМИ ТА ОПАДАМИ І УПРАВЛІННЯ НИМИ" НА УКРАЇНІ

Furduy Larisa / Фурдуй Лариса Володимирівна

Master's student / Студентка магістратури

Bychkovsky Yuriy / Бичковский Юрій Вячеславович

Master marine, senior lecturer, department of Navigation and ship handling /
капітан, старший викладач кафедри «Навігація і керування судном»

Odesa national maritime university

Одеського національного морського університету

Анотація: Питання баластної води має дуже велике значення як для дотримання загальної безпеки судноплавства, так і для дотримання вимог з охорони навколишнього середовища. Це питання стає особливо важливим сьогодні. По-перше, недолік кількості баластної води на борту судна може мати негативний вплив на стан остійності судна, погіршити маневрові характеристики судна, що дуже небезпечно під час виконання маневрування судна у обмежених водах портів, виконання операцій з швартування суден тощо. По-друге, виконання баластних операцій в акваторії морських портів викликають забруднення екосистеми прибережних вод, що має дуже негативний вплив на хімічний склад води, морську флору і фауну. Тобто, з одного боку ми маємо необхідність використання баластної води для дотримання необхідної безпеки, морехідних якостей судна, а з іншого боку – під час виконання баластних операцій ми надаємо значної шкоди довкіллю, що теж має дуже негативний вплив.

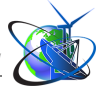
Розуміючи цей факт світова спільнота надає цьому питанню велику увагу. Так, починаючи з останнього десятиріччя двадцятого століття ІМО постійно починає розглядати аспекти баластних операцій на власних сесіях, а в 2004 році була прийнята Міжнародна конвенція «про контроль судових баластних вод і опадів та управління ними» (далі по тексті – «Баластна конвенція»), яка після багатьох доповнень набрала чинності 08 вересня 2018 року.

Для нашої країни, яка займає третє місце у світі з експорту сільсько-господарських товарів (особисто зернових), це питання має величезне значення. Зважаючи цей факт ми повинні надавати особистої уваги до питання відповідності країни положенням Баластної конвенції.

Ключові слова: баластна конвенція, охорона навколишнього середовища.

Постановка проблеми.

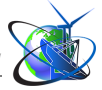
Експорт продукції сільського господарства надав нашої країні близько 9 мільярдів доларів США в минулому році за продаж близько 33 мільйонів тон зернової продукції. З цього експорту близько 3 мільйонів тон було вивантажено через автомобільний, залізничний транспорт, а решта продукції – через морські порти України, в жорстких умовах військового часу. Використання морських суден для транспортування зернових вантажів автоматично викликає дві проблеми. Проблема для морських суден в плані підтримки безпечних значень власної остійності, маневрених характеристик і, проблеми збереження



екологічної системи (флори, фауни) в українських портах. Ці питання мають прямо протилежні значення. Так, підвищення кількості морського баласту на борту судна покращує його остійність, здатність виконувати безпечне маневрування, але це збільшує кількість ризиків для навколишнього середовища у разі скидання цього баласту в портових, прибережних водах України. На підставі вищесказаного, приймаючи до уваги той факт, що кількість скидання баласту з суден досягає близько 80 мільйонів тон (за офіційними даними за 2019 рік було скинуто 75 497 450 тон водяного баласту [8]), ми можемо уявити для себе усю важливість дотримання вимог Баластної конвенції для запобігання забруднення навколишнього середовища баластними водами з суден і збереження існуючої екосистеми прибережних вод України. Іншими словами, якщо ми будемо дотримуватися вимог Баластної конвенції, то країна буде мати шанс зберегти екосистему для майбутнього покоління. Це свідчить про важливість постановки даного питання та необхідності постійного контролю за якістю баластної води, яку судна скидають під час виконання навантаження в українських портах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Під час роботи над даною темою статі, автори ретельно перевіряли узгодженість положень Баластної конвенції з діючими вимогами українського законодавства. Необхідно підкреслити, що після ратифікації даної конвенції Україною (19 червня 2018 року), було виконано необхідні зміни у головних законодавчих документах нашої країни з цього питання. Це – «Водний кодекс України», «Закон України про внутрішній водний транспорт», «Закон України про морські порти», «Кодекс Торговельного Мореплавства України», Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження Порядку надання послуг із забезпечення запобігання і ліквідації розливу забруднюючих речовин у морських портах України» і Постанова Кабінету міністрів України «Про затвердження Порядку взаємодії державного підприємства “Адміністрація морських портів України” та Державної екологічної інспекції із забезпечення дотримання законодавства про охорону навколишнього природного середовища у разі виявлення випадків скидання суднами (плавзасобами) забруднюючих речовин у межах акваторії морського порту». В усі вищеперераховані законодавчі акти протягом 2019-2023 років були внесені необхідні зміни, які дозволили уникнути будь-яких суперечок у законодавстві України вимогам Баластної конвенції. Сутність цих змін полягає у наступному: в кожному документі з’явилися додаткові пояснення, що «...У територіальному морі, внутрішніх морських водах, на інших водних шляхах загального користування, в акваторіях морських портів дозволяється скидання з суден ізольованого баласту, якщо він прийнятий на судно в межах вод басейнів Чорного та Азовського морів або якщо цей водяний баласт замінено під час прямування судном настільки далеко від найближчого берега, наскільки це можливо, але на відстані не менше 50 морських миль від найближчого берега та в місцях із глибиною не менше 200 метрів, або якщо цей водяний баласт знешкоджений (зnezаражений) у судновій системі поводження з баластними водами, що відповідає вимогам міжнародних конвенцій у сфері



торговельного мореплавства. ...» [1], чи «Якщо міжнародним договором, в якому бере участь Україна, встановлено інші норми, ніж ті, що передбачені водним законодавством України, то застосовуються норми міжнародного договору.» [2]. Приведення національного законодавства у відповідність до існуючих вимог Баластної конвенції одночасно дозволили запобігти цілу різку проблем, які існували у морської галузі протягом тривалого часу, а саме:

- було виключено різне тлумачення і усі положення синхронізовано щодо вимог Баластної конвенції;
- дозволили досягти «прозорості» виконання перевірок суден та виключити будь-яку корупційну складову під час виконання таких перевірок;
- підняти міжнародний рейтинг нашої держави.

Виклад основного матеріалу.

За рахунок скоординованих зусиль багатьох фахівців Міністерства інфраструктури України було досягнена значного успіху з приведення українського законодавства у відповідність до вимог Баластної конвенції. Щодо цього пункту, то можливо впевнено заявити, що на даний час вимоги українського законодавства повністю відповідають вимогам Баластної конвенції.

Для чіткого, 100% розуміння того як виконуються вимоги Баластної конвенції на території України, нам потрібно порівняти вимоги деяких головних пунктів Баластної конвенції з існуючою можливістю їх виконання/дотримування в українських портах. І почнемо ми це порівняння з наступного:

• берегові споруди для прийому баласту; додаток до Баластної конвенції **G5** «Керівництво з організації здачі баласту на берегові приймальні споруди» вимагає присутність в портах країни, яка є стороною Конвенції, наявність берегових споруд для прийому баласту та виконання його очищення до відповідності існуючим стандартам; ця вимога викликана тим, щоб у разі невідповідності якості баластної води вимогам Баластної конвенції, для запобігання простоїв суден у портах, була б можливість віддавати ці баластні води на берегову споруду для продовження виконання навантаження судна біля причалу; навіть на борту нового судна може трапитися вихід з ладу системи очищення баластних вод; в наслідок цього, баластна вода з великою кількістю мікроорганізмів, які можуть бути патогенними (див. рисунок 1) для людини або тварин, спричиняючи захворювання, такі як холера, сальмонельоз, лептоспіроз тощо, можуть бути зліті у портових водах України; на сьогоднішній день цих споруд для прийому баластної води нема в жодному українському порту, а це вже велика небезпека і свідчить про невиконання Україною вимог Баластної конвенції;

• берегові споруди для прийому опадів з суден; додаток до Баластної конвенції **G1** «Керівництво з берегового обладнання прийому опадів із суден»; згідно з вимогами Баластної конвенції опади, які знаходяться всередині судових баластних танків повинні бути обов'язково вивантажені тільки на спеціально призначену берегову споруду; цілком зрозуміло, що в процесі експлуатації судна така ситуація може трапитися тільки у разі виведення судна з експлуатації



я під час знаходження судна на судноремонтному заводі, які присутні майже в кожному українському морському порту; але на жаль, зі станом на сьогоднішній день, таких споруд немає в жодному українському судноремонтному заводі, як не існує процедури запобігання цих опадів у навколишнє середовище під час виконання відкривання та виконання мийки баластних танків; цей факт також свідчить про невиконання вимог Баластної конвенції в нашої країні;

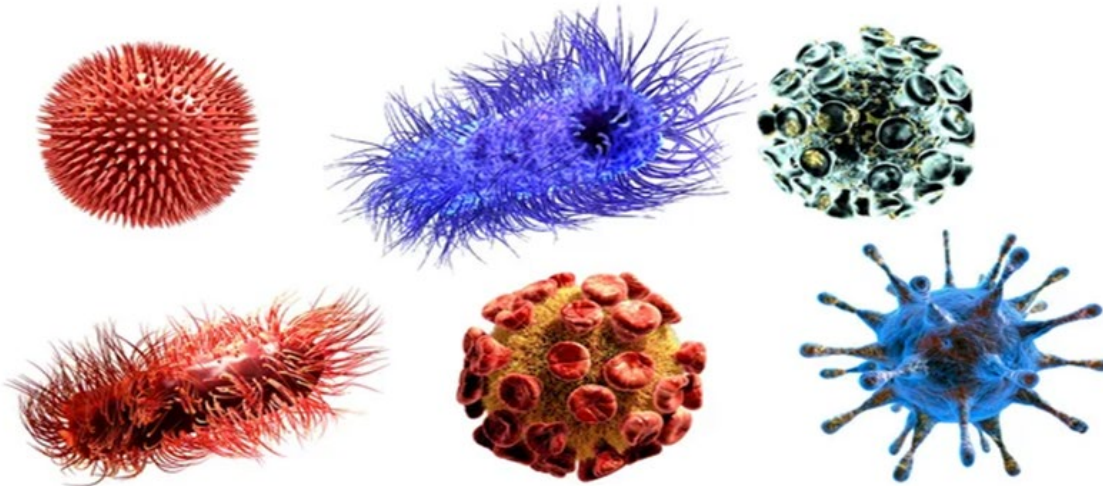
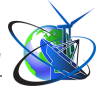


Рисунок 1 Шкідливі мікроорганізми у баластних водах
[<https://ru.depositphotos.com/stock-photos.html>]

•відбору проб баластової води; додаток до Баластної конвенції G2 «Керівництво з відбору проб баластової води» чітко регламентує процедуру взяття проб баластної води для виконання аналізу на відповідність; на превеликий жаль у морських портах України були відмічені випадки, коли представники контролюючих органів помилково вимагали виконати взяття проб через замірні труби чи горловини баластних танків; репрезентативні проби відібрати з баластного танка практично нереально; причиною тому передусім слугує конструкція судна і його баластних танків, яка не дає змоги підібратися зі своїми приладами в усі місця танка; ну а оскільки в будь-якому танку присутні елементи набору корпусу, що перешкоджають вільній циркуляції води, то проби, взяті через замірні трубки або навіть через горловини танків, не відображатимуть реальної картини наявності живих організмів у танку; таким чином, в даний час після тривалих дискусій по всьому світу, найбільш підходящим місцем для відбору проб визнано місце скидання баласту за борт; зрештою, інспекційні органи повинні цікавитися насамперед вмістом баласту, що скидається, а не тим, що залишається на борту; при цьому необхідно зробити кілька застережень: йдеться про відбір проб баласту, обробленого судновою установкою, відповідно до стандарту, закріпленого правилом D-2, що міститься в додатку до Конвенції; крім того, відбір проб є, за змістом Баластної конвенції, скоріше винятковим заходом, застосовуваним у тих випадках, коли в наявності явне порушення, або відсутність необхідних документів чи записів; іншим важливим моментом є положення не тільки цієї конвенції, а й інших міжнародних конвенцій про



необхідність запобігання необґрунтованим затримкам суден і відхилення їх від виконання рейсового завдання; необхідно підкреслити, що внаслідок внесення доповнень і ризику правових нормативних актів України, ця ситуація була значно виправлена і на даний момент подібних жалоб не відмічена;

• лабораторії для проведення аналізу відповідності якості баластних вод; в Баластній конвенції чітко визначено, що контролюючі органи мають право перевіряти суднові сертифікати, документи, журнали з виконання баластних операцій та інші записи; у разі, коли у представників відповідних органів з'являться сумніви щодо якості баластної води і її відповідності вимогам Баластної конвенції, то вони мають право на виконання аналізу баластної води; цілком зрозуміло, що для виконання цієї операції необхідно мати мобільну лабораторію затвердженого зразка; крім того, час, необхідний для аналізу проб, не повинен використовуватися як підстава для необґрунтованої затримки експлуатації, руху або відходу судна; це питання також повністю не виконується в українських портах, так як на території України можлива знайти лише декілька таких лабораторій (взагалі у головних офісах); необхідно як можлива скоріше придбати ці мобільні лабораторії та виконати навчання представників з порядку їх використання під час виконання аналізів;

• виконання стандарту D-5 ; в Баластній конвенції визначено, що «...не пізніше, ніж за три роки до ранньої дати, з якої починає діяти стандарт, встановлений у правилі D-2, Комітет проводить огляд з метою встановити, чи є належні технології, що дозволяють досягти стандарту, а також соціально-економічні наслідки, особливо щодо відношенню до потреб розвитку країн, зокрема невеликих острівних країн, що розвиваються...» [7]; іншими словами, усі держави-учасниці Баластної конвенції повинні сприяти науковим дослідженням з питання управління баластними водами; такі дослідження і моніторинг повинні включати спостереження, вимірювання, відбір проб, оцінку та аналіз ефективності та несприятливого впливу будь-якої технології або методології, а також будь-якого негативного впливу, спричиненого такими організмами та патогенами, які були, як було встановлено, перенесені через суднові баластні води; всі країни-учасниці Баластної конвенції повинні координувати та обмінюватись між собою науковими даними та технічними засобами стосовно управління баластними водами; всі ці вимоги повинні сприяти досягненню цілей визначених Баластною конвенцією; з визначеного вище практично нічого не зроблено на території України і це дуже соромно, так як наша країна має дуже високий науковий потенціал у світі, однак перед українськими вченими ніхто не поставив це завдання; внаслідок відсутності необхідної координації з відповідними державними органами, Україна не виконує своїх обов'язків щодо вимог Баластної конвенції.

Висновки:

1. Виконане дослідження підтвердило той факт, що виконана за останні роки робота з приведення українського законодавства вимогам Баластної конвенції повністю знищила усі розбіжності, які мали місце в минулому; це дозволило досягти прозорості виконання контролю суден в українських портах та уникнення будь-яких корупційних випадків.



2. Наряду з цим успіхом підтверджено невиконання вимог Баластної конвенції щодо присутності обов'язкових берегових споруд для прийому баласту, опадів з суден в кожному українському порту, де можливо виконання баластних операцій; цей факт є дуже великою загрозою і може викликати забруднення навколишнього середовища та небезпеку для біологічної екосистеми.

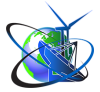
3. Також відмічена суттєва недостатність лабораторій для визначення якості баластної води у морських портах, що не дає можливості виконання належного, оперативного контролю під час виконання баластних операцій.

4. В ході виконання цієї роботи було встановлено, що незважаючи на присутність багатьох наукових фахівців морської галузі, не виконується стандарт D-5, який вимагає виконання досліджень ефективності різних систем очистки баластних вод та інформування ІМО о виконаній роботі. На жаль, ніхто цю роботу не виконує.

Літературні джерела:

1. Закон України «Про внутрішній водний транспорт», Редакція від 31.03.2023 року.
2. Водний кодекс України. Редакція від 19.08.2022 року
3. Закон України про морські порти. Редакція від 03.12.2020 року
4. Кодекс торговельного мореплавства України. Редакція від 01.01.2022 року
5. Наказ Міністерства інфраструктури України від 21.08.2013 року № 631 «Про затвердження Порядку надання послуг із забезпечення запобігання і ліквідації розливу забруднюючих речовин у морських портах України».
6. Постанова Кабінету міністрів України від 17 липня 2019 року № 670 «Про затвердження Порядку взаємодії державного підприємства “Адміністрація морських портів України” та Державної екологічної інспекції із забезпечення дотримання законодавства про охорону навколишнього природного середовища у разі виявлення випадків скидання суднами (плавзасобами) забруднюючих речовин у межах акваторії морського порту».
7. Міжнародна конвенція «Про контроль судових баластних вод і опадів та управління ними» 2004 року, з поправками.
8. <https://ports.ua/kakoj-flot-obsluzhivayut-morskie-porty-ukrainy/>
9. Міжнародна конвенція МАРПОЛ 73/78, з поправками.

Abstract: The issue of ballast water is of great importance both for compliance with the general safety of shipping and for compliance with environmental protection requirements. This question becomes especially important today. Firstly, the lack of the amount of ballast water on board the ship can have a negative impact on the stability of the ship, worsen the maneuvering characteristics of the ship, which is very dangerous when maneuvering the ship in the restricted waters of ports, performing ship mooring operations, etc. Secondly, the implementation of ballast operations in the water area of seaports causes pollution of the ecosystem of coastal waters, which has a very negative effect on the chemical composition of water, marine flora and fauna. That is, on the one hand, we need to use ballast water to maintain the necessary safety and seaworthiness of the vessel, and on the other hand, during ballast operations, we cause significant damage to the environment, which also has a very negative impact.



Understanding this fact, the world community pays great attention to this issue. Thus, since the last decade of the twentieth century, the IMO has been constantly considering aspects of ballast operations at its own sessions, and in 2004, the International Convention «On the control of ship's ballast waters and Sediments and their management» (further - Ballast Convention) was adopted, which, after many amendments, entered into force on September 8, 2018.

For our country, which ranks third in the world in the export of agricultural goods (especially grain), this issue is of great importance. Considering this fact, we must pay personal attention to the issue of the country's compliance with the provisions of the Ballast Convention.

Key words: ballast convention, environmental protection.



УДК 636.39.09:616.995.132.8:615.284

EFFECTIVENESS OF EPRIN FOR STRONGILATE INVASION OF GOATS
ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕПРИНУ ЗА СТРОНГІЛЯТОЗНОЇ ІНВАЗІЇ КІЗ**Antipov A.A. / Антипов А.А.***s.v.s., as. prof. / к.в.н, доц.*

ORCID: 0000-0003-3955-3377

*Bila Tserkva National Agrarian University,**Bila Tserkva, 8/1 Cathedral Square, 09100**Білоцерківський національний аграрний університет,**м. Біла Церква, Соборна площа 8/1, 09111***Selykh I.P. / Селих І.П.***lecture.special.discip / виклад. спец. дисципл.***Chovgun A.M. / Човгун А.М.***lecturer in vet. discip / виклад. вет. дисципл.***Peresunko E.D. / Пересунько О.Д.***lecturer in vet. discip / виклад. вет. дисципл.***Yerokhina O.M. / Єрохіна О.М.***lecturer in vet. discip / виклад. вет. дисципл.**VSP "Technological and economic professional college**of Belotserkiv National Agrarian University,**Bila Tserkva, st. 21/2 Yaroslav the Wise, 09100**ВСП «Технологіко-економічний фаховий коледж**Білоцерківського національного аграрного університету»,**м. Біла Церква, вул. Ярослава Мудрого 21/2, 09100*

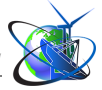
Анотація. Нашими дослідженнями встановлено, що із 40 обстежених кіз, які належать приватному господарству Таращанського району стронгілідами було вражено 30 голів. Екстенсивність інвазії становила 75,0 %, а інтенсивність інвазії, яку встановлювали шляхом підрахунку кількості яєць у 1 грамі фекалій, з використанням лічильної камери для овоскопічних досліджень, становила 83,3 екземплярів. У досліді вивчили антигельмінтну ефективність вітчизняного антигельмінтика еприну при низькій, середній та високій інтенсивності інвазії. З цією метою було сформовано за принципом аналогів три дослідні і дві контрольні групи кіз, спонтанно інвазованих стронгілятами. До обробки та на 15 добу після дегельмінтизації визначали екстенсефективність (ЕЕ) та інтенсефективність (ІЕ) препарату. Було встановлено, що у тварин з низькою та середньою інтенсивністю інвазії, яким застосували еприн 2 % у дозі 1 мл на 100 кг маси тіла підшкірно індивідуально, одноразово яєць стронгілят не знайшли. Екстенсефективність та інтенсефективність склали 100 %. За високої інтенсивності інвазії ЕЕ становила 80,0 % при ІЕ – 93,6 %.

Ключові слова: еприн, яйця, стронгіляти, екстенсивність інвазії, інтенсивність інвазії, екстенсефективність, інтенсефективність.

Актуальність теми.

Козівництво має давню історію, сучасні здобутки і тенденції розвитку в культурі сільськогосподарського виробництва світу, що зумовлено значною цінністю продукції кіз, їх високими адаптивними властивостями та наявністю природно-економічних умов для розвитку галузі.

Упродовж багатьох століть козівництво як в Україні, так і в усьому світі є важливою галуззю тваринництва [1]. Людство високо цінує різноманітність та особливості продукції, яку можна отримати від кіз. До продукції козівництва відносяться не тільки такі продукти харчування, як м'ясо, жир, молоко, але й



різні види сировини для легкої промисловості [2]. Таке різноманіття продукції козівництва забезпечується великою кількістю порід кіз, їх біологічними і генетичними особливостями [3].

Кози переважають усіх сільськогосподарських тварин за пристосувальними властивостями, вони несприйнятливі до віспи, чуми, туберкульозу і трипаносомозу, стійкі проти корости, не хворіють на мастит. Кози здатні перетравлювати корми з високим умістом клітковини – до 64 %, у результаті чого вони споживають порівняно з іншими сільськогосподарськими тваринами найбільшу кількість видів рослин – 470 із 545. Кози поїдають навіть молоді гілки дерев. Цих тварин можна розводити в будь-яких природно-кліматичних зонах, навіть в екстремальних умовах [4].

В особистих господарствах, на великих фермах, а також окремих спеціалізованих сільськогосподарських підприємствах кіз розводять в основному для одержання молока. До складу козячого молока входять, %: суха речовина – 13-15, у тому числі жир – 4-6, молочний цукор (лактоза) – 4,5-5, білок – 3,5-4, у тому числі альбуміни і глобуліни – близько 1, а також мінеральні речовини – 0,8-0,9. За хімічним складом воно відрізняється від молока інших видів сільськогосподарських тварин, особливо великої рогатої худоби, високим умістом альбумінів і глобулінів (у 2 рази більше, ніж у корів) і значно меншим розміром жирових кульок та частинок білка казеїну. Невеликий розмір структурних компонентів білка і жиру сприяє кращому засвоєнню їх організмом людини. Зі специфікою білків, особливо глобулінів, пов'язані також цілющі й лікувальні властивості молока кіз [5].

Здавна було помічено і нині підтверджується, що вживання козячого молока запобігає хворобам та знижує смертність дітей, сприяє довголіттю, допомагає у лікуванні печінки й жовчних шляхів, легень, застудних захворювань, підвищеної кислотності шлунка, екземи, астми та різних форм алергії. Спостерігають позитивний вплив козячого молока на оздоровлення людей від наслідків впливу атомної радіації. Все це визначає перспективи козівництва в сфері виробництва молока як специфічного продукту для загального оздоровчого й лікувального призначення [6].

Ефективність і рентабельність тваринництва може забезпечити лише здорове поголів'я. Інвазійні ж хвороби, які в останні роки мають тенденцію до поширення, завдають значних економічних збитків козівництву. Нажаль, боротьбі з гельмінтозами не завжди приділяється належна увага перш за все через те, що вони часто перебігають безсимптомно [7]. Справжньою перепорою на шляху розведення кіз і підвищення їх продуктивності є кишкові нематодози. Вони зустрічаються в усіх зонах, де розвинено козівництво [8, 9].

Успішна боротьба з гельмінтозами кіз можлива лише за наявності високоефективних ветеринарних лікарських препаратів і засобів [1, 5, 8]. Проте, незважаючи на наявність значного арсеналу сучасних препаратів, ефективність багатьох з них різко знизилася внаслідок опірності паразитів до їх дії.

Тому питання лікування нематодозної інвазії у кіз нині ще залишаються актуальними. У зв'язку з цим, актуальними є дослідження з пошуку і впровадженням науково обґрунтованих методів боротьби і профілактики.



Мета і задачі дослідження.

Метою роботи було вивчити ефективність вітчизняного лікувального засобу еприну за різної інтенсивності інвазії у кіз в умовах приватного господарства.

Для досягнення мети необхідно було вирішити такі задачі:

- встановити поширення стронгілятозної інвазії травного каналу кіз у господарстві шляхом дослідження фекалій від кожної тварини;
- сформувати 2 контрольної групи тварин з різною інтенсивністю стронгілятозної інвазії (низької та середньої);
- провести апробацію на 3 дослідних групах кіз сучасного антигельмінтика та визначити його ефективність за різної інтенсивності стронгілятозної інвазії (низької, середньої та високої) травного каналу кіз.

Матеріал і методи досліджень.

Роботу виконано упродовж 2023 року у приватному козівничому господарстві Таращанського району Київської області та лабораторії кафедри паразитології та фармакології БНАУ.

Дослідження проводили на козах Англо-нубійської породи віком від 6 місяців до 4 років, спонтанно інвазованих стронгілідами. Англо-нубійська порода кіз відноситься до м'ясо-молочного напрямку і її важко сплутати з іншими породами завдяки довгим висячим вухам та римському, з горбинкою носу (рис. 1 а, б).



а



б

Рис. 1 – Зовнішній вигляд кіз Англо-нубійської породи

На першому етапі роботи досліджували особливості епізоотології стронгілятозної інвазії серед кіз у господарстві. З цією метою був проведений відбір проб фекалій від кіз різних вікових та виробничих груп. Для овоскопічних досліджень фекалії відбирали індивідуально з прямої кишки тварин в ранковий час. Таким чином було відібрано 40 проб фекалій. Кожну пробу фекалій поміщали у целофанові пакети, на які були приклеєні етикетки з індивідуальними номерами тварин. Фекалії досліджували з використанням лічильної камери для овоскопічних досліджень [10]. Для цього із загальної змішаної копропроби відбирали 1 г фекалій, поміщали у мірний стаканчик на



30 мл. Сюди вносили незначну кількість (до 5 мл) флотаційного розчину (насиченого розчину гранульованої аміачної селітри з щільністю 1,3). Фекалії ретельно розтирали у розчині, яким доводили об'єм зависі до 30 мл. Останню просіджували у інший стаканчик через металеве ситечко, а після ретельного розмішування, за допомогою піпетки через виріз основи камери вносили в одну із комірок, яка вважалась заповненою, коли завись повністю витисне повітря з-під верхньої пластини приладу.

Мікроскопію проводили через 2 хвилини після заповнення комірки. Цей час необхідний для флотації яєць, після закінчення якої вони розміщуються на поверхні фекальної зависі, тобто в одній площині з сіткою камери. В полі зору мікроскопа (при малому збільшені) знаходили сітку камери, вона служила орієнтиром для підрахунку яєць гельмінтів, що знаходились в комірці. Далі заповнювали другу комірку приладу зависсю з іншої проби фекалій. Після підрахунку яєць гельмінтів у кожній із комірок камери, їх кількість множили на 10 (коефіцієнт, отриманий математичним шляхом: виходячи з того, що флотаційну суміш із наважкою досліджуваних фекалій доводили до об'єму 30 мл, а об'єм комірки лічильної камери 3 мл) і отримували число, яке свідчить про кількість яєць в 1 г фекалій досліджуваної тварини.

Основним критерієм зараженості були екстенсивність та інтенсивність інвазії (EI, %; та II, кількість яєць у 1 г фекалій, ЯГФ).

Для лікування хворих тварин ми застосували вітчизняний антигельмінтик, який випускає ТОВ «Бровафарма» (рис. 2) – найбільший в Україні виробник ветеринарних препаратів для лікування і профілактики захворювань тварин.



Рис. 2 – Зовнішній вигляд упаковки еприн

1 мл еприну містить діючу речовину еприномектин – 20 мг. Еприн це розчин безбарвний або світло-жовтого кольору, прозорий. Еприномектин належить до макроциклічних лактонів. Як ендектоцид має широкий спектр протипаразитарної дії проти імагінальних і личинкових фаз розвитку нематод шлунково-кишкового тракту та органів дихання, саркоптозних та іксодових кліщів, личинок оводів, вошей, та деяких інших паразитів.

Еприномектин, як агоніст нейромедіатора ГАМК в нервових клітинах, а також з'єднується з хлорид-іонними каналами, які містять глутамат, у нервових



та м'язових клітинах безхребетних. Це призводить до паралічу паразитів і виведення їх з організму або загибелі через неможливість живитися. При підшкірному введенні еприну тваринам його біодоступність становить 89 %. Максимальна концентрація у крові досягається через 36–48 годин, період напіввиведення становить 65–75 годин. До 99 % еприномектину зв'язується з білками сироватки крові і виводиться з організму в основному з калом.

Використання еприну за стронгілятозної інвазії кіз наведена у табл. 1.

Таблиця 1. – Використання антигельмінтика еприну за стронгілятозної інвазії кіз

Групи тварин	Назва препарату	Форма препарату	Спосіб введення і кратність	Доза по лікарській речовині	Доза по діючій речовині
Дослідна 1 (слабка інтенсивність інвазії)	Еприн	Розчин	Індиві-дуально, одноразово	Підшкірно 1 мл на 100 кг маси тіла	0,2 мг еприномектину на 1 кг маси тіла
Дослідна 2 (середня інтенсивність інвазії)	Еприн	Розчин	Індиві-дуально, одноразово	Підшкірно 1 мл на 100 кг маси тіла	0,2 мг еприномектину на 1 кг маси тіла
Дослідна 3 (висока інтенсивність інвазії)	Еприн	Розчин	Індиві-дуально, одноразово	Підшкірно 1 мл на 100 кг маси тіла	0,2 мг еприномектину на 1 кг маси тіла
Контрольна	—	—	—	—	—

Авторська розробка

З даної таблиці видно, що ми антигельмінтик, широкого спектру дії, еприн застосовували всім трьом дослідним групам з різною інтенсивністю інвазії (низькою, середньою та високою) індивідуально, підшкірно, одноразово у дозі 1 мл на 100 кг маси тіла. Контрольним тваринам препарат не застосовували.

До введення препарату та через 15 діб проводили копроскопічні дослідження. У період проведення досліду всі дослідні і контрольні тварини знаходилися в однакових умовах годівлі та утримання. Тестами для визначення ефективності лікування були екстенсивність та інтенсивність інвазії, а також екстенсефективність та інтенсефективність

Основні результати та їх інтерпретація.

З метою вивчення епізоотичної ситуації щодо стронгілятозної інвазії у кіз ми провели відбір 40 проб фекалій від тварин різних вікових та виробничих груп. У результаті овоскопічних досліджень знайшли яйця середнього розміру, овальної форми з тонкою гладенькою зовнішньою оболонкою, завтовшки до 0,06 і завширшки до 0,04 мм, всередині знаходилась шари дроблення. Це були яйця стронгілят (рис. 2).

Рівень зараження кіз різних вікових груп стронгілятозною інвазією наведена у табл. 2.

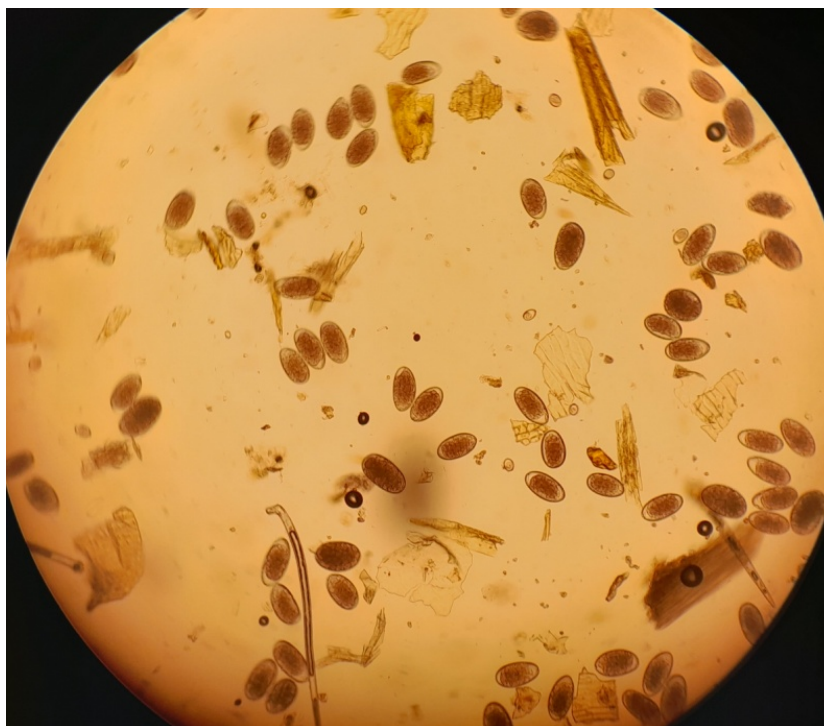


Рис. 2 – Зовнішній вигляд яєць стронгілят

Авторська розробка

Таблиця 2. – Рівень зараженості кіз по господарству стронгілятами

Всього досліджено тварин, гол	Вільних тварин від яєць гельмінтів, гол	Уражених тварин яйцями гельмінтів	Екстенсивність інвазії, %	Всього знайдено яєць, екз у 1 г фекалій	Інтенсивність інвазії, екз у 1 г фекалій
40	10	30	75,0	2 498	83,3

Авторська розробка

З даної таблиці видно, що з 40 обстежених кіз Англо-нубійської породи яйця стронгілят були знайдені у 30 кіз. Екстенсивність інвазії становила 75,0 % при інтенсивності інвазії 83,3 екземплярів яєць у 1 грамі фекалій. Інтенсивність інвазії коливалась від 15 до 376 екземплярів в залежності від віку тварин.

Після вивчення розповсюдження стронгілятозної інвазії ми приступили до вивчення антигельмінтної ефективності еприну за цієї інвазії. З цією метою сформували 5 груп тварин, а саме дві контрольні з низькою та середньою інтенсивності інвазії та три дослідні групи з низькою, середньою та високою інтенсивності інвазії. Результати цієї роботи наведені у табл. 3.

На 15 день день ми знову відібрали проби, з метою виявлення яєць гельмінтів. Результати цієї роботи наведені у таблиці 4.

Аналізуючи дану таблицю можна зробити висновок, що антигельмінтик Еприн є високоефективним препаратом за низької та середньої інтенсивності інвазії. Екстенсивність інтенсивності становила 100 %. За високої інтенсивності інвазії екстенс- та інтенсивність становила 80,0 % та 93,6 %.



Таблиця 3 – Результати овоскопічних досліджень кіз до дегельмінтизації еприном

Група тварин	Кіл-ть тварин у групі, гол	Низька інтенсивність інвазії			Середня інтенсивність інвазії			Висока інтенсивність інвазії		
		Кіл-ть уражених тварин, гол.	ЕІ, %	П, екз. яєць 1 г фекалій	Кіл-ть уражених тварин, гол.	ЕІ, %	П, екз. яєць 1 г фекалій	Кіл-ть уражених тварин, гол.	ЕІ, %	П, екз. яєць 1 г фекалій
Конт-рольна 1	5	5	100	27,6	—	—	—	—	—	—
Конт-рольна 2	5	—	—	—	5	100	77,2	—	—	—
Дос-лідна 1	5	5	100	25,4	—	—	—	—	—	—
Дос-лідна 2	10	—	—	—	—	100	78,5	—	—	—
Дос-лідна 3	5	—	—	—	—	—	—	5	100	212,4

Авторська розробка

Таблиця 4 – Результати овоскопічних досліджень кіз після дегельмінтизації еприном

Група тварин	Кіль-кість тварин у групі, гол	Слабка інтенсивність інвазії, екземплярів яєць 1 г фекалій			Середня інтенсивність інвазії, екземплярів яєць 1 г фекалій			Висока інтенсивність інвазії, екземплярів яєць 1 г фекалій		
		Кількість уражених тварин, гол.	ЕЕ, %	ІЕ, %	Кількість уражених тварин, гол.	ЕЕ, %	ІЕ, %	Кількість уражених тварин, гол.	ЕЕ, %	ІЕ, %
Конт-рольна 1	5	—	100	100	—	—	—	—	—	—
Конт-рольна 2	5	—	—	—	—	100	100	—	—	—
Дос-лідна 1	5	—	100	100	—	—	—	—	—	—
Дос-лідна 2	10	—	—	—	—	100	100	—	—	—
Дос-лідна 3	5	—	—	—	—	—	—	1	80,0	93,6

Авторська розробка

Висновки.

1. Приватне козівниче господарство Таращанського району є неблагополучним по стронгілятозної інвазії. Екстенсивність стронгілятозної інвазії становила 75,0 % при інтенсивності інвазії 83,3 екз яєць у 1 г фекалій.

2. Вітчизняний антигельмінтик Еприн є високоефективним препаратом за низької та середньої інтенсивності інвазії. Екстенс - та інтенсефективність становила 100 %.

3. За високої інтенсивності інвазії екстенсефективність становила 80,0 % за інтенсефективністю 93,6 %.

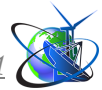


Література.

1. Занько Т. Альтернативна перспектива: молочне вівчарство та козівництво / Т. Занько // Агробізнес сьогодні. 2013. № 21. 2013. № 2(32). С. 142-144.
2. Васильєва О.О. Аспекти розвитку козівництва як сучасного напрямку екологічного виробництва у тваринництві / О.О. Васильєва, О.М. Бондаренко // Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету. 2017. № 3 (43). С. 60-63.
3. Веселий В.А. Моніторинг основних гельмінтозів жуйних в господарствах з різними системами організації виробництва / В.А. Веселий, Н.Г. Поліщук // Ветеринарна медицина. Міжвідомчий тематичний науковий збірник. 2005. Вип. 85. С. 221–223.
4. Антигельмінтна ефективність препаратів за трихуринової інвазії у овець / А. Антіпов, В.П. Гончаренко, І.П. Селих та ін. // Scientific Collection «InterConf», (166): with the Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Science in the Environment of Rapid Changes» (August 16-18, 2023; Brussels, Belgium) / comp. by LLC SPC «InterConf». Brussels: De Boeck, 2023. Pp. 220–227.
5. Лікування овець за змішаної нематодозної інвазії / А.А. Антіпов, Т.І. Бахур, В.П. Гончаренко та ін. // Матеріали II наук.-практ. конф. «Наукові дослідження, відкриття та розвиток технологій в сучасній науці» (17-18 квітня 2020 р.). Херсон, 2020. С. 63–67.
6. Власенко О.А. Епізоотологічна ситуація щодо інвазійних захворювань овець у господарствах Сумської області / О.А. Власенко, В.В. Стибель // Науковий вісник ЛНІВМ ім. С.З. Гжицького. 2012. Т. 14. № 2(52). С. 44–48.
7. Economic effectiveness of drugs for thrichous infection in sheep / S.Bilyk, A. Antipov, V. Goncharenko et.al. // III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical perspectives of modern science» (August 01-02, 2023). Stockholm. Pp. 56–64, URL: <https://sconferences.com>
8. Погорілий В.Д. У боротьбі з гельмінтозами / В.Д. Погорілий // Ветеринарна медицина України. 2009. № 7. С. 16.
9. Ефективність «Івермеквету 1 %» за зоопаразитоценозів овець / Ю.О. Приходько, В.І. Бирка, О.В. Мазаний, А.А. Антіпов // Науковий вісник ветеринарної медицини. Біла Церква, 2018. Вип. 2 (144). С. 37-43.
10. Лічильна камера для овоскопічних досліджень: патент на корисну модель № 150605, МПК А61D 99/00 (2022.01) / А. А. Антіпов, С. В. Рубленко, І. В. Сайченко та ін. - заявл. 21.07.2021, опублік. 09.03.2022; Бюл. № 10. 4 с.

References.

1. Zan'ko T. Al'ternatyvna perspektyva: molochne vivcharstvo ta kozivnyctvo / T. Zan'ko // Agrobiznes s'ogodni. 2013. № 21. 2013. № 2(32). S. 142-144.
2. Vasylyjeva O.O. Aspekty rozvytku kozivnyctva jak suchasnogo naprjamu ekologichnogo vyrobnyctva u tvarynnnyctvi / O.O. Vasylyjeva, O.M. Bondarenko // Visnyk Dnipropetrovs'kogo derzhavnogo agrarnoekonomichnogo universytetu. 2017. № 3 (43). S. 60-63.
3. Veselyj V.A. Monitoryng osnovnyh gel'mintoziv zhujnyh v gospodarstvah z riznymy systemamy organizacii' vyrobnyctva / V.A. Veselyj, N.G. Polishhuk // Veterynarna medycyna.



Mizhvidomchyj tematychnyj naukovyj zbirnyk. 2005. Vyp. 85. S. 221–223.

4. Antygel'mintna efektyvnist' preparativ za tryhuroznoi' invazii' u ovec' / A. Antipov, V.P. Goncharenko, I.P. Selyh ta in. // Scientific Collection «InterConf», (166): with the Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Science in the Environment of Rapid Changes» (August 16-18, 2023; Brussels, Belgium) / comp. by LLC SPC «InterConf». Brussels: De Boeck, 2023. Rr. 220–227.

5. Likuvannja ovec' za zmishanoi' nematodoznoi' invazii' / A.A. Antipov, T.I. Bahur, V.P. Goncharenko ta in. // Materialy II nauk.-prakt. konf. «Naukovi doslidzhennja, vidkryttja ta rozvytok tehnologij v suchasnij nauci» (17-18 kvitnja 2020 r.). Herson, 2020. S. 63–67.

6. Vlasenko O.A. Epizootologichna situacija shhodo invazijnyh zahvorjuvan' ovec' u gospodarstvah Sums'koi' oblasti / O.A. Vlasenko, V.V. Stybel' // Naukovyj visnyk LNVIM im. S.Z. Gzhyc'kogo. 2012. T. 14. № 2(52). S. 44–48.

7. Economic effectiveness of drugs for thrichous infection in sheep / S.Bilyk, A. Antipov, V. Goncharenko et.al. // III International Scientific and Practical Conference «Theoretical and practical perspectives of modern science» (August 01-02, 2023). Stockholm. Rr. 56–64, URL: <https://sconferences.com>

8. Pogorilyj V.D. U borot'bi z gel'mintozamy / V.D. Pogorilyj // Veterynarna medycyna Ukrainy. 2009. № 7. S. 16.

9. Efektyvnist' «Ivermekvetu 1 %» za zooparazytosenoziv ovec' / Ju.O. Pryhod'ko, V.I. Byrka, O.. Mazannyj, A. A. Antipov // Naukovyj visnyk veterynarnoi' medycyny. Bila Cerkva, 2018. Vyp. 2 (144). S. 37-43.

10. Lichyl'na kamera dlja ovoskopichnyh doslidzen': patent na korysnu model' № 150605, MPK A61D 99/00 (2022.01) / A. A. Antipov, S. V. Rublenko, I. V. Sajchenko ta in. - zajavl. 21.07.2021, opublik. 09.03.2022; Bjul. № 10. 4 s.

Abstract. Our research established that out of 40 examined goats belonging to a private farm in the Taraschan district, 30 heads were affected by strongylids. The extent of infestation was 75.0%, and the intensity of infestation, which was determined by counting the number of eggs in 1 gram of feces, using a counting chamber for ovoscopic studies, was 83.3 specimens. In the experiment, the anthelmintic effectiveness of the domestic anthelmintic eprin was studied at low, medium and high intensity of infestation. For this purpose, three experimental and two control groups of goats spontaneously infested with strongylites were formed according to the principle of analogues. Before treatment and on the 15th day after deworming, the extensive effectiveness (EE) and intensive effectiveness (IE) of the drug were determined. It was established that no strongylate eggs were found in animals with low and medium intensity of infestation, which were given 2% eprin at a dose of 1 ml per 100 kg of body weight subcutaneously, once. Extensive efficiency and intensive efficiency was 100%. At a high intensity of invasion, the EE was 80.0%, while the IE was 93.6%.

Key words: eprin, eggs, strongillates, extensiveness of invasion, intensity of invasion, extensive efficiency, intensive efficiency.

Стаття надіслана: 17.10.2023 року.

© Антіпов А.А., Селих І.П., Човгун А.М.,

Пересунько О.Д., Єрохіна О.М.



УДК 614.72-02:613.954].084:519.25

HYGIENIC JUSTIFICATION OF APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF A REGIONAL MONITORING PROGRAM ATMOSPHERIC AIR ГІГІЄНІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО РОЗРОБКИ ПРОГРАМИ РЕГІОНАЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Rublevska N.I./Рублевська Н.І.*d.m.n., prof. /д.м.н., проф.**Dnieper State Medical University**Дніпровський державний медичний університет,***Stepanov S.V./Степанов С.В.***Ph.D./доктор філософії,**Dnieper State Medical University**Дніпровський державний медичний університет***Haiday L.V./Гайдай Л.В.,***Dniprovsky district department of the SU "DOCDPCP MH Ukraine**Дніпровський районний відділ ДУ «ДОЦКПХ МОЗ України,***Sincha O.P./Сінча О.П.***Dniprovsky district department of the SU DOCDPCP MH Ukraine**Дніпровський районний відділ ДУ «ДОЦКПХ МОЗ України,***Rublevskyi V.D./Рублевський В.Д.***Dnieper State Medical University**Дніпровський державний медичний університет***Rublevskyi O.D./Рублевський О.Д.***National Technical University "Dnipro Polytechnic"**Національний Технічний Університет «Дніпровська політехніка»*

Анотація. Досліджено вміст ароматичних вуглеводнів та формальдегіду у атмосферному повітрі індустриального регіону та їх вплив на стан здоров'я дитячого населення. Обґрунтовано підходи до розробки програми регіонального моніторингу атмосферного повітря в умовах індустриального регіону.

Ключові слова: атмосферне повітря, формальдегід, ароматичні вуглеводні, захворюваність, дитяче населення, моніторинг.

Вступ.

За даними ВООЗ, 92% населення планети проживає на територіях із забрудненим атмосферним повітрям, що приводить до 9 мільйонів передчасних смертей на рік [1]. Серед найпоширеніших причин забруднення повітря - виробництво енергії, важка промисловість, транспорт. Дитячий організм, внаслідок підвищеної чутливості до несприятливих факторів навколишнього середовища є найбільш чутливим до впливу хімічних речовин, що поступають інгаляційно [2-4].

Мета роботи - на підставі гігієнічної оцінки впливу ароматичних вуглеводнів (АВ) та формальдегіду на стан здоров'я дитячого населення удосконалити систему заходів щодо зниження негативного впливу забрудненого атмосферного повітря на стан здоров'я дітей-мешканців індустриального регіону.

Дослідження виконані на базі кафедри гігієни, екології та охорони праці Дніпровського державного медичного університету. Дисертація виконувалася у



рамках ініціативної науково-дослідної «Гігієнічна оцінка впливу природних та техногенних факторів на стан здоров'я населення», № держреєстрації 0118U004729, 2019-2022 рр.

Матеріали і методи.

Комплексні дослідження проведені в умовах одного з найбільш техногенно навантажених промислових регіонів України – Дніпропетровській області. Узагальнено та статистично оброблено результати визначення якості атмосферного повітря за результатами спостережень Дніпропетровського регіонального центру з гідрометеорології (ДРЦГМ) та ДУ «Дніпропетровського обласного лабораторного центру МОЗ України» та власних лабораторно-інструментальних досліджень. Дані від ДРЦГМ отримані на підставі Договору про наукову співпрацю №4 від 28.03.2018 р. між ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» та ДРЦГМ. Аналізу підлягали концентрації шкідливих речовин у атмосферному повітрі досліджуваних міст, з подальшим розрахунком їх середньорічних та максимально-разових значень. У процесі дослідження виконана гігієнічна оцінка характеру, рівня та ступеня небезпеки забруднення атмосферного повітря шляхом порівняння фактичних концентрацій речовин з їх ГДК [5]. Відбір проб в ДРЦГМ проводився на їх власних стаціонарних постах спостереження, які знаходяться у міста Дніпро, Кам'янське, Кривий Ріг. Атмосферне повітря на стаціонарних постах відбиралось відповідно до методики відбору проб на стаціонарних постах [6]. Розрахунок та оцінка ризиків проводилась згідно з Наказом МОЗ України №184 від 13.04.2007 року «Про затвердження методичних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [7], US EPA «Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures» [8] та US EPA «Guidelines for Carcinogen Risk Assessment» [9]. Статистична обробка отриманих результатів проведена на персональному комп'ютері з використанням статистичного пакету STATISTICA 6.1 (ліцензійний номер AGAR909E415822FA).

Результати дослідження.

Гігієнічна оцінка вмісту АВ та формальдегіду у атмосферному повітрі населених місць промислових міст свідчить, що у м. Дніпро спостерігалось перевищення ГДК фенолу у 1,33-1,66 разів ($p < 0,001$), у м. Кам'янське - у 2,17-2,67 ГДК ($p < 0,001$) протягом усього періоду спостереження, з тенденцією до підвищення. У місті порівняння концентрації досліджуваних забруднюючих речовин знаходились на межі чутливості дослідження та статистично значуще нижче, ніж у досліджуваних містах. Вміст формальдегіду у всіх досліджуваних містах реєструвався у 2-8 разів вище ГДК протягом усього періоду спостереження, з найвищими концентраціями у м. Дніпро ($p < 0,001$). За досліджуваний 6-річний період спостерігалась тенденція до підвищення рівнів формальдегіду у 1,5-2 рази у всіх трьох промислових містах ($p < 0,001$). Концентрації бензолу, ксилолу та толуолу у всіх досліджуваних містах знаходиться в межах ГДК м.р. за середньорічними показниками, однак у 2017-2018 роках виявлено разові перевищення ГДК м.р. бензолу, ксилолу та толуолу у м. Кам'янське у 2-2,85 разів ($p < 0,001$). Виявлено тенденцію до підвищення у



1,1-4 рази рівня АВ у атмосферному повітрі промислових міст ($p < 0,05$).

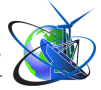
Аналіз рівня захворюваності дитячого населення досліджуваних міст свідчить, що в промислових містах рівень загальної дитячої захворюваності, в середньому за період спостереження, статистично значуще на 4-15% вище, ніж в цілому у Дніпропетровській області та на 14-37% вищий, ніж у місті порівняння ($p < 0,001$). Рівень дитячої захворюваності хворобами органів дихання у досліджуваних містах статистично значуще на 13-39% вищий ніж у місті порівняння ($p < 0,001$). Аналіз захворюваності дитячого населення онкологічною патологією *cdslnxbnm*, що у м. Кам'янське її рівень становив 74,9 (95% ДІ 53,05-96,65) на 10 тис. дитячого населення, що статистично значуще у 2,5 рази вище, ніж у м. Дніпро і м. Кривий Ріг та у 2,35 разів вище, ніж у місті порівняння (31,9 на 10 тис. дитячого населення ($p < 0,001$) (95% ДІ 26,04-37,79).

Розрахований індивідуальний канцерогенний ризик при надходженні бензолу до організму у всіх досліджуваних містах, згідно з критеріями ВООЗ відноситься до високого (*De Manifestis*) - неприйнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження. Індивідуальний канцерогенний ризик при надходженні формальдегіду знаходиться в межах $10^{-3} - 10^{-4}$, за критеріями ВООЗ, і припустимого для виробничих умов, але не припустимого для населення.

Популяційний канцерогенний ризик для міста Дніпро складає 4980 додаткових випадки на рак від надходження бензолу та 133 додаткових випадків від надходження формальдегіду у когорті населення 1 млн. осіб. Для Кривого Рогу ці показники складатимуть 1864 додаткових випадків онкологічних захворювань від впливу бензолу та 136 випадків від впливу формальдегіду у когорті населення 1 млн. осіб. У м. Кам'янське прогнозовано 3818 додаткових випадків на рак від впливу бензолу та 133 випадки від впливу ФГ у когорті населення 1 млн. осіб. У досліджуваних містах встановлено неприйнятний неканцерогенний ризик для органів дихання, ЦНС, імунної системи. Сумарний неканцерогенний ризик дорівнює у м. Кам'янське 5,84, у м. Дніпро НІ заг=5,1, у Кривому Розі НІ заг=4,15. У м. Кам'янське відзначається неприйнятний неканцерогенний ризик для серцево-судинної системи.

Враховуючи наднормоване забруднення атмосферного повітря хімічними сполуками в промислових містах, одним із важливих превентивних заходів є здійснення моніторингу за якістю атмосферного повітря. У ході дослідження проведена оцінка існуючої регіональної системи моніторингу атмосферного повітря за наступними критеріями:

- охоплення зон та агломерацій (чи представлені суб'єкти моніторингу в визначених зонах та агломераціях);
- наявність стаціонарних постів спостереження (дослідження якості атмосферного повітря може здійснюватися як стаціонарно, так і за допомогою маршрутних чи інших видів спостережень);
- наявність обладнання та транспорту для здійснення виїзних лабораторних досліджень;
- повнота та достатній обсяг проведення досліджень;
- метрологічна забезпеченість (використання обладнання, що внесене до



- переліку засобів вимірювальної техніки);
- використання сучасних методик лабораторного дослідження, акредитація лабораторій у системі якості ISO 17025:2019;
- проведення гігієнічної оцінки, обробки та аналізу отриманих даних;
- оприлюднення результатів досліджень та передача даних до єдиної інформаційної бази в органах місцевого самоуправління.

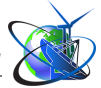
Регіональна система моніторингу якості атмосферного повітря повинна не лише відображати фактичний стан атмосферного повітря у населених місцях, але й слугувати для визначення ризиків для здоров'я населення різних вікових груп та бути основою для прийняття управлінських рішень щодо керування ризиком, розробки профілактичних заходів направлених на покращення громадського здоров'я в промислових регіонах. Нами запропоновано система оцінки, аналізу та виявлення ризиків для здоров'я населення, встановлення екологічно-обумовленої захворюваності та розробки необхідних профілактичних заходів для органів місцевого самоврядування. Така система повинна бути впроваджена в рамках епідеміологічного нагляду за неінфекційними хворобами у Центрах контролю та профілактики хвороб МОЗ України.

Невід'ємною частиною моніторингу є впровадження комплексу заходів, які спрямовані на оптимізацію якості атмосферного повітря, мінімізацію шкідливого впливу на організм людини внаслідок дії забрудненого атмосферного повітря із забезпеченням зворотного зв'язку щодо оцінки їх ефективності. До заходів, які спрямовані на попередження несприятливих змін у стані здоров'я населення у зв'язку з впливом забрудненого атмосферного повітря, слід віднести п'ять груп. Перша група - заходи, спрямовані на розробку законодавчих актів. В Україні діє ціла низка нормативно-правових актів, які гарантують охорону здоров'я населення та довкілля: Конституція України, «Основи Законодавства України про охорону здоров'я», 1992 р., Закон України «Охорону атмосферного повітря», Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», 1998 р., Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», 1994 р., постанова Кабінету Міністрів України від 22.02.2006 129 р. № 182 «Про затвердження Порядку проведення державного соціально гігієнічного моніторингу», постанова КМУ від 14.08.2019 №827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря», Наказ МОЗ України №52 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць», та інші.

З метою вдосконалення контролю за якістю атмосферного у першій групі заходів доцільно передбачити:

1. Узгодження вимог двох діючих нормативних документів між собою, щодо перегляду ГДК бензолу, затвердження максимального разових, середньодобових, середньорічних концентрацій хімічних забруднювачів атмосферного повітря.

2. Внесення до постанови КМУ від 14.08.2019 №827 «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» до



Переліку Агломерацій м. Кам'янське або визнання його таким на регіональному рівні рішення Дніпропетровської обласної ради.

Друга група – планувальні заходи, в якій доцільно передбачити:

- інвентаризацію існуючих джерел стаціонарних викидів забруднюючих речовин;
- отримання даних щодо обсягів викидів забруднюючих речовин, шляхом встановлення датчиків на стаціонарних джерелах забруднення, дані з яких в онлайн режимі будуть передаватися до Державної екологічної інспекції України;
- розробку та затвердження на рівні місцевих органів влади переліку санітарно-оздоровчих заходів у межах територій.

Третя група - технологічні заходи, які спрямовані на попередження утворення шкідливих хімічних речовин при технологічних процесах. З метою поліпшення стану атмосферного повітря у третій групі заходів доцільно передбачити:

- поетапне зменшення обсягів викидів до атмосферного повітря від промислових підприємств;
- заміна обладнання на металургійних комбінатах на електроплавильне, перехід на альтернативні джерела палива, використання природного газу та вугілля антрацитної марки;
- перенесення житлової забудови, за межі СЗЗ, якщо така наявна;
- перехід на сучасні технології виробництва.

Четверта група заходів технічні, в якій доцільно передбачити:

- обладнання всіх стаціонарних джерел викидів газо-пилоочисними установками;
- впровадження сезонного прибирання, миття та поливу вулиць із застосуванням відповідної техніки.

П'ята група спрямована на забезпечення постійного моніторингу якості атмосферного повітря. З метою реалізації цієї групи заходів рекомендується:

- ❖ модернізація виробничих лабораторій та стаціонарних пунктів дослідження якості атмосферного повітря та їх акредитація в системі якості ISO 17025:2019;
- ❖ використання сучасних високочутливих методик лабораторного дослідження якості атмосферного повітря;
- ❖ вдосконалення системи виробничого контролю. Зменшення обсягів визначення показників, які систематично не перевищують 0,75 нормативних величин (ГДК) та збільшення кратності досліджень (до щоденної) показників, які визначаються на рівнях понад 0,75 нормативу (ГДК). Використання індикативних методів визначення;
- ❖ затвердження на рівні обласних (міських) рад регіональних програм гігієнічного моніторингу атмосферного повітря;
- ❖ забезпечення функціонування громадської системи моніторингу за якістю атмосферного повітря.

Висновок.

На підставі гігієнічної оцінки вмісту ароматичних вуглеводнів та



формальдегіду в атмосферному повітрі населених міст індустріального регіону, аналізу дитячої захворюваності, розрахунку існуючих канцерогенних і неканцерогенних ризиків для здоров'я обґрунтовано підходи до розробки програми регіонального моніторингу атмосферного повітря та оптимізовано її інформативність і ефективність; узагальнено комплекс заходів, які спрямовані на попередження несприятливих змін у стані здоров'я населення у зв'язку з впливом забруднюючих речовин атмосферного повітря.

Література

1. WHO. Air Pollution. WHO [Internet]. Available from: <http://www.who.int/airpollution/en/>
2. Крикун АС. Медико-екологічна оцінка стану здоров'я населення Сумської області у районах видобутку нафти і газу. Розробка технічних заходів захисту локальних екосистем. Сум. держ. ун-т; 2020. 117 с.
3. Рублевська Н.І., Степанов С.В., Мороз Т.В. Гігієнічна оцінка надходження ксенобіотиків до організму дітей з атмосферним повітрям промислових міст. Український журнал медицини, біології та спорту. 2018;(5):191-3.
4. Рублевська Н.І., Степанов С.В. Обґрунтування регіональної програми моніторингу за якістю атмосферного повітря у Дніпропетровській області// Український журнал медицини, біології та спорту. 2021;6(3):31.
5. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць. Наказ МОЗ України від 14.02.2020 р. № 52 [Інтернет]. 2020. [цитовано 2021 Квіт 19]. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0156-20#Text>
6. Руководство по контролю загрязнения атмосферы : РД 52.04.186-89. [Інтернет]. 1991. Доступно: <https://docs.cntd.ru/document/1200036406>
7. Про затвердження методичних рекомендацій. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Наказ МОЗ України від 13.04.2007 р. № 184 [Інтернет]. 2007. Доступно: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text>
8. US EPA. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures [Internet]. Available from: <https://www.epa.gov/risk/guidelines-health-risk-assessment-chemical-mixtures>
9. US EPA. Guidelines for Carcinogen Risk Assessment [Internet]. Available from: <https://www.epa.gov/risk/guidelines-carcinogen-risk-assessment>

Abstract. *The content of aromatic hydrocarbons and formaldehyde in the atmospheric air of an industrial region and their impact on the health of the children's population were studied. Approaches to the development of a program of regional monitoring of atmospheric air in the conditions of an industrial region are substantiated.*

Key words: *atmospheric air, formaldehyde, aromatic hydrocarbons, morbidity, children's population, monitoring.*

Стаття відправлена: 17.10.2023 р.

© Рублевська Н.І.



УДК 578.825.11:618.146-006 + 616.988.6

**RISK OF CERVICAL CANCER IN ASSOCIATION WITH HUMAN
PAPILOMAVIRUS AND WITH INFLAMMATORY PROCESSES OF
BACTERIAL ETIOLOGY****РИЗИК РОЗВИТКУ РАКУ ШИЙКИ МАТКИ ПРИ АСОЦІАЦІЇ ПАПІЛОМАВІРУСІВ
ЛЮДИНИ ТА ІЗ ЗАПАЛЬНИМИ ПРОЦЕСАМИ БАКТЕРІАЛЬНОЇ ЕТІОЛОГІЇ****Koval G.M./ Коваль Г.М.***d.m.s., prof. / д.м.н., проф.*<https://orcid.org/0000-0002-0623-2326>**Petrosova V.I./Петросова В.І***s. biol, as.prof./ к.б.н., доц.*<https://orcid.org/0000-0001-6256-8003>**Holomb L.A./Голомб Л.А.**<https://orcid.org/0000-0003-18644122>**Мотильчак Е.М./ Motylchak Evelina**<https://orcid.org/0009-0005-2936-7484>*Department of Microbiology, Virology, Epidemiology with Course of Infectious Diseases,
Uzhhorod National University, 1, Narodna sq., Uzhhorod, 88000***Silina T.M./ Сіліна Т.М.²***d.m.s., prof. / д.м.н., проф.*<https://orcid.org/0000-0002-1578-5512>*Shupyk National Medical Academy of Postgraduate Education²
9 Dorohozhytska Str., Kyiv, 04112 Ukraine*

Анотація: Бактеріальний вагіноз, що призводить до дефіциту імунного захисту на рівні слизової піхви, є частим супутником папіломавірусної інфекції. Нами проведено вивчення можливої ролі бактеріального вагінозу в патогенезі цервікальної інтраепітеліальної неоплазії і раку шийки матки у пацієнток із папіломавірусної інфекцією.

По скринінгу патології шийки матки, встановлено що для підвищення його чутливості корисним є впровадження сучасних технологій, таких як нові системи обробки мазків, включаючи (рідинну цитологію), комп'ютеризацію, бактеріальні дослідження.

Ключові слова: екзо-ендоцервікс, неоплазії, папілома вірусне інфікування, бактеріальний вагіноз.

Вступ

Останні десятиріччя в Україні спостерігається несприятлива епідеміологічна ситуація щодо захворювань, які передаються статевим шляхом. Провідне місце в структурі захворюваності займає генітальна папіломавірусна інфекція. Це обумовлено високою контагіозністю вірусів папіломи людини і тенденцією до росту цього захворювання [1, 2]. На сьогоднішній день отримані переконливі докази того, що ця патологія є однією з основних причин злоякісних трансформацій шийки матки.

Щорічно реєструється у нас в країні понад 10 тис. випадків генітальної папіломавірусної інфекції. Але, згідно з наявними даними, неможливо вірогідно оцінити стан проблеми в цілому й здійснити навіть наближене прогнозування епідеміологічної картини його поширення, оскільки це питання практично не піддавалося об'єктивним оцінкам [3]. Тому актуальною проблемою гінекології є оптимізація діагностики доброякісних і передракових



процесів шийки матки, асоційованих із вірусом папіломи людини та бактеріальною, за допомогою визначення нових патогенетичних маркерів неопластичної трансформації клітин епітелію.

Метою роботи було підвищення ефективності діагностики хворих із доброякісними та передраковими процесами шийки матки на тлі вірусних та бактеріальних агентів. Предмет дослідження: патологія екзо-ендоцервіксу, папілома вірусне інфікування, бактеріальні інфекції, що передаються статевим шляхом. Об'єкт дослідження – доброякісні та передракові процеси шийки матки у жінок. Методи дослідження: лабораторні (бактеріологічні, цитологічні, імуногістохімічні).

Захворюваність на злоякісні пухлини в Європі за останні 10 років знизилась на 15% в результаті впровадження програми «Європа проти раку», направленої на первинну профілактику онкологічних захворювань. Одним із основних положень програм і є скринінг злоякісних новоутворень. Таке ж завдання виділене пріоритетним в медичній галузі України. Рак шийки матки (РШМ) - одне з найпоширеніших злоякісних захворювань серед жінок [6]. Розвиток пухлини проходить поступово, протягом декількох років, тому реальною профілактикою цього захворювання є своєчасне виявлення і лікування передракових захворювань. За визначенням ВООЗ, скринінг - це ідентифікація невиявленого захворювання або дефекту за допомогою тест-досліджень, які можуть проводитися швидко і масово [3,4]. Найбільш успішним методом скринінгу РШМ є метод цитологічної та бактеріологічної діагностики.

Бактеріальний вагіноз - це самостійне захворювання, яке характеризується появою піхвових виділень з неприємним запахом при відсутності у них патогенних збудників (*Trichomonas vaginalis*, *Neisseria gonorrhoeae*, *Candida albicans*) і ознак запалення слизової оболонки. Цей запальний процес призводить до дефіциту імунного захисту на рівні слизової піхви, є частим супутником папіломавірусної інфекції [5,7].

Нами проведено вивчення можливої ролі бактеріального вагінозу в патогенезі цервікальної інтраепітеліальної неоплазії і раку шийки матки у пацієнток із папіломавірусної інфекцією. Кольпоскопія і онкоцитологія необхідні в оцінці передракових процесів шийки матки. Біопсія використовується для підтвердження діагнозу, тим самим зменшуючи інвазивність лікування і пов'язаних з ним ускладнень. Усього було обстежено 138 жінок репродуктивного віку, 40 з яких були практично здоровими і склали I групу. У II групі під спостереженням перебувало 42 жінок з патологічними процесами шийки матки та папіломавірусної інфекцією. У III групі було 56 пацієнток із захворюваннями шийки матки, папіломавірусної інфекцією і бактеріальним вагінозом. Обстеженим пацієнткам проводили бактеріоскопію вагінальних виділень, кольпоскопію, онкоцитологію, кількісне визначення і типування коменсалів піхви методом бактеріальних посівів.

В результаті проведеної роботи було встановлено, що навіть при нормальному типі онкоцитологічного мазку в 16,2 % пацієнток відзначався хронічний цервіцит, а у 10,1 % – цервікальна інтраепітеліальна неоплазія (рис.1, рис.2).



Чутливість цитологічних мазків по Папаніколау щодо діагностики цервікальної інтраепітеліальної неоплазії і раку шийки матки була 89,2%, а специфічність – 73,0 %. Частота цервікальної інтраепітеліальної неоплазії і раку шийки матки склала в III і II групах 39,8 % і 25,9 %, відповідно.

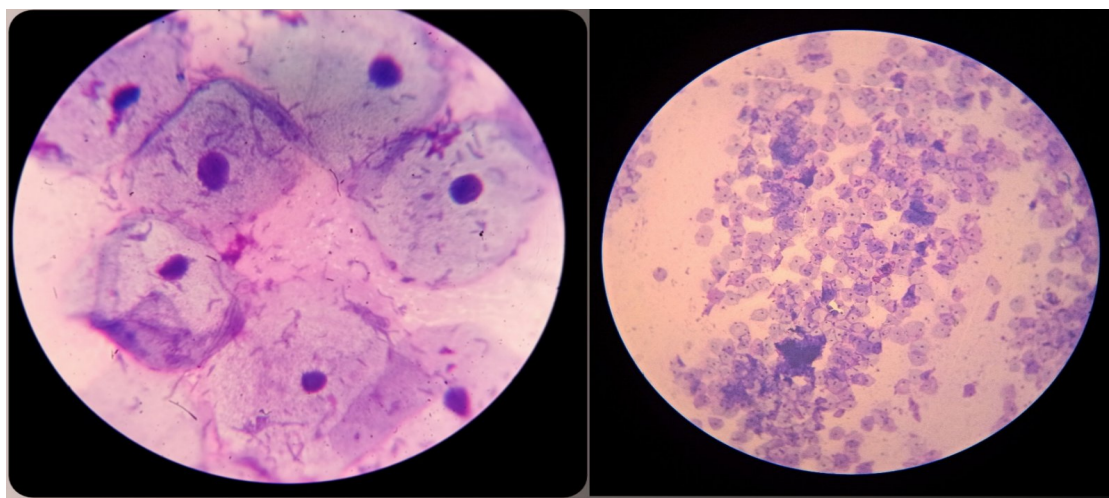


Рис. 1. Мазок-препарат. Звичайна цитологія. Клітини поверхневого шару плоского епітелію. Фарбування по Романовському. Збільшення зліва x1000, справа x250

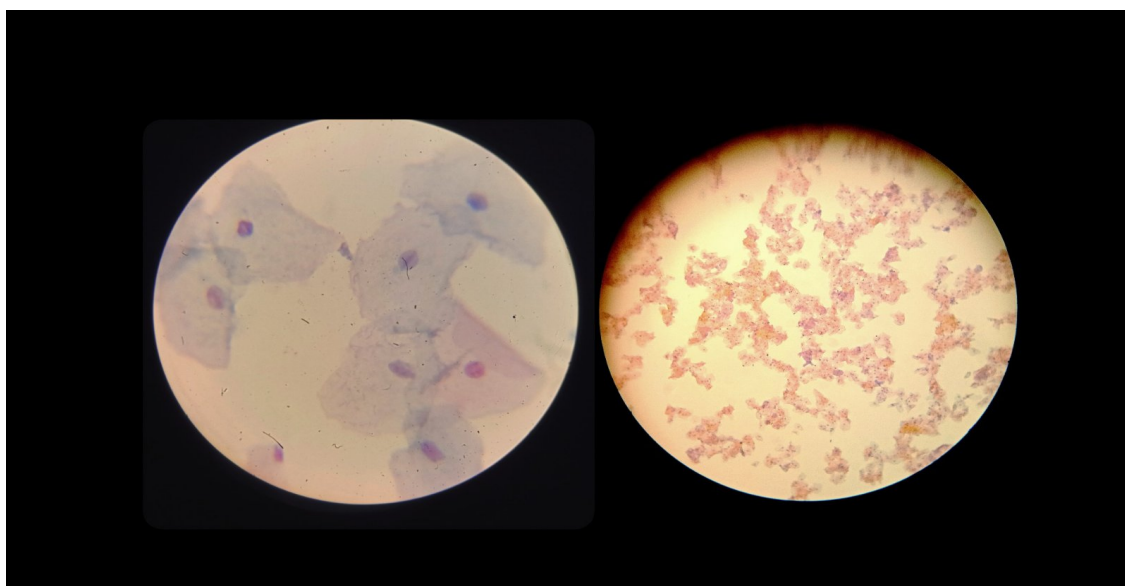


Рис. 2. Мазок-препарат рідинної цитології. Суміш поверхневих і проміжних шарів клітин плоского епітелію. Поверхневі клітини містять маленьке пікнотичне ядро, форма клітини полігональна. Ядро проміжних клітин містить дрібнозернистий хроматин. Фарбування по Папаніколау. Збільшення зліва x 1000, справа x250

Класифікація цитологічного результату дослідження за Папаніколау одержала найбільше поширення у світі й включає 5 основних класів :

1-й клас – нормальна цитологічна картина, не викликає підозрінь;

2-й клас – зміна морфології клітин, обумовлена запальним процесом у піхві та/або шийці матки;



3-й клас – виявляються одиничні клітини з аномалією ядер і цитоплазми, однак остаточний діагноз встановити не вдається. Потрібне повторення цитологічного дослідження або гістологічне дослідження для більш детального вивчення патологічно зміненої тканини;

4-й клас – є окремі клітини з явними ознаками злоякісності (аномальна цитоплазма, змінені ядра, збільшення маси ядер тощо);

5-й клас – для мазка характерне велике число атипичних ракових клітин. Діагноз злоякісного процесу не викликає сумнівів.

Трактування морфологічних діагнозів здійснювали за допомогою зведеної класифікаційної системи Richart [5,8] і цитологічної класифікації за Папаніколау (рис.1). Для виставлення остаточного діагнозу використовували термінологію CIN (CIN 1, CIN 2, CIN 3) з метою позначення передпухлинних змін епітелію шийки матки і визначення їх ступеня тяжкості. Richart в 1968 році запропонував і ввів термін «цервікальна інтраепітеліальна неоплазія» (CIN, CIN), що є синонімом термінів «дисплазія і преінвазивна карцинома». Легка дисплазія відповідає CIN I, помірна дисплазія - CIN II, поняття CIN III об'єднує важку дисплазію і cancer in situ [9]. Обумовлено це тим, що цитологічних та гістологічних диференціювати важку дисплазію і преінвазивного рак один від одного представляє певні труднощі, а терапевтична тактика в обох ситуаціях ідентична, у зв'язку з цим вони були об'єднані в CIN III. Дана термінологія прийнята Всесвітньою організацією охорони здоров'я (ВООЗ, 1993). Найбільш специфічним цитологічним критерієм вірусно-папіломної інфекції ми вважали наявність койлоцитів, а також цитологічні позначення "зміни, характерні для ВПЛ", «койлоцитарна атипія», «койлоцитоз» (рис. 3.)

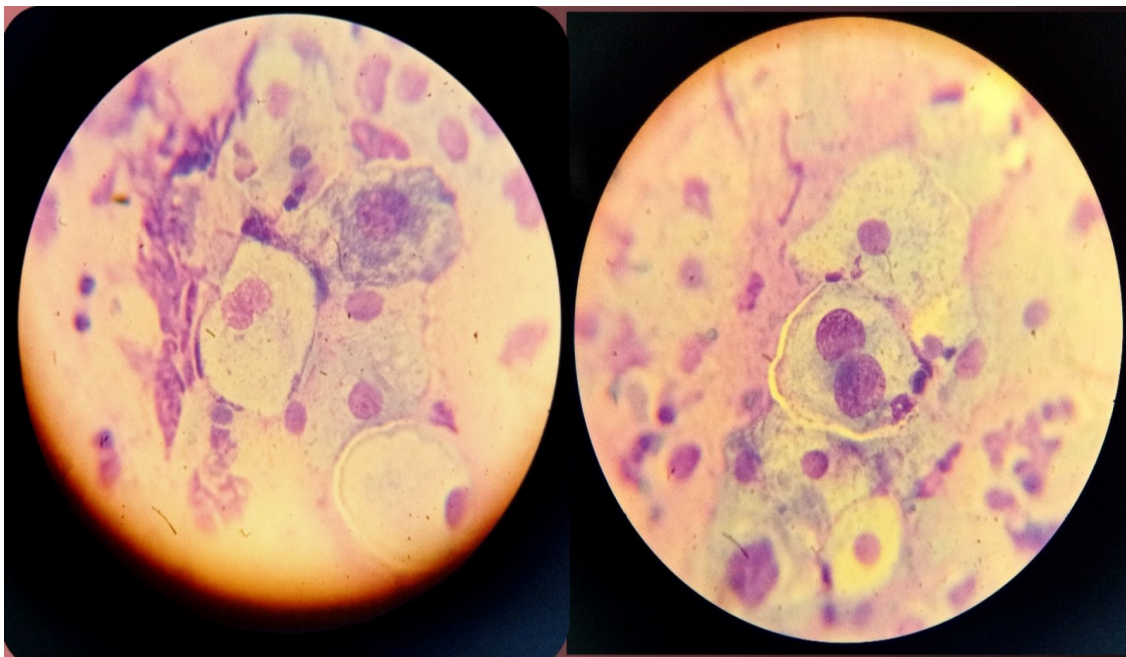
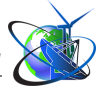


Рис.3. Мазок-препарат з шийки матки. CIN II + HPV. Ознаки папіломавірусної інфекції, клітини проміжного шару плоского епітелію зі збільшеними ядрами і невеликою нерівністю цитоплазми.



Наявність бактеріального вагінозу в пацієнток з папіломавірусною інфекцією є фактором, який підвищував ризик виявлення цервікальної інтраепітеліальної неоплазії і раку шийки матки на 19 %. Даний результат демонструє необхідність подальшого вивчення порушень вагінального біотопу у жінок з папіломавірусною інфекцією і асоційованих з нею цервікальної інтраепітеліальної неоплазії і раком шийки матки.

Матеріал для цитологічного і бакдослідження брали шляхом зішкрібу із зони трансформації епітелію та шийки матки. Отриманий клітинний матеріал наносили тонким шаром на предметне скло, фіксували і фарбували за загальноприйнятими в цитології методиками. Одночасно проводився посів на чашки з поживними середовищами, для виявлення патогенних мікроорганізмів. Перед дослідженням оцінювали придатність мазка для цитологічних досліджень згідно з критеріями оцінки якості цервікального/вагінального мазка. Мазок вважали придатним, якщо в ньому виявляли клітини плоского, циліндричного і метapлазованого епітелію (зона трансформації). В мазках жінок репродуктивного віку виявлялися добре збереженими клітини плоского епітелію не менше 10% всієї площі поверхні мазка, а також мінімум 2 скопичення (не менше 5 клітин в кожному) добре збережених клітин ендocerвікального і (або) метapлазованого плоского епітелію. Для мазків жінок в менопаузі відсутність ендocerвікальних клітин не вважали показником поганої якості мазка, оскільки це фізіологічна норма для менопаузи. Непридатним вважали мазок, в якому велика кількість елементів крові і запалення утруднювали чи навіть унеможлилювали оцінку більше 75% епітеліальних клітин, а також «товсті» мазки, мазки з поганою фіксацією клітин, наявністю артефактів.

За співвідношенням числа придатних мазків до загальної їх кількості оцінювали показник інформативності цитологічних мазків. Дослідження проводили на світловому мікроскопі фірми "SANNY" (збільшення x 250) для повного аналізу отриманого матеріалу екто і ендocerвікса: оцінювали епітеліальні зміни, описували дисплазії, атипії, наявність елементів запалення. В заключенні, крім висновку, описувалася цитологічна картина мазка.

Цитологічному онкоскринінгу підлягали всі жінки, старші 25 років. Інтервал між обстеженнями для осіб віком 25-40 років - 3 роки при умові, що попередній цитологічний мазок був нормальним.

Бактеріальний вагіноз (гарднерельозний, анаеробний) – незапальний синдром, пов'язаний з дисбіозом піхвового біотопу, характеризувався надмірно високою концентрацією мікроорганізмів, які в нормі присутні лише в незначній кількості (*Gardnerella vaginalis*, *Mycoplasma hominis*, облигатні анаероби - *Bacteroides*, *Prevotella*, *Peptostreptococcus*, *Candida spp.*) і різким зниженням вмісту або відсутністю лактобацил, які домінують серед піхвової мікрофлори у жінок репродуктивного віку (рис.4, 5).

Клінічна діагностика бактеріального вагінозу включала скарги (надмірні піхвові виділення сірувато-білого кольору з неприємним (рибним запахом). Виділення посилювалися після статевих контактів або під час менструації і тривали роками. Як показали дослідження науковців, тривалі виділеннями з



підвищення супроводжуються вираженими психосоматичними порушеннями, у третини хворих порушується статева та репродуктивна функція, знижується працездатність.

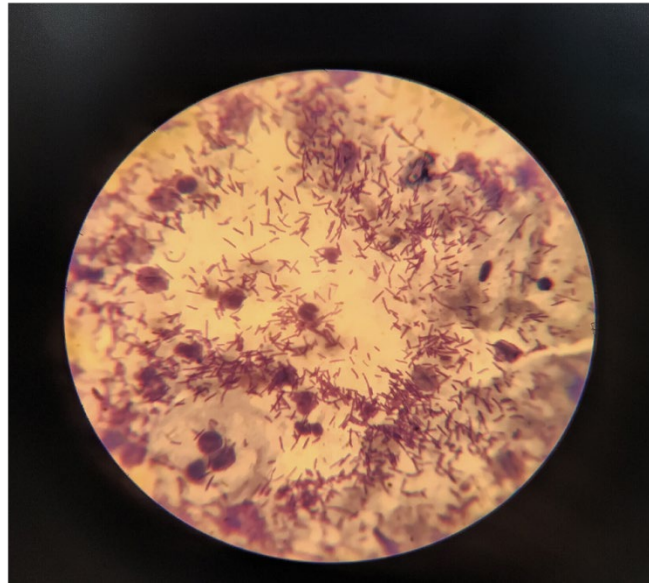


Рис. 4. Мазок-препарат з шийки матки. Елементи гриба роду *Candida*, «голі ядра» розрушених клітин, бактеріальна флора- палички. Фарбування по Романовському x1000

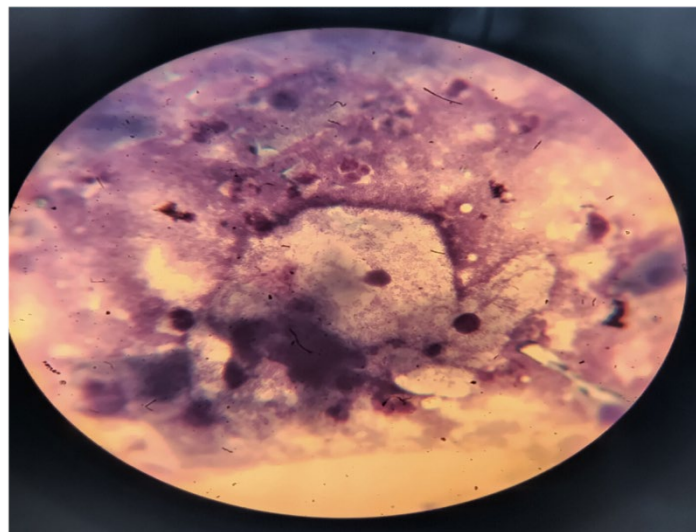


Рис.5 Мазок-препарат. Бактеріальний вагіноз. «ключова клітина» кокобацилярна флора навкруг клітин у вигляді «бактеріального піску». Фарбування по Романовському x1000

Висновки

Наявність бактеріального вагінозу в пацієнок з папіломавірусною інфекцією є фактором, який підвищував ризик виявлення цервікальної інтраепітеліальної неоплазії і раку шийки матки на 19,0 %. Даний результат демонструє необхідність подальшого вивчення порушень вагінального біотопу у жінок з папіломавірусною інфекцією і асоційованих з нею цервікальною інтраепітеліальною неоплазією і раком шийки матки.



Таким чином, при організованій та чіткій роботі гінекологів, клінічних цитологів, скринінг патології шийки матки дає можливість провести ранню діагностику та адекватне лікування, що дозволяє зберегти здоров'я жінки та її репродуктивну функцію, а це, в свою чергу, має важливе соціальне значення.

Список літературних джерел

1. Діагностика герпес-вірусних захворювань людини. Меморандум наради ВОЗ // Бюлетень ВОЗ. – 2021. - Т. 69, № 3. - С. 11-19.
2. Національний канцер-реєстр України БЮЛЕТЕНЬ НАЦІОНАЛЬНОГО КАНЦЕР-РЕЕСТРУ УКРАЇНИ Видання № 12 КИЇВ – 2011 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ucr.gs.com.ua/dovida9/PDF/57-58-shm.pdf>.
3. Uzel, K., & Lakhno, I.(2020). Можлива роль бактеріального вагінозу в патогенезі передракових захворювань шийки матки. *Актуальні проблеми сучасної медицини*,(5),11-19. <https://doi.org/10.26565/2617-409X-2020-5-02>.
4. Dahoud, W., Michael, C. W., Gokozan, H., et al. (2019). Association of Bacterial Vaginosis and Human Papilloma Virus Infection With Cervical Squamous Intraepithelial Lesions. *Am J Clin Pathol*, 152 (2), 185-189. DOI: 10.1093/ajcp/aqz021
5. Lakhno, I. V. (2016). Treatment of Genital Warts: Focus on Vaginal Dysbiosis. *Reproductive Endocrinology*, 28(1), 30-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.18370/2309-4117.2016.27.30-32>
6. Barros, M. R., Jr, de Melo C. M. L., Barros, M. L., et al. (2018). Activities of stromal and immune cells in HPV-related cancers. *J Exp Clin Cancer Res*,5, No3 7(1), 137. DOI: 10.1186/s13046-018-0802-7.
7. Romero-Morelos, P., Bandala, C., Jiménez-Tenorio, J., et al. (2019). Vaginosis-associated Bacteria and Its Association With HPV Infection Observational Study. *Med Clin (Barc)*, 152 (1), 1-5. DOI: 10.1016/j.medcli.2018.01.027.
8. Romanenko, T. G., Dovbnia, T. V. (2018). Papillomavirus Infection of the Genitals (Clinical Lecture). *Health of Woman*, 2 (128), 9–15. DOI 10.15574/HW.2018.128.9
9. Крутікова Е. І., Громова А. М. Кількісне папіломавірусне навантаження слизової оболонки шийки матки при цервікальній інтраепітеліальній неоплазії як критерій ефективності комплексної передопераційної терапії. Збірник наукових праць асоціації акушерів-гінекологів України. 2019. Вип. 2 (40). С. 151–155.

Abstract. Bacterial vaginosis, which leads to a deficiency of immune protection at the level of the mucous membrane of the vagina, is a frequent companion of papillomavirus infection. We have studied the role of bacterial vaginosis in the pathogenesis of cervical intraepithelial neoplasia and cervical cancer in patients with papillomavirus infection. It was established that modern technologies, such as new smear processing systems, including (liquid cytology), computerization, microbiological examination, are useful for increasing the sensitivity of cervix pathology screening.

Key words: exo-endocervix, neoplasia, papilloma, viral infection, bacterial vaginosis.



УДК 578.834.1:616-03:314.4

**PART OF INTESTINAL PATHOLOGY AMONG THE CAUSES OF
HOSPITALIZATION AND MORTALITY PATIENTS WITH COVID-19**
**ЧАСТКА ІНТЕСТИНАЛЬНОЇ ПАТОЛОГІЇ СЕРЕД ПРИЧИН ГОСПІТАЛІЗАЦІЇ ТА
СМЕРТНОСТІ ХВОРИХ НА COVID-19**

Tomashkevych H.I. / Томашкевич Г.І.*s.m.s., associate professor/к. мед. н., доцент*

ORCID: 0009-0007-7859-1313

Tkachenko T.V. / Ткаченко Т.В.*s.m.s., associate professor/к. мед. н., доцент*

ORCID: 0000-0001-6355-6995

*Вінницький національний медичний університет ім. М.І. Пирогова,**вул. Пирогова, 54, 21018**National Pirogov Memorial Medical University, Vinnytsia, Pyrogoва, 54, 21018*

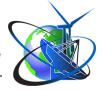
Анотація. Коронавірусна хвороба залишається на разі актуальною проблемою. Ознаки ураження ШКТ частіше діагностуються у пацієнтів із перебігом середньої важкості COVID-19 – 25 хворих (50%), з них: втрата апетиту – 19 (42%); нудота – 9 (18%); больовий синдром – 3 (6%); метеоризм – 3 (6%); діарея – 5 (10%) випадків. Спостерігаються також підвищення рівнів біохімічних показників: загального білірубіну у 9 пацієнтів (18%); АЛТ – 4 хворих (8%); АСТ – 2 хворих (4%); всіх показників – 6 хворих (12%). Серед померлих більшість пацієнтів як жіночої, так і чоловічої статі мали ураження серцево-судинної, травної, сечо-видільної, ендокринної систем з частотою 60% та 52,28% відповідно. Частота діагностування негоспітальної пневмонії вірусної та бактеріальної етіології суттєво не відрізняється серед пацієнтів обох статей. Причиною смерті серед переважної кількості пацієнтів, що перебували на стаціонарному лікуванні у інфекційному відділенні (87,6 жінок та 80,36 чоловіків), є вірусна пневмонія. Інша причина смерті була встановлена у 12,4% жінок та 19,64% чоловіків відповідно. Наведений клінічний випадок перебігу псевдомембранозного коліту. Набутий досвід діагностики та лікування коронавірусної інфекції, у тому числі із коморбідною патологією, необхідно примножувати та враховувати у конкретній клінічній ситуації.

Ключові слова: Коронавірусна хвороба, структура смертності, інтестинальні симптоми, псевдомембранозний коліт.

Вступ. Коронавірусна хвороба значно змінила структуру захворюваності та смертності у світі та в Україні зокрема. Станом на 19 жовтня 2023 року у світі інфіковано 696 731 063 населення, з них в Україні – 5 557 995 (13,5%).

Зареєстровано смертельних випадків у світі 6 927 438 (1%). Рівень смертності в Україні вдвічі вищий та складає 2% (112 418 пацієнтів) від кількості захворілих. Загалом Україна займає 26 місці серед країн усього світу за показником смертності. Але були періоди, коли Україна за показниками смертності входила у п'ятірку першості після Канади, США, Німеччини, Франції [6,7].

Впродовж пандемії вирішено безліч питань щодо профілактики, вакцинації, амбулаторного та стаціонарного лікування хворих на коронавірусну хворобу, ведення пацієнтів з постковідним синдромом; проведений аналіз частоти захворюваності та смертності, перебігу захворювання, у тому числі поєднаного з коморбідною патологією.



Велика кількість досліджень присвячена вивченню поширеності ураження шлунково-кишкового тракту, що супроводжують типові респіраторні симптоми. Безсумнівними наразі є дані щодо можливого перебігу коронавірусної хвороби тільки з респіраторними симптомами, у їх поєднанні з ознаками ураження травної системи, рідше діагностуються ізольовані симптоми зі сторони шлунково-кишкового тракту [2].

Визначені найпоширеніші типові інтестинальні прояви коронавірусної хвороби: зниження апетиту до анорексії, нудота, блювання, діарея, біль у животі, підвищений рівень трансаміназ; частота виникнення та комбінації симптомів різноманітні. У більшості досліджень кількість пацієнтів зі зниженим апетитом переважає від 30,4 до 66,7%, залежно від перебігу хвороби: середньо-тяжкого чи тяжкого [5, 11, 13].

У нашому дослідженні ознаки ураження ШКТ частіше діагностуються у пацієнтів із середньо-важким перебігом COVID-19 – 25 хворих (50%), з них: втрата апетиту – 19 (42%); нудота – 9 (18%); больовий синдром – 3 (6%); метеоризм – 3 (6%); діарея – 5 (10%) випадків. На нашу думку зміни апетиту пов'язані з інтоксикацією та не мають безпосереднього відношення до ураження травної системи [1].

Суперечливі дані отримані дослідниками щодо впливу ураження травної системи на перебіг коронавірусної хвороби та смертність. Аналіз 23 досліджень з відповідними особами ($n = 3800$), у яких оцінюється зв'язок між тяжкістю захворювання та діареєю, показав, що, особи, які мали діарею, частіше перенесли важку форму COVID-19 (співвідношення шансів: 1,71; 95% ДІ: 1,31-2,24; $p < 0,0001$; $I^2 = 10\%$) [9, 10].

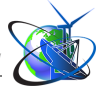
Біль у животі був пов'язаний із майже в 2,8 рази підвищеним ризиком важкої форми COVID-19; залежність між діареєю та тяжкістю COVID-19 була регіонально різною; нудота та блювота були обмежені у зв'язку з підвищеним ризиком важкої форми COVID-19 [14].

Описані та проаналізовані інтестинальні ускладнення, що виникали у хворих на коронавірусну хворобу.

Проведений логістичний регресійний аналіз не визначив шлунково-кишкову кровотечу як незалежний предиктор смертності. Дослідники вважають, що у пацієнтів була більша ймовірність розвитку шлунково-кишкової кровотечі при застосуванні терапевтичних доз антикоагулянтів (29,7% проти 12,8%, $p = 0,003$), стероїдів (37,8% проти 18,5%, $p = 0,003$) та ШВЛ (48,6% проти 30,4%, $p = 0,018$) [3, 8].

За даними 53 джерел літератури з 55 245 пацієнтами з COVID-19 (4 955 не пережили та 50 290 вижили). Наявність шлунково-кишкових симптомів не була пов'язана зі смертністю пацієнтів з COVID-19 ($OR=0,88$; 95% ДІ 0,71-1,09; $P=0,23$). Що стосується індивідуальних симптомів, то діарея ($OR=1,01$; 95% ДІ 0,72-1,41; $P=0,96$), нудота/блювання ($OR=1,16$; 95% ДІ 0,78-1,71; $P=0,46$) і біль у животі ($OR=1,55$; 95% ДІ 0,68-3,54; $P=0,3$) також показали невідповідність зі смертю пацієнтів з COVID-19 [12].

Більшість дослідників стверджують, що ймовірність смерті вище у людей із супутніми захворюваннями, такими як серцево-судинні захворювання, діабет



і високий кров'яний тиск [4].

Пандемія коронавірусної хвороби у травні 2023 року за визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я завершилась. В Україні з 1 липня 2023 року скасований карантин, який був встановлений з метою запобігання поширенню гострої респіраторної хвороби COVID-19.

Враховуючи високі показники смертності, періодичне зростання захворюваності, великі строки тимчасової непрацездатності, інвалідизація, актуальним є пошук предикторів важкого, ускладненого перебігу та смертності коронавірусної хвороби.

Мета та методи. Метою є вивчення частоти інтестинальної патології серед причин смертності у пацієнтів, які госпіталізовані з SARS-CoV-2. Нами проведений ретроспективний аналіз причин смертності всіх пацієнтів, які були госпіталізовані з SARS-CoV-2 у період з 2020 та 2001 років, визначена частка інтестинальної патології, описаний клінічний випадок фульмінантного перебігу псевдомембранозного коліту.

Результати. Наразі ми проаналізували історії хвороб пацієнтів, що знаходились на стаціонарному лікуванні у відділенні анестезіології та реанімації, інфекційному та пульмонологічному відділеннях КНП «Вінницька міська клінічна лікарня №1» впродовж 2020 та 2021 років. За даний період померли 803 особи. Серед пацієнтів було 379 жінок (47,2%) віком від 21 до 103 років та 424 чоловіків (52,8%) віком від 18 до 95 років, середній вік становить $69,97 \pm 13,37$ та $67,24 \pm 13,27$ років відповідно. Жінок віком старше 80 років було удвічі більше (26,0%), ніж чоловіків (13,8%), $p < 0,001$ (рис. 1).

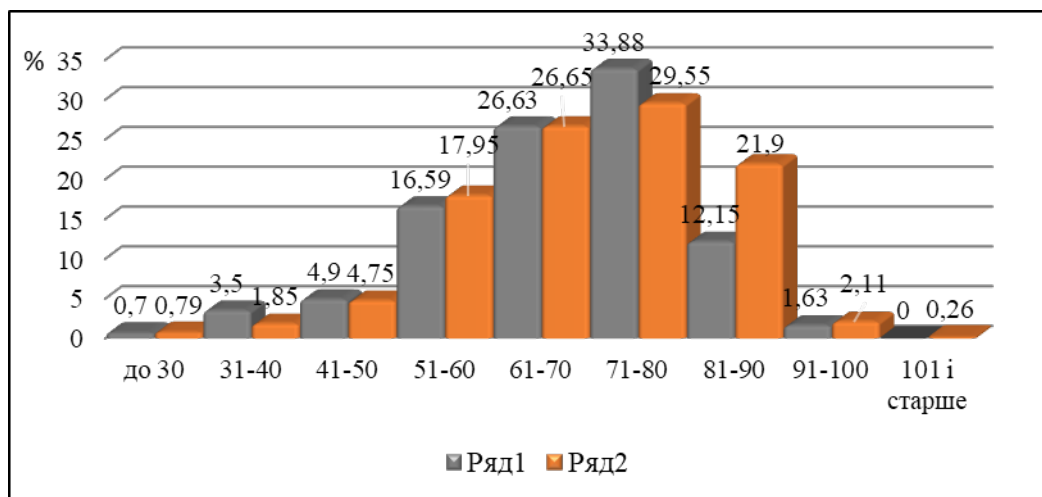


Рисунок 1 – Гендерно-вікова структура померлих пацієнтів, %
(ряд 1 – чоловіки, ряд 2 – жінки)

Середній вік чоловіків та жінок суттєво не відрізняється та становить $69,97 \pm 13,37$ і $67, \pm 13,27$ років відповідно ($p > 0,05$).

Причинами смерті були: вірусна SARS COV-19 пневмонія, негоспітальна пневмонія бактеріальної етіології, інші захворювання.

Серед померлих невідкладної допомоги потребували більшість пацієнтів як жіночої, так і чоловічої статі з ураженням серцево-судинної, травної, сечовидільної, ендокринної систем з часткою 60% та 52,28% відповідно. Частка



негоспітальних пневмоній вірусної та бактеріальної етіології суттєво не відрізняється серед пацієнтів обох статей ($p > 0,05$).

Причиною смерті серед переважної кількості пацієнтів, що перебували на стаціонарному лікуванні у інфекційному відділенні (87,6% жінок), є вірусна пневмонія. Інша причина смерті була встановлена у 12,4% жінок (рис. 2).

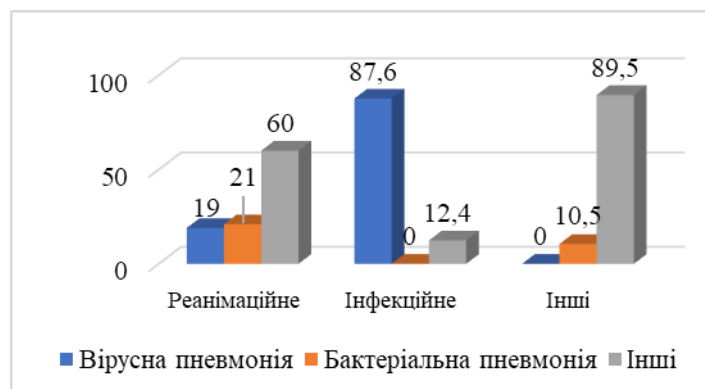


Рисунок 2 – Частка хворих жіночої статі, що померли у відділеннях клініки, %

Частота смерті пацієнтів чоловічої статі від вірусної пневмонії у спеціалізованому інфекційному відділенні становить 80,36%, з інших причин померли 19,64% чоловіків (рис. 3).

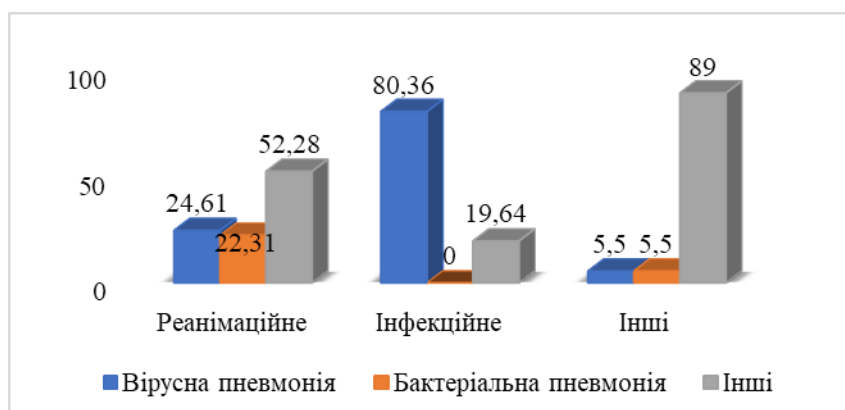


Рисунок 3 – Частка хворих чоловічої статі, що померли у відділеннях клініки, %

Статистично значимою є частота смертності, що спричинена вірусною пневмонією у інфекційному, у меншій мірі реанімаційному відділеннях у порівнянні зі спеціалізованими відділеннями терапевтичного профілю, де переважна кількість причин смерті обумовлена ураженням інших органів та систем (рис. 4).

Найчастіше причиною смертності серед хворих обох статей є атеросклеротичне ураження серця та судин: 38,9% у жінок та 42,1% серед чоловіків (тільки у одному випадку – гіпертрофічна кардіоміопатія). Патологія центральної нервової системи представлена ішемічним та геморагічним інсультами, дихальної системи – хронічним обструктивним захворюванням легень. При чому у жінок переважала смертність від інсультів: 26,3% випадків,



порівняно із чоловіками - 16,8% випадків. Цироз печінки спричинив втричі більшу смертність у чоловіків, порівняно з жінками: 16,8 та 5,3% відповідно. Серед жінок та чоловіків локалізація злоякісних новоутворень є зовнішньою, це пряма кишка, шийка матки.

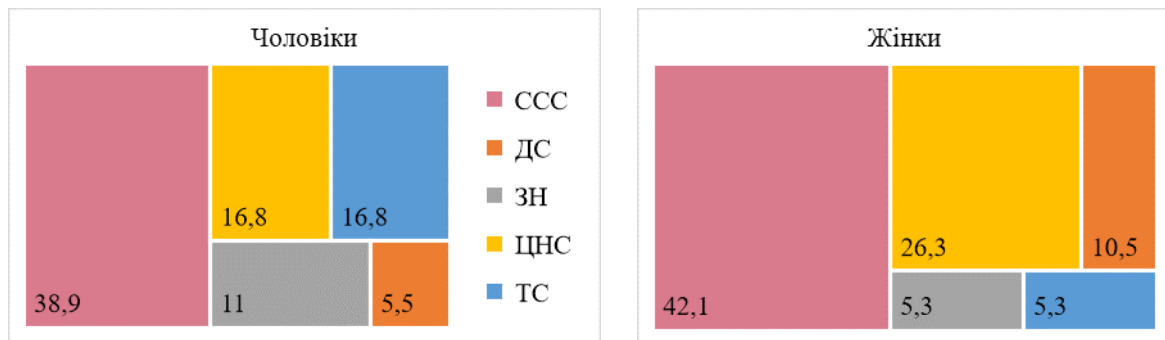


Рисунок 4 – Частота ураження внутрішніх органів, %

(ССС – серцево-судинна система, ДС – дихальна система, ЗН – злоякісні новоутворення, ЦНС – центральна нервова система, ТС – травна система)

Впродовж 2020-2021 року померла лише одна пацієнтка, що була госпіталізована з приводу коронавірусної хвороби, поєднаної з псевдомембранозним колітом.

Наводимо даний клінічний випадок.

Пацієнтка Т., 36 років, госпіталізована зі скаргами на постійний біль в епігастральній ділянці, збільшення частоти дефекації до 8-10 разів на добу, кал рідкий, помаранчевого кольору; задишку під час мінімального фізичного навантаження, періодичну нудоту, спрагу, схуднення на 5 кг за останні 10 днів.

Хворіє 10 днів. Причиною захворювання вважала контактування з хворими на COVID-19. ПЛР SARS CoV2 – позитивний. Почали турбувати відсутність апетиту, виражена загальна слабкість, підвищення температури тіла до 39⁰С. За медичною допомогою не зверталась. Приймала жарознижуючі препарати. Антибактеріальні препарати не застосовувались. На 6 день хвороби стан погіршився через появу періодичного переймистого болю в животі, діареї. Через 3 дні звернулась за медичною допомогою у зв'язку із виникненням задишки.

Фізикальне обстеження. Стан важкий. Температура тіла 36,2⁰С. Шкіра бліда, суха, тургор знижений. Периферичні лімфатичні вузли не пальпуються. Частота дихання 24 на хвилину. Сатурація кисню 92%. Над легеньми вислуховується ослаблене везикулярне дихання. Артеріальний тиск 90/60 мм рт. ст. Тони серця ритмічні, ослаблені. Частота серцевих скорочень 107 на хвилину. Язик сухий, чистий. Живіт впалий, симетричний, приймає участь в акті дихання. Під час поверхневої пальпації передня черевна стінка м'яка, безболісна. Печінка не збільшена, край гострий, безболісний, еластичний. Селезінка не пальпується. Симптом Пастернацького негативний.

Результати додаткових методів дослідження. Гемоглобін 208 г/л, еритроцити $6,89 \times 10^{12}/л$, лейкоцити $95,33 \times 10^{12}/л$, метамієлоцити 8%, паличкоядерні 18%, сегментоядерні 45%, лімфоцити 4%, моноцити 4%,



швидкість зсідання еритроцитів 3 мм/год., глюкоза крові 4,8 ммоль/л, білірубін загальний 13,2 ммоль/л, АЛТ 0,31 мкмоль/л, АСТ 0,25 мкмоль/л, калій 3,5 ммоль/л, натрій 142 ммоль/л, МСКТ ОГК: пневмонія COVID-19 етіології від 15 до 40%, динаміка негативна.

Встановлений попередній діагноз: Негоспітальна полісегментарна пневмонія обох легень. ЛН І. Гостра респіраторна коронавірусна інфекція-19, важкий перебіг. Псевдомембранозний коліт. Дегідратація II ст.

Через добу, незважаючи на симптоматичне лікування, стан пацієнтки погіршився. Збільшилась інтенсивність болю в животі, виникли часті тенезми. Через 3 години відбулася зупинка серцево-легеневої діяльності. Реанімаційні заходи безрезультатні впродовж години. Була констатована біологічна смерть.

Патологоанатомічний діагноз.

Основний. Псевдомембранозний тотальний коліт (*Clostridium difficile* позитивне типування продуцентів А, В, А/В токсинів визначенням ПЛР).

Ускладнення. Серозний реактивний перитоніт. Вторинний неспецифічний серозний проміжний гепатит. Субендокардіальний крововилив лівого шлуночка. Набряк легень. Дистрофія та нерівномірне повнокрів'я паренхіматозних органів.

Супутні захворювання. Гостра респіраторна коронавірусна хвороба (ПЛР позитивний). Негоспітальна полісегментарна пневмонія обох легень (МСКТ ОГК 15-40%). Кандидоз кишечника (бактеріологічне дослідження вмісту тонкої та товстої кишки – *Candida* 10⁶ КУО).

Тривалість захворювання до госпіталізації 10 днів, перебування у стаціонарі – 26 годин.

Заклучення та висновки. Хоча скарги зі сторони шлунково-кишкового тракту виникають на патофізіологічному тлі у значної кількості хворих на коронавірусну хворобу, вони не є предикторами тяжкого перебігу та смертності пацієнтів. Діарея також може бути проявом антибіотикасоційованої діареї, синдрому надлишкового бактеріального росту, кандидозу кишечника, псевдомембранозного коліту. Наведений клінічний випадок є свідченням того, що не можна недооцінювати або нехтувати симптомами порушення травлення через невелику кількість пацієнтів. Набутий досвід діагностики та лікування коронавірусної інфекції, у тому числі із коморбідною патологією, необхідно примножувати та враховувати у конкретній клінічній ситуації.

Література:

1. Томашкевич Г.І., Ошарова А.М. Клінічні ознаки та патогенетичні чинники постковідного коліту / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «The concept of modern pharmacy and medicine in Ukraine and EU countries»; 2021. Р. 65.
2. Ghazal Zoghi, Seyed Hamid Moosavy, et al. Gastrointestinal implications in COVID-19 / BMC Infect Dis 2021 Nov 4;21(1):1135.
3. Giovanni Marasco, Marcello Maida, Gaetano Cristian Morreale et al. Gastrointestinal Bleeding in COVID-19 Patients: A Systematic Review with Meta-Analysis / Can J Gastroenterol Hepatol. 2021 Sep 1:2021:2534975.



4. Habibollah Azarbakhsh, Leila Moftakhar, Aliasghar Valipour at al. Epidemiological features and consequences of COVID-19 in patients with and without gastrointestinal symptoms in southwestern Iran. A retrospective observational study / Health Sci Rep. 2023 Sep 18;6(9):e1499.
5. Haizhou Wang, Peishan Qiu, Jing Liu The liver injury and gastrointestinal symptoms in patients with Coronavirus Disease 19: A systematic review and meta-analysis / Clin Res Hepatol Gastroenterol. 2020 Oct;44(5):653-661.
6. <https://covid19.who.int/>.
7. <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/coronavirus/>.
8. Jasbir Makker, Nikhitha Mantri, Harish K Patel et al. The Incidence and Mortality Impact of Gastrointestinal Bleeding in Hospitalized COVID-19 Patients / Clin Exp Gastroenterol. 2021 Oct 8;14:405-411.
9. Ren Mao, Yun Qiu, Jin-Shen He et al. Manifestations and prognosis of gastrointestinal and liver involvement in patients with COVID-19: a systematic review and meta-analysis / Lancet Gastroenterol Hepatol. 2020 Jul;5(7):667-678.
10. Sunita Dhakal, Pimphen Charoen, Wirichada Pan-Ngum et al. Severity of COVID-19 in Patients with Diarrhoea: A Systematic Review and Meta-Analysis / Trop Med Infect Dis. 2023 Jan 26;8(2):84.
11. Vishnu Charan Suresh Kumar, Samiran Mukherjee, Prateek Suresh Harne et al. Novelty in the gut: a systematic review and meta-analysis of the gastrointestinal manifestations of COVID-19 / BMJ Open Gastroenterol. 2020 May;7(1):e000417.
12. Yang Wang, Yimin Li, Yifan Zhang et al. Are gastrointestinal symptoms associated with higher risk of Mortality in COVID-19 patients? A systematic review and meta-analysis / BMC Gastroenterol. 2022 Mar 7;22(1):106.
13. Yuan Tian, Long Rong, Weidong Nian et al. Review article: gastrointestinal features in COVID-19 and the possibility of faecal transmission / 2020 May; 51(9):843-851.
14. Weibiao Zeng, Kai Qi, Miao Ye et al. Gastrointestinal symptoms are associated with / Eur J Gastroenterol Hepatol. 2022 Feb 1;34(2):168-176.

Abstract. Corona virus disease remains an urgent problem. Signs of damage to the gastrointestinal tract are more often diagnosed in patients with a course of moderate severity of COVID-19 - 25 patients (50%), of which: loss of appetite - 19 (42%); nausea - 9 (18%); pain syndrome - 3 (6%); flatulence - 3 (6%); diarrhea - 5 (10%) cases. Increased levels of biochemical indicators are also observed: total bilirubin in 9 patients (18%); ALT - 4 patients (8%); AST - 2 patients (4%); all indicators - 6 patients (12%). Among the deceased, the majority of both female and male patients had damage to the cardiovascular, digestive, urinary, and endocrine systems with a share of 60% and 52.28%, respectively. The frequency of diagnosis of nosocomial pneumonia of viral and bacterial etiology does not differ significantly among patients of both sexes. The cause of death among the majority of patients who were hospitalized in the infectious department (87.6 women and 80.36 men) is viral pneumonia. Another cause of death was established in 12.4% of women and 19.64% of men, respectively. A clinical case of the course of pseudomembranous colitis is given. The acquired experience of diagnosis and treatment of coronavirus infection, including with comorbid pathology, must be multiplied and taken into account in a specific clinical situation.

Key words: COVID-19, mortality structure, intestinal symptoms, pseudomembranous colitis.



ART THERAPY OF CANCER PATIENTS IN THE CONTEXT OF THE COVID19 PANDEMIC AND WAR IN UKRAINE

Rybin A.I.,
Kuznetsova O.V.

Odessa National Medical University,
Department of Radiation Diagnostics, Therapy, Radiation Medicine and Oncology

"For the sake of goodness and love, a person should not allow death to take over your thoughts ..."

Abstract. After the diagnosis is made, a cancer patient goes through a long period of acceptance and awareness, which certainly leaves an imprint on his psycho-emotional state. And the emergence of another unexpected negative factor, like war and the COVID19 pandemic, multiplies the degree of depression, panic, despair, denial of the fact of the disease, and sometimes refusal of treatment.

Goal and tasks. To assess the effectiveness of art therapy in complex antitumor treatment in patients with locally advanced or metastatic HER2-negative hormone-dependent breast cancer (HRCC), stimulation of patients' skills for unlimited creativity, an emotional outburst of negative energy.

Materials and methods. 25 patients with thyroid cancer: 17 (68%) - metastatic cancer (of which, damage to the bones of the skeleton - 13 (76.4%), lungs - 4 (23.5%), orbit - 1 (5.9%), liver - 1 (5.9%), ovaries - 2 (11.8%), peritoneal carcinomatosis - 3 (17.6%), ascites - 2 (11.8%). 8 (32%) patients have locally advanced cancer. The patients studied the effectiveness of anticancer therapy: letrozole 2.5 mg per day daily + palbociclib 125 mg per day from 1 to 21 days daily against the background of art therapy (pictures "by numbers"). Patients independently chose drawings, colors, images, canvas sizes, and timeframes for completing the work, as well as pronounced their choice.

Results. Complex antitumor treatment (letrozole + palbociclib) against the background of art therapy made it possible to achieve an objective effect in 21 patients (2 (9.5%) - CR, 12 (57.1%) - PR, 7 (33.3%) - SD), progression of the process - 4 (16%). 14 patients chose flower drawings (56%), 4 - landscapes (16%), 3 - animals (12%) and 4 - other (16%). The majority of patients (60%) chose a drawing in dark colors as their first work, and the subsequent ones were done with bright colors, which indicates an improvement in the psycho-emotional status, quality of life of patients against the background of art therapy and was associated with the disappearance of despondency and uncontrollable fear.

Keywords: art-therapy, breast cancer, quality of life, COVID-19, war in Ukraine

In February 2022, as a result of a full-scale invasion of the aggressor, a war broke out in Ukraine, the consequences of which are also reflected in the condition of cancer patients. Already now there is an increase in the incidence of cancer, the formation of forms of cancer resistant to treatment and the emergence of more aggressive variants of the course of the disease [2].

2020 has become a test for all of us, as well as an occasion to find a way out of even the most absurd situation. How to continue special treatment for a cancer patient, adhering to the timing of the introduction of cytostatics and the continuity of care in a pandemic COVID-19? Cancer patients are at high risk for COVID-19 infection and need to continue anticancer therapy. Discontinuation of chemotherapy or targeted therapy, discontinuation of hormone therapy or immunotherapy - today, in quarantine, tomorrow - will reduce overall and relapse-free survival.



On March 13, 2020, the American Society of Oncologists ASCO published guidelines for the management of cancer patients in the context of the COVID-19 pandemic, according to which cancer patients at risk for severe COVID-19 [6, 12] are:

- patients 65 years and older;
- patients with concomitant chronic diseases of the cardiopulmonary system;
- patients receiving chemotherapy;
- obese patients (BMI > 40);
- patients receiving immunosuppressive therapy;
- patients with decompensated conditions, such as diabetes.

To reduce the risk of infection, it was recommended to reduce the number of visits to oncology hospitals. In this regard, all cancer patients should be divided into three categories [9, 10]:

1. Patients who require immediate initiation of cancer treatment or continued drug treatment because the risk of progression or death from the underlying disease is higher than the risk of SARS-CoV-2 infection.

2. Patients who may be delayed in initiating therapy (for example, patients who have already received multiple lines of palliative chemotherapy due to the progression of the cancer process and have no symptoms of the disease).

3. Patients under observation without signs of disease and/or progression, who should cancel visits in the next 2-3 months and/or conduct them remotely.

The recommended individual approach to each clinical case, change of treatment tactics should not significantly worsen the prognosis of the underlying disease. In some cases, refusing adjuvant chemotherapy for early breast cancer or rescheduling it may have a more favorable effect on prognosis than pandemic.

The most famous international professional societies of oncologists (ASCO, ESMO, NCCN) offered clinical oncologists around the world general recommendations for changing the tactics of treatment of cancer patients, aimed at minimizing social contacts and visits to medical institutions [11, 12, 13]:

- refusal of deliberately toxic chemotherapy, especially in patients with comorbidities who are at risk for severe COVID-19;
- when choosing therapy, prefer drugs without potential pulmonary toxicity (for example, replacement of bleomycin with ifosfamide in the presence of germ cell tumors, the use of sunitinib instead of everolimus in the presence of neuroendocrine tumors);
- observation or maintenance therapy when remission is achieved, provided that reducing the number of treatment cycles will not lead to worsening of long-term results;
- transfer of patients from intravenous regimens to oral treatment regimens, if it does not worsen the course of the cancer process;
- in some cases it is possible to postpone the next course for 2 weeks, increase the intervals between courses of treatment;
- refusal (where possible) of weekly treatment in favor of 2-3 weeks;
- the decision to cancel and/or modify the treatment regimen should take into



account the indications, risks, and expected benefits, the decisions made should be formalized by the decision of the oncology council or medical commission;

- expanding the indications for the prophylactic use of G-CSF for patients at risk of febrile neutropenia more than 10%, consideration of the appointment of prophylactic antibiotic therapy.
- providing the patient with instructions in case of side effects, indicating drugs and modes of their use to relieve side effects.

Thus, currently, there are no absolute contraindications for a particular method of anticancer treatment, as well as clear recommendations for the sequence of their implementation [8]. Therefore, each specific clinical case must be considered individually, which more than ever fits into the concept of personalized treatment of cancer patients.

Our work aimed to evaluate the effectiveness of art therapy in complex antitumor treatment in patients with locally or metastatic HER2-negative hormone-dependent breast cancer (HDBC), by stimulating patients' skills to unlimited creativity, an emotional outburst of negative energy to maximize survival. when achieving satisfactory psycho-emotional status and quality of life.

It is known that after the diagnosis of cancer, the patient goes through a long multi-stage period of acceptance and awareness, which certainly leaves a certain imprint on his psycho-emotional state and behavioral reactions. And the emergence of another unexpected negative factor, such as the COVID-19 pandemic, certainly increases the degree of depression, panic, despair, denial of illness, protest, and sometimes aggression.

In some cases, it was very difficult to persuade the patient, despite the presence of incurable cancer, age, comorbidity (diabetes mellitus, for example), ie at high risk of infection, to initiate anticancer treatment, despite daily COVID-19 statistics, frightening tape news, the growing incidence in China, Italy, Spain, France, and the United States. All this led to the search for options to improve the quality of life of our patients in the context of anticancer treatment in a global problem. And such a solution to the problem was for us and our patients the art therapy.

Materials and methods. From March 2020 to June 2021, we monitored 25 patients with HDBC. Tumor was common in all patients: in 17 patients (68%) - metastatic cancer (of which, skeletal bone lesions - 13 (76.4%), lungs - 4 (23.5%), orbit - 1 (5, 9%), liver - 1 (5.9%), ovaries - 2 (11.8%), peritoneal carcinoma - 3 (17.6%), ascites - 2 (11.8%). 8 (32%) patients have locally advanced cancer. All patients underwent CT screening at the stage of examination and excluded brain damage. The mean age of patients was 57.2 years. The average length of time after the initial diagnosis before the progression of the process - 2.8 years. Due to many factors, including the COVID-19 pandemic, repeated biopsies to obtain IHC were not performed.

Taking into account the recommendations of the NCCN, patients were offered special treatment: letrozole 2.5 mg per day daily + palbocyclib 125 mg per day from 1 to 21 days daily [9, 13]. This treatment regimen meets the requirements of today: it is highly effective and allows for continuous anticancer treatment in the context of the COVID-19 pandemic. In addition, all measures were taken to reduce the risk of



COVID-19 infection: patients received low-toxicity anticancer tablets at the place of residence, under the supervision of an oncologist online. Back in 2020, after the introduction of quarantine restrictions, we planned to assess the effect of special treatment every 3 months after the start of drugs, and then every next 3 months. One of the conditions in 2020 was to reduce the incidence, which means the removal of quarantine measures, which would allow patients to come to see a clinical oncologist and perform instrumental examinations.

In addition to the main method of treatment with anticancer drugs, all patients were offered art therapy, namely daily painting of paintings "by numbers". The choice of this option of art therapy was due, first of all, to the possibility of various manifestations of both hidden and overt emotions of patients.

We studied many individual and group therapies, including online therapy, consulted a psychologist, a specialist in the development of creative thinking and chose, in our opinion, the most optimal type of art therapy that reveals the inner world of each. We asked all patients to draw pictures "by numbers". It is quite popular now and available, including online, a method of art therapy that does not require large material costs. At the same time, patients independently chose drawings, colors, images, canvas sizes and deadlines.

For example, we proposed to choose colors for art therapy, which in the opinion of the patient express his personality or character and create a composition with their help; choose colors that "neutralize" his negative experiences and use them to create an image. In addition, patients were asked not only to draw, but also to say: why did you choose bright colors or, conversely, what do the gloomy tones say? Because for this method of art therapy to work, it is necessary not only to fill the drawings with colors and shades, but also to think about the result [1, 5].

The term "art therapy" (literally: art therapy) was first used by artist Adrian Hill in 1938 to describe his work with tuberculosis patients in sanatoriums. These methods were used in the United States to work with children taken out of Nazi camps during World War II. At the beginning of its development, art therapy reflected the psychoanalytic views of Z. Freud and K. G. Jung, according to which the end product of the client's artistic activity (whether drawing, sculpture, installation) expresses his unconscious mental processes [3].

Art therapy in the narrow sense of the word - drawing therapy, is based on fine arts, is popular for the psychological correction of neurotic and psychosomatic disorders, and expresses the emotional state of the painter [4].

Indications for art therapy: difficulties in emotional development, stress, depression, low mood, emotional instability, the impulsiveness of emotional reactions, experiencing emotional rejection by others, feelings of loneliness, interpersonal conflicts, dissatisfaction with family relationships, jealousy, anxiety, fears, phobias negative "I-concept", low self-esteem [3].

All these manifestations, of course, can be seen in every cancer patient, especially - depression, emotional instability, low self-esteem, anxiety, fear, loneliness. Especially now, during the COVID19 pandemic, when all these feelings are experienced with redoubled force: the fear of the unknown and the fear of death not only from Cancer but also from COVID19 [7].



According to K. Rudestam, one of the main tasks of art therapy [2] are: to give a socially acceptable way out of aggression and other negative feelings; facilitate the healing process as an auxiliary method and work out depressing thoughts and feelings.

Stimulation of cancer patients' skills to unlimited creativity, an emotional outburst of negative energy has become one of our tasks. At the same time, it becomes easier for a person, because he learns a new tool of self-expression, that goes beyond his capabilities. Any creativity gives a charge of energy - you write, draw or sculpt, you are free from negativity, you relieve tension, you enjoy the process [4]. The use of art therapy has many advantages over other methods. The first is the ease of use, available to everyone, regardless of age, gender, level of creativity, ie there are almost no contraindications. Another advantage is that art therapy is a non-verbal method, and therefore is especially valuable for introverts or people who have difficulty expressing their own experiences.

Results. Complex antitumor treatment (letrozole + palbociclib) on the background of art therapy allowed to obtain an objective effect in 21 patients: 2 patients (9.5%) - CR (complete answer), 12 patients (57.1%) - PR answer), 7 patients (33.3%) - SD (stabilization of the process), progression of the process was registered in 4 patients (16%). All patients continued antitumor therapy on the background of art therapy with sequential staining of one picture after another, as the work progressed. We tried to analyze the choice of our patients in consultation with a psychotherapist. As a rule, when tired, people draw flowers (Fig. 1); if you need to quickly get in shape and regain strength - paint the landscape; there is dissatisfaction with life - make a reproduction of the picture (Fig. 2); there is despair - roads and paths are drawn. Among our patients, 14 (56%) chose drawings of flowers, 4 (16%) - landscapes, 3 (12%) - animals and 4 (16%) - others.

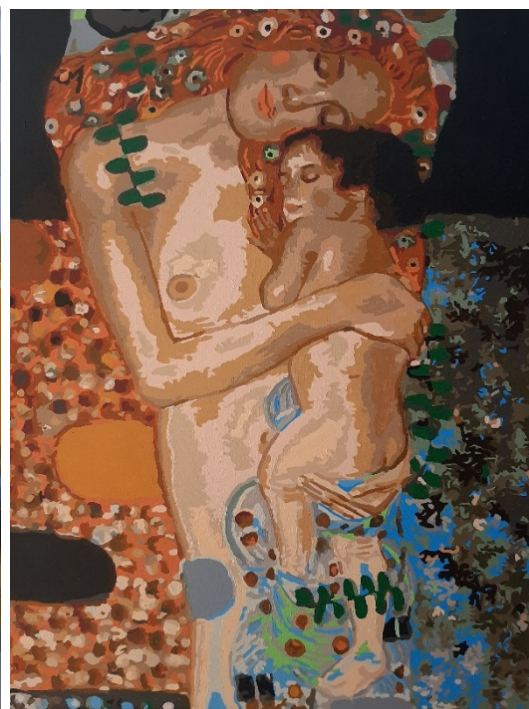


Fig. 1 Example of patient drawings Fig. 2 Example of patient drawings (flowers) (oil painting reproduction)



The color scheme chosen by the patient can also characterize his psycho-emotional state. So, as a rule, the majority of patients (60%) chose as the first work drawing in dark tones, and then, 2 or 3 works were executed with bright paints (fig. 3). The patients themselves pointed out that the choice of drawing with a predominance of brown, black, burgundy, navy blue, they associated with despair, low mood, uncontrollable fear. And the gradual transition to bright colors indicates an improvement in psycho-emotional status, quality of life of patients on the background of art therapy and was associated with the disappearance of despair and uncontrollable fear.



Fig. 3. An example of changing the color scheme and theme of drawings on the background of art therapy

Thus, based on the results of the study, the following **conclusions were made:**

1) In our opinion, the use of art therapy, namely painting "by numbers", helps to improve the general condition of patients, namely to reduce stress and relieve feelings of helplessness. The moment of expressing their choices and emotions that arise during the entire period of drawing, which is reflected in their work, allows patients to become aware of the experience through coloring.

2) The use of combination anticancer therapy with palbociclib + letrozole on the background of art therapy (picture "by numbers") allows achieving an objective positive result in 84% (21 patients) of patients, which opens great prospects for this method of treatment of cancer patients in the ongoing pandemic COVID-19 and war.

Literature:

1. Андрейчин С. Р. (2009) Система впровадження арт-методів у роботі практичного психолога. *Практична психологія та соціальна робота*; 5: 13-18.

2. Бондар О.В., Рибін А.І., Кузнецова О.В. Інтеративне навчання майбутніх лікарів під час війни. Матеріали XX Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю в онлайн-режимі за допомогою платформи Microsoft Teams «СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИЩОЇ МЕДИЧНОЇ (ФАРМАЦЕВТИЧНОЇ) ОСВІТИ В УКРАЇНІ» (Тернопіль, 18–19 травня 2023 року). С 29-32.



3. Валуйська А. (2012) Історія і види арт-терапії. Classes with teachers. *Психолог*; 13-14: 66-67.
4. Вознесенська О. (2011) Шляхом арт-терапії у пошуку натхнення. *Психолог*; 17: 3-5
5. Тараріна О. (2012) Арт-терапія – джерело натхнення і саморегуляції. *Психолог*; 13-14: 4.
6. Шеніхова Ж. (2012) Фарби і манка в арт-терапевтичній роботі. *Психолог*; 13-14: 107-109.
7. Coles CE, et al. (2020) International Guidelines on Radiation Therapy for Breast Cancer During the COVID-19 Pandemic. *Clinical Oncology*; 32: 279-281.
8. Liang W, Guan W, Chen R, et al. (2020) Cancer patients in SARS-CoV-2 infection: a nationwide analysis in China. *Lancet Oncology*; 21(3): 335-337.
9. Simcock R, et al. (2020) COVID-19: Global radiation oncology's targeted response for pandemic preparedness. *Clinical Translated Radiation Oncology*; 22: 55-68.
10. You B, Ravaud A, Canivet A, et al. (2020) The official French guidelines to protect patients with cancer against SARS-CoV-2 infection. *The Lancet Oncology*; doi: [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(20\)30204-7](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(20)30204-7).
11. Yu J, Ouyang W, Chua M, et al. (2020) SARS-CoV-2 Transmission in Patients With Cancer at a Tertiary Care Hospital in Wuhan, China. *JAMA Oncology*. doi:10.1001/jamaoncol.2020.0980.
12. www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/specific-groups/high-risk-complications.html
13. www.asco.org/asco-coronavirus-information/care-individuals-cancer-during-covid-19
14. www.nccn.org/covid-19/pdf/HCI_Patient_Scheduling_Recs_during_COVID.pdf



УДК: 619:618.39.636

MUMMIFICATIN OF FRUITS IN ANIMALS

МУМІФІКАЦІЯ ПЛОДІВ У ТВАРИН

Koreyba L.V. / Корейба Л. В.,

к. вет. н., доцент, the c. of vet. s, associate professor

ORCID: 0000-0002-8658-1779

Alekseeva N.V. / Алексеева Н.В.

к вет.н, доцент, the c. of vet. s, associate professor

Duda Y.V. / Дуда Ю.В.

к.вет.н., доцент, the c. of vet. s, associate professor

ORCID: 0000-0003-0892-0402

Dniprovsky State Agro-Economical University.

Dnipro, Sergeya Yefremova, 25, 49600

Дніпровський державний аграрно-економічний університет,

Дніпро, Сергія Єфремова, 25, 49600

Анотація. Муміфікація плода – це поліетіологічне і найбільш серйозне порушення вагітності у самок різних видів тварин, яке найчастіше зустрічається у багатоплідних (свині до 4%).

У корів муміфікація плода реєструється на 4–8 місяці вагітності й характеризується припиненням розвитку та загибеллю плода без абортів, продукцією жовтим тілом прогестерону, що сприяє формуванню муміфікованого плоду.

Загальні причини включають генетичні або хромосомні аномалії, дефекти плаценти, інфекційні агенти, аномальну концентрацію гормонів і необґрунтоване застосування лікарських засобів.

Трансректальна пальпація, рентгенографія і ультразвукове дослідження є ефективними клінічними методами для діагностики муміфікації.

Попередження муміфікації плодів полягає у дотриманні правил гігієни та санітарії, періодичного спостереження за стандартними протоколами вакцинації та прийняття рекомендованих програм репродуктивного моніторингу.

Ключові слова: самки різних видів тварин, патологія вагітності, муміфікація плодів, особливості клінічного прояву, діагностика, профілактика.

Вступ.

Муміфікація – це висихання плода, що настає у випадку, коли після його смерті шийка матки не відкривається, плід піддається асептичній трансформації, яка полягає у розсмоктуванні плодових вод й тканинних соків, в результаті чого зменшується об'єм плода, збільшується щільність його тканин, зменшується внутрішньоматковий тиск та підсилюється скоротливість матки і плід набуває самих різних чудернацьких форм. При цьому тканини плода просочуються солями кальцію і кам'яніють [5, 9].

Згідно літературних даних муміфікація плодів у самок різних видів тварин сильно відрізняється за етіологією, клінічними ознаками, лікуванням, прогнозом та профілактичним підходом і потребує подальшого детального вивчення [5, 6].

Для підвищення ефективності та точності діагностики, а також для покращення лікування й профілактичних заходів, спрямованих на збереження загальної фертильності у самок необхідні додаткові наукові знання про причини виникнення, особливості клінічного прояву і поширеності муміфікації



плодів. Тому, вивчення питань етіології, розповсюдження та симптомів муміфікації плодів у самок різних видів тварин є актуальним.

Огляд зовнішнього оточування.

Невиношування вагітності зазвичай ділять на стадії залежно від розвитку плода та його потенційної життєздатності: ембріональна та внутрішньоутробна смертність [10]. Точний результат ранньої внутрішньоутробної смертності непередбачуваний і залежить від кількох факторів, таких як причина внутрішньоутробної смертності, видові відмінності, стадія гестації на момент внутрішньоутробної загибелі та кількість плодів [4, 12]. Одним із можливих наслідків загибелі плоду є муміфікація [3].

Патологія з наступним перериванням вагітності може виникнути на будь-якій стадії вагітності і проявляється резорбцією ембріона чи плода, абортom плода, мертвонародженням або муміфікацією [6, 7].

Муміфікація плода – патологія вагітності, яка рідко реєструється у більшості домашніх видів тварин, але найчастіше відмічається у багатоплідних [5].

Муміфікація, при якій утворюється суха, жорстка фетоплацентарна одиниця без ексудату, називається папірусною муміфікацією та описана у собак, кішок, великої рогатої худоби, буйволів та акул [1]. При іншому типі муміфікації, відомому як гематична або шоколадна муміфікація, муміфікований плід покривається клейким в'язким матеріалом. Цей тип був зареєстрований у великої рогатої худоби [2, 3].

Наразі муміфікація плода іноді реєструється у багатьох свійських тварин, включаючи велику та дрібну рогату худобу, кобил, свиней і кролиць [5, 11]. Найбільша поширеність спостерігається у свиней і поєднується з розвитком нормальних плодів та їх виведенням разом у період родів [8].

В овець та кіз муміфікація плода зустрічається рідко й вражає як поодинокі, так і подвійні плоди. Низька поширеність муміфікації серед самок пояснює недостатність інформації в літературі [9].

До муміфікації може призвести ряд умов довкілля – спека та морози. Процес муміфікації зупиняє аутоліз – більш відомий як розкладання. Аутоліз включає два етапи: 1) вивільнення травних ферментів, які зазвичай присутні в таких органах, як кишечник та печінка, і 2) розщеплення органічних речовин бактеріями або гниття. Коли умови стають надто засушливими, а концентрація кисню надто низькою, бактерії не можуть вижити, і плід не розкладається. Зневоднення тканин також є важливим елементом процесу муміфікації: коли вміст води в тканинах падає нижче за критичний рівень, бактеріальне гниття пригнічується, тканини зневоднюються, а тіло плода зморщується до сухої шкірястої маси, сухожилів і кісток [6, 7].

Причинами муміфікації плодів неінфекційної етіології можуть бути також кисневе голодування, патологія вагітності – скручування матки, позаматкова вагітність.

За ряду авторів муміфікація плоду має як неінфекційну етіологію, так і інфекційну (таблиця 1) й ці причини можуть бути взаємопов'язаними [3, 6, 7].



Таблиця 1 – Причини муміфікації плодів у самок різних видів тварин

Вид тварин	Патологія	
	заразна	незаразна
Корови	вірусна діарея (<i>BVD</i>) блутанг (<i>BT</i>) трихомоноз	скручування матки здавлювання пуповини перекручування пуповини
Вівці/кози	токсоплазмоз хламідіоз блутанг (<i>BT</i>)	—
Свиноматки	парвовірусна інфекція (<i>PPV</i>) репродуктивно-респіраторний синдром (<i>PRRS</i>) цирковірусна інфекція (<i>PCV-2</i>) бешиха лептоспіроз хламідіоз параміксовірусна інфекція	отруєння рослинами, що містять тіоглікозиди отруєння прогірклими жирами
Кролематки	спірохетоз	позаматкова вагітність

Муміфікація плодів інфекційної етіології може бути викликана дією бактерій, вірусів, найпростіших, а також грибів (при згодовуванні кормів, що містять мікотоксини).

Діагностика муміфікації плода зазвичай нескладна. Трансректальна пальпація у великих тварин та ультразвукове дослідження показують муміфікований плід у вигляді компактного, твердого та нерухомого утворення без плацентарної рідини або плацентомів.

Ультразвукове дослідження виявляє відсутність серцебиття у плода. Також можуть бути використані серологічні дослідження та виявлення мікроорганізмів у плаценті за допомогою ПЛР. У разі зараження *Toxoplasma* можна використовувати модифікований тест аглютинації для виявлення антитіл у сироватці плода та матері.

Смерть плода (плодів) у самок різних видів тварин може супроводжуватися шлунково-кишковими розладами. Зокрема, у корів періодичними кольками тривалістю до 2 тижнів, погіршеннями апетиту, гіпо- і атонією передшлунків. Відзначається відсутність ознак наростання вагітності, проходження термінів настання родів і відсутність статевої циклічності.

У корів вигнання муміфікованого плода (рис. 1) з матки настає на 10-12 місяці після осіменіння. За ректального дослідження у матці пальпується стороннє тіло щільної консистенції, а в яєчнику добре виражене жовте тіло.

На відміну від корів, муміфіковані плоди у дрібних жуйних (рис. 2) тварин мимоволі перериваються.



Рис. 1. Муміфікований плід корови

У свиней поширеність муміфікації плода, про яку повідомляється у літературі, варіює [8]. Муміфікація плодів у свиноматок (рис. 3) можлива після 35–40 діб поросності, оскільки кістки кістяка плодів вже сформувалися. Причини невиношування вагітності у свиноматок, включаючи муміфікацію плода, розділяють на два основні класи. Перший, на яку припадає близько 70 % втрат, пов'язана з методами утримання тварин, годівлею та факторами довкілля. Другий – інфекційні захворювання (таблиця), на частку яких припадає близько 30 % невиношування вагітності.



Рис. 2. Муміфікація плода вівці за токсоплазмозу



Рис. 3. Муміфікований плід свині

Оскільки клінічні ознаки муміфікації в дрібних тварин зазвичай відсутні у кролематок муміфіковані плоди виявляються випадково під час окролу. Муміфіковані плоди здаються інкапсульованими в тканинах матки, загорнутими в сальникові спайки або вільними у черевній порожнині після їх виведення за нормальних родів чи дисточії (рис. 4).



Рис. 4. Муміфікований плід кролематки



Муміфікація плодів у кролиць зазвичай реєструється рідко і перебігає безсимптомно. Виведення муміфікованих плодів частіше спостерігаються у кролематок віком 3–4 роки під час другої стадії родів [11].

За внутрішньоутробної муміфікації відбувається зневоднення плода та його навколоплодових оболонок, що нейтралізує аутоліз тканин без кисню та бактерій.

Ґрунтуючись на сучасних знаннях про муміфікацію, існує ряд факторів, які повинні сприяти муміфікації плода:

1) плід повинен загинути після завершення розвитку кісток, інакше відбувається швидкий аутоліз, і м'які тканини руйнуються (відновлюються до своїх основних елементів перед абсорбцією через ендометрій);

2) маткові та плідні рідини повинні резорбуватися відносно швидко;

3) у матці не повинно бути кисню, поки процес муміфікації не завершиться,

4) у матці не повинно бути бактерій. Шийка матки має бути закритою для запобігання попаданню гнильних організмів, що знаходяться у піхві та присінку [6, 7].

Висновок.

Отже, окрім труднощів, пов'язаних з оцінкою поширеності муміфікації плодів у самок різних видів тварин, у тому числі і в кролиць, вивчення феномену муміфікації утруднене за низкою інших причин: різні інфекційні агенти з різною тропністю (плацента проти плода), відсутність знань про мінімальний час, необхідний для внутрішньоутробної муміфікації. Точний механізм, відповідальний за внутрішньоутробну муміфікацію невідомий і потребує подальшого вивчення.

Література

1. Braun WF.Jr. *Noninfectious prenatal pregnancy loss in the doe*. In: Youngquist RS, Threlfall WR, editors. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders. 2007. P. 555–561.
2. Card C.E. *Fetal maceration and mummification*. In: McKinnon AO, Squires EL, Vaala WL, Varner DD, editors. *Equine Reproduction*. 2nd ed. Ames (IA): Blackwell. 2011. P. 2373–2375.
3. Christianson W.T. Stillbirths, mummies, abortions, and early embryonic death. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 1992. 8. P. 623–639.
4. Duda Y.Y., Prus M.P., Shevchik R.S., Koreyba L.V., Mylostyvyi R.V., Samoiliuk V.V. Seasonal influence on biochemical blood parameters in males of Californian rabbit breed. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10(4). P. 262–268. DOI:10.15421/2020_197
5. Lefebvre, R.C. Fetal mummification in the major domestic species: current perspectives on causes and management. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 2015. P.233-244.
6. Roberts S.J. The enigma of fetal mummification. *J Am Vet Med Assoc*. 1962. 140. P. 691–698.
7. Roberts S.J. *Veterinary Obstetric and Genital Diseases*. 3rd ed. Newton



Abbot, UK: David and Charles. 1986. Disease and accidents of the gestation period. P. 123–144.

8. Segura-Correa J. C., Solorio-Rivera J. L. Risk factors for stillborn pigs and mummified fetuses in two swine farms in southeastern Mexico. *Livestock Research for Rural Development*. 2013. 25(10). P.7.

9. Vikram, R.; Joshi, V.; Khatti, A.; Babu, M.; Biam, K.P.; Barman, D. Fetal Mummification in Domestic Animals: A Critical Review. *Int. J. Livest. Res.* 2020. 10. P. 15–22.

10. Дуда Ю.В., Корейба Л.В. Біохімічні показники крові у нетелей і корів-первісток у період акліматизації. *Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти: IV Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, квітень 2022 року: тези доповіді*. Київ, 2022. С.30-34.

11. Корейба Л.В. Розповсюдження хвороб вагітності у кролиць. *Досягнення та перспективи ветеринарної науки: Міжнародна науково-практична інтернет конференція, м. Полтава, 20 жовтня 2022 року: тези доповіді*. Полтава, 2022. С. 47-50.

12. Корейба Л.В., Алексєєва Н.В., Дуда Ю.В. Аборти та їх наслідки в корів. *Тваринництво сьогодні*. 2021. № 8. С. 26-33. <http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/5398>.

References

1. Braun WF.Jr. *Noninfectious prenatal pregnancy loss in the doe*. In: Youngquist RS, Threlfall WR, editors. *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders. 2007. P. 555–561.

2. Card C.E. *Fetal maceration and mummification*. In: McKinnon AO, Squires EL, Vaala WL, Varner DD, editors. *Equine Reproduction*. 2nd ed. Ames (IA): Blackwell. 2011. P. 2373–2375.

3. Christianson W.T. Stillbirths, mummies, abortions, and early embryonic death. *Vet Clin North Am Food Anim Pract*. 1992. 8. P. 623–639.

4. Duda Y.Y., Prus M.P., Shevchik R.S., Koreyba L.V., Mylostyvyi R.V., Samoiluk V.V. Seasonal influence on biochemical blood parameters in males of Californian rabbit breed. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. № 10(4). P. 262–268. DOI:10.15421/2020 197

5. Lefebvre, R.C. Fetal mummification in the major domestic species: current perspectives on causes and management. *Veterinary Medicine: Research and Reports*. 2015. P.233-244.

6. Roberts S.J. The enigma of fetal mummification. *J Am Vet Med Assoc*. 1962. 140. P. 691–698.

7. Roberts S.J. *Veterinary Obstetric and Genital Diseases*. 3rd ed. Newton Abbot, UK: David and Charles. 1986. Disease and accidents of the gestation period. P. 123–144.

8. Segura-Correa J. C., Solorio-Rivera J. L. Risk factors for stillborn pigs and mummified fetuses in two swine farms in southeastern Mexico. *Livestock Research for Rural Development*. 2013. 25(10). P.7.

9. Vikram, R.; Joshi, V.; Khatti, A.; Babu, M.; Biam, K.P.; Barman, D. Fetal Mummification in Domestic Animals: A Critical Review. *Int. J. Livest. Res.* 2020. 10. P. 15–22.

10. Duda Y.V., Koreyba L.V.. Biochemical indicators of blood in heifers and first-born cows during the acclimatization period. *Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education: IV International scientific and practical conference, Kyiv, April 2022: abstracts of the report*. Kyiv, 2022. P.30-34.

11. Koreyba L.V. Distribution of pregnancy diseases in rabbits. *Achievements and prospects of veterinary science: International Scientific and Practical Internet Conference, Poltava, October*



20, 2022: abstracts of the report. Poltava, 2022. P. 47-50.

12. Koreiba L.V., Alekseeva N.V., Duda Y.V. Abortions and their consequences in cows. *Animal husbandry today*. 2021. No. 8. P. 26-33.
<http://dspace.dsau.dp.ua/jspui/handle/123456789/5398>.

Abstract. *Fetal mummification is a polyetiological and most serious pregnancy disorder in females of various animal species, which is most common in multiparous (pigs up to 4%).*

In cows, fetal mummification is registered at 4–8 months of pregnancy and is characterized by the cessation of development and death of the fetus without abortion, the production of progesterone by the corpus luteum, which contributes to the formation of the mummified fetus.

Common causes include genetic or chromosomal abnormalities, placental defects, infectious agents, abnormal hormone concentrations, and inappropriate drug use.

Effective clinical methods of diagnosing mummification are transrectal palpation, radiography and ultrasound.

Prevention of mummification of fetuses consists in observing the rules of hygiene and sanitation, periodic monitoring of standard vaccination protocols and adoption of recommended reproductive monitoring programs.

Key words: *females of various species of animals, pathology of pregnancy, mummification of fetuses, features of clinical manifestation, diagnosis, prevention.*



УДК 631.8:633.11

JUSTIFICATION OF THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON THE PRODUCTIVITY AND QUALITY INDICATORS OF SPRING WHEAT GRAIN

ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ ДОБРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЗЕРНА ЯРОЇ ПШЕНИЦІ

Kudriawytzka A.N. / Кудрявицька А.М.

с.а.с. ., as.prof./к.с.-г.н., доц.

Karabach K.S. / Карабач К.С.

с.оf agr.s., as.prof. /к.с.-г.н., доц.

ORCID 0000-0002-7706-231X

National university of life and environmental sciences of Ukraine

Kyiv, street of Heroes of defensive, 17,03041

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ, вул. Героїв оборони, 17,03041

Анотація. Врожайність і якість зерна ярої пшениці підвищуються при внесенні полуторної норми мінеральних добрив на фоні післядії органічних, з відповідно високими показниками якості : збору білку- 0,64 т/га та збору «сирої» клейковини-1,36 т/га.

Ключові слова: яра пшениця, врожайність, добрива, білок, «сира» клейковина, сорт, ґрунт, сівозміна.

Проблема одержання якісного зерна пшениці ярої набула важливого державного значення. Одним з основних резервів вирішення цього є подальше удосконалення технології вирощування пшениці твердої ярої. В системі агротехнічних заходів особливо важливе значення, в умовах нестабільного клімату, мають такі фактори, дози мінеральних добрив, зокрема азотних, норми висіву насіння. Саме в правильному застосуванні цих факторів криється значний резерв збільшення врожайності та поліпшення якості зерна пшениці твердої ярої [2-3].

Вирощування пшениці ярої є економічно виправданим, оскільки в першу чергу виключає необхідність імпорту продовольчого зерна. Саме тому пшениця яра поступово займає належне місце у зерновому господарстві України для стабілізації виробництва продовольчого зерна і забезпечення сировиною потреб макаронної промисловості [1-2].

Якість зерна пшениці, як і іншої агропромислової продукції, визначається сукупністю її корисних властивостей, які задовольняють конкретні потреби споживачів і досягаються системним регулюванням споживчих властивостей і характеристик продукції з їхньою оцінкою на кожній стадії проектування, виробництва, зберігання, транспортування і переробки [3-4].

Урожайність і якість зерна пшениці твердої ярої значною мірою залежать від забезпечення рослин елементами мінерального живлення протягом всієї вегетації, на що впливають їхня концентрація в ґрунті, умови і заходи вирощування, вік і розвиток рослин, сортові особливості та інші фактори [4]. Накопичення рослинами елементів мінерального живлення відбувається протягом всього періоду вегетації. Проте потреба рослин в поживних



речовинах в початковий період росту і в подальшому неоднакова. Рослини мають періоди максимального використання поживних речовин, коли в досить стислі строки поглинається велика кількість мінеральних елементів. Крім цього, рослини мають так звані критичні періоди споживання елементів живлення [5].

Дослід закладено у трикратному повторенні, розмір посівної ділянки—172 м², облікової—100м². У досліді використовували аміачну селітру, гранульований суперфосфат та калій хлористий. Добрива вносили згідно зі схемою дослідів. Польові дослідження проводилися в зерно-буряковій сівозміні.

Аналіз даних по структурі урожаю ярої пшениці Миронівська яра свідчить про те, що показник загальної кущистості на контролі дорівнював 2,5, продуктивної кущистості—2,4 (табл.1). Вищими були показники загальної і продуктивної кущистості на удобрених варіантах і становили відповідно 2,6–3,0 загальної кущистості і 2,5–2,8 продуктивної кущистості (табл. 1).

Таблиця 1- Вплив тривалого застосування добрив на структуру врожаю ярої пшениці сорту Миронівська яра

Варіант дослідів	Довжина рослин, см	Кущистість		Колос			Маса зерен з 10 рослин, г	Маса 1000 зерен, г
		загальна	продуктивна	довжина, см	к –сть озернених колосків, шт	к –сть зерен в колосі, шт		
Контроль	65,4	2,5	2,4	5,9	12,5	19,4	13,9	40,9
Післядія 30 т/га гною-Фон	68,3	2,6	2,5	6,4	13,5	21,7	15,6	42,3
Фон+P ₈₀	68,3	2,5	2,4	6,5	13,8	23,3	17,0	42,4
Фон+P ₈₀ K ₈₀	75,8	2,7	2,6	6,8	14,1	26,9	19,1	43,4
Фон+N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	83,0	2,9	2,8	7,2	15,5	30,5	20,6	44,5
Фон+N ₁₁₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	84,5	3,0	2,8	7,8	16,3	32,7	22,0	45,1
N ₈₀ P ₈₀ K ₈₀	80,1	2,7	2,6	6,8	14,8	30,3	19,9	44,0

Довжина колосу на 0,5–1,9 см була більшою на удобрених варіантах порівняно з контролем, де вона становила 5,9 см. Результати досліджень свідчать про те, що найбільша довжина колосу—7,8 см, кількість озернених колосків—16,3 шт та кількість зерен в колосі—32,7 шт в рослинах ярої пшениці відмічена при внесенні полуторної норми мінеральних добрив (N₁₁₀P₁₂₀K₁₂₀) на фоні післядії органічних. Цим можна пояснити найбільш високий урожай зерна на цьому варіанті, який становив 3,79 т/га, при урожаї на контролі—2,06 т/га (табл.2). На удобрених варіантах значно підвищилася маса 1000 зерен і становила 42,3–45,1 г, при масі 1000 зерен на контролі—40,2 г, що сприяло отриманню вищого урожаю зерна ярої пшениці на удобрених варіантах (табл.1).



Результатами досліджень встановлено те, що систематичне застосування мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/га гною сприяє підвищенню урожаю зерна ярої пшениці на 0,61-1,73 т/га, при урожаї на контролі відповідно 2,06 т/га (табл. 2). Найбільш високий урожай отримано при внесенні $N_{110}P_{120}K_{120}$ на фоні післядії 30 т/га гною – 3,79 т/га зерна ярої пшениці

Таблиця 2- Вплив тривалого застосування добрив на врожайність зерна ярої пшениці та показники його якості

Варіант досліджу	Врожайність, т/га	Приріст врожаю, т/га		Вміст					
		до контролю	до фону	білка			«сирої» клейковини		
				%	збір білка, т/га	приріст до контролю, т/га	%	збір «сирої» клейковини, т/га	приріст до контролю, т/га
Без добрив (контроль)	2,06	-	-	14,8	0,3	-	31,9	0,66	-
Післядія 30 т/га гною (фон)	2,67	0,61	-	16,1	0,43	0,13	33,7	0,89	0,23
Фон+ P_{80}	3,05	0,99	0,38	15,6	0,47	0,17	32,4	0,98	0,32
Фон+ $P_{80}K_{80}$	2,87	0,81	0,2	16,1	0,46	0,16	33,8	0,96	0,30
Фон+ $N_{80}P_{80}K_{80}$	3,45	1,39	0,78	16,3	0,56	0,26	34,6	1,2	0,54
Фон+ $N_{110}P_{120}K_{120}$	3,79	1,73	1,12	16,8	0,64	0,33	36,1	1,36	0,70
$N_{80}P_{80}K_{80}$	3,21	1,15	0,54	16,2	0,52	0,22	34,4	1,09	0,43

Найменшу прибавку урожаю отримано на варіантах, де вносились фосфорні та фосфорно-калійні добрива на фоні післядії органічних, яка становила відповідно-0,99, 0,81 т/га (табл. 2).

Найбільший вміст білку отримано у варіанті, де вносились полуторна норма мінеральних добрив на фоні післядії 30 т/га гною–16,8 %, з відповідним показником збору білку–0,64 т/га (табл. 2).

Отримані дані свідчать про те, що найбільший вміст «сирої» клейковини в зерні ярої пшениці відмічений при внесенні $N_{110}P_{120}K_{120}$ на фоні післядії 30 т/га гною, який становив відповідно -36,1%, з відповідно високим показником збору «сирої» клейковини – 1,36 т/га. (табл.2).

Висновки

Для отримання стабільних врожаїв зерна ярої пшениці сорту Миронівська яра (3,5–4,0 т/га) з відповідно високими показниками якості зерна на середньо забезпеченому азотом, фосфором та калієм лучно–чорноземному карбонатному легкосуглинковому ґрунті в зерно – буряковій сівозміні, обґрунтованим є застосування в основне удобрення $N_{80}P_{120}K_{120}$ на фоні післядії 30 т/га гною.



Література:

1. Городній М.М. Науково-методичні рекомендації з оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур та стратегії удобрення. - К.: «Алефа».-2004.-140 с.
2. Ефективність технології вирощування ярої пшениці в Західному Лісостепу / Свідерко М.С., Болахівський В.П., Тимків М.Ю., Кубишин С.Я. // Зб. наук. пр. Ін-ту землеробства УААН. – К., 2004. – Спец. вип. – С. 119–122.
3. Жемела Г. П. Вплив попередників на врожайність та якість зерна пшениці м'якої озимої / Г. П. Жемела, С. М. Шакалій // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – Полтава, 2012. – №3. – С. 20–22.
4. Андрійченко Л. В. Шляхи підвищення врожайності та якості зерна пшениці ярої твердої на півдні України. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2006. № 33. Вип. 1. С. 33-38.
5. Кудрявицька А.М., Карабач К.С. Вплив добрив на вміст елементів мінерального живлення в рослинах пшениці озимої та ярої // Plant and Soil Science. Scientific Journal. Vol. 11, №4 (2020). Ref. BE14-028 December 13, 2020. P. 68-77.

Abstract. Studies on the meadow chernozem is installed that systematic using the mineral fertilizers on background of the aftereffect organic, provides the gain of the harvest grain sort of the spring wheat mironovskaya - bright on 1,73 t/he. The productivity and quality grain spring wheat increase when contributing rates of the mineral fertilizers on the meadow chernozem of the aftereffect organic, with accordingly high factor quality : collection protein -0,64 t/he and collection gluten 1,36 t/he.

Key words: wheat, productivity, fertilizers, albumen, "raw" gluten, sort, soil, crop rotation.

Стаття відправлена: 21.10.2023 р.
© Кудрявицька А.М., Карабач К.С.

**CONTENTS****Mechanical engineering and machinery**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-023> 3

RESEARCH OF ALGORITHMS AND EQUIPMENT FOR MOVEMENT
OF MOBILE ROBOTS USING COMPUTER SIMULATION

Mikhailov E.P., Lingur V.M., Antikhovich D.S., Vasylenko O.P.

Electrical engineering.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-078> 12

CREATION OF A DATABASE OF MODELS AND CHARACTERISTICS
OF LOCAL AREA NETWORK SWITCHES

Pakhomova V., Martyniak D.

Engineering instruments, meters, etc. Industrial instrumentation

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-064> 19

HIGH VOLTAGE MEASUREMENT AMPLIFIER

Dovhal A.V.

Telecommunication

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-038> 25

MODULAR MONOLITH AS A MICROSERVICES PRECURSOR

Shablui T., Tytenko S.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-03-056> 33

QUALITY ATTRIBUTES AND ARCHITECTURAL PATTERNS
OF MODERN MOBILE APPS

Bilohub D., Skrypchenko M., Tytenko S.

Electrical engineering. Electronics. Nuclear engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-013> 39

CALORIMETRIC TECHNIQUE OF DETERMINING THE COMBUSTION
HEAT OF FUELS FROM SOLID MUNICIPAL WASTE

Sklyarenko E.V., Vorobiov L.Y.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-042> 55

USE OF ELECTRICAL NETWORKS WITH DISTRIBUTED
GENERATION FOR BALANCED ELECTRICITY SUPPLY

Shcherbyna D.V.

**Mining engineering. Metallurgy**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-067> 61

MELTING OF COMPLEX LATERITE ORES AND SELECTION OF THE OPTIMAL REDUCING AGENT

Prykhodko S. V., Shevchenko D. V., Akreiev V. V.

Melnyk S. O., Ovcharuk A. M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-068> 71

PURGING OF THE CONVERTER BATH IN THE REFINING OF FERRONICKEL USING SINGLE-NOZZLE AND THREE-NOZZLE LANCES

Akreiev V. V., Prykhodko S. V., Melnyk S. O., Ovcharuk A. M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-069> 87

THE DEGREE OF SOLID-PHASE REDUCTION OF IRON FROM NICKEL ORE OXIDES IN A TUBULAR ROTARY KILN USING COALS OF ENERGY GROUPS AS REDUCING AGENTS

Melnyk S. O., Akreiev V. V., Prykhodko S. V.

Shevchenko D. V., Ovcharuk A. M.

Animal products. Cereals and grain. Milling industry

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-079> 96

BASIC ELEMENTS IN THE SYSTEM OF GUARANTEEING THE VIGOR, SAFETY OF THE GROWER AND THE IMMEDIATE ASSESSMENT OF THE PROBLEMS OF THE VIGOR OF GRUB PRODUCTS

Prylipko T.M., Bukalova N. V.

Industrial engineering. Management engineering

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-022> 102

IMPROVING EFFICIENCY OF THE INTEGRATED SECURITY INFORMATION SYSTEM FOR BUILDING PROTECTION

Terentyev O.O., Gorbatyuk Ie.V., Tyslenko O.B., Zubrij I.M.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-045> 112

LEVERAGING CHATGPT FOR EDUCATIONAL TEXT ANALYSIS AIMING ASSESSMENT GENERATION

Rybak M., Tytenko S.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-052> 117

GENERATIVE AI AND PROMPT ENGINEERING IN EDUCATION

Kakun A., Tytenko S.



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-071> 122

THE USE OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR
THE RECOGNITION OF BURNED FIELDS ON SATELLITE
PHOTOS IN THE TERRITORY OF UKRAINE

Bushyn I. M., Chernenko R. V.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-074> 133

SOFTWARE DEVELOPMENT TO AUTOMATE JWT TESTING

Posuvailo M.-M.V.

**Transportation engineering, Motor vehicles. Cycles,
Highway engineering. Roads and pavements,
Railroad engineering and operation**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-043> 139

ANALYSIS OF INTERMODAL TRANSPORT DEVELOPMENT
IN EUROPEAN COUNTRIES AND UKRAINE

Golovko T.V., Demchenko I.S.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-061> 149

PROGRESS OF IMPLEMENTATION THE REQUIREMENTS OF
THE INTERNATIONAL CONVENTION "ON THE CONTROL OF
SHIP BALLAST WATERS AND SEDIMENTS AND THEIR
MANAGEMENT" IN UKRAINE

Furduy L., Bychkovsky Y.

**Innovations in medicine, pharmaceuticals, chemistry,
veterinary medicine**

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-027> 156

EFFECTIVENESS OF EPRIN FOR STRONGILATE INVASION
OF GOATS

*Antipov A.A., Selykh I.P., Chovgun A.M.,
Peresunko E.D., Yerokhina O.M.*

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-029> 165

HYGIENIC JUSTIFICATION OF APPROACHES TO THE
DEVELOPMENT OF A REGIONAL MONITORING
PROGRAM ATMOSPHERIC AIR

*Rublevska N.I., Stepanov S.V., Haiday L.V.,
Sincha O.P., Rublevskyi V.D., Rublevskyi O.D.*



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-032> 171

RISK OF CERVICAL CANCER IN ASSOCIATION WITH HUMAN
PAPILOMAVIRUS AND WITH INFLAMMATORY PROCESSES
OF BACTERIAL ETIOLOGY

Koval G.M., Petrosova V.I., Holomb L.A.

Мотильчак Е.М., Силина Т.М.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-040> 178

PART OF INTESTINAL PATHOLOGY AMONG THE CAUSES OF
HOSPITALIZATION AND MORTALITY PATIENTS WITH COVID-19

Tomashkevych H.I., Tkachenko T.V.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-062> 185

ART THERAPY OF CANCER PATIENTS IN THE CONTEXT OF
THE COVID19 PANDEMIC AND WAR IN UKRAINE

Rybin A.I., Kuznetsova O.V.

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-070> 192

MUMMIFICATIN OF FRUITS IN ANIMALS

Koreyba L.V., Alekseeva N.V., Duda Y.V.

Innovations in agriculture, biology

<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit29-01-058> 200

JUSTIFICATION OF THE INFLUENCE OF FERTILIZERS ON
THE PRODUCTIVITY AND QUALITY INDICATORS OF
SPRING WHEAT GRAIN

Kudriawytzka A.N., Karabach K.S.



International periodic scientific journal

MODERN ENGINEERING AND INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Heutiges Ingenieurwesen und
innovative Technologien

Indexed in
INDEXCOPERNICUS
high impact factor (ICV: 87.25)

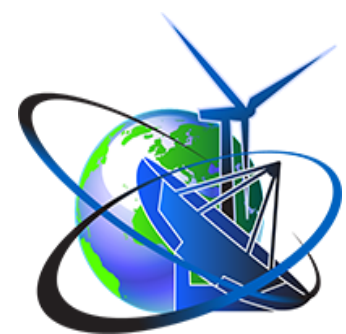
Issue №29
Part 1
October 2023

Development of the original layout - Sergeieva&Co

Signed: October 30, 2023

Sergeieva&Co
Lußstr. 13
76227 Karlsruhe
e-mail: editor@modern techno.de
site: www.modern techno.de

Articles published in the author's edition





www.moderntechno.de

e-mail: editor@moderntechno.de