

ISSN 2786-4588 (Print)  
ISSN 2786-4596 (Online)

Міністерство освіти і науки України  
Херсонський державний аграрно-економічний університет



# Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 1



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2024

ISSN 2786-4588 (Print)  
ISSN 2786-4596 (Online)

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету  
(протокол № 7 від 28.03.2024 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 1. 234 с.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International  
(Республіка Польща)

Свідоцтво про державну реєстрацію: Серія КВ № 24810-14750ПР від 31.05.2021 року.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України від 29.06.2021 № 735 (додаток 4) журнал внесений до переліку фахових видань України категорії «Б» (спеціальності: 122 – Комп'ютерні науки та інформаційні технології; 124 – Системний аналіз; 181 – Харчові технології; 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології).

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

#### Редакційна колегія:

**Дзюндзя О.В.** – доцент кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент – головний редактор; **Антоненко А.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу ПВНЗ «Київський університет культури», к.т.н., доцент; **Балихіна Г.А.** – провідний науковий співробітник відділення землеробства, меліорації та механізації апарату Президії НААН, к.т.н.; **Березовський Ю.В.** – доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., доцент; **Бровенко Т.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного і туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв, к.т.н., доцент; **Вороненко М.О.** – доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук Херсонського національного технічного університету, к.т.н., доцент; **Гончаренко А.В.** – професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден Національного авіаційного університету, д.т.н., професор; **Гопеснюк В.** – проректор з наукової роботи, директор навчальної програми магістратури «Комп'ютерні системи» Університету прикладних наук ISMA, Dr.sc.ing., професор (Рига, Латвійська Республіка); **Горальчук А.Б.** – професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Харківського державного університету харчування та торгівлі, д.т.н., професор; **Димова Г.О.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н.; **Коваленко О.О.** – завідувач кафедри біоінженерії і води Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор; **Ковальчук П.І.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., професор; **Кузьмич Л.В.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., доцент; **Кузьміна Т.О.** – професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Лобода О.М.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент; **Марасанов В.В.** – член спеціалізованої Вченої ради ДФ 67.052.003 Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Матяш Т.В.** – старший науковий співробітник, завідувач відділу інформаційних технологій та маркетингу інновацій Інституту водних проблем і меліорації НААН, к.т.н.; **Отрош Ю.А.** – начальник кафедри пожежної, профілактики в населених пунктах факультету пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, д.т.н., професор; **Пневматікос Н.** – доцент кафедри будівництва Університету Західної Аттики, к.т.н., доцент (Афіни, Греція); **Романенко Р.П.** – доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету, к.т.н.; **Степанчиков Д.М.** – доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету, к.ф.-м.н., доцент; **Сурьянінов М.Г.** – завідувач кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор; **Ткаченко О.Б.** – професор, завідувачка кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., доцент; **Турченко В.О.** – професор кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування, д.т.н., доцент.

---

# КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

УДК 004.055

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.1>

## ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВІДОБРАЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ У ВЕБ-БРАУЗЕРАХ

---

**Антоненко А. В.** – кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції  
Національного університету біоресурсів і природокористування України  
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

**Балеак А. А.** – аспірант кафедри комп'ютерної інженерії  
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій  
ORCID ID: 0000-0002-6441-8225

**Цвук О. С.** – аспірант кафедри комп'ютерної інженерії  
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій  
ORCID ID: 0000-0001-7786-1712

**Ємелін Д. М.** – магістр кафедри комп'ютерної інженерії  
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій  
ORCID ID: 0009-0002-6084-0768

**Гришковець Є. П.** – бакалавр кафедри комп'ютерної інженерії  
Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій  
ORCID ID: 0009-0009-6346-966X

*Стаття присвячена методам відображення інформації в браузерях, недоліки та переваги кожного з методів, можливість їхнього комбінування і як саме це покращує користувацький досвід та оптимізує використання ресурсів серверу та клієнту. В сучасному світі, де доступ до Інтернету став невід'ємною частиною нашого повсякденного життя, веб-додатки та веб-сайти мають велике значення для різних видів діяльності, від освіти та розваг до бізнесу та комунікації. Однак, з розвитком Інтернету та зростанням кількості користувачів, виникає все більше проблем зі швидкістю завантаження веб-сторінок*

---

та веб-додатків, а також з обробкою великої кількості даних. Тому, оптимізація методів відображення інформації в браузерях є важливим завданням для веб-розробників та власників сайтів. У статті детально розглянуто різні методи відображення інформації в браузерях, їх переваги та недоліки, а також можливість їх комбінування для досягнення найкращого результату. Методи відображення інформації в браузерях визначає яким чином дані, які будуть показані користувачу, будуть оброблені, як саме будуть розподілені ресурси сервера та клієнта. Розвиток даних методів дозволяє покращити процес використання обраховувальних та інтернет ресурсів, заощаджувати інтернет-трафік та створювати більш приємні з точки зору користувацького досвіду веб-додатки, що є ключовим фактором для пошрення продукту та збільшення на нього попиту. Зокрема, нами розглянуто традиційний метод відображення статичних веб-сторінок, а також новіші методи, такі як SSR, CSR, ISR. У роботі розглянуто, як комбінування різних методів може допомогти покращити користувацький досвід та оптимізувати використання ресурсів серверу та клієнта. У статті визначено, який метод відображення інформації в браузерях відповідає вашим потребам, як його використовувати для досягнення максимальної ефективності та як покращити користувацький досвід веб-додатків.

**Ключові слова:** рендеринг, відображення інформації, браузер, веб-розробка, методи відображення інформації, оптимізація.

**Antonenko A. V., Balvak A. A., Tsyuk O. S., Yemelin D. M., Hryshkovets Ye. P. Innovative methods of information display in web-browsers**

The article is devoted to the methods of displaying information in browsers, the disadvantages and advantages of each of the methods, the possibility of combining them and how exactly this improves the user experience and optimizes the use of server and client resources. In today's world, where access to the Internet has become an integral part of our daily lives, web applications and websites play an important role in various activities, from education and entertainment to business and communication. However, with the development of the Internet and the increase in the number of users, there are more and more problems with the loading speed of web pages and web applications, as well as with the processing of large amounts of data. Therefore, optimizing methods of displaying information in browsers is an important task for web developers and site owners. The article discusses in detail various methods of displaying information in browsers, their advantages and disadvantages, as well as the possibility of combining them to achieve the best result. The methods of displaying information in browsers determine how the data that will be shown to the user will be processed, exactly how the server and client resources will be distributed. The development of these methods allows improving the process of using computing and Internet resources, saving Internet traffic and creating more pleasant web applications from the point of view of user experience, which is a key factor for the distribution of the product and increasing its demand. In particular, we have considered the traditional method of displaying static web pages, as well as newer methods such as SSR, CSR, ISR. The paper considers how combining different methods can help improve user experience and optimize the use of server and client resources. The article defines which method of displaying information in browsers meets your needs, how to use it to achieve maximum efficiency, and how to improve the user experience of web applications.

**Key words:** displaying information, browser, web development, methods of displaying information, optimization.

**Вступ.** В сучасному світі інформація є одним із найцінніших ресурсів сьогодні, щодня ми поглинаємо її з найрізноманітніших джерел, одним із головних яких є веб-сайти. І саме швидкість доступу до інформації на них є одним із ключових факторів, які впливають на попит тою, чи іншою інформацією. Проблема відображення інформації в браузерях виникає, коли веб-сторінка має складний вміст, такий як великі об'єми даних, зображень, відео та іншого мультимедіа. Коли користувач запитує веб-сторінку, браузер повинен відобразити весь цей вміст. Процес рендерингу може зайняти значну кількість часу, що призводить до поганої продуктивності та довгих часів завантаження сторінки.

**Постановка проблеми.** Проблема особливо актуальна для мобільних пристроїв, де швидкість зв'язку може бути обмежена, що ще більше ускладнює рендеринг сторінки. Прикладом може слугувати веб-портал з безліччю статей та

інтерактивних елементів, які дозволяють користувачу динамічно змінювати відображення інформації.

Для вирішення цієї проблеми, розробники використовують різні методи оптимізації рендерингу, такі як ліниве завантаження (lazy loading), кешування, оптимізація зображень та відео та інші. Також, розробники можуть використовувати різні технології, такі як серверний рендеринг (server-side rendering) та клієнтський рендеринг (client-side rendering), щоб покращити продуктивність та швидкість завантаження сторінки.

**Метою роботи** є розроблення методології відображення інформації в веб-браузерах.

Об'єкт дослідження – методи відображення інформації в веб-браузерах.

Предмет дослідження – наявні шаблони відображення інформації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Наукове обґрунтування та розроблення методології відображення інформації є актуальним завданням, розв'язання якого дозволить робити веб-додатки більш якісними, доступнішими та швидкими, що в свою чергу сприятиме кращому поширенню продукції.

Значний внесок у дослідженні та концептуалізації методів відображення інформації внесли дослідження іноземних розробників та авторів: Ching S., Sbarski P., Verma K., Abdullah I., Valverde A., Robinson L., Skuratsivska O., Samaranyake M., Malcolm., Fayock C., Grigoryan A., Breux G., Miller J., Osmani A., Cocca J., Swastik Y., Prashant M., Gathony M. та ін. [1–15].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Інноваційні методи рендерингу даних в браузерах активно розвиваються, оскільки вони можуть покращити продуктивність веб-додатків і забезпечити кращий користувацький досвід. Деякі з існуючих методів рендерингу включають Static Site Generation, Server-side Rendering, Client-side Rendering та ISR [16–17].

Static Site Generation (SSG) – це метод, який використовується для відображення статичного (попередньо згенерованого) контенту, який передається з сервера на клієнт.

Server-side Rendering (SSR) – це метод, який використовується для генерації HTML на сервері, перед його відправкою на клієнт. Це дозволяє зменшити час завантаження сторінки та покращити її SEO.

Client-side Rendering (CSR) – це метод, коли весь HTML, CSS та JavaScript завантажуються на клієнті, і весь контент генерується на стороні клієнта. Це забезпечує швидку відповідь додатку, але може знизити його SEO.

ISR – метод оптимізації статичного рендерингу веб-сторінок. Основна ідея застосування ISR полягає в тому, щоб побудувати сайт змісту (зміст, який не змінюється з часом), а потім динамічно генерувати лише ті сторінки, які є потрібними.

Розглянемо недоліки та переваги кожного з методів відображення інформації на веб-сторінках.

1. SSG (Static Site Generation) – це процес попередньої генерації (будування) HTML-сторінок сайту на стадії розробки. Замість того, щоб генерувати сторінки динамічно на сервері за запитом клієнта (SSR), SSG генерує статичні HTML-файли, які можуть бути повністю обслуговані без необхідності запуску сервера.

SSG є відмінним вибором для статичних сайтів або сайтів з декількома статичними сторінками, що не потребують частого оновлення. Це дозволяє збільшити швидкість завантаження сторінок, зменшити навантаження на сервер та підвищити їх безпеку. Веб-програми на основі JavaScript, як ми їх традиційно знаємо, працюють, запускаючи бібліотеки, як-от React, або сценарії під час виконання

в браузері. Коли браузер отримує сторінку, зазвичай це простий HTML без великої кількості вмісту. Потім завантажуються сценарії, щоб завантажувати вміст на сторінку, цей процес також відомий як гідратація.

За допомогою Static Generation такі інструменти, як Next.js, намагаються відобразити цю сторінку здебільшого так, як це було б у браузері, але під час компіляції. Це дає нам можливість обслуговувати весь вміст під час першого завантаження. Під час цього процесу сценарії все ще гідратують сторінку, але в ідеалі з меншою кількістю змін або взагалі без змін. SSG також може бути використаний в поєднанні з динамічними елементами на сторінці, що дозволяє отримати найкращі з обох підходів. Наприклад, використовуючи JavaScript, можна отримати динамічний контент, який не залежить від сервера, але все ж може бути використаний на сторінках, що були згенеровані статично [18].

Рендеринг на стороні сервера може покращити продуктивність першого завантаження та забезпечити можливість простого проходження сторінки пошуковими системами. Основними перевагами SSG є швидкість завантаження сторінок, зменшення навантаження на сервер, зниження ризику атак з боку злоумисників, підвищення безпеки. Основними недоліками SSG є не підходить для сайтів з великою кількістю динамічних елементів та потребує попередньої генерації сторінок під час розробки, що може бути.

2. У SSR веб-сервер генерує HTML-вміст веб-сторінки на сервері та надсилає його в браузер клієнта. Застосування SSR дозволяє отримати зріз веб-сторінки з мінімальним завантаженням JavaScript на клієнтську сторону. Рендеринг на стороні сервера, або SSR, це можливість рендерити вашу програму, або принаймні її частину, на сервері, а не в браузері, що в свою чергу дозволяє користувачам з застарілими пристроями отримувати робочий та швидкий сайт та покращує SEO. Відтворення на сервері створює HTML на вимогу для кожної URL-адреси, але може бути повільнішим, ніж просто обслуговування статичного відтвореного вмісту. Якщо ви можете докласти додаткових зусиль, рендеринг сервера та кешування HTML може значно скоротити час рендеринга сервером. Перевагою серверного рендерингу є можливість отримувати більше «живих» даних і відповідати на більш повний набір запитів, ніж це можливо за допомогою статичного рендерингу. Сторінки, які потребують персоналізації, є конкретним прикладом типу запиту, який погано працюватиме зі статичним рендерингом [19].

До переваг SSR відносять:

- зниження TTFB (Time To First Byte) – часу, необхідного для отримання першого байту від сервера;
- покращення SEO – пошукові роботи можуть легше і швидше індексувати вміст сторінки, оскільки HTML-код сторінки генерується на сервері;
- підвищення доступності – веб-сторінка може бути показана користувачу, навіть якщо JavaScript не підтримується або відключений у браузері;
- кращу продуктивність на повільних пристроях або з поганим зв'язком з мережею.

До недоліків SSR відносять:

- складність налаштування серверної інфраструктури;
- більший розмір відповіді сервера, що може призвести до затримок при завантаженні сторінки на повільних з'єднаннях;
- потребує великої кількості серверних ресурсів для обробки великої кількості запитів користувачів;
- необхідність перезавантаження сторінки при зміні контексту взаємодії з користувачем;

– застосування SSR може допомогти знизити TTFB та поліпшити SEO, але потребує додаткової серверної інфраструктури і може збільшувати розмір відповіді сервера, що може призвести до затримок при завантаженні сторінки на повільних з'єднаннях;

– пропускна здатність SSR сервера значно менша за пропускну здатність CSR.

3. CSR (Client-Side Rendering) – це метод відображення сторінок веб-додатка, де HTML та JavaScript генеруються на стороні клієнта, тобто в браузері. Даний метод став популярним з розвитком так званих Single Page Application (SPA). Саме в цих додатках дані динамічно завантажуються на сторінці користувача в залежності від взаємодії з сайтом. За допомогою рішення для рендерингу на стороні клієнта ви перенаправляєте запит до одного файлу HTML, і сервер доставлятиме його без вмісту (або з екраном завантаження), доки ви не отримаєте весь JavaScript і не дозволите браузеру скомпілювати все перед рендерингом вмісту. [20]

Основна перевага CSR – це швидка відповідь на дії користувача, оскільки сторінка не перезавантажується при кожному запиті, а зміст змінюється динамічно. Це дає користувачу більш зручний та швидкий досвід використання додатку. Також CSR зменшує навантаження на сервер, оскільки лише необхідні дані запитуються та передаються з сервера. При рендерингу на клієнтській стороні (CSR) браузер завантажує JavaScript, а потім рендерить вміст на клієнті. Основною перевагою CSR є його інтерактивність та можливість змінювати стан додатка без запиту до сервера. Також важливою характеристикою є те, що дані можуть бути отримані на основі таких подій, як завантаження сторінки або натискання кнопки, це може збільшити час завантаження/взаємодії програми є

Однак, існують деякі недоліки CSR. Негативний вплив на SEO та рейтинг сторінки, оскільки веб-сторінки CSR здебільшого порожні та містять лише посилання на код JS, який генерує HTML, веб-сканери можуть розглядати їх як порожні сторінки. Також CSR може бути менш безпечним, оскільки JavaScript виконується на стороні клієнта, і це може бути використано для атак.

Іншим недоліком CSR є те, що при використанні цього методу веб-додаток може стати важким та повільним для завантаження, особливо при великій кількості контенту, оскільки весь контент повинен бути завантажений на стороні клієнта перед відображенням. CSR є потужним інструментом для покращення швидкості та ресурсоемкості веб-додатка, але він має деякі недоліки, які можуть знизити його ефективність та безпеку.

4. ISR (Incremental Static Regeneration) – це метод генерації статичних сайтів, який поєднує переваги SSG та SSR. При використанні ISR, статична сторінка генерується за першим запитом, а потім оновлюється за необхідності через певний час або відповідно до встановленого розкладу. ISG дозволяє вам створювати або оновлювати статичні сторінки після того, як ви їх побудували через визначений проміжок часу. Таким чином, вам не потрібно буде перебудовувати весь сайт, лише ті сторінки, які цього потребують. Проте даний метод має свої недоліки, одним із яких є те що виконані зміни не відразу відображаються на сторінці, але тільки після певного інтервалу часу, завдяки кешуванню. Також даний метод не є ефективним для сайтів з великою кількістю динамічних елементів, оскільки це призведе до повільної генерації сторінок.

До переваг ISR належать:

– швидкість: із застосуванням ISR сторінки можуть бути відображені відразу з моменту запиту, якщо вони вже були згенеровані раніше – це зменшує час очікування для користувачів;

– потужність: ISR дозволяє динамічно генерувати статичні сторінки з даними, які змінюються з часом – це означає, що ви можете створювати складні додатки з динамічною вмістом і все ще зберігати швидкість, яку забезпечують статичні сайти;

– легкість у використанні: використання ISR дуже легко, оскільки ви можете використовувати різні фреймворки та бібліотеки, що дозволяє розробникам використовувати свої улюблені інструменти.

До недоліків ISR належать:

– надійність: ISR може мати проблеми з надійністю, оскільки статичні сторінки можуть стати застарілими в момент, коли користувачі їх запитують – це може призвести до того, що користувачі бачитимуть застарілий вміст;

– складність: ISR може бути складним у використанні, оскільки ви повинні знати, як він працює, щоб коректно використовувати його;

– потреба у підтримці: ISR потребує певної підтримки з боку сервера, щоб запускати рендеринг сторінок відповідно до заданого роз міру. Це може потребувати додаткових зусиль з боку розробника, щоб забезпечити належну підтримку та обслуговування серверів;

– обмежені можливості: ISR не підходить для всіх типів веб-сайтів та додатків (найкраще підходить для статичних сайтів, які мають мінімальну кількість динамічного вмісту, так як збільшення обсягу динамічного вмісту може значно збільшити час генерації сторінок);

– затримка оновлення: у випадку, якщо статична сторінка зберігається у кеші, оновлення контенту може затримуватися до моменту видалення сторінки з кешу або до зміни її TTL – це може вплинути на користувачів, які хочуть побачити найсвіжіший контент на сайті.

Аналізуючи вище указані методи візуалізації веб-сторінок, ми бачимо що всі вони мають свої переваги та недоліки і підходять для певного спектру задач. Тому необхідно розвиток більш універсальних методів відображення, які перш за все сприятимуть покращенню користувацького досвіду, сприятимуть кращому просуванню програмного продукту, та при можливості спростять у зроблять більш універсальною розробку веб-додатків. На даний момент уже є такий універсальний метод. Isomorphic Rendering (також відомий як Universal Rendering або Server-Side Rendering with Client Rehydration) – це комбінація технологій SSR і CSR, що дозволяє використовувати обидва методи рендерингу для отримання кращої продуктивності та ефективності веб-додатків. Ізоморфний рендеринг – це спосіб використовувати один і той самий код для рендерингу сторінок як на сервері, так і на клієнті.

До основних переваг Isomorphic Rendering належать:

– швидкість: застосування методу рендерингу на сервері дозволяє зменшити час завантаження сторінки, тоді як CSR дозволяє зменшити час оновлення сторінки без перезавантаження сторінки;

– пошукова оптимізація: Isomorphic Rendering дозволяє створювати веб-додатки, які краще індексуються пошуковими системами, оскільки весь контент рендериться на сервері;

– збільшення відповідальності: Isomorphic Rendering дозволяє зменшити навантаження на сервер, оскільки CSR може бути використаний для оновлення лише окремих частин сторінки.

До основні недоліків Isomorphic Rendering відносять:

– складність розробки: Isomorphic Rendering може бути складним у використанні, оскільки потрібно дотримуватись певних правил для належного використання SSR та CSR;



– потреба у ресурсах: Isomorphic Rendering може вимагати більше ресурсів для рендерингу на сервері, оскільки весь контент повинен бути готовий для відправки на клієнтську сторону;

– низька масштабованість: Isomorphic Rendering може бути менш масштабованим, оскільки при використанні SSR може виникати навантаження на сервер, коли багато користувачів одночасно запитують сторінки.

Даний метод справді є більш універсальним і дозволяє створювати веб додатки з гарною швидкістю, зберігаючи при цьому динамічність. Проте він має свої недоліки, наприклад як от складність розробки. Є певні обмеження для даного методу розробки, наприклад в React сторінка, яка підготовлюється на сервері повинна бути ідентична тій, що візуалізується на клієнті. Звісно динамічні елементи в процесі можуть змінювати це, але в цілому структура сторінок повинна бути ідентична. Розробка і обхід даного обмеження дозволить створювати більш гнучкіші додатки. Також питання навантаження на сервер стає більш актуальною проблемою, оскільки вже сервер витрачає ресурси на більш глибоку візуалізацію контенту сторінки. Дане питання вирішується масштабованістю ресурсів та оптимізацією їх використання. Вирішення даних проблем дозволить створювати більш якісні продукти використовуючи менше ресурсів.

**Висновки.** Отже, методи візуалізації інформації у веб-браузерах є актуальною проблемою, оскільки саме вирішення її дозволить створювати більш якісну продукцію, яка при цьому використовуватиме значно менші ресурси, що і є ключовим фактором в багатьох бізнес стратегіях. Основною проблемою рендерингу, на суб'єктивну думку, є саме процес оптимізації використання ресурсів серверу та клієнту, тобто необхідно створити такий метод який збільшить швидкість самого додатку(це можливо завдяки пре-рендерингу на стороні серверу), та при цьому збереже максимальну динамічність цього ж додатку. Інноваційний метод відображення Isomorphic Rendering якраз і вирішує питання поєднання цих двох аспектів, проте і в нього ще є свої недоліки, наприклад, під час рендерингу сторінки коли фреймворк на якому написаний сайт перетворить статичну сторінку в динамічну. Вирішенням даної проблеми є перетворення елементів сторінки в динамічні лише які зараз знаходяться на екрані користувача. Ця та інші проблеми приводять до висновку що і надалі необхідний розвиток та розробка нових методів візуалізації зображень на веб-сайтах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ching S. React: Up & Running: Building Web Applications. 2020. P. 238.
2. Sbarski P. Serverless Architectures on AWS: With examples using AWS Lambda. 2017. P. 240.
3. Verma K. Next.js Quick Start Guide: Server-side rendering done right. 2021. P. 192.
4. Твердохліб А.О., Коротін Д.С. Ефективність функціонування комп'ютерних систем при використанні технології блокчейн і баз даних. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2022. № 6.
5. Abdullah I. React Server-Side Rendering. 2020. P. 274.
6. Valverde A. Full Stack React: The Complete Guide to ReactJS and Friends. P. 691.
7. Robinson L. A Complete Guide To Incremental Static Regeneration (ISR) With Next.js. 2021. P. 154.
8. Skuratsivska O. Improving page speed of the isomorphic Vue.js application. 2021. P. 224.
9. Samaranyake M. A Step-By-Step Guide to Server-Side Rendering with VueJS. 2022. P. 240.

10. Цвик О.С. Аналіз і особливості програмного забезпечення для контролю трафіку. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки*, 2023. № 1.
11. Malcolm A. Client-Side Rendering vs Server-Side Rendering vs Static-Site Generation. 2020. P. 176.
12. Fayock C. What is Static Site Generation? How Next.js Uses SSG for Dynamic Web App. 2020.
13. Новіченко Є.О. Актуальні засади створення алгоритмів обробки інформації для логістичних центрів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2023. № 1.
14. Grigoryan A. The Benefits of Server Side Rendering Over Client Side Rendering. 2017. P. 188.
15. Breux G. Client-side vs. Server-side vs. Pre-rendering for Web Apps. 2022. P. 168.
16. Miller J., Osmani A. Rendering on the Web. 2022. P. 288.
17. Cocca J. Rendering Patterns for Web Apps – Server-Side, Client-Side, and SSG Explained. 2023. P. 198.
18. Swastik Y. Web rendering patterns in a nutshell. 2022. P. 168.
19. Prashant M. Server Side Rendering (SSR) vs. Client Side Rendering (CSR) vs. Pre-Rendering using Static Site Generators (SSG) and client-side hydration. 2021. P. 211.
20. Gathony M. Understanding Next.js Rendering Methods: CSR, SSR, SSG, ISR. 2022. P. 223.

#### REFERENCES:

1. Ching S. (2020). React: Up & Running: Building Web Applications. P. 238.
  2. Sbarski P. (2017). Serverless Architectures on AWS: With examples using AWS Lambda. P.240.
  3. Verma K. (2021). Next.js Quick Start Guide: Server-side rendering done right. P. 192.
  4. Tverdokhlib A.O., Korotin D.S. (2022). Efektyvnist funktsionuvannia kompiuternykh system pry vykorystanni tekhnolohii blokchein i baz dannykh. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*, (6).
  5. Abdullah I. (2020). React Server-Side Rendering. P. 274.
  6. Valverde A. Full Stack React: The Complete Guide to ReactJS and Friends. P. 691.
  7. Robinson L. (2021). A Complete Guide To Incremental Static Regeneration (ISR) With Next.js. P. 154.
  8. Skuratsivska O. (2021). Improving page speed of the isomorphic Vue.js application. P. 224.
  9. Samaranyake M. (2022). A Step-By-Step Guide to Server-Side Rendering with VueJS. P.240.
  10. Tsvyk O.S. (2023). Analiz i osoblyvosti prohramnoho zabezpechennia dlia kontroliu trafiku. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky*, (1).
  11. Malcolm A. (2020). Client-Side Rendering vs Server-Side Rendering vs Static-Site Generation. P. 176.
  12. Fayock C. (2020). What is Static Site Generation? How Next.js Uses SSG for Dynamic Web App.
  13. Novichenko Ye.O. (2023). Aktualni zasady stvorennia alhorytmiv obrobky informatsii dlia lohistychnykh tsentriv. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky*, (1).
  14. Grigoryan A. (2017). The Benefits of Server Side Rendering Over Client Side Rendering. P. 188.
  15. Breux G. (2022). Client-side vs. Server-side vs. Pre-rendering for Web Apps. 2022. P. 168.
-

16. Miller J., Osmani A. (2022). Rendering on the Web. P. 288.
  17. Cocca J. (2023). Rendering Patterns for Web Apps – Server-Side, Client-Side, and SSG Explained. P. 198.
  18. Swastik Y. (2022). Web rendering patterns in a nutshell. P. 168.
  19. Prashant M. (2021). Server Side Rendering (SSR) vs. Client Side Rendering (CSR) vs. Pre-Rendering using Static Site Generators (SSG) and client-side hydration. P. 211.
  20. Gathony M. (2022). Understanding Next.js Rendering Methods: CSR, SSR, SSG, ISR. P. 223.
-

УДК 004.8

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.2>

## МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВБУДОВАНИХ КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

**Бешлей М. І.** – доктор технічних наук, доцент кафедри телекомунікацій  
Національного університету «Львівська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0002-7122-2319

**Ковальчук О. В.** – студент кафедри телекомунікацій  
Національного університету «Львівська політехніка»  
ORCID ID: 0009-0003-8099-4956

**Андрущак В. С.** – доктор філософії, старший викладач кафедри телекомунікацій  
Національного університету «Львівська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0002-2185-0923

**Бешлей Г. В.** – доктор філософії, доцент кафедри телекомунікацій  
Національного університету «Львівська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0001-5392-3499

Розвиток цифрової трансформації та штучного інтелекту супроводжується зростаючою потребою впровадження вбудованих кіберфізичних систем, які використовують алгоритми машинного навчання, у критичну інфраструктуру, таку як енергетика, транспорт, виробництво та охорона здоров'я. Однак цей процес ускладнюється необхідністю розробки методів оптимізації для алгоритмів машинного навчання, які б забезпечили ефективну роботу вбудованих систем при обмежених обчислювальних ресурсах та забезпечили стійкість у критичних умовах. Це ставить перед розробниками завдання адаптації та оптимізації алгоритмів машинного навчання до обмежень, пов'язаних з обчислювальною потужністю, обсягом пам'яті, точністю прийняття рішення та енергоспоживанням. Саме тому, у роботі розроблено та оцінено методику оптимізації алгоритмів машинного навчання для використання у вбудованих кіберфізичних. Основний акцент дослідження робився на згорткових нейронних мережах, які використовуються у завданнях розпізнавання зображень. Використовуючи згорткові нейронні мережі, натреновані на датасеті Street View House Numbers (SVHN), дослідження демонструє, як моделі можуть ефективно виконувати задачі класифікації та розпізнавання цифр в реальному часі, при цьому оптимізуючи використання обмежених ресурсів вбудованих систем. Для оцінки ефективності запропонованої методики враховувалися критерії, такі як тривалість виконання для забезпечення точності вимірювань у кіберфізичних системах, енергоспоживання вбудованих систем, а також мінімізація дискового простору та оперативної пам'яті, необхідних для запуску моделей. В процесі дослідження методики застосовано методи оптимізації, такі як вагове скорочення та квантування, комбінація яких дає змогу зменшити розмір моделі та енергоспоживання без значної втрати точності. Оптимізовані моделі нейронних мереж протестовані на типовій вбудованій системі ESP32, демонструючи здатність до автономної роботи та розпізнавання об'єктів у реальному часі. Дослідження включало підготовку даних, розробку та тренування моделі, застосування різних варіантів оптимізації, та вимірювання їх впливу на кінцеві метрики системи. Використання фреймворка TensorFlow Lite дозволило адаптувати моделі для ефективного використання у вбудованих системах. Результати дослідження підтвердили ефективність запропонованої методики оптимізації, яка забезпечує зниження точності моделей на лише 2.1%, при цьому підвищуючи швидкість виконання на 30% та значно знижуючи енергоспоживання.

**Ключові слова:** вбудовані системи, машинне навчання, оптимізація, енергоефективність, нейронна мережа, кіберфізична система.

**Beshley M. I., Kovalchuk O. V., Andrushchak V. S., Beshley H. V. Machine learning algorithms optimization methodology for embedded cyber-physical systems**

The development of digital transformation and artificial intelligence is accompanied by a growing need to implement embedded cyber-physical systems that use machine learning algorithms in critical infrastructure such as energy, transportation, manufacturing, and healthcare. However, this process is complicated by the need to develop optimization methods for machine learning algorithms that would ensure the efficient operation of embedded systems with limited computing resources and ensure resilience in critical environments. This poses the challenge for developers to adapt and optimize machine learning algorithms to the limitations associated with computing power, memory space, decision accuracy, and power consumption. That is why we have developed and evaluated a methodology for optimizing machine learning algorithms for use in embedded cyber-physical systems. The main focus of the study was on convolutional neural networks used in image recognition tasks. Using convolutional neural networks trained on the Street View House Numbers (SVHN) dataset, the study demonstrates how models can effectively perform real-time digit classification and recognition tasks while optimizing the use of limited resources in embedded systems. To evaluate the effectiveness of the proposed methodology, criteria such as execution time to ensure the accuracy of measurements in cyber-physical systems, power consumption of embedded systems, and minimization of disk space and RAM required to run the models were taken into account. In the process of researching the methodology, optimization methods such as weight reduction and quantization were applied, the combination of which allows to reduce the model size and power consumption without significant loss of accuracy. The optimized neural network models were tested on a typical ESP32 embedded system, demonstrating the ability to operate autonomously and recognize objects in real time. The study included data preparation, model development and training, application of different optimization options, and measurement of their impact on the system's final metrics. The use of the TensorFlow Lite framework allowed us to adapt the models for effective use in embedded systems. The results of the study confirmed the effectiveness of the proposed optimization methodology, which ensures a decrease in model accuracy by only 2.1%, while increasing execution speed by 30% and significantly reducing power consumption.

**Key words:** embedded systems, machine learning, optimization, energy efficiency, neural network, cyber-physical system.

**Постановка проблеми.** У сучасному світі вбудовані кіберфізичні системи (ВКС) стають невід'ємною частиною багатьох секторів життєдіяльності, включаючи промислове виробництво, автомобільну промисловість, медицину, енергетику, смарт-будинки та міські інфраструктурні системи [1]. Ці системи інтегрують комп'ютерні алгоритми з фізичними процесами, надаючи можливість автоматизації, ефективного моніторингу та управління складними системами в реальному часі [2]. Інтеграція алгоритмів машинного навчання в ці системи відкриває нові можливості для автоматизації, адаптації та інтелектуалізації продуктів [3]. Проте, обмежені ресурси вбудованих систем, такі як обчислювальна потужність, пам'ять і енергоспоживання, ставлять перед розробниками завдання розробки ефективних методик оптимізації алгоритмів машинного навчання [4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розвиток штучного інтелекту, особливо через застосування глибоких нейронних мереж в компактних вбудованих системах, відкрив нові можливості для рішення складних задач. Проте, безпосереднє навчання цих моделей на вбудованих пристроях стикається з викликами, пов'язаними з обмеженими обчислювальними ресурсами та високою обчислювальною складністю задач. Відповідно, розвиток оптимізаційних методів для машинного навчання стає критичним. Один із основних підходів до оптимізації алгоритмів машинного навчання включає квантування, що дозволяє зменшити обсяг пам'яті моделі шляхом уніфікації значень параметрів, як показано в дослідженнях [5, 6]. Тензорна декомпозиція, описана в [7], подальше розширює можливості оптимізації шляхом розкладу мережевих матриць на менші компоненти, спрощуючи обчислення та знижуючи вимоги до пам'яті. Новаторський підхід LightweightNet, представлений у [8], пропонує структуру дистиляції архітектури,

яка замінює повнорозмірні шари на більш легкі еквіваленти, зменшуючи таким чином вимоги до обчислювальних ресурсів та пам'яті. Сучасні стратегії також зосереджуються на прискоренні моделей через вдосконалення згорткових операцій або архітектур, як зазначено в [9]. Прунінг (скорочення) ваг у попередньо навчених моделях згорткових нейронних мереж (CNN) виступає ключовою технікою, яка полягає у видаленні ваг з мінімальною значущістю, що не суттєво впливають на загальну ефективність моделі. Після видалення таких ваг модель проходить процес детального налаштування з використанням регуляризації, метою якого є підвищення загальної продуктивності. Цей підхід було продемонстровано у роботі [10], підкреслюючи його важливість для оптимізації моделей CNN.

Незважаючи на те, що розглянуті методи спрощують розгортання алгоритмів машинного навчання на вбудованих системах та забезпечують баланс між ефективністю нейронних мереж і вимогами до обчислювальних ресурсів, досі залишається відкритим питання розробки методики визначення критеріїв для оцінки значущості параметрів моделей нейронних мереж, що дасть змогу адаптувати оптимізаційні стратегії до конкретних вимог задачі та обчислювального середовища.

Таким чином, **метою роботи** є розробка методики адаптивної оптимізації алгоритмів машинного навчання таким чином, щоб вони могли ефективно працювати в умовах обмежених ресурсів на обладнанні вбудованих систем в залежності від цільового призначення, забезпечуючи при цьому достатню точність, енергоефективність та швидкість роботи. Це включає в себе зменшення розміру моделі, оптимізацію обчислень та зниження енергоспоживання без значної втрати продуктивності.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для дослідження пропонованої методики оптимізації алгоритмів машинного навчання необхідно враховувати конкретні приклади їх використання для кіберфізичних систем. Алгоритми машинного навчання, зокрема нейронні мережі, використовуються для вирішення різноманітних завдань, таких як класифікація об'єктів, передбачення результатів, виявлення шаблонів тощо. Навчання моделей зазвичай відбувається на основі доступних даних, де алгоритм адаптується до вхідних даних, шукаючи залежності та взаємозв'язки, які допомагають вирішувати конкретні завдання.

Для оцінки ефективності моделі нейронних мереж у кіберфізичних вбудованих системах та дослідження пропонованої методики оптимізації алгоритмів машинного навчання, важливо врахувати наступні критерії:

- Модель повинна мати достатньо тривалий час виконання, щоб забезпечити точність вимірювання у кіберфізичних системах. Це є ключовим параметром для ефективної оптимізації енергоефективності системи.
- Кінцева модель повинна займати якнайменше дискового простору та оперативної пам'яті, щоб бути придатною для запуску в умовах вбудованих систем. Це дозволить забезпечити ефективне використання обмежених ресурсів, які характерні для кіберфізичних систем.

Отже, після врахування вищезазначених вимог обрано конкретне прикладне дослідження, що полягає у впровадженні згорткової нейронної мережі для розпізнавання зображень номерних знаків на будинках, з використанням моделі, яка була попередньо натренована на датасеті Street View House Numbers (SVHN) [11]. Згорткові нейронні мережі добре підходять для розпізнавання об'єктів, оскільки вони враховують просторову ієрархію, характерну для зображень. Обрана модель навчалася на різноманітних даних, включаючи зображення номерних знаків на будинках, що відображається у реальних умовах спостереження. Типову вбудовану систему, в якій використовуються моделі нейронних мереж показана на рис. 1.

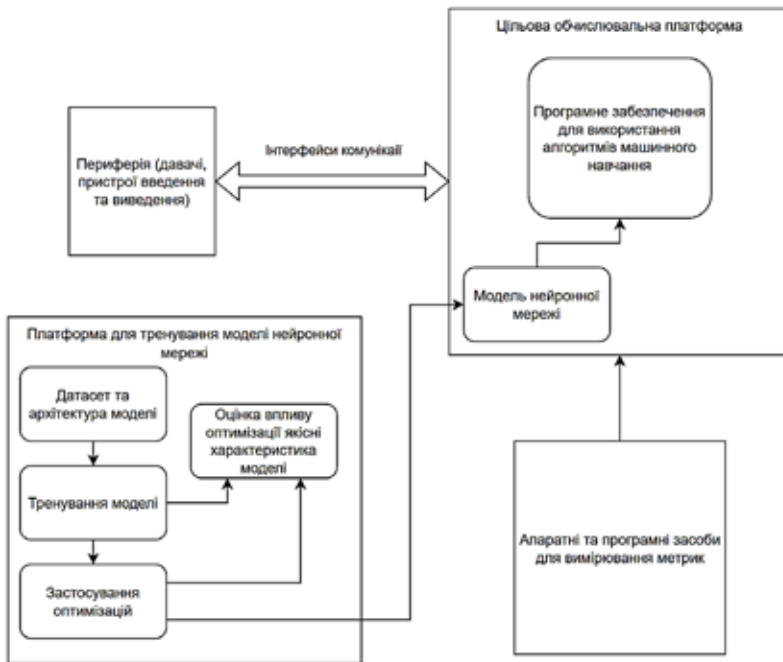


Рис. 1. Узагальнена схема вбудованої кіберфізичної системи з використанням нейронних мереж для обробки зображень в реальному часі

Така система включає в себе кінцевий пристрій з периферією, на якому виконуються всі обчислення використовуючи модель та системи, на якій відбувається побудова та тренування моделі. Після оптимізації нейромережевої моделі її розгортають на кінцевому пристрої. Розпізнавання об'єктів у реальному часі відбувається безпосередньо на пристрої, що дозволяє йому оперативню реагувати на події, не покладаючись на зовнішні обчислювальні ресурси. Вбудована система працює автономно, демонструючи потенціал нейронних мереж у створенні інтелектуальних периферійних пристроїв.

Для проведення дослідження розроблено методику оптимізації моделі нейронної мережі, яка включає в себе наступні етапи (рис. 2):

- Підбір датасету та підготовка даних для тренування. Для подальшого тренування та перевірки і валідації даних з датасету проведено попередню обробку даних, а саме конвертовано в кольоровий простір градацій сірого.
- Розробка та тренування моделі.
- Застосування різних варіантів оптимізації і формування моделей для тестування.
- Вимірювання впливу методів оптимізації на метрики кінцевої системи та формування результатів порівняння.

В процесі проведення дослідження використовувався фреймворк для машинного навчання від Google Tensorflow Lite, оскільки він добре адаптований для використання у вбудованих системах на основі різних архітектур та розповсюджується з набором інструментів для впровадження оптимізацій у вже існуючі моделі нейронних мереж.

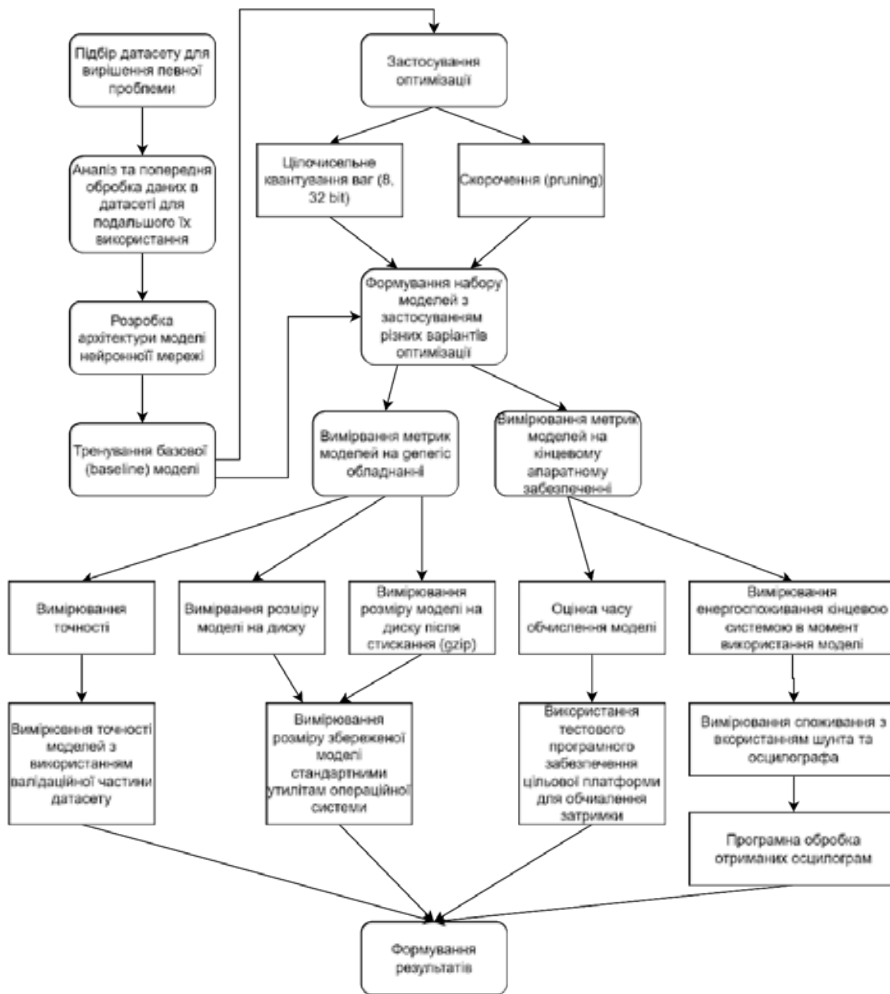


Рис. 2. Методика дослідження впливу оптимізації моделей нейронних мереж на показники вбудованих систем

Архітектура моделі показана на рис. 3. На вхід приймаються напівтонові зображення розміром  $32 \times 32$  (зображені червоним кольором). Згодом ці зображення проходять ряд операцій. Спочатку застосовуються три згорткові шари, кожен з яких супроводжується Batch Normalization, Activation та MaxPooling2D, в результаті чого утворюється 12 функціональних згорткових шарів. Після операцій згортки застосовуються 3 шари Dense за якими слідує BatchNormalization та Activation.

Ця архітектура, що характеризується інтеграцією згорткових шарів з функціями пакетної нормалізації, активації та максимального об'єднання, полегшує вилучення ієрархічних ознак із вхідних зображень. Наступні щільні шари слугують для фіксації складних взаємозв'язків у представленнях ознак, що в кінцевому підсумку призводить до точної класифікації за визначеними вихідними категоріями. Включення пакетної нормалізації допомагає стабілізувати і прискорити процес навчання, нормалізуючи активації між шарами, пом'якшуючи такі проблеми,



як внутрішній зсув коваріацій. Крім того, використання функції активації ReLU вносить нелінійність, дозволяючи моделі вивчати складні закономірності в даних.

Описана архітектура особливо добре підходить для задач класифікації зображень, оскільки вона використовує можливості ієрархічного виділення ознак за допомогою згорткових шарів, одночасно вводячи нелінійність і нормалізацію для підвищення стабільності та ефективності навчання.

Layer (type)	Output Shape	Param			
input_image (InputLayer)	[(None, 32, 32, 3)]	0	conv_act_2 (Activation)	(None, 4, 4, 24)	0
conv_0 (Conv2D)	(None, 30, 30, 16)	432	pool_2 (MaxPooling2D)	(None, 7, 7, 24)	0
bn_conv_0 (BatchNormalization)	(None, 30, 30, 16)	64	flatten (Flatten)	(None, 96)	0
conv_act_0 (Activation)	(None, 30, 30, 16)	0	dense_0 (Dense)	(None, 42)	4032
pool_0 (MaxPooling2D)	(None, 15, 15, 16)	0	bn_dense_0 (BatchNormalization)	(None, 42)	168
conv_1 (Conv2D)	(None, 13, 13, 16)	2304	dense_act_0 (Activation)	(None, 42)	0
bn_conv_1 (BatchNormalization)	(None, 13, 13, 16)	64	dense_1 (Dense)	(None, 64)	2688
conv_act_1 (Activation)	(None, 13, 13, 16)	0	bn_dense_1 (BatchNormalization)	(None, 64)	256
pool_1 (MaxPooling2D)	(None, 6, 6, 16)	0	dense_act_1 (Activation)	(None, 64)	0
conv_2 (Conv2D)	(None, 4, 4, 24)	2456	output_dense (Dense)	(None, 10)	650
bn_conv_2 (BatchNormalization)	(None, 4, 4, 24)	96	output_softmax (Activation)	(None, 10)	0

Рис. 3. Архітектура моделі нейронної мережі, яка використовувалась для дослідження

Тренування моделі виконувалось з допомогою алгоритму машинного навчання під наглядом. Для тренування використовувались наступні гіперпараметри:

- Функція втрат CategoricalCrossentropy
- Оптимізатор Adam (швидкість навчання  $0.3 \cdot 10^{-3}$ ,  $\beta_1=0.9$ ,  $\beta_2=0.999$ ,  $\epsilon=1 \cdot 10^{-7}$ )
- Розмір серії (batch size) 1024

Результат тренування baseline моделі нейронної мережі без оптимізації показано на рис. 4 у вигляді ROC кривих (Receiver Operating Characteristic curve) для кожного з класів класифікатора. ROC-крива – це графічне представлення діагностичної здатності бінарного класифікатора при всіх можливих порогах класифікації. Вона відображає взаємозв'язок між часткою істинно позитивних результатів (True Positive Rate, TPR) та часткою хибно позитивних результатів (False Positive Rate, FPR) для різних порогових значень. Кожна крива представляє собою ефективність моделі у класифікації окремого класу. Криві мають різні кольори для ідентифікації, і кожна крива має підпис, який показує площу під кривою (Area under the curve, AUC).

Як бачимо, що загальна точність оригінальної моделі без оптимізації становить 89.7%, а показники AUC варіюється від 98.4% до 99.4% для різних класів. Це високі значення AUC, що свідчить про високу здатність моделі розрізняти між класами та можливість проведення попередньої оптимізації.

У контексті оптимізації нейронних мереж для зменшення витрат ресурсів можна розглянути два популярні підходи: вагове скорочення (model pruning) та квантування (quantization). Вагове скорочення це процес видалення несуттєвих ваг у нейронній мережі. Квантування полягає в зменшенні точності ваг моделі, зазвичай переходячи від 32-бітних змінних з плаваючою комою до 8-бітних

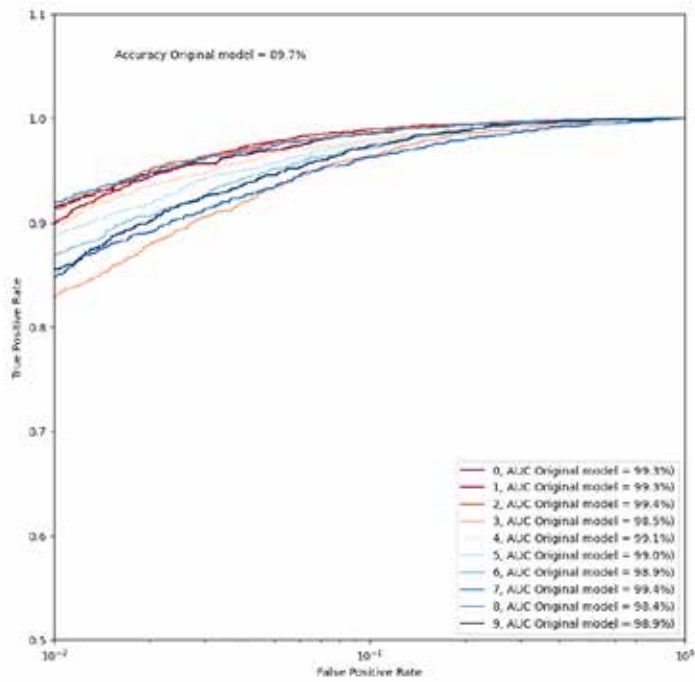


Рис. 4. Криві ROC натренованої baseline моделі (без оптимізації)

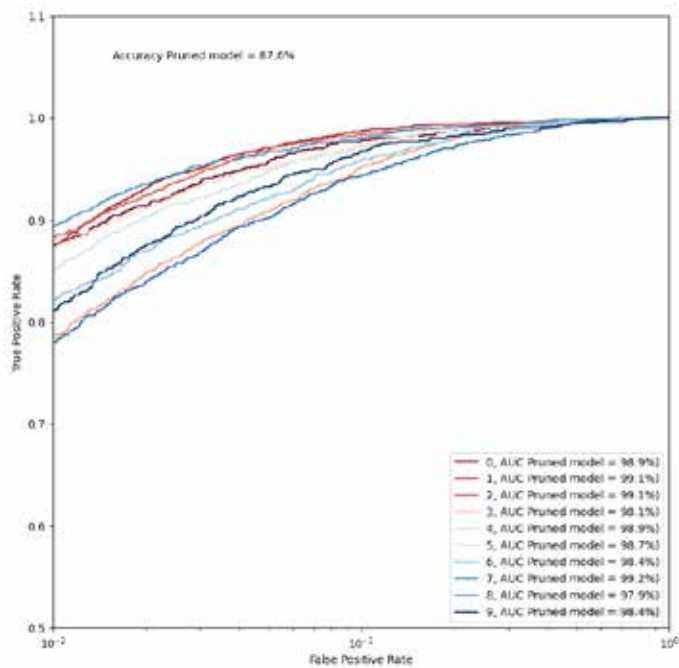


Рис. 5. Криві ROC натренованої моделі після застосування скорочення

цілочисельних значень. Дані підходи можуть бути застосовані окремо або разом, щоб досягти оптимального балансу між точністю моделі та ефективністю використання ресурсів.

На рис. 5 представлені ROC-криві для моделі після застосування методу вагового скорочення (pruning). Подібно до попереднього графіка, кожна лінія відповідає за певний клас в багатокласовій класифікаційній задачі. Після скорочення точність моделі становить 87.6%, що трохи нижче, ніж було зазначено для оригінальної моделі (89.7%). Значення AUC для різних класів після скорочення коливаються від 97.9% до 99.1%. Ці значення трохи нижче, ніж у оригінальної моделі, але все ще знаходяться на високому рівні, що свідчить про добру класифікаційну здатність моделі навіть після скорочення.

Ефект від застосування скорочення можна побачити на гістограмі розподілу ваг. Суть скорочення полягає у заміні ваг із значенням близько нуля, вагами з нульовим значенням. Вплив такої оптимізації на модель можна оцінити змінами в гістограмах розподілу ваг до та після застосування оптимізації. Дані гістограми показані на рис. 6 та рис. 7 відповідно.

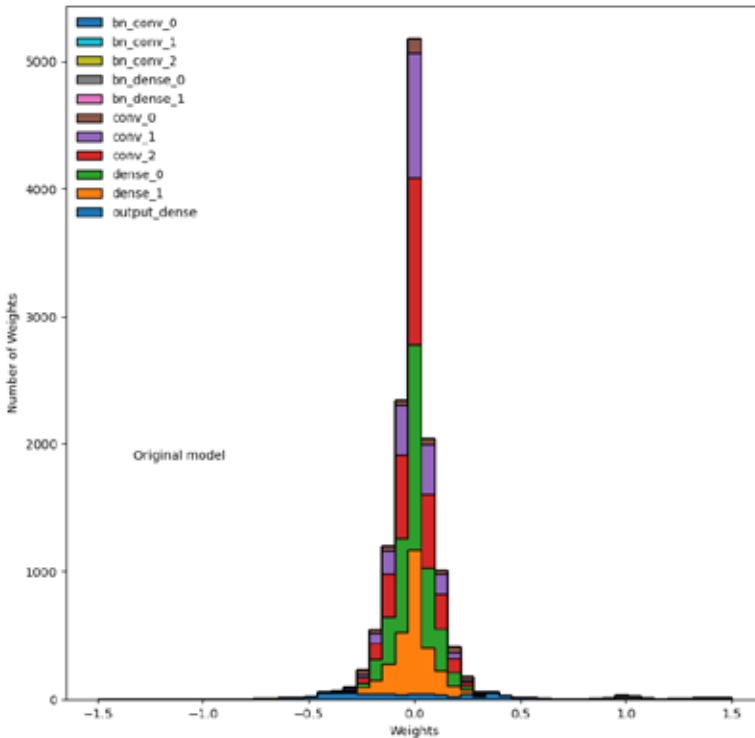


Рис. 6. Гістограма розподілу ваг моделі до застосування оптимізації

Для застосування оптимізації квантування використовується метод квантування після тренування, який виконується засобами Tensorflow Lite. В ході дослідження квантування виконується з наступними параметрами:

- Квантування ваг до 32-розрядних цілих чисел.

- Квантування ваг та входів/виходів функцій активації до 8-розрядних цілих чисел.

В результаті застосування оптимізацій, отримано наступний набір моделей для тестування:

- `cnn_not_optimised-no_opt.tflite` – модель без застосування оптимізації: без скорочення та без квантування;

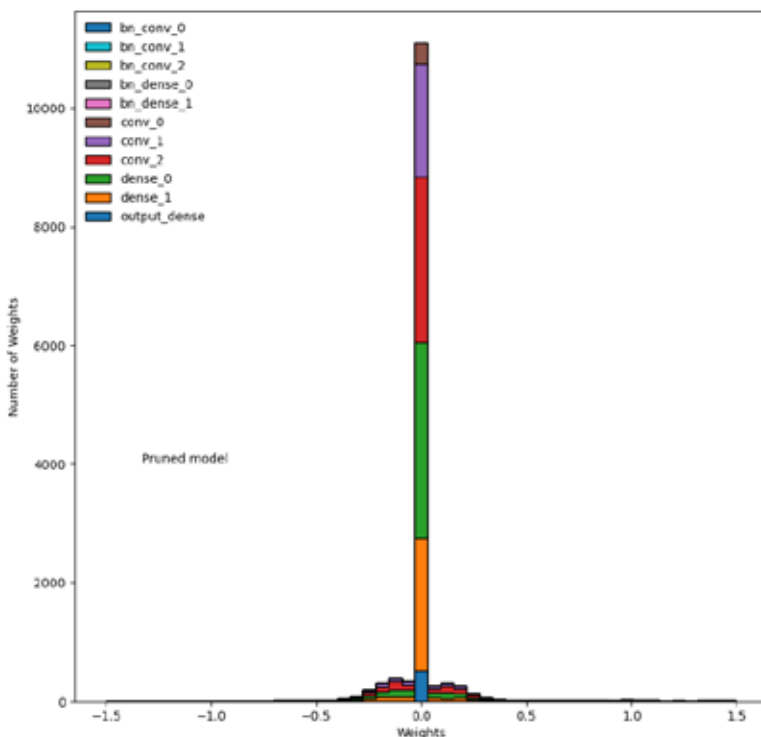


Рис. 7. Гістограма розподілу ваг моделі після застосування скорочення

- `cnn_not_optimised-default_opt.tflite` – модель з цілочисельним квантуванням з можливістю застосування операторів які використовують числа з плаваючою комою;
- `cnn_not_optimised-int8_quant.tflite` – модель з застосуванням квантування до 8-розрядних цілих чисел;
- `cnn_pruned-default_opt.tflite` – модель, в якій застосовано оптимізації скорочення;
- `cnn_pruned-int8_quant.tflite` – модель, в якій застосовано оптимізації скорочення та цілочисельне квантування до 8 розрядних чисел;
- `cnn_pruned-no_opt.tflite` – модель, в якій застосовано оптимізації скорочення та цілочисельне квантування.

Для проведення аналізу використання алгоритмів навчання, а саме нейронних мереж у контексті вбудованих систем, важливо виокремити кілька чинників, які впливають на використання апаратного забезпечення вбудованих систем в цілому:

• Вимірювання точності моделі. Дану метрику важливо відслідковувати, оскільки вона показує вплив змін в моделі внаслідок застосування оптимізації на точність її роботи.

- Вимірювання розміру моделі до та після стиснення.
- Час виклику моделі (inference time).
- Кінцевий розмір моделі на диску (у постійній пам'яті).
- Розмір моделі після стиснення.
- Споживана потужність (динамічна).
- Усереднена потужність.

Вимірювання точності та обсягу моделі не вимагає безпосередньої взаємодії з цільовою платформою, оскільки ці характеристики є незалежними від обладнання, на якому модель застосовується. Таким чином, найбільш раціональним варіантом було провести ці вимірювання на тій самій платформі, де відбувається навчання моделі. Водночас, оцінки часу виконання та енергоспоживання проводились в умовах, що максимально наближені до реального використання, а тому – безпосередньо на вбудованій цільовій системі. Для проведення тестування даних параметрів розроблено тестове програмне забезпечення, в якому робиться кілька викликів розрахунку моделі з заданою частотою та розраховується середнє значення часу виконання. Приклад результату роботи тестової утиліти показано на рис. 8.

```
32 INFO: Running benchmark for at least 1 iterations and at least 0.5 seconds but terminate if exceeding 150 seconds.
33 Running benchmark for at least 50 iterations and at least 1 seconds but terminate if exceeding 150 seconds.
34
35 INFO: =====Summary of All Runs w/ Different Performance Options=====
36 INFO: single core cpu: count=52 first=64710 curr=64066 min=64066 max=64710 avg=64079.2 std=885
```

Рис. 8. Приклад виводу утиліти для аналізу затримки виконання моделей Tensorflow Lite встановленої на мікроконтролер

На рис. 9 показано результати вимірювання середнього часу виконання нейронної мережі для різних конфігурацій моделі на мікроконтролері ESP32 (позначено як "single core cpu" на легенді). Конфігурації моделі, які порівнюються, включають комбінації з ваговим скороченням та квантуванням. З лівої сторони графіка видно, що певні конфігурації моделі мають значно вищий час виконання, що вказує на менш оптимізовані версії моделі. В центрі графіка середній час виконання знижується, що свідчить про ефективність виконання оптимізованих версій моделей. Потім час виконання знову підвищується для останніх конфігурацій, вказаних на графіку. Отриманні результати можуть бути використані для визначення найбільш ефективної конфігурації моделі з точки зору часу виконання для мікроконтролерів, таких як ESP32.

Згідно запропонованої методики для вимірювання енергоспоживання мікроконтролера під час роботи моделі нейронної мережі використовується схема з шунтовим резистором на 0.05 Ом, який встановлено послідовно у ланцюг живлення плати з мікроконтролером відповідно. Вимірювання напруги, що впадає на шунтовому резисторі, проводиться за допомогою цифрового осцилографа, який може фіксувати та зберігати зняті показники на диск для наступного перетворення у значення споживаної потужності (приймаючи, що напруга живлення становить 5 В) та аналізу. Графіки енергоспоживання, які були отримані, представлені на рис. 10. На них чітко видно піки споживання струму в ланцюзі, які виникають у моменти активного використання моделі.

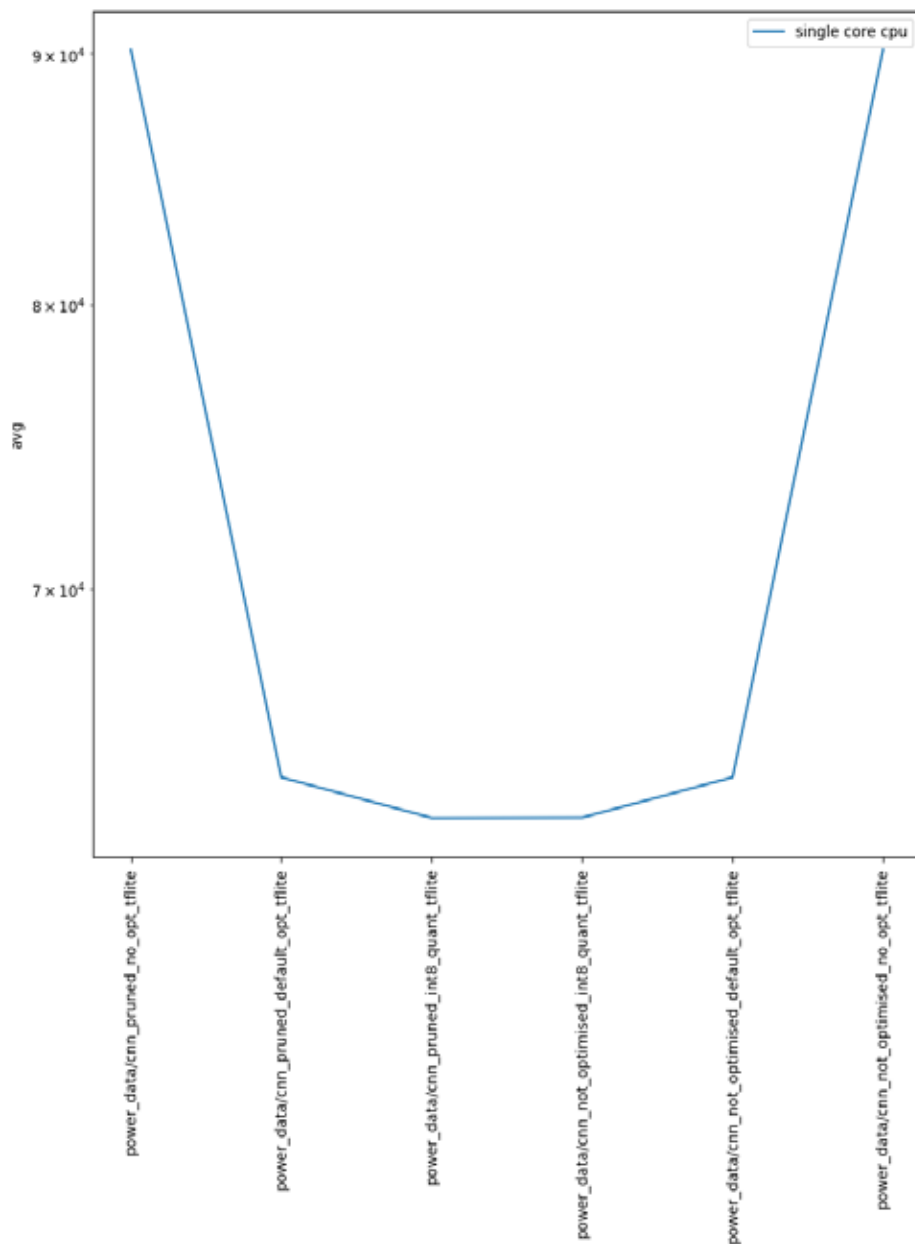


Рис. 9. Результат вимірювання часу виконання моделі на мікроконтролері ESP32

Провівши вимірювання для кожного з варіантів отриманих моделей нейронної мережі та узагальнивши результати сформовано таблицю 1, яка містить результати всіх вимірювань досліджуваних метрик.

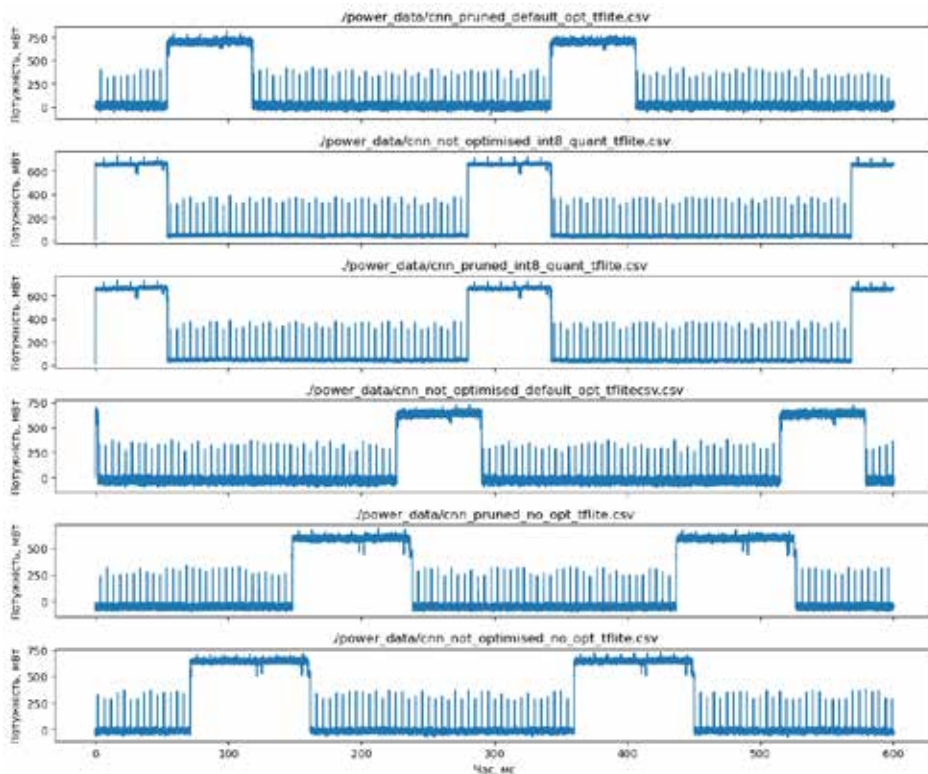


Рис. 10. Споживана потужність вбудованої системи з застосуванням різних варіантів оптимізації моделі

Таблиця 1

**Узагальнення результатів впливу оптимізації нейронних мереж на метрики вбудованої системи**

Тип оптимізації	Розмір моделі / розмір стиснутої моделі, КБ	Середня затримка виконання, мс	Середнє значення споживаної потужності, мВт
Без оптимізації	59.5 / 54.1	90.1	1946
Цілочисельне квантування	21.3 / 15.6	64.7	1237
Квантування до 8-розрядних цілих чисел	21 / 15.4	62.8	1384
Скорочення	59.5 / 19.3	90.1	1769
Скорочення + цілочисельне квантування	21.3 / 8.3	64	1468
Скорочення + квантування до 8-розрядних цілих чисел	21 / 8.2	62.8	1384

З рис. 9 можна зробити висновок, що внаслідок квантування час виклику нейронної мережі знизився з  $\sim 90$ мс до квантування до  $\sim 60$ мс після квантування до цілочисельних типів так і після квантування до 8 розрядних цілочисельних типів. Також слід зауважити про співпадіння величини часу виконання, яка рівна тривалості імпульсу на осцилограмі зі значеннями виміряними з допомогою тестового програмного забезпечення.

Паралельно з цим, дослідження скорочених ваг у моделі нейронної мережі, як на прикладі `cnn_pruned-no_opt.tflite`, висвітлює інший аспект оптимізації це зменшення розміру моделі. Скорочення, як метод, систематично усуває надлишкові зв'язки в нейронних мережах, в результаті чого моделі займають значно менше місця на флеш-пам'яті. Це особливо помітно при порівнянні вимог до пам'яті скороченої моделі (`cnn_pruned-no_opt.tflite`) з їх неоптимізованими аналогами (`cnn_not_optimised-no_opt.tflite`). Стиснені моделі не лише економлять дорогоцінний простір у сховищі, але й сприяють прискореному завантаженню та розгортанню моделей на вбудованих системах з обмеженими ресурсами.

Таким чином запропонована методика здатна гнучко адаптуватися до оптимізації залежно від специфічних потреб. Вона включає в себе стратегію, яка об'єднує квантування та скорочення для оптимізації нейронних мереж, що показано на прикладах моделей, таких як `"cnn_not_optimised-int8_quant.tflite"` та `"cnn_pruned-int8_quant.tflite"`. Це поєднання дає змогу втілити в одній моделі переваги обох технік оптимізації, що робить її значно швидшою та компактнішою порівняно з її первісною версією. Такі моделі не тільки прискорюють процес виведення, але й ефективно знижують використання пам'яті. Це забезпечує комплексне вдосконалення ефективності нейронних мереж, зокрема для застосування в умовах обмежених ресурсів вбудованих систем.

**Висновки.** У роботі запропоновано методику оптимізації алгоритмів машинного навчання для вбудованих кіберфізичних систем. Акцент зроблено на значущості програмних оптимізацій для покращення функціональності вбудованих систем, використовуючи нейронні мережі. Для аналізу потенціалу оптимізацій розглянуто архітектуру типової вбудованої системи, модель нейронної мережі, визначено критичні метрики для моніторингу оптимізацій, ідентифіковано ряд потенційних оптимізацій, що можуть знизити вимоги до ресурсів системи. Також визначено набір середовищ для тестування оптимізацій, охоплюючи широкий спектр популярних програмно-апаратних платформ. На основі експериментальних даних досягнуто висновку, що запропонована методика оптимізації є ефективною, оскільки мінімально впливає на точність моделей нейронних мереж, знижуючи її лише на 2.1%, при цьому підвищуючи швидкість виконання моделі на 30%, що у свою чергу значно знижує енергоспоживання.

## ПОДЯКА

Дана стаття підготовлена завдяки грантовій підтримки Національного Фонду Досліджень України, реєстраційний номер проєкту 2022.01/0009 «Оцінювання та прогнозування загроз відбудові та сталому функціонуванню об'єктів критичної інфраструктури» за конкурсом «Наука для відбудови України у воєнний та повоєнний періоди».



**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. A Cyber-Physical Systems Paper Survey About the Concept, Architecture and Challenges for the Deployment within the Concept of Industry 4.0 / M. Melicher et al. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*. 2019. Vol. 27, no. 45. P. 49–54.
2. Cyber-Physical Power System (CPPS): A Review on Modeling, Simulation, and Analysis With Cyber Security Applications / R. V. Yohanandhan et al. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 151019–151064.
3. Conrad C., Al-Rubaye S., Tsourdos A. Intelligent Embedded Systems Platform for Vehicular Cyber-Physical Systems. *Electronics*. 2023. Vol. 12, no. 13. P. 2908.
4. Batzolis E., Vrochidou E., Papakostas G. A. Machine Learning in Embedded Systems: Limitations, Solutions and Future Challenges. *2023 IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*, Las Vegas, NV, USA, 8–11 March 2023. 2023.
5. Wiedemann S., Muller K.-R., Samek W. Compact and Computationally Efficient Representation of Deep Neural Networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*. 2020. Vol. 31, no. 3. P. 772–785.
6. Tung F., Mori G. Deep Neural Network Compression by In-Parallel Pruning-Quantization. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2020. Vol. 42, no. 3. P. 568–579.
7. Compressing by Learning in a Low-Rank and Sparse Decomposition Form / K. Guo et al. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 150823–150832.
8. LightweightNet: Toward fast and lightweight convolutional neural networks via architecture distillation / T.-B. Xu et al. *Pattern Recognition*. 2019. Vol. 88. P. 272–284.
9. ShuffleNet: An Extremely Efficient Convolutional Neural Network for Mobile Devices / X. Zhang et al. *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Salt Lake City, UT, 18–23 June 2018. 2018.
10. EIE: Efficient Inference Engine on Compressed Deep Neural Network / S. Han et al. *Computer Architecture News*. 2016. Vol. 44(3). P. 243–254.
11. Yang H., Yao H. Street View House Number Identification Based on Deep Learning. *International Journal of Advanced Network, Monitoring and Controls*. 2019. Vol. 4, no. 3. P. 47–52.

**REFERENCES:**

1. Melicher, M., Šišmišová, D., Vachálek, J., & Belavý, C. (2019). A Cyber-Physical Systems Paper Survey About the Concept, Architecture and Challenges for the Deployment within the Concept of Industry 4.0. *Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology*, 27(45), 49–54.
2. Yohanandhan, R. V., Elavarasan, R. M., Manoharan, P., & Mihet-Popa, L. (2020). Cyber-Physical Power System (CPPS): A Review on Modeling, Simulation, and Analysis With Cyber Security Applications. *IEEE Access*, 8, 151019–151064.
3. Conrad, C., Al-Rubaye, S., & Tsourdos, A. (2023). Intelligent Embedded Systems Platform for Vehicular Cyber-Physical Systems. *Electronics*, 12(13), 2908.
4. Batzolis, E., Vrochidou, E., & Papakostas, G. A. (2023). Machine Learning in Embedded Systems: Limitations, Solutions and Future Challenges. In *2023 IEEE 13th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*. IEEE.
5. Wiedemann, S., Muller, K.-R., & Samek, W. (2020). Compact and Computationally Efficient Representation of Deep Neural Networks. *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 31(3), 772–785.
6. Tung, F., & Mori, G. (2020). Deep Neural Network Compression by In-Parallel Pruning-Quantization. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 42(3), 568–579.
7. Guo, K., Xie, X., Xu, X., & Xing, X. (2019). Compressing by Learning in a Low-Rank and Sparse Decomposition Form. *IEEE Access*, 7, 150823–150832.

8. Xu, T.-B., Yang, P., Zhang, X.-Y., & Liu, C.-L. (2019). LightweightNet: Toward fast and lightweight convolutional neural networks via architecture distillation. *Pattern Recognition*, 88, 272–284.
  9. Zhang, X., Zhou, X., Lin, M., & Sun, J. (2018). ShuffleNet: An Extremely Efficient Convolutional Neural Network for Mobile Devices. In *2018 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
  10. Han, S., Liu, X., Mao, H., Pu, J., Pedram, A., Horowitz, M. A., & Dally, W. J. (2016). EIE: Efficient inference engine on compressed deep neural network. *Computer Architecture News*, 44(3), 243–254.
  11. Yang, H., & Yao, H. (2019). Street View House Number Identification Based on Deep Learning. *International Journal of Advanced Network, Monitoring and Controls*, 4(3), 47–52.
-

УДК 621.311:004.85+004.7

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.3>

## МІКРОСЕРВІС ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ МІКРОМЕРЕЖІ З ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

**Бойко О. В.** – кандидат технічних наук,  
старший викладач кафедри інформаційних технологій  
Сумського державного університету  
ORCID ID: 0000-0001-8557-2267

**Парфененко Ю. В.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри інформаційних технологій  
Сумського державного університету  
ORCID ID: 0000-0003-4377-5132

**Івашова Н. В.** – кандидат економічних наук,  
старший викладач кафедри інформаційних технологій  
Сумського державного університету  
ORCID ID: 0009-0008-5663-8528

**Рикун В. А.** – студент магістратури  
Сумського державного університету  
ORCID ID: 0009-0000-6231-138X

Зростання використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) веде до ускладнення інфраструктурних завдань для енергетичних систем. Ефективна інтеграція ВДЕ потребує вдосконаленої системи прийняття рішень, здатної враховувати мінливість генерації та попиту на енергію, а також забезпечувати надійність та стабільність роботи енергетичної системи. Мікросервісна архітектура може стати ефективним способом реалізації таких систем, завдяки своїй гнучкості, масштабованості та легкості інтеграції. Метою роботи є розробка мікросервісу підтримки прийняття рішень щодо режимів роботи енергетичної мікромережі з використанням ВДЕ. Створення такого мікросервісу має ряд переваг. А саме, гнучкість – система легко адаптується до змін у потребах та технологіях, а також може бути розширена для підтримки нових функцій; інтеграційність – мікросервіс легко інтегрується з іншими системами та платформами, що робить можливим створення комплексної системи управління енергетичною мікромережею; розширення – система відкриває можливості для розробки власних додатків та API, що дозволяє гнучко підлаштувати її під потреби конкретних користувачів. В рамках роботи було проведено аналіз актуальних проблем в енергетичних мікромережах та визначено перспективи розвитку цієї галузі. Розроблено модель створення та функціональності мікросервісу, визначено структуру та взаємодію компонентів системи. На основі розробленої моделі було створено мікросервіс відповідно до архітектурних та функціональних вимог. Здійснено інтеграцію мікросервісу у вже існуючу інформаційну систему. Проведено ретельне тестування мікросервісу, включаючи випробування його функціональності, продуктивності та стійкості до збоїв. Набуті знання та результати роботи на даному етапі становлять основу для подальшого розвитку та вдосконалення мікросервісу з метою виконання його основної функції – прийняття рішень щодо режимів роботи енергетичної мікромережі з використанням ВДЕ.

**Ключові слова:** відновлювальні джерела енергії, мікромережа, мікросервісна архітектура, підтримка прийняття рішень.

**Boiko O. V., Parfenenko Yu. V., Ivashova N. V., Rykun V. A. Decision support microservice for microgrid operation with renewable energy sources**

*The growing use of renewable energy sources (RES) leads to the complication of infrastructure tasks for energy systems. Effective integration of RES requires an improved decision-making system capable of taking into account the variability of energy generation and demand, as well as ensuring the reliability and stability of the energy system. Microservice architecture can become an effective way to implement such systems, thanks to its flexibility, scalability and ease of integration. The purpose of the work is the development of a decision-making support microservice regarding the modes of operation of an energy microgrid using RES. Creating such a microservice has a number of advantages. Namely, flexibility – the system easily adapts to changes in needs and technologies, and can also be expanded to support new functions; integrability – the microservice is easily integrated with other systems and platforms, which makes it possible to create a comprehensive energy microgrid management system; expansion – the system opens up possibilities for developing own applications and APIs, which allows you to flexibly adapt it to the needs of specific users. As part of the work, an analysis of current problems in energy microgrids was carried out and prospects for the development of this industry were determined. A model of microservice creation and functionality has been developed, the structure and interaction of system components has been determined. Based on the developed model, a microservice was created in accordance with the architectural and functional requirements. The integration of the microservice into the already existing information system was carried out. Thorough testing of the microservice, including testing its functionality, performance, and fault tolerance. The acquired knowledge and work results at this stage form the basis for the further development and improvement of the microservice in order to fulfill its main function – decision-making regarding the modes of operation of the energy microgrid using RES.*

**Key words:** renewable energy sources, microgrid, microservice architecture, decision-making support.

**Вступ.** У сучасному світі енергетична безпека стає ключовим фактором національного розвитку, забезпечуючи надійне та доступне енергопостачання населення, підприємств та інфраструктури [1]. Однак поняття енергетичної безпеки виходить за межі простого забезпечення енергією та включає економічні, екологічні та соціальні аспекти. Зокрема, Україна визнає стале енергетичне майбутнє через розвиток відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності та забезпечення енергетичної безпеки на місцевому рівні. У звітах агентства з відновлювальної енергетики України відзначено, що енергетична безпека є однією з найважливіших складових національної безпеки [2]. Це вимагає не лише постійного забезпечення енергією, але і розумного, ефективного управління енергетичними ресурсами. У цьому контексті мікромережі та інструменти прийняття рішень набувають значення, що важко переоцінити.

Мікромережі, як невеликі локалізовані електромережі, є перспективним напрямком для підвищення надійності та стійкості електричних мереж, а також для зменшення викидів парникових газів [3]. Проте, прийняття рішень щодо режимів роботи таких систем є складним завданням, оскільки вимагає врахування різних факторів, таких як доступність джерел енергії, потужність, попит на електроенергію, екологічні вимоги та економічні обмеження [1]. Експертні знання часто використовуються для прийняття оптимальних рішень щодо мікромереж, оскільки вони забезпечують глибоке розуміння технічних та економічних аспектів планування та експлуатації мережі.

Урахування експертних знань та розробка ефективної інформаційної системи для підтримки прийняття рішень стосовно режимів роботи мікромереж стає важливим завданням [4]. Важливо мати зручні та ефективні інформаційні системи для збору та аналізу даних експертів, а також для виведення результатів прийняття рішень різним стейкхолдерам. Розробка таких систем вимагає ефективної архітектури, здатної обробляти великі обсяги даних та адаптуватися до змін

у конфігурації мікромереж. У цьому контексті мікросервісна архітектура виявляється оптимальним варіантом для інформаційних систем, що підтримують прийняття рішень щодо режимів роботи енергетичних мікромереж [5].

**Постановка проблеми.** Наукова проблема, що стоїть перед дослідниками, полягає в проектуванні мікросервісу, який би збирав та обробляв комплексні дані про різні фактори, що впливають на роботу мікромережі, дозволяв збір та обробку експертних знань для розробки алгоритмів та стратегій прийняття оптимальних рішень щодо режимів роботи мікромережі, надавав інформацію про стан та роботу мікромережі в зручному форматі для різних зацікавлених стейкхолдерів, що дозволить їм ефективно керувати мережею та приймати обґрунтовані рішення. Додатково, важливим аспектом є розробка масштабованої архітектури мікросервісу, що дозволить ефективно взаємодіяти між різними компонентами системи, забезпечуючи при цьому гнучкість.

**Виклад основного матеріалу.** Вибір мікросервісної архітектури для проекту обумовлено багатьма перевагами та можливостями, які вона пропонує. Мікросервіси дозволяють розділити систему на невеликі та автономні компоненти, що спрощує розробку, тестування та розгортання. Цей підхід полегшує масштабування окремих складових системи та забезпечує гнучкість у виборі технологій для кожного мікросервісу. Більш того, мікросервісна архітектура сприяє незалежному вдосконаленню та розгортанню окремих компонентів, що робить систему більш модульною та легко збереженою.

У зв'язку з фокусом даного дослідження на розмежуванні в архітектурі підсистеми збору та обробки експертних знань, важливим є попереднє вивчення механізму взаємодії експертів з системою підтримки прийняття рішень. З цією метою на рисунку 1 представлена контекстна діаграма процесу взаємодії користувача (експерта, що надає задає правила щодо режимів роботи мікромережі) з інформаційною системою, в яку інтегровано мікросервіс.



Рис. 1. Контекстна діаграма взаємодії експерта з інформаційною системою в нотації IDEF0

Наступним кроком дослідження є декомпозиція головної функції мікросервісу на підпроцеси. Цей процес дозволяє чітко окреслити основні дії, що виконуються системою, та покращити її зрозумілість.

В результаті декомпозиції було виділено два основних підпроцеси:

1. *Збереження внесених експертом значень показників.* Цей підпроцес відповідає за прийняття та зберігання даних, які експерт вводить до системи. Дані можуть включати значення різних параметрів, що впливають на роботу мікромережі, наприклад, прогнозована генерація ВДЕ, попит на електроенергію, технічні характеристики мережі тощо.

2. *Редагування бази правил для визначення стану вимикача.* Цей підпроцес використовує збережені значення показників для визначення стану кожного вимикача в мікромережі. Це передбачає встановлення актуального правила функціонування вимикача у мережі.

Після декомпозиції головної функції було розроблено діаграму першого рівня. Діаграма візуалізує основні компоненти мікросервісу та їх взаємозв'язки. Це створює підґрунтя для подальшого аналізу та проектування системи з урахуванням мікросервісного підходу. На рисунку 2 представлена діаграма декомпозиції першого рівня.

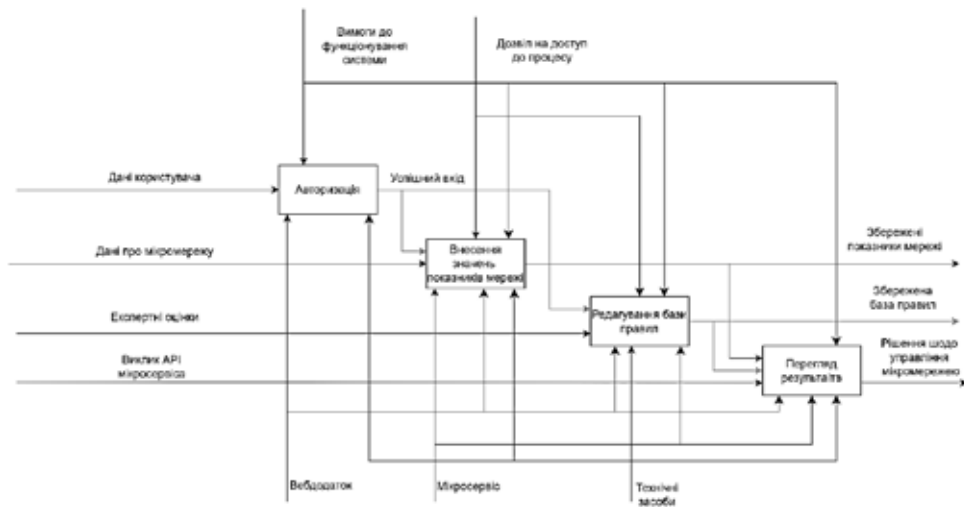


Рис. 2. Діаграма декомпозиції першого рівня

Після того, як визначено, як саме експерт взаємодіє з системою, можна представити загальну архітектуру системи з урахуванням мікросервісного підходу. На рисунку 3 показано архітектуру розроблюваного додатку з урахуванням інтеграції мікросервісу.

Поряд з цим, було побудовано діаграми послідовності для дослідження порядку виконання різних елементів системи та їх взаємодії. Ці діаграми є необхідним інструментом для аналізу та проектування систем, що взаємодіють в реальному часі. На рисунку 4 відображена взаємодія вебдодатка з мікросервісом, що ілюструє послідовність кроків та умов, необхідних для виконання конкретних дій.

На основі розробленої архітектури виконано програмну імплементацію мікросервісу. В якості інструменту для розробки обраний фреймворк FastAPI. Додатково використовувався інструмент інтерактивної документації Swagger UI для API з метою спрощення взаємодії з мікросервісом [6]. Застосування цього підходу забезпечило можливість динамічно генерувати документацію на основі коду API,

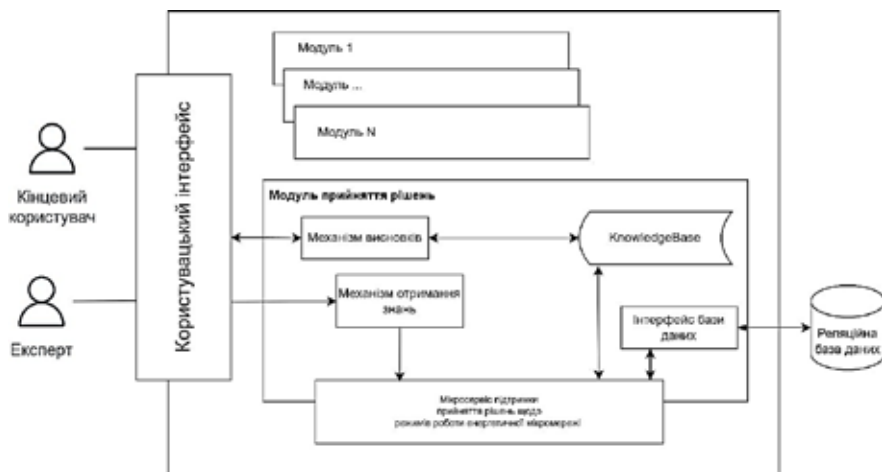


Рис. 3. Архітектура додатку

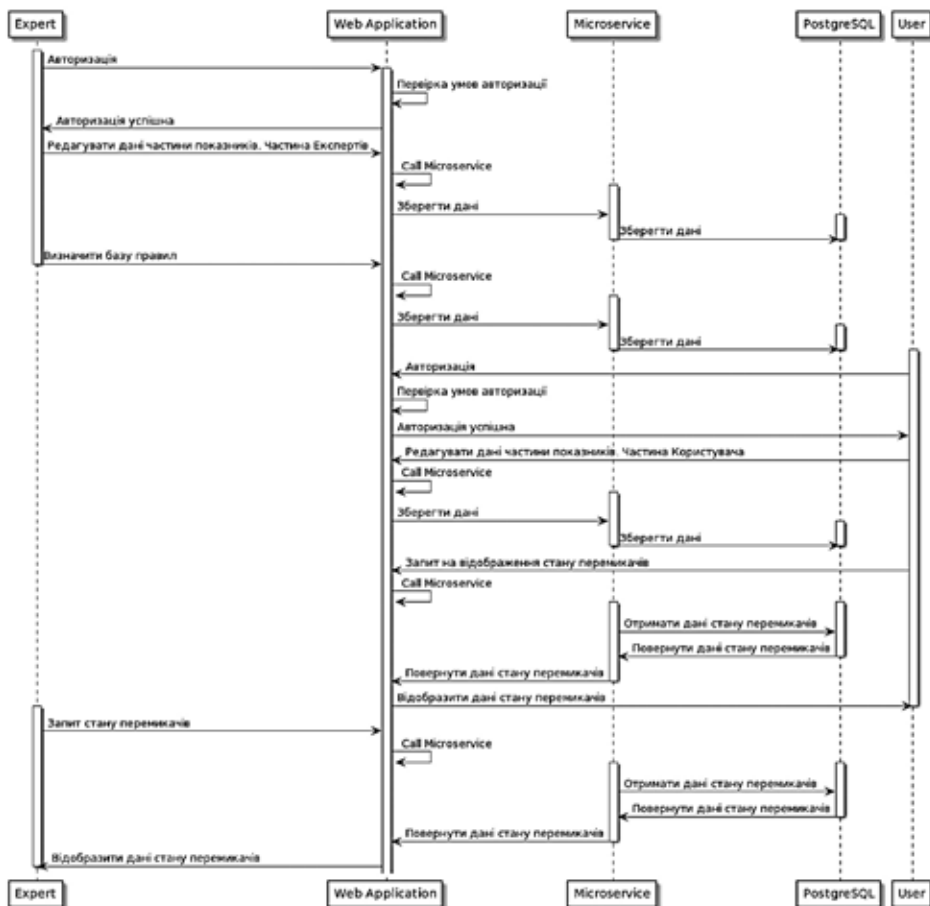


Рис. 4. Діаграма послідовності взаємодії вебдодатка з мікросервісом

забезпечуючи її постійну актуальність, навіть у випадку змін у коді API. Побудова належної документації під час розробки мікросервісу є ключовою, оскільки вона сприяє зручній взаємодії з різними ендпоінтами для реалізації інтеграції, уникненню необхідності ручного аналізу коду. Це спрощує процес інтеграції та допомагає уникнути помилок. У контексті мікросервісної архітектури, ендпоінти відповідають окремим сервісам або функціональним можливостям, які мікросервіс надає. Вони є точками доступу, через які зовнішні системи або клієнти можуть здійснювати взаємодію з цим мікросервісом. Таким чином, ендпоінти є основною складовою частиною API мікросервісів, і вони визначають, які операції можна виконати та як це зробити через відповідний мікросервіс [7].

Для тестування API мікросервісу використовувався інструмент Pytest – фреймворк для тестування на мові Python. Забезпечено 100% покриття тестами, що означає, що кожна частина коду, яка виконує яку-небудь функціональність, була покрита тестами. Це дозволило зменшити кількість помилок, підвищити стабільність системи та полегшити рефакторинг коду.

Рисунок 5 ілюструє інтерфейс розробленого мікросервісу, який відповідає за реалізацію функціоналу та інтеграцію підсистеми експертного оцінювання режимів роботи мікромережі. Цей модуль використовується для визначення правил зміни режиму роботи мікромережі в загальній системі підтримки прийняття рішень.



Рис. 5. Тестовий інтерфейс мікросервіса

Функціонал запропонованого мікросервісу наступний:

1. *Обробка даних.* Мікросервіс приймає дані, що надходять від експерта через веб-інтерфейс (рис. 6). Ці дані використовуються для розрахунку бази правил, що визначають режим роботи мікромережі.

2. *Взаємодія з експертом.* Експерт заповнює форму опитування, і при натисканні кнопок відбувається виклик API мікросервісу, що дозволяє взаємодіяти з мікросервісом.

3. *Розрахунок бази правил.* В коді мікросервісу реалізовано алгоритм розрахунку бази правил, який ґрунтується на даних, отриманих від експерта [8].

API забезпечує безперервну інтеграцію з системою підтримки прийняття рішень [9], що дозволяє ізолювати цю частину від інших підсистем, інтегрувати її в сторонні системи або змінювати алгоритм розрахунку режимів роботи





Рис. 6. Інтерфейс веб-додатку

без необхідності перебудови інших частин системи підтримки прийняття рішень. У контексті оцінки ефективності цього підходу можна зазначити, що він сприяє підвищенню гнучкості та розширюваності системи, зменшує час на впровадження змін та дозволяє зберігати стабільність інших її компонентів. Таким чином, використання API в контексті системи підтримки прийняття рішень підтверджується як ефективний засіб для забезпечення гнучкості та масштабованості систем.

**Висновок.** У даному дослідженні розглянуто використання мікросервісної архітектури для створення інформаційних систем, які підтримують прийняття рішень щодо режимів роботи енергетичних мікромереж. Розроблена система є універсальним інструментом, який може бути використаний для вирішення різних задач, пов'язаних з управлінням мікромережами. Використання такого підходу дозволило розділити систему на невеликі та автономні компоненти, що полегшило розробку та масштабування, а також сприяло незалежному вдосконаленню та розгортанню окремих компонентів. Проведено аналіз процесу взаємодії експертів з інформаційною системою, декомпозицію головної функції мікросервісу та розроблено архітектуру системи з урахуванням мікросервісного підходу. Досліджено взаємодію веб-додатка з мікросервісом за допомогою діаграм послідовності. Проведені дослідження демонструють практичну цінність щодо використання мікросервісної архітектури для створення інформаційних систем, спрямованих на підтримку прийняття рішень у цій сфері. Результати дослідження можуть бути корисними для управління енергетичними мережами та прийняття обґрунтованих рішень у сфері енергетики.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. L. Ahmethodzic та M. Music, "Comprehensive review of trends in microgrid control", *Renewable Energy Focus*, Т. 38. 2021. DOI: 10.1016/j.ref.2021.07.003.
2. О. Трибой, "Сприяння енергетичній безпеці та сталому розвитку місцевих громад в Україні". 2021.

3. M. A. Jirdehi, V. S. Tabar, S. Ghassemzadeh, та S. Tohidi, “Different aspects of microgrid management: A comprehensive review,” *Energy Storage*, T. 30, 2020. DOI: 10.1016/j.est.2020.101457.
4. D. Rodríguez, A. Angulo, D. F. Gómez, D. Álvarez, та S. Rivera, “Smart microgrids operation considering expert knowledge and ensembled based metaheuristic optimization algorithms,” *Far East Journal of Mathematical Sciences (FJMS)*, T. 140, 2022, DOI: 10.17654/0972087123001.
5. I. Georgievski, L. Fiorini, та M. Aiello, “Towards Service-Oriented and Intelligent Microgrids,” *ACM International Conference Proceeding Series*, 2020. DOI: 10.1145/3378184.3378214.
6. Uses and applications of the OpenAPI/Swagger specification: a systematic mapping of the literature / S. Casas et al. 2021 40th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC), La Serena, Chile, 15–19 November 2021. 2021. DOI: 10.1109/sccc54552.2021.9650408
7. End-to-End Test Coverage Metrics in Microservice Systems: An Automated Approach / A. S. Abdelfattah et al. *Service-Oriented and Cloud Computing*. Cham, 2023. P. 35–51. DOI: 10.1007/978-3-031-46235-
8. Sergiy Tymchuk, S. Shendryk, V.V. Shendryk, Anton Panov, A.Kazlauskaite, T.V. Levytska, Decision-Making Model at the Management of Hybrid Power Grid *Information and Software Technologies*, 2021. P. 60-71, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59506-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59506-7_6).
9. A. Sokruta, Yu. Parfenenko, V. Shendryk. Information System for Support of Energy Microgrid with Renewable Energy Sources Management. Інформатика, математика, автоматика : матеріали та програма Міжнародної наукової конференції молодих вчених: СумДУ, 2022. С. 76-77
10. Boiko, Olha & Shendryk, Vira & Parfenenko, Yuliia & Pavlenko, Petro & Titarev, Artem. Information support of stakeholders in the management of energy systems: development and implementation of interfaces. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2023, vol. 6, P. 15-24. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292186>.

#### REFERENCES:

1. Ahmethodzic, L., & Music, M. (2021). Comprehensive review of trends in microgrid control. *Renewable Energy Focus*, 38, 84–96. <https://doi.org/10.1016/j.ref.2021.07.003>
2. Tryiboi, O. (2021). Posibnyk «Spryannia enerhetychnii bezpetsi ta stalomu rozvytku mistsevykh hromad v Ukraini». <https://uabio.org/materials/12080/> [in Ukrainian].
3. Jirdehi, M. A., Tabar, V. S., Ghassemzadeh, S., & Tohidi, S. (2020b). Different aspects of microgrid management: A comprehensive review. *Journal of Energy Storage*, 30, 101457. <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101457>
4. Rodríguez, D., Angulo, A., Gómez, D. F., Álvarez, D., & Rivera, S. (2022). Smart microgrids operation considering expert knowledge and ensembled based metaheuristic optimization algorithms. *Far East Journal of Mathematical Sciences (FJMS)*, 140, 1–26. <https://doi.org/10.17654/0972087123001>
5. Georgievski, I., Fiorini, L., & Aiello, M. (2020). Towards Service-Oriented and Intelligent Microgrids. *APPIS 2020: 3rd International Conference on Applications of Intelligent Systems*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3378184.3378214>
6. Casas, S., Cruz, D., Vidal, G., & Constanzo, M. (2021). Uses and applications of the OpenAPI/Swagger specification: a systematic mapping of the literature. *40th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/sccc54552.2021.9650408>
7. Abdelfattah, A. S., Cerny, T., Salazar, J. Y., Lehman, A., Hunter, J., Bickham, A., & Taibi, D. (2023). End-to-End Test Coverage Metrics in Microservice Systems:

An Automated Approach. *Service-Oriented and Cloud Computing* (pp. 35–51). Springer Nature Switzerland. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-46235-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-46235-1_3)

8. Tymchuk, Sergii & Shendryk, Sergii & Shendryk, Vira & Panov, Anton & Kazlauskaitė, Anastasia & Levytska, Tetiana. (2020). Decision-Making Model at the Management of Hybrid Power Grid. *Information and Software Technologies*, 60–71, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59506-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59506-7_6).

9. Sokruta, A., Parfenenko, Yu., Shendryk, V. (2022). Information System for Support of Energy Microgrid with Renewable Energy Sources Management. *Informatics. Mathematics. Automation: materials and program of the international scientific conference of young scientists*, 76–77.

10. Boiko, Olha & Shendryk, Vira & Parfenenko, Yuliia & Pavlenko, Petro & Titariiev, Artem. (2023). Information support of stakeholders in the management of energy systems: development and implementation of interfaces. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6, 15–24. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.292186>.

УДК 004.8

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.4>

## ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМІ SEO-АНАЛІТИКИ ВЕБСАЙТІВ

**Горбань Г. В.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри інженерії програмного забезпечення  
Чорноморського національного університету імені Петра Могили  
ORCID ID: 0000-0002-6512-3576  
Scopus-Author ID: 57103674400

**Кандиба І. О.** – PhD, старший викладач кафедри інженерії  
програмного забезпечення  
Чорноморського національного університету імені Петра Могили  
ORCID ID: 0000-0002-8589-4028  
Scopus-Author ID: 57212577217

**Раленко В. С.** – викладач кафедри інженерії програмного забезпечення  
Чорноморського національного університету імені Петра Могили  
ORCID ID: 0009-0009-4161-8468

**Стосєв Є. Д.** – викладач кафедри інженерії програмного забезпечення  
Чорноморського національного університету імені Петра Могили  
ORCID ID: 0009-0008-8999-2267

У статті розглянуто теоретичні основи SEO-аналітики вебсайтів та застосування штучного інтелекту в цій галузі. Проаналізовано основні завдання SEO-аналітики, до яких належать вимірювання та аналіз таких показників як кількість відвідувачів сайту, джерела трафіку, способи взаємодії користувачів з контентом. Це дозволяє зрозуміти ефективні канали привертання аудиторії та аспекти контенту, що привертають увагу. Також розглядаються завдання з аналізу руху ключових слів в пошукових системах, перевірки технічних аспектів на предмет впливу на ранжування, дослідження зовнішніх посилань. Описано застосування методів штучного інтелекту в SEO-аналітиці для автоматизації процесів. Розроблено функціональну модель системи SEO-аналітики на основі методів штучного інтелекту. Інформаційна модель бази даних, розроблена для системи SEO-аналітики, дала змогу чітко уявити структуру та логіку зберігання даних, необхідних для функціонування системи. Визначення основних сутностей, їх атрибутів і зв'язків між сутностями дозволяє ефективно зберігати та отримувати дані для подальшої обробки. Комплексно розглянуто питання архітектури, моделювання та проектування програмного забезпечення для системи SEO-аналітики вебсайтів. Визначено функції та взаємодії основних складових цієї моделі – бази даних, сервісних компонентів, представлення інтерфейсу. За допомогою UML-діаграм послідовності та діяльності описано процеси, що відбуваються у системі. Розроблений детальний функціонал системи, що задовольняє всі поставлені вимоги. Представлено результати тестування та апробації програмного забезпечення системи SEO-аналітики. Етап експериментальної апробації дав змогу детально перевірити працездатність системи на реальних даних, проілюструвати можливість реалізації всіх необхідних функцій. Алгоритми штучного інтелекту, реалізовані в програмному забезпеченні, показали високий рівень точності обробки та аналізу текстової інформації, виділення ключових слів та побудови семантичних зв'язків.

**Ключові слова:** вебсайт, SEO-аналітика, штучний інтелект, машинне навчання, пошук, оптимізація, аналіз тексту.

**Horban H. V., Kandyba I. O., Ralenko V. S., Stoiev Ye. D. The use of artificial intelligence in the website SEO analytics system**

The article discusses the theoretical foundations of website SEO analytics and the application of artificial intelligence in this area. The main tasks of SEO analytics are analyzed, which include measuring and analyzing such indicators as the number of website visitors, traffic sources, and ways users interact with content. This allows you to understand the effective channels for attracting an audience and the aspects of content that attract attention. The article also discusses the tasks of analyzing the movement of keywords in search engines, checking technical aspects for their impact on rankings, and researching external links. The application of artificial intelligence methods in SEO analytics to automate processes is described. A functional model of an SEO analytics system based on artificial intelligence methods has been developed. The information model of the database developed for the SEO analytics system made it possible to clearly present the structure and logic of storing the data necessary for the system to function. The definition of the main entities, their attributes, and relationships between entities allows for efficient storage and retrieval of data for further processing. The issues of architecture, modeling, and design of software for the SEO website analytics system are comprehensively considered. The functions and interactions of the main components of this model – database, service components, and interface representation – are defined. The processes occurring in the system are described using UML sequence and activity diagrams. The detailed functionality of the system that meets all the requirements is developed. The results of testing and approbation of the SEO analytics system software are presented. The stage of experimental testing made it possible to check in detail the system's performance on real data, to illustrate the possibility of implementing all the necessary functions. The artificial intelligence algorithms implemented in the software showed a high level of accuracy in processing and analyzing textual information, identifying keywords and building semantic relationships.

**Key words:** website, SEO analytics, artificial intelligence, machine learning, search, optimization, text analysis.

**Вступ.** SEO-аналітика вебсайтів – це процес збору, аналізу та інтерпретації даних про вебсайт з метою вдосконалення його пошукової оптимізації. Ця аналітика дозволяє виявити слабкі місця в оптимізації сайту та визначити стратегії для підвищення його ефективності у пошукових системах.

SEO-аналітика вебсайту включає в себе ряд основних завдань, спрямованих на вимірювання, аналіз та вдосконалення різних аспектів оптимізації для покращення видимості та рейтингу сайту у пошукових системах. В цьому контексті важливою задачею є збір даних і надання цінної інформації для удосконалення SEO-стратегії вебсайту.

Пошукова оптимізація є пріоритетним напрямком просування вебресурсів та залучення аудиторії, при цьому SEO-аналітика є ефективним інструментом для її здійснення. Застосування методів штучного інтелекту розширює можливості автоматизованого аналізу та оптимізації вебсайтів.

В Україні відсутня розроблена система SEO-аналітики на базі штучного інтелекту, що є предметом даного дослідження. Результати роботи здатні бути використані фахівцями з пошукової оптимізації та маркетингу.

Крім того, розробка матиме теоретичне значення для подальшого вивчення застосування методів штучного інтелекту в аналізі інформаційних ресурсів. Отже, зазначена є актуальною та сприятиме подальшому розвитку досліджень і практики в цій галузі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Все більше компаній використовують SEO-аналітику для покращення своєї видимості в Інтернеті та залучення більше цільового трафіку. Завдяки постійному розвитку технологій, аналітичні інструменти стають потужнішими і надають детальну інформацію для прийняття обґрунтованих рішень.

Сьогодні вивченням методів та практики проведення SEO-аналітики активно займаються численні науковці та фахівці з цієї галузі. Їх ґрунтовні дослідження

дозволяють визначити актуальні тренди розвитку, виділити важливі аспекти цієї складної процедури оптимізації вебсайтів.

При аналізі сучасних трендів у сфері пошукової оптимізації особлива увага приділяється ролі мобільного трафіку [1]. Визначається, що більшість користувачів сьогодні шукають інформацію саме через мобільні пристрої. Тому SEO-спеціалісти повинні оптимізувати сайти під мобільні телефони і планшети.

Інший тренд – розвиток семантичного пошуку. Алгоритми аналізують не лише текст, а й його зміст. Відповідно, контент має бути не лише унікальним, а й мати ціннісну інформацію для користувачів. Експерти звертають увагу на поширення соціальних мереж, які стали важливим каналом просування.

У іншій роботі розглядається SEO-оптимізація в контексті сучасних умов ведення бізнесу в мережі, коли конкуренція на ринку Інтернет вкрай висока, а вибір правильної стратегії просування продукту є критично важливим [2]. Наголошується на тому, що саме оптимізація сайту є одним з ключових інструментів отримання цільової аудиторії, адже перші позиції в пошукових системах забезпечують найбільшу кількість відвідувачів. Хоча деякі положення роботи вже не є актуальними, вона залишається корисною базою для розуміння суті SEO-оптимізації та її ролі у сучасному цифровому маркетингу підприємств.

У дослідженні [3] розкривається сутність понять SEO-оптимізації та її важливість для просування сайту в умовах щільної конкуренції в мережі. Також сформульовано мету дослідження – вивчення внутрішніх методів оптимізації для отримання високих позицій у пошуку.

Детально проаналізовано складові внутрішньої оптимізації: формування семантичного ядра ключових слів на основі аналізу цільових запитів та конкурентів; оптимізація контенту та його структури, підбір ключових слів та їх вживання.

У роботі [4] зазначається, що оптимізація контенту є важливою складовою SEO-просування сайтів та сторінок у пошукових системах. Оптимізований контент допомагає сайту отримувати більше відвідувачів з пошукових систем шляхом покращення позицій в пошукових запитах користувачів. Аналізуються методи оптимізації контенту: оптимізація заголовків, підзаголовків, тексту, метатегів, посилань тощо. Окремо розглядається оптимізація контенту для мобільних пристроїв.

Штучний інтелект є галуззю інформатики, що зосереджена на створенні машин або систем, які здатні виконувати завдання, що зазвичай вимагають людського інтелекту. Системи штучного інтелекту розробляються для навчання на власному досвіді, виявлення закономірностей та прийняття рішень на основі вхідних даних [5]. Сьогодні системи штучного інтелекту активно застосовуються в різних сферах: комп'ютерний зір, розпізнавання мови, медицина, освіта та багато інших.

Переваги використання штучного інтелекту в SEO-аналітиці полягають в автоматизації та підвищенні ефективності процесів аналізу та оптимізації вебсайтів, що дозволяє спростити роботу фахівців та обробляти великі масиви даних за короткий час. Крім того, алгоритми штучного інтелекту дають змогу оптимізувати процес прийняття управлінських рішень шляхом надання чітких рекомендацій на основі об'єктивного аналізу. Ще однією перевагою є покращення точності прогнозування результатів SEO-оптимізації завдяки навчанню моделей машинного навчання на великих масивах даних [6].

Для ефективної роботи методів штучного інтелекту необхідна велика кількість якісних даних. Проте при зборі даних для SEO-аналітики можуть виникати проблеми:

- незначна кількість даних для окремих вебресурсів та їх сторінок;
- неактуальні або неточні дані через постійні зміни на сайтах;
- відсутність певних параметрів на деяких ресурсах (наприклад мета-тегів);
- помилки при зборі даних та їх форматуванні.

Через це моделі штучного інтелекту можуть давати неточні прогнози або мати низьку якість при роботі з обмеженою вибіркою даних.

Для досягнення наступного рівня розвитку штучного інтелекту необхідно усунути обмеження доступності якісних даних і підвищити ефективність моделей при роботі в умовах обмеженої вибірки. Подальший прогрес у цих напрямках дозволить штучному інтелекту ще більше полегшити працю фахівців у різних галузях та позитивно вплинути на розвиток суспільства.

**Постановка задачі.** Враховуючи світові тенденції інтеграції штучного інтелекту в ІТ-системи, існує необхідність створення вітчизняної системи SEO-аналітики, що удосконалив би підходи застосування методів штучного інтелекту. Основними напрямками дослідження є:

- дослідження та узагальнення теоретичних основ проведення SEO-аналітики вебсайтів та застосування методів штучного інтелекту;
- розробка функціональної та інформаційної моделей системи SEO-аналітики на основі штучного інтелекту;
- запропонування архітектури програмного забезпечення системи з урахуванням сучасних алгоритмів машинного навчання;
- створення прототипу програмного забезпечення системи та його емпірична апробація на репрезентативних даних;
- оцінка якості та ефективності розробленої системи шляхом порівняння з аналогами.

Сферою застосування результатів дослідження є оптимізація та просування вебсайтів, розробка ефективних онлайн-маркетингових стратегій, створення власного програмного забезпечення для SEO-аналітики, подальший розвиток теорії та методів застосування штучного інтелекту в аналізі інформаційних ресурсів, а також використання отриманих знань в освітньому процесі з метою вдосконалення підготовки фахівців у галузі програмування, маркетингу та інформаційних технологій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для чіткого представлення того, які задачі система SEO-аналітики буде вирішувати і яким чином, було створено її функціональну модель, яку наведено на рис. 1.

Після створення функціональної моделі системи SEO-аналітики було отримано уявлення про логіку роботи окремих модулів. Це дозволило сформулювати загальний алгоритм функціонування системи та подати його у вигляді блок-схеми.

Система SEO-аналітики розпочинає свою роботу з отримання URL сайту, який необхідно проаналізувати. Наступним кроком є збір необхідних даних з цього сайту. Отримана сукупність даних проходить процес очищення та підготовки за допомогою регулярних виразів. Невірні символи, теги та інші «сміття» видаляються. Далі проводиться аналіз текстового контенту за допомогою методів обробки природної мови та машинного навчання. Виділяються основні теми, емоційне забарвлення, класифікація текстів тощо. На основі отриманих даних формуються рекомендації щодо вдосконалення SEO-оптимізації сайту та його контенту. Підсумкові результати генеруються та виводяться користувачеві, що завершує роботу системи.

Для розробленої системи SEO-аналізу ефективності сайтів необхідно визначити базові сутності, їхні атрибути та зв'язки між сутностями. Таким чином, буде створена інформаційна модель бази даних, яка відобразить логіку збереження й обробки необхідної інформації.

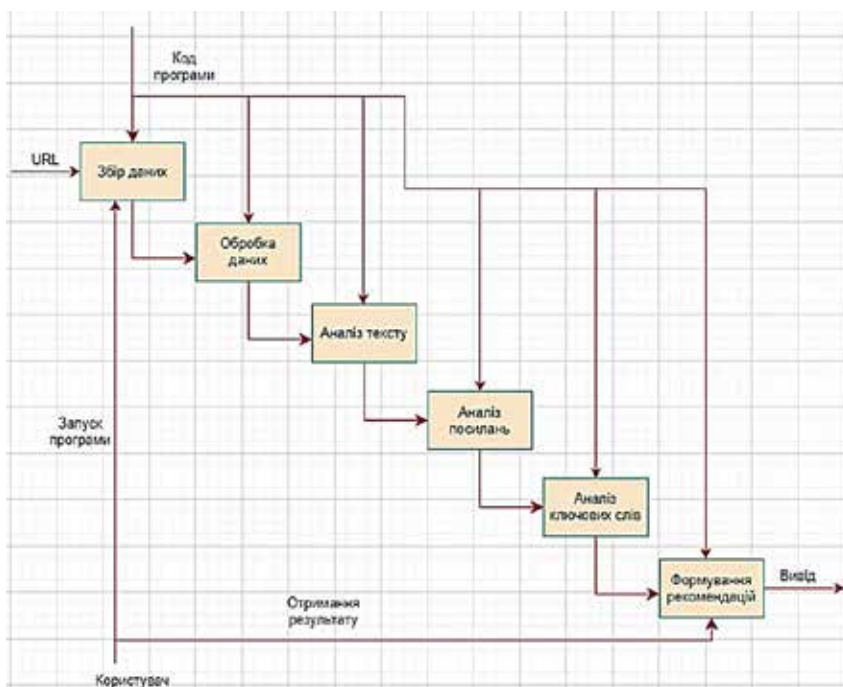


Рис. 1. Функціональна модель системи SEO-аналітики

Для системи визначаємо основні сутності та атрибути. Також визначаємо зв'язки між сутностями, оскільки вони необхідні для подальшого аналізу та оптимізації сайтів.

Інформаційна модель бази даних до розробленої системи наведено на рис. 2. Вона складається з наступних сутностей: вебсторінка, ключові слова, посилання, машинна модель, результат моделі.

Така інформаційна модель дозволить ефективно зберігати дані, необхідні для аналізу сайтів, а також отримувати їх для подальшої обробки в системі.

Обрано мову програмування Python [7] для розробки системи SEO-аналітики вебсайтів, оскільки Python є інтерпретованою мовою зі зручною синтаксичною структурою, що спрощує процес програмування та зменшує ймовірність помилок. В Python існує велика кількість бібліотек для роботи з текстами, скрапінгу, аналізу даних, машинного навчання та інших задач, необхідних для проєкту. Це забезпечить прискорення розробки. Python є універсальною мовою, придатною для розробки як вебсервісів, так і десктопних застосунків. Це дасть можливість створити як саму систему, так і її інтерфейс.

Для зберігання даних в системі SEO-аналітики обрано базу даних SQLite. Однією з головних переваг SQLite є те, що вона є однофайловою базою даних – всі дані зберігаються в одному файлі. Це робить її дуже простою та невимогливою до ресурсів [8].

Розробка архітектури для майбутньої системи є дуже важливою складовою процесу створення якісного програмного забезпечення. На рис. 3 представлено архітектуру системи SEO-аналітики.



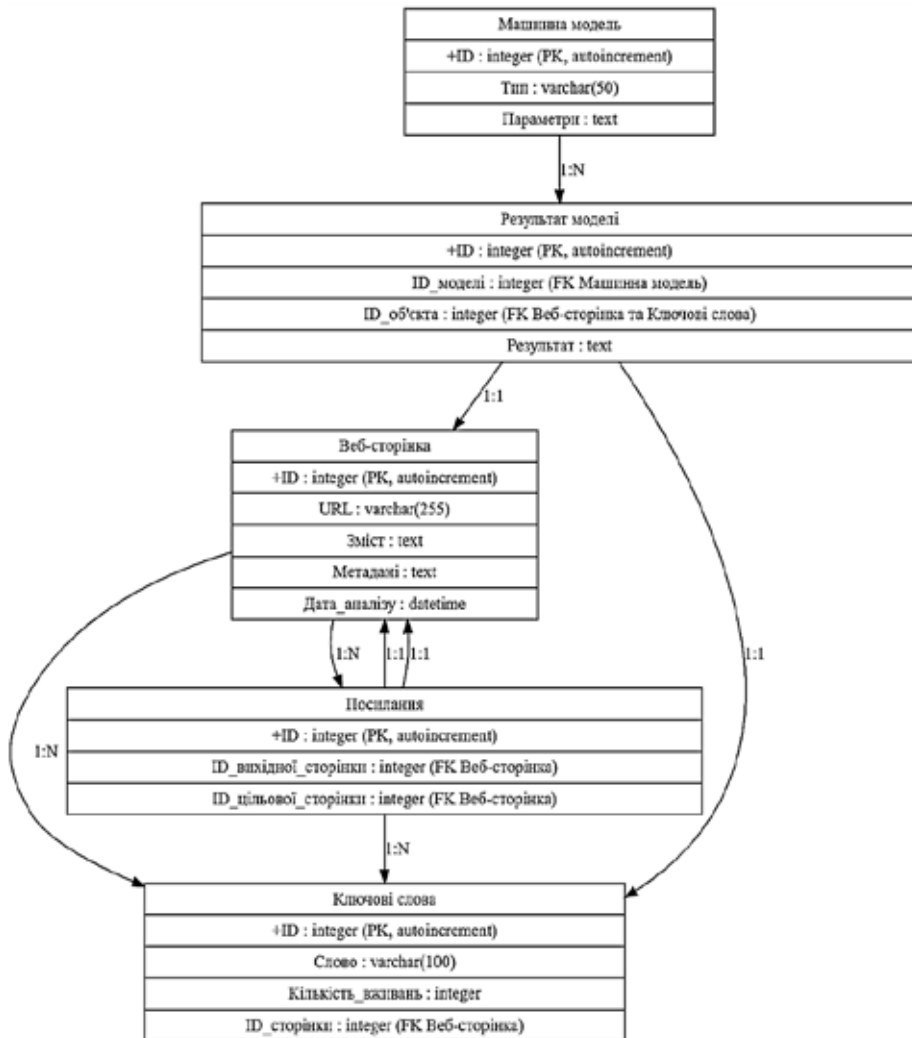


Рис. 2. Інформаційна модель бази даних системи SEO-аналітики

У цій архітектурі:

- «Web Interface» включає вебсторінки, які використовуються для взаємодії з користувачем;
- «SEO Analysis Script» представляє бізнес-логіку системи. Він виконує аналіз вебсторінок, використовуючи дані, отримані з «Database», а також використовує бібліотеки NLTK та BeautifulSoup для обробки тексту та парсингу HTML відповідно;
- «Database» використовується для зберігання даних, необхідних для аналізу SEO;
- «HTML/CSS/JS Pages» представляє вебсторінки, які відображають результати SEO-аналізу і взаємодіють з «SEO Analysis Script».

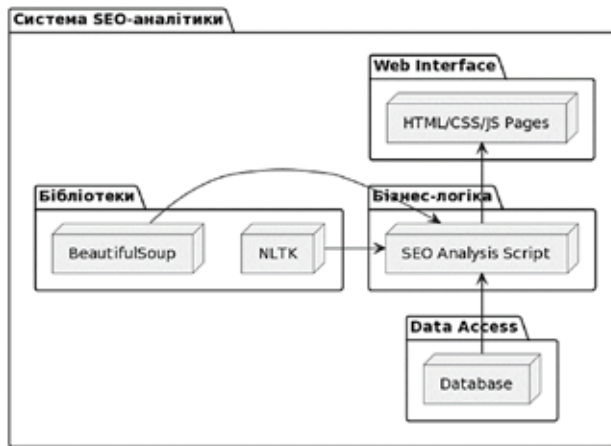


Рис. 3. Архітектура системи SEO-аналітики вебсайтів

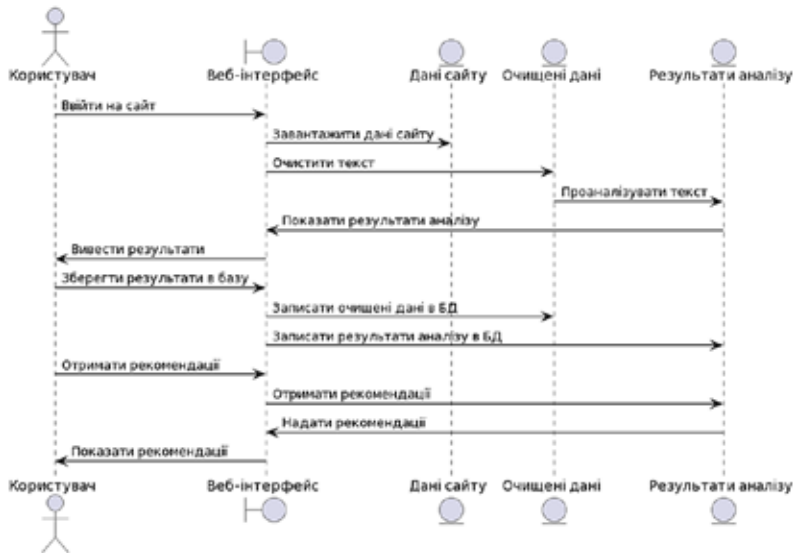


Рис. 4. Діаграма послідовності системи SEO-аналітики вебсайтів

Ця архітектура дозволяє розділити функціональність системи на окремі компоненти, що полегшує розробку, тестування та підтримку. Компоненти взаємодіють один з одним через визначені інтерфейси, такі як виклики функцій або доступ до бази даних.

У діаграмі послідовності для системи SEO-аналізу вебсайтів, яку представлено на рис. 4, зображено актора користувача, який взаємодіє з системою через вебінтерфейс. Показані такі функціональні вимоги: завантаження даних сайту, очищення та аналіз тексту, показ результатів аналізу, збереження результатів в базу даних. Також відображено отримання рекомендацій по аналізованому текстовим даним.



Рис. 5. Діаграма діяльності системи SEO-аналітики веб-сайтів

У свою чергу, на діаграмі діяльності системи SEO-аналітики вебсайтів, що наведено на рис. 5, зображено послідовний процес аналізу тексту: від завантаження даних і очищення, до визначення ключових слів, кластеризації, отримання й виведення результатів. Передбачено можливість обробки помилки завантаження.

Під час проведення тестування програмного забезпечення було отримано ряд даних шляхом виклику API. Ці дані стосувались текстової інформації на сайті, його посилань, метатегів та інших характеристик.

Було проаналізовано правильність отриманих даних шляхом перевірки їх відповідності очікуваним результатам. Для цього проводилося порівняння із відомою

здалегідь інформацією про тестовий ресурс. Так, наприклад, перевірялась наявність очікуваних ключових слів в отриманому тексті чи правильність кількості та типу метатегів.

Крім того, здійснювалась оцінка повноти даних, тобто перевірялося, наскільки повно була охоплена інформація на сайті. А саме – чи не відсутні якісь важливі текстові блоки, посилання чи метатеги.

В результаті було встановлено, що дані, отримані API, є повними, релевантними та відповідають очікуваним результатам.

Для прикладу, метатеги на сайті Чорноморського національного університету імені Петра Могили потребують вдосконалення, оскільки:

- відсутній основний метатег description, який є ключовим для пошукових систем та надання короткого опису сайту. Це ускладнює індексацію сайту пошуковими системами та показ його опису при пошуку;
- надмірна кількість ключових слів (більше 10) та надмірна довжина опису (понад 155 символів) можуть негативно впливати на ранжування сайту. Краще обмежитись основними 5–7 ключовими словами;
- відсутній тип контенту (type=website). Це дає зрозуміти пошуковим системам, що це сайт, а не окрема сторінка;
- відсутні метатеги для мови контенту (uk\_UA, en\_GB). Це ускладнює індексацію та ранжування сайту цими мовами.

Тому рекомендується доповнити метатег description, прибрати зайві ключові слова, вказати тип контенту та мови для кращої оптимізації сайту.

Оскільки програмний аналіз метатегів базується тільки на автоматичному розпізнаванні HTML тегів на сторінці, існує певна ймовірність помилки під час аналізу.

Тому для підтвердження висновків програми і уникнення можливих помилок, самостійно перевірено наявність та вміст окремих метатегів безпосередньо в HTML коді відповідної сторінки сайту університету.



Рис. 6. Додатковий аналіз результатів

У результаті перевірки підтверджено, що всі помічені програмою недоліки та відсутні метатеги відповідали дійсності. Тобто програма правильно проаналізувала метайнформацію досліджуваної сторінки без помилок.

Для аналізу результатів були виведені ключові слова шляхом застосування методів машинного навчання та штучного інтелекту в програмному забезпеченні.

Виведені ключові слова дійсно показують правильну релевантність до тематики досліджуваного сайту. Коефіцієнти (TF-IDF) кожного слова безпосередньо пропорційний його значущості для даного ресурсу.

Так, найбільш релевантними до тематики сайту ЧНУ імені Петра Могили є ключові слова «чну», «університету», «могили», «петра», «імені», які мають найвищі коефіцієнти.

Слова «наук», «науковий», «університет» також мають високу релевантність, оскільки відносяться до сфери діяльності навчального закладу.

Отже, застосування методів штучного інтелекту дозволило вірно вивести ключові слова, що тематично відносяться до аналізованого сайту. Це підтверджує правильність роботи програмного забезпечення.

word	score
1 чну	0.342862740661871
2 та	0.297147708573621
3 факультет	0.274290192529407
4 на	0.205717644397122
5 могили	0.182860128352998
6 петра	0.182860128352998
7 університету	0.182860128352998
8 для	0.160002612308873
9 навчально	0.160002612308873
10 студентів	0.160002612308873
11 імені	0.160002612308873
12 інститут	0.160002612308873
13 наук	0.137145096264748
14 науковий	0.137145096264748
15 університет	0.137145096264748
16 наукові	0.114287580220624

word	recommendation
1 чну	Recommendation: та
2 та	Recommendation: факультет
3 факультет	Recommendation: на
4 на	Recommendation: могили
5 могили	Recommendation: петра
6 петра	Recommendation: університету
7 університету	Recommendation: для
8 для	Recommendation: навчально
9 навчально	Recommendation: студентів
10 студентів	Recommendation: імені
11 імені	Recommendation: інститут
12 інститут	Recommendation: наук
13 наук	Recommendation: науковий
14 науковий	Recommendation: університет
15 університет	Recommendation: наукові

Рис. 7. Аналіз результатів тексту

Для уточнення, був проаналізований словник рекомендацій, сформований штучним інтелектом для ключових слів, введених на сайті ЧНУ ім. П.Могили.

Зокрема, для слова «ЧНУ» рекомендувалося слово «та», для «та» – «факультет», для «факультет» – «на» тощо до останнього слова «університет» для якого рекомендувалося «наукові».

Такий ланцюжок рекомендацій показує логічний зв'язок між ключовими поняттями, пов'язаними з діяльністю університету, що відображає зміст досліджуваного ресурсу.

Отже, проаналізований словник рекомендацій є змістовним та відповідає тематіці сайту, що демонструє якісну роботу алгоритмів штучного інтелекту.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** На підставі проведеного комплексного аналізу якості та можливостей досліджуваного програмного забезпечення можна зробити такі загальні висновки:

- алгоритми штучного інтелекту, реалізовані в програмному забезпеченні, показали високий рівень точності обробки та аналізу текстової інформації, виділення ключових слів та побудови семантичних зв'язків;
- рівень автоматизації різних процесів обробки даних дозволяє суттєво заощадити час на виконання рутинних задач;
- отримані результати аналізу є точними та повно відображають сутність досліджуваної інформації;
- програмне забезпечення може бути рекомендоване для широкого впровадження з метою автоматизації процесів обробки та аналізу даних.

Детальний аналіз результатів роботи системи дозволив оцінити її відповідність поставленим завданням дослідження.

Таким чином, було реалізовано практичну частину дослідження і продемонстровано можливість застосування розробленої системи для виконання поставлених вимог.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Романенко Л. Ф., Брайловська О. О. Тенденції розвитку SEO-оптимізації та подолання існуючих ризиків. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права*. 2022. № 35. С. 130–137.
2. Дрокіна Н. І. SEO-оптимізація сайту підприємства як інструмент інтернет-маркетингу. *Науковий вісник Ужгородського національного університету : серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство*. Ужгород : Гельветика, 2018. Вип. 19. Ч. 1. С. 127–132.
3. Литвиненко А. С. Дослідження внутрішніх методів seo-оптимізації для просування сайту. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів та студентів «Інформаційні технології в сучасному світі: дослідження молодих вчених»: тези доповідей, 20–21 лютого 2020 р. Х.: ХНЕУ імені Семена Кузнеця, 2020. С. 17.
4. Городецька Т. Б. та ін. SEO-оптимізація контенту. Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі, 2019. С. 47–51.
5. Що таке штучний інтелект (ШІ)? URL: <https://thetransmitted.com/adlucem/shho-take-shtuchnij-intelekt-shi/> (дата звернення: 20.01.2024).
6. Колесніков А. П., Карапетян О. М. Штучний інтелект: переваги та загрози використання. *Ефективна економіка*. 2023. № 8. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.8.9> (дата звернення: 22.01.2024).
7. Welcome to Python.org. URL: <https://www.python.org/> (дата звернення: 26.01.2024).
8. What Is SQLite? *SQLite Home Page*. URL: <https://www.sqlite.org/index.html> (дата звернення: 26.01.2024).

### REFERENCES:

1. Romanenko L. F., Brailovska O. O. (2022) Tendentsii rozvytku SEO-optymizatsii ta podolannia isnuiuuchykh ryzykiv. *Naukovi zapysky Lvivskoho universytetu biznesu ta prava*. №35. pp. 130–137. [in Ukrainian].
2. Drokina N. I. (2018) SEO-optymizatsiia сайту pidpriemstva yak instrument internet-marketynhu. *Naukovi visnyk Uzhhorodskoho natsionalnogo universytetu : seriia: Mizhnarodni ekonomichni vidnosyny ta svitove hospodarstvo*. Uzhhorod : Helvetyka, Vyp. 19. Ch. 1. pp. 127–132. [in Ukrainian].
3. Lytvynenko A. S. (2020) Doslidzhennia vnutrishnikh metodiv seo-optymizatsii dlia prosuvannia сайту. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantiv ta studentiv «Informatsiini tekhnologii v suchasnomu sviti: doslidzhennia molodykh vchenykh»: tezy dopovidei, 20–21 liutoho 2020 r.* Kharkiv: KhNEU imeni Semena Kuznetsia, p. 17. [in Ukrainian].
4. Horodetska T. B. та ін. (2019) SEO-optymizatsiia контенту. *Suchasni informatsiini tekhnologii ta telekomunikatsiini merezhi*, pp. 47–51. [in Ukrainian].
5. Shcho take shtuchnyi intelekt (ShI)? URL: <https://thetransmitted.com/adlucem/shho-take-shtuchnij-intelekt-shi/> (date of access: 20.01.2024). [in Ukrainian].
6. Kolesnikov A. P., Karapetian O. M. (2023) Shtuchnyi intelekt: perevahy ta zahrozy vykorystannia. *Efektivna ekonomika*. № 8. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.8.9> (date of access: 22.01.2024). [in Ukrainian].
7. Welcome to Python.org. URL: <https://www.python.org/> (date of access: 26.01.2024). [in English].
8. What Is SQLite? *SQLite Home Page*. URL: <https://www.sqlite.org/index.html> (date of access: 26.01.2024). [in English].

UDC 519.1:004.94:004.62

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.5>

## USING THE MINIMUM SPANNING TREE PROBLEM FOR DATA MINING

**Dymova H. O.** – Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor at the Department of Management,  
Marketing and Information Technology  
of the Kherson State Agrarian and Economic University  
ORCID ID: 0000-0002-5294-1756

The article is devoted to an attempt to determine clusters using the optimization problem of a minimum spanning tree. The problem of the clustering problem is to group similar objects into many clusters in such a way that objects within one cluster are similar to each other, and objects between different clusters are different. One approach to solving this problem is to use the minimum spanning tree problem.

The idea of using the minimum spanning tree problem for clustering is to build a tree connecting all the objects, where the weights of the edges correspond to the distances between the objects. Then, using some pruning technique, a certain number of edges can be removed to divide the tree into clusters. To do this, it is necessary to remove the longest edges in order to divide the tree into individual components corresponding to clusters. This approach can be especially effective in cases where it is necessary to minimize overlaps: a minimum spanning tree combines vertices with the smallest distances, that is, the vertices that are most similar to each other will be located next to each other. This helps reduce the number of matches in clusters and improve the quality of clustering. A minimum spanning tree can be easily interpreted because it shows the closest connections between vertices, which allows us to understand which groups of data tend to cluster together. It can also be useful in cases where we are dealing with large amounts of data, since minimum spanning tree algorithms have low computational complexity. Minimum Spanning Tree allows you to ignore noise in the data because it builds a connection between nearby points and noisy data will usually be far away from other points, and also allows you to naturally determine the number of clusters. The number of clusters corresponds to the number of edges in the minimum spanning tree after removing the longest edges. However, be aware that this approach may not always be the best for all types of data and requires careful analysis and customization of parameters for each specific case.

**Key words:** graph, minimum spanning tree, "greedy" algorithm, shortest path, clustering, data mining.

### **Димова Г. О. Використання задачі про мінімальне остовне дерево для інтелектуального аналізу даних**

Стаття присвячена спробі визначення кластерів за допомогою оптимізаційної задачі про мінімальне остовне дерево. Проблема задачі кластеризації полягає в групуванні подібних об'єктів у множини кластерів таким чином, щоб об'єкти всередині одного кластера були схожі між собою, а об'єкти між різними кластерами були відмінними. Одним із підходів до розв'язання цієї проблеми є використання задачі про мінімальне остовне дерево.

Ідея використання задачі про мінімальне остовне дерево для кластеризації полягає в тому, щоб побудувати дерево, яке з'єднує всі об'єкти, де ваги ребер відповідають відстаням між об'єктами. Потім, за допомогою деякого методу обрізання, можна видалити певну кількість ребер, щоб розділити дерево на кластери. Для цього необхідно видалити найбільш довгі ребра, щоб розділити дерево на окремі компоненти, які відповідають кластерам. Цей підхід може бути особливо ефективним у випадках, коли необхідно мінімізувати збіги: мінімальне остовне дерево об'єднує вершини з найменшими відстанями, тобто вершини, які найбільше схожі одна на одну, будуть розташовані поруч. Це допомагає зменшити кількість збігів у кластерах та поліпшити якість кластеризації. Мінімальне остовне дерево може бути легко інтерпретоване, оскільки воно показує найближчі зв'язки між вершинами, це дозволяє зрозуміти, які групи даних схильні до групування разом. Він також може бути корисним у випадках, коли маємо справу

*з великими обсягами даних, оскільки алгоритми побудови мінімального остовного дерева мають низьку обчислювальну складність. Мінімальне остовне дерево дозволяє ігнорувати шум у даних, оскільки він буде з'єднання між найближчими точками, і шумові дані зазвичай будуть далеко від інших точок, а також дозволяє природним чином визначити кількість кластерів. Кількість кластерів відповідає кількості ребер у мінімальному остовному дереві після видалення найбільш довгих ребер. Однак, варто враховувати, що цей підхід може не завжди бути найкращим для всіх типів даних і вимагає уважного аналізу та налаштування параметрів для кожного конкретного випадку.*

**Ключові слова:** граф, мінімальне остовне дерево, «жадібний» алгоритм, найкоротший шлях, кластеризація, інтелектуальний аналіз даних.

**Introduction.** The minimum spanning tree problem is an important problem in graph theory, combinatorics, and optimization algorithms. A minimum spanning tree of a graph is a subgraph, which is a tree that includes all the vertices of the graph, but only some edges, so that the sum of the weights of these edges is minimal [1; 2]. This means that a minimum spanning tree is the most efficient way to connect all the vertices of a graph at a lower cost.

The minimum spanning tree problem has a wide range of applications in various industries such as telecommunications, transportation, electric power and others. Here are examples of several ways in which this task can be used:

- in transport and logistics networks. Determining the shortest route to transport goods or services can help reduce transportation costs and save time. The paths included in the minimum spanning tree can indicate the most efficient routes and optimal placement of warehouses or service facilities;

- in communication networks. In the telecommunications and information industries, the minimum spanning tree problem can be used to build a communication network. This will help reduce infrastructure costs and ensure efficient data flow;

- in optimization of production processes. Manufacturing plants can use the minimum spanning tree problem to optimize material flows and production logistics. This allows you to reduce warehousing costs and ensure optimal resource allocation;

- in the financial network. In the banking sector and financial institutions, the concept of a minimum tree can be used to analyze financial networks and optimize the path of funds or financial transactions.

Therefore, the minimum spanning tree problem can be an important tool for optimizing a variety of processes in any field of activity. It allows you to find optimal solutions taking into account constraints and efficiency requirements.

**Formulation of the problem.** The task of clustering is to group similar objects into many clusters in such a way that objects within one cluster are similar to each other, and objects between different clusters are different [3]. One approach to solving this problem is to use the minimum spanning tree problem.

The idea of using the minimum spanning tree problem for clustering is to construct a tree connecting all the objects, where the weights of the edges correspond to the distances between the objects.

**The purpose of the article is** to conduct data analysis to identify clusters using the minimum spanning tree problem.

**Research analysis.** In data mining, cluster analysis does not use a single algorithm, it is a general task using different approaches. Popular algorithms for identifying clusters include groups of resulting elements that are based on the distance between them, the density of areas in the data space, intervals, or specific statistical distributions [3].

Cluster analysis comes from anthropology, where it was started by Driver and Kroeber in 1932. It was introduced into psychology by Zubin in 1938 and Robert Tryon



in 1939. Became famous for using Quettel to classify trait theory in personality psychology starting in 1943.

**Presentation of the main material.** A tree is a connected set of undirected edges (arcs) that does not contain cycles. Thus, if a set of  $m$  nodes connected by undirected edges is given, then to construct a tree it is necessary to select a subset consisting of  $m-1$  arcs. In other words, each node is connected to another node in one and only way [1; 2; 4].

Consider a network containing  $n$  nodes, the collection of which forms the set  $S$ . A spanning tree is a connected set consisting of  $(n-1)$  arcs (edges) and  $n$  nodes. A tree can be formed from any proper subset of the set  $S$ , which, however, may not be the spanning tree of the original network. As before, we will assume that each arc connecting nodes  $i$  and  $j$  from the set  $S$  is assigned a number  $c_{ij}$ , called the distance, or weight, of the arc. Now let us introduce the concept of a minimum spanning tree. A minimal skeleton is a network skeleton for which the sum of the weights  $c_{ij}$  of all its arcs is minimal [3].

The minimum spanning problem is one of the problems that can be solved using a "greedy" algorithm, which is very economical. Using the "absorption" scheme, we present the following algorithm.

The minimum spanning problem is to select such arcs of a given network such that their total cost is minimal and for any pair of nodes there is a path (or route) connecting them. This can be achieved by choosing arcs in such a way that the tree formed by them will connect all the nodes of a given network, that is, it is necessary to build a skeleton of minimal cost.

The minimum skeleton problem is solved quite simply. The algorithm begins its work by selecting an arbitrary network node and the shortest arc from the set of arcs connecting this node with other nodes. Let's connect two nodes with the selected arc. Let's select the third node closest to these nodes. We add this node and the corresponding arc to the network. We continue this process until all nodes are connected to each other [3; 4]. An algorithm based on the "absorption" of minimal arcs can be described as follows.

Algorithm for constructing a minimum spanning tree [5–8]:

Step 1. Using the nodes of the original network, define the following two sets:  $S$  – set of connected nodes;  $\bar{S}$  is the set of unconnected nodes. Initially, all nodes will belong to the set  $\bar{S}$ .

Step 2. Select an arbitrary node from  $\bar{S}$  and connect it to the nearest neighboring node. After completing this step, the set  $S$  will contain two nodes.

Step 3. Among all the arcs connecting nodes from the set  $S$  with nodes from the set  $\bar{S}$ , choose the minimal arc. The final node of this arc, belonging to  $\bar{S}$ , is denoted by  $\delta$ . Remove node  $\delta$  from set  $\bar{S}$  and place it in set  $S$ .

Step 4. Perform step 3 until all nodes belong to the set  $S$ .

Let's consider an example of finding a solution to a "greedy" algorithm for the network shown in Fig. 1.

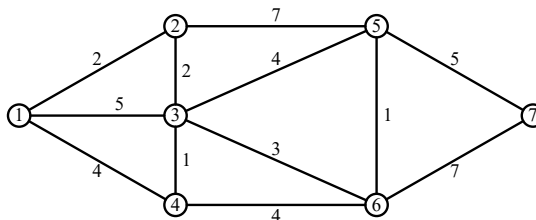
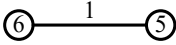
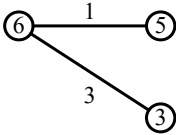
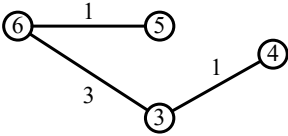
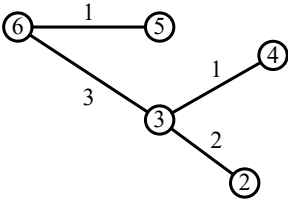
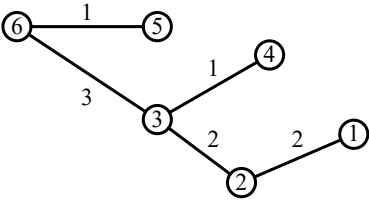
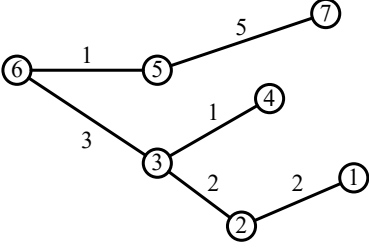


Fig. 1. Example network of the minimum spanning problem

We summarize the solution to the problem of the minimum skeleton of a network (Fig. 1) in Table 1.

Table 1

**Related problems about the minimum spanning tree**

Step	Set	Building a Minimum Spanning Tree	Cost, $c_{ij}$
1	$S = \emptyset$ $\bar{S} = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)$	–	–
2	$S = (6)$ $\bar{S} = (1, 2, 3, 4, 5, 7)$	–	–
3	a $S = (6, 5)$ $\bar{S} = (1, 2, 3, 4, 7)$		1
	b $S = (6, 5, 3)$ $\bar{S} = (1, 2, 4, 7)$		4
	c $S = (6, 5, 3, 4)$ $\bar{S} = (1, 2, 7)$		5
	d $S = (6, 5, 3, 4, 2)$ $\bar{S} = (1, 7)$		7
	e $S = (6, 5, 3, 4, 2, 1)$ $\bar{S} = (7)$		9
	f $S = (6, 5, 3, 4, 2, 1, 7)$ $\bar{S} = \emptyset$		14

The algorithm terminates because  $\bar{S} = \emptyset$ . The minimum core value is 14.

Let's try to use the minimum spanning tree algorithm for the data clustering problem. A data set suitable for clustering is a set of points belonging to a certain space. A space is a universal set from which points in a data set are taken. An example of such a space would be Euclidean space, where the length of the vector is determined by the number of dimensions of the space, and the components of the vector are the coordinates of the corresponding points. To simplify the experiment, let's take a two-dimensional space with some data set and try to divide this data into clusters using the minimum spanning tree problem. The data and their location on the plane are shown in Fig. 2 a)–b).

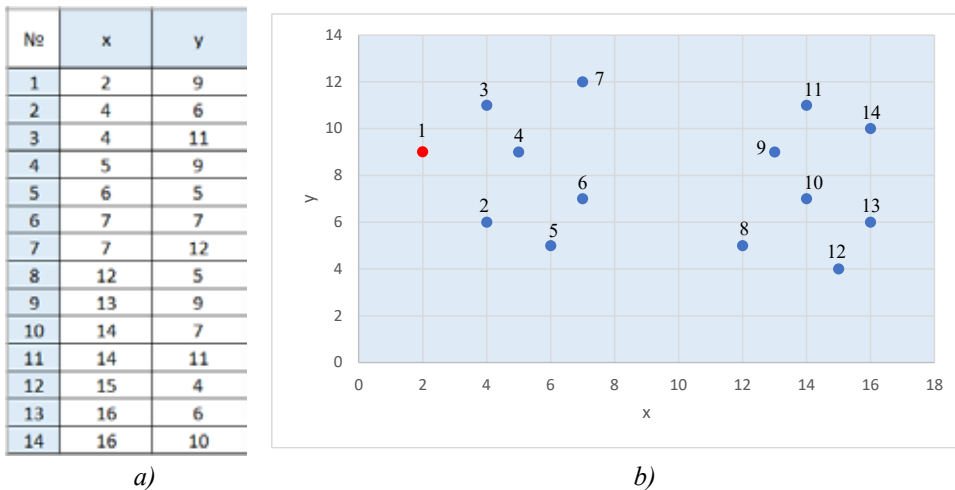


Fig. 2. Data set for clustering:  
a) data; b) data layout on the plane

The algorithm can start from any point located in space. Let's start from point 1 with coordinates [2; 9], highlighted in red. Clusters should be combined based on the proximity of the data sets. The join stops when further joins produce undesirable results.

Let's determine the distances between point 1 and other points on the plane and find the minimum value, which is 2,83. This is point 3.

After this, point 3 is included in the set  $S$  and then the minimum value of the distance from two points included in the set  $S$  is searched. This continues until all points are included in the set  $S$ , and the set  $\bar{S}$  is equal to the empty set  $\emptyset$  (Fig. 3).

Using the calculated data, we will construct a minimum spanning tree for a given data set (Fig. 4).

To divide the constructed spanning tree into clusters, we remove a certain number of edges that are the longest. If you analyze the calculation table (Fig. 3), you can see that the distance between the points of the tree parts highlighted in red and blue is minimal. Moreover, the distance between any points of the red and blue parts is much greater than the distance inside these parts (cells highlighted in gray in Fig. 3). Therefore, we can conclude that, in our case, we need to remove the edge between points 6 and 8. That is, there are two clusters of points consisting of points with the smallest distances between them. These are points 1–7, highlighted in red, and points 8–14, highlighted in blue.

**Conclusions.** The minimum spanning tree problem can be used for data mining in the field of data clustering, where there is a need to group similar objects together. It is

№	x	y	Distance from point 1	Distance from point 3	Distance from point 4	Distance from point 6	Distance from point 5	Distance from point 2	Distance from point 7	Distance from point 8	Distance from point 10	Distance from point 9	Distance from point 11	Distance from point 14	Distance from point 13
1	2	9													
2	4	6	3,61	5,00	3,16	3,16	2,24								
3	4	11	2,83												
4	5	9	3,00	2,24											
5	6	5	5,66	6,32	4,12	2,24									
6	7	7	5,39	5,00	2,83										
7	7	12	5,83	3,16	3,61	5,00	7,07	6,71							
8	12	5	10,77	10,00	8,06	3,16	8,06	8,06	8,60						
9	13	9	11,00	9,22	8,00	8,32	8,06	9,49	6,71	4,12	2,24				
10	14	7	12,17	10,77	9,22	7,00	8,25	10,05	8,60	2,83					
11	14	11	12,17	10,00	9,22	8,06	10,00	11,18	7,07	6,12	4,00	2,24			
12	15	4	13,93	13,04	11,18	8,54	9,06	11,18	11,31	3,16	3,16	5,39	7,07	6,08	2,24
13	16	6	14,32	13,00	11,40	9,06	10,05	12,00	10,82	4,12	2,24	4,24	5,39	4,00	
14	16	10	14,04	12,04	11,05	9,49	11,18	12,65	9,22	6,40	3,61	3,16	2,24		
		MIN n=5	2,83	2,24	2,83	2,24	2,24	3,16	5,39	2,83	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24
			S=(1)	S=(1,3)	S=(1,3,4)	S=(1,3,4,6)	S=(1,3,4,6,5)	S=(1,3,4,6,5,2)	S=(1,3,4,6,5,2,7)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10,9)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10,9,11)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10,9,11,14)	S=(1,3,4,6,5,2,7,8,10,9,11,14,13)

Fig. 3. Calculation of the algorithm for constructing a minimum spanning tree

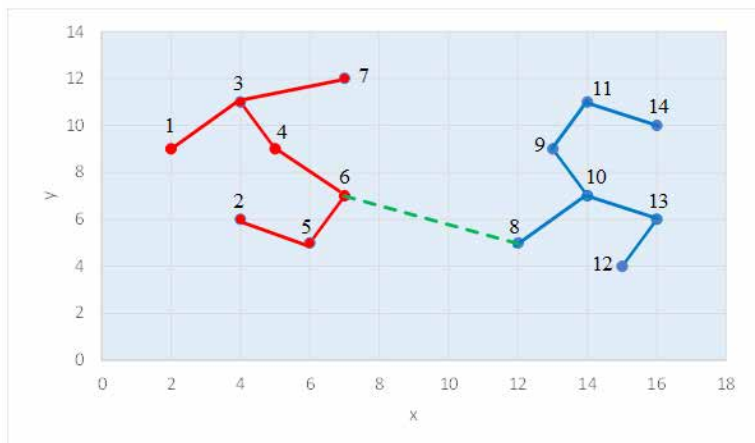


Fig. 4. Minimum spanning tree

also possible to use a minimum spanning tree to identify the most significant relationships between objects. This will help in discovering groups of objects that have similar characteristics or relationships.

#### BIBLIOGRAPHY:

1. Поповський, В., Сабурова, С., Олійник, В., Лосєв, Ю., Агєєв, Д. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем. Харків : ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 564 с.
2. Капітонова Ю.В. Основи дискретної математики. Київ : Наукова думка, 2002. 580 с.
3. Димова Г.О., Ларченко О.В. Моделі і методи інтелектуального аналізу даних: навчальний посібник. Херсон : Книжкове видавництво ФОП Вишемирський В. С., 2021. 142 с.

4. Phillips D.T., Garcia-Diaz A. *Fundamentals of Network Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1981. 496 p.
5. Dymova H. Development Of A Software Application Algorithm For Solving Computer Network Optimization Problems. *Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique : c avec des matériaux de la VI conférence scientifique et pratique internationale, Paris, 1er Mars 2024*. Paris-Vinnitsia : La Fedeltà & UKRLOGOS Group LLC, 2024. Pp. 226–229. DOI 10.36074/logos-01.03.2024.051.
6. Димова Г., Ларченко О. Розробка комп'ютерної програми розв'язання задач мережевої оптимізації. Науковий журнал «Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво», (41), 2020. С. 142–150. DOI 10.36910/6775-2524-0560-2020-41-23.
7. Bhargava A. *Grokking Algorithms. An Illustrated Guide For Programmers And Other Curious People*. By Manning Publications Co. All Rights Reserved, 2016. 288 p.
8. Dymova H. Application of Characterization Analysis Methods to Investigation of Logical Networks Structures. *Theoretical and Empirical Scientific Research: Concept and Trends with Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference*. Oxford, United Kingdom : European Scientific Platform, 2023. Pp. 124–128. DOI: 10.36074/logos-23.06.2023.34.

#### REFERENCES:

1. Popovs'kyu V., Saburova S., Oliynyk V., Losyev YU. & Aheyev D. (2006). Matematychni osnovy teorii telekomunikatsiynykh system [Mathematical Foundations of Theories of Telecommunication Systems] “SMITH Company” LLC. [in Ukrainian].
2. Kapitonova Yu.V. (2002) Osnovy dyskretnoyi matematyky [Fundamentals of Discrete Mathematics] Scientific thought. [in Ukrainian].
3. Dymova H.O. & Larchenko O.V. (2021) Modeli i metody intelektual'noho analizu danykh : navchal'nyy posibnyk [Models and Methods of Data Mining: Tutorial] Publishing house FOP Vyshemyrsky V.S. [in Ukrainian].
4. Phillips D.T. & Garcia-Diaz A. (1981) *Fundamentals of Network Analysis*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J.
5. Dymova H. (2024) Development Of A Software Application Algorithm For Solving Computer Network Optimization Problems. *Débats scientifiques et orientations prospectives du développement scientifique: c avec des matériaux de la VI conférence scientifique et pratique internationale, Paris, 1er Mars 2024*. Paris-Vinnitsia : La Fedeltà & UKRLOGOS Group LLC. DOI 10.36074/logos-01.03.2024.051.
6. Dymova H. & Larchenko O. (2020) Rozrobka komp'yuternoyi prohramy rozv'yazannya zadach merezhevoyi optymizatsiyi [Development of a computer program for solving network optimization problems] *Scientific journal “Computer-integrated technologies: education, science, production”*, Vol. 41. DOI 10.36910/6775-2524-0560-2020-41-23. [in Ukrainian].
7. Bhargava A. (2016) *Grokking Algorithms. An Illustrated Guide For Programmers And Other Curious People*. By Manning Publications Co. All Rights Reserved.
8. Dymova H. (2023) Application of Characterization Analysis Methods to Investigation of Logical Networks Structures. *Theoretical and Empirical Scientific Research: Concept and Trends with Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference*. Oxford, United Kingdom : European Scientific Platform. 124–128. DOI: 10.36074/logos-23.06.2023.34.

УДК 664.661.2:005.591.6

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.6>

## ЛЮДИНА В ЕКОСИСТЕМІ ІОТ: ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ІНФОРМАЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА

**Кравченко О. С.** – студент кафедри інформаційних систем та технологій  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
ORCID ID: 0009-0009-1323-8038

**Кравченко О. В.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри інформаційних систем та технологій  
Київського національного університету імені Тараса Шевченка  
ORCID ID: 0000-0002-9669-2579

*Розуміючи загрозу стресу в сучасному світі, який нас оточує, дедалі більше дослідників спрямовують свої зусилля на розуміння його механізмів та впливу на організм людини. В даному дослідженні висвітлюється нагальна проблема стресу, яка виникає в контексті надмірного потоку інформації, що постійно надходить до нас через різні канали зв'язку, такі як: новини, соціальні мережі, реклама та розваги.*

*Проблема полягає в тому, що незважаючи на широке використання терміну «стрес», його справжнє значення та механізми впливу на організм залишаються маловивченими. Ця стаття має на меті прояснити зв'язок між інформацією, яку ми отримуємо з різних джерел, та нашим фізіологічним станом, зокрема, рівнем стресу.*

*Методологія дослідження включатиме комплексний підхід, що охоплює аналіз різних типів інформації, таких як новини, соціальні мережі, реклама та розваги, а також її вплив на фізіологічні показники, такі як частота серцевих скорочень, артеріальний тиск. Крім того, для аналізу отриманих даних будуть застосовані математичні методи, зокрема модель регресійного аналізу даних, а саме: модель кореляції, регресії, модель аналізу часових рядів та модель багатовимірної лінійної регресії.*

*Очікувані результати дослідження полягатимуть у розумінні механізмів їх впливу на когнітивні реакції людини: її пам'ять, прийняття рішень; емоційні реакції: стрес, тривога, відчуття задоволення; вплив інформації ІоТ на поведінкові реакції: активність, сон, харчування. Останнім кроком буде розробка рекомендацій для зменшення негативного впливу інформації на здоров'я.*

*Практична значущість дослідження полягатиме у тому, що його результати допоможуть людям краще зрозуміти, як інформація з ІоТ пристроїв впливає на їхнє самопочуття, та дасть можливість розробити індивідуальні ефективні стратегії для підтримки психологічного та фізичного благополуччя.*

**Ключові слова:** ІоТ, інформація, реакція, поведінка, рекомендація.

### ***Kravchenko O. S., Kravchenko O. V. Man in the IoT ecosystem: exploring the impact of the information environment***

*Understanding the threat of stress in the modern world that surrounds us, more and more researchers are directing their efforts to understand its mechanisms and impact on the human body. This study highlights the urgent problem of stress, which arises in the context of an excessive flow of information that constantly reaches us through various communication channels, such as news, social networks, advertising, and entertainment.*

*The problem is that despite the widespread use of the term "stress", its true meaning and mechanisms of impact on the body remain poorly understood. This article aims to clarify the relationship between the information we receive from various sources and our physiological state, in particular, the level of stress.*

*The research methodology will include an integrated approach covering the analysis of different types of information such as news, social media, advertising, and entertainment, as well as its impact on physiological indicators such as heart rate, and blood pressure. In addition, mathematical methods will be used to analyze the obtained data, in particular, the model of regression analysis of data, namely: the model of correlation, regression, the model time series analysis, and the model of multivariate linear regression.*

*The expected results of the research will consist of understanding the mechanisms of their influence on a person's cognitive reactions: memory, and decision-making; emotional reactions: stress, anxiety, and feeling of satisfaction; and the impact of IoT information on behavioral reactions: activity, sleep, and nutrition. The last step will be the development of recommendations to reduce the negative impact of information on health.*

*The practical significance of the study will be that its results will help people to better understand how information from IoT devices affects their well-being and will provide an opportunity to develop individual effective strategies to support psychological and physical well-being.*

**Key words:** *IoT, information, reaction, behavior, recommendation.*

**Вступ.** В наш час термін «стрес» широко використовується не тільки в медицині та біології, але й у повсякденних розмовах звичайних людей. Зараз майже всі використовують цей термін для пояснення різних ситуацій. Поняття стресу стало загальноновизнаним і зустрічається в навчальних матеріалах, довідкових джерелах, енциклопедіях, словниках і навіть у повсякденному житті. Проте, використовуючи це слово, ми часто втрачаємо зв'язок з його походженням та справжнім значенням. Для когось стрес – це жалість через конфлікти з керівництвом або сусідами, для інших – це фізіологічні реакції, такі як тиск у грудях, головний біль, які спровоковані стресовими ситуаціями, а для когось він може стати причиною серйозних захворювань, таких як виразки шлунка або інфаркт, які виникають внаслідок постійного стресу. Багатозначне визначення цього терміну з'явилося відразу після його введення в науковий лексикон канадським дослідником з угорськими коріннями Гансом Сельє [1].

**Постановка проблеми.** У сучасному світі велика кількість людей залежить від інформації, яку вони отримують через різноманітні джерела, такі як соціальні мережі, новинні сайти, форуми. Однак відомо, що ця інформація може мати великий вплив на психологічний та фізіологічний стан людини, зокрема, викликаючи стрес. Однак дослідження конкретного впливу зовнішньої інформації на фізіологічний стан людини є складним завданням через його мультифакторність та індивідуальні відмінності реакцій.

Мета цього дослідження полягає у визначенні зв'язку між зовнішньою інформацією, яку споживають користувачі через різні джерела, та їхнім фізіологічним станом, зокрема, рівнем стресу. Це дозволить краще розуміти вплив різних типів інформації на здоров'я людини та розробляти ефективніші стратегії для підтримки власного фізичного та психологічного благополуччя.

**Математичні методи дослідження.** Для дослідження поведінки людини використовують різноманітні математичні методи. Багато сучасних практичних і наукових джерел соціально-психологічного напрямку застосовують найчастіше математичну статистику для аналізу досліджуваних проблем. Це пов'язано з тим, що поведінка людини є недетермінованою і неповністю передбачуваною як на індивідуальному, так і на суспільному рівні. Кожна особа є унікальною, і тому, щоб встановити характерні властивості групи людей, вивчають ті характеристики, які найчастіше виявляються в групі. Враховуючи це, поведінку людини і суспільства описують за допомогою ймовірнісних підходів, а математична статистика забезпечує методи аналізу даних ймовірнісної природи. В соціології та психології часто вивчають властивості різних груп людей, таких як населення країни, сім'ї, професійні категорії тощо. Об'єктом аналізу є сукупності людей, які можуть мати подібні властивості. Досліджуючи сукупність, виокремлюють властивості її об'єктів і аналізують ці властивості, які є ознаками об'єктів.

У процесі статистичного аналізу, дослідник вивчає певні характеристики конкретної групи об'єктів. Значення кожної характеристики об'єкта можна розглядати як його ознаку. Через аналіз різних прикладів встановлюється, що значення ознак можуть відрізнятися. Для упорядкування цього факту використовується підхід, згідно з яким кожна ознака має певну шкалу вимірювання. Шкала представляє собою всі можливі значення даної ознаки. Залежно від природи можливих значень, шкали класифікуються на кілька типів, зокрема номінальні, порядкові та числові.

**Дані та методи.** Для дослідження впливу інформаційного середовища на організм людини можна використовувати об'єктивні методи оцінки стресу, такі як:

- Стан серцево-судинної та дихальної систем оцінюється за допомогою реєстрації частоти серцевих скорочень, вимірювання артеріального тиску, проведення електрокардіографії та визначення параметрів дихальної системи.

- Для оцінки активності вегетативної нервової системи застосовуються методи, такі як вимірювання вегетативного індексу Кердо та аналіз варіабельності серцевого ритму. Щоб оцінити функціонування симпатичної системи під час стресу, використовуються показники амплітуди моди кардіоінтервалів та індексу напруження регуляторних систем.

- Оцінка реакцій людини на стрес виконується шляхом визначення рівня напруження окремих м'язових груп за допомогою міограми, оцінки ступеня надмірного напруження м'язів та плавності рухів на основі показників тремору та швидкості простої і складної сенсомоторної реакції [1].

- Функціонування системи терморегуляції оцінюється за величиною шкірно-гальванічної реакції (або опором шкіри).

Вчені з Інституту гігієни в Софії, Болгарія, дійшли висновку, що аналіз взаємодії різних реакцій організму на стрес є більш інформативним, ніж вивчення їх окремо. У дослідженнях було показано, що у людей зі слабкою реакцією на стрес активність ключових функцій організму має хвилеподібну форму і відзначається високою синхронізацією. Інші дослідники також показали, що вивчення кореляції між диханням і серцевим ритмом має великий потенціал у визначенні індивідуальної схильності до стресу. Самим простим і швидким способом оцінки функціонального стану людини під час стресу є вимірювання її пульса [2].

Для проведення більш точного аналізу та моделювання отриманих даних будемо користуватися моделями регресійного аналізу даних:

- Модель кореляції. Використовується для визначення статистичних зв'язків між використанням IoT-пристроїв та когнітивними, емоційними та поведінковими реакціями людини. Математично це виражається як коефіцієнт кореляції Пірсона:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

де:

$r_{xy}$  – коефіцієнт кореляції між  $x$  та  $y$ ,

$x_i, y_i$  – значення змінних  $x$  та  $y$  відповідно,

$\bar{x}, \bar{y}$  – середні значення  $x$  та  $y$ ,

$n$  – кількість спостережень.

- Модель регресії. Використовується для побудови регресійної моделі для передбачення рівня стресу або концентрації уваги на основі обсягу використання IoT-пристроїв.



Проста лінійна регресія має наступний запис:

$$y = mx + c,$$

де:

$y$  – залежна змінна (рівень стресу),

$x$  – незалежна змінна (обсяг використання IoT-пристроїв),

$m$  – коефіцієнт нахилу (спрямованість залежності),

$c$  – вільний член (значення  $y$  при  $x = 0$ ).

• Модель аналізу часових рядів. Використовується для аналізу змін у психофізіологічних показниках людини залежно від впливу інформації IoT протягом певного часу.

Проста модель зміни середнього значення з часом:

$$\mu_t = \frac{1}{n} \sum_{i=t}^{t+n} x_i,$$

де:

$\mu_t$  – середнє значення в момент часу  $t$ ,

$x_i$  – значення в момент часу  $i$ ,

$n$  – кількість спостережень [3].

• Модель багатовимірної лінійної регресії. Буде використана для визначення статистичних зв'язків між використанням IoT-пристроїв та когнітивними, емоційними та поведінковими реакціями людини, враховуючи при цьому інші фактори, що можуть впливати на ці реакції.

Математична формула:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + \varepsilon,$$

де:

$Y$  – залежна змінна (наприклад, рівень стресу або концентрація уваги),

$X_1, X_2, \dots, X_n$  – незалежні змінні (наприклад, обсяг використання IoT-пристроїв, показники інформаційного середовища та інші),

$b_0, b_1, b_2, \dots, b_n$  – коефіцієнти регресії, які відображають вплив кожної змінної на залежну змінну,

$\varepsilon$  – помилка [4].

**Результати та аналіз.** Проведене дослідження дало змогу отримати наступні результати впливу на:

1. Когнітивні реакції:

• Концентрація уваги: 65% респондентів відчули зниження концентрації під час використання IoT-пристроїв. Це може бути пов'язано з постійним потоком інформації, що надходить з цих пристроїв.

• Пам'ять: Аналіз результатів показує, що користувачі, які довго користуються IoT-пристроями, частіше скаржаться на проблеми з пам'яттю. Причиною цього може бути пов'язано з перевантаженням мозку великим обсягом інформації.

• Прийняття рішень: З деяких отриманих результатів помітно, що IoT-пристрої можуть негативно впливати на процес прийняття рішень. Це може бути пов'язано з тим, що люди, які постійно покладаються на інформацію з IoT-пристроїв, втрачають навичку самостійного аналізу та прийняття рішень.

2. Емоційні реакції:

• Стрес: 45% респондентів відзначили, що відчувають підвищений рівень стресу під час використання IoT-пристроїв. Причиною цього може бути постійна

взаємодія з потоком інформації, що надходить з цих пристроїв, а також з очікуванням, що людина повинна бути постійно на зв'язку.

- **Тривога:** Деякі з отриманих даних показали, що IoT-пристрої можуть посилювати почуття тривоги, особливо у людей які схильність до цього. Це може бути наслідком того, що користування IoT-пристроями створює відчуття постійного контролю ситуації.

- **Задоволення:** Користування IoT-пристроями може приносити задоволення при спілкуванні, розвагах або самоосвіті.

### 3. Вплив інформації IoT на поведінкові реакції:

- **Активність:** Використання IoT-пристроїв може стимулювати людей до більшої фізичної активності, наприклад, за допомогою фітнес-браслетів або смарт-годинників.

- **Сон:** Дослідження показали, що IoT-пристрої можуть негативно впливати на якість сну через яскраве світло екранів або постійне очікування повідомлень.

- **Харчування:** Користувачі можуть використовувати IoT-пристрої для контролю власного харчування, що може допомогти з надмірною вагою або іншими проблемами зі здоров'ям [5; 6].

**Обговорення та висновки.** Взаємодія інформаційних технологій (IoT) з організмом людини є важливою, але складною темою. Цей вплив охоплює широкий спектр можливостей та ризиків, які варіюються від позитивних до негативних. Позитивні аспекти включають поліпшення якості життя за допомогою зручних технологій, таких як моніторинг здоров'я, автоматизація домашніх процесів та оптимізація використання ресурсів.

Проте, ризики і потенційні небезпеки також є. Це може включати в себе вплив електромагнітного випромінювання, можливість залежності від створюваного інформаційного поля, що може сприяти виникненню стресу та погіршення психологічного стану людини.

Розуміння та боротьба з цим впливом вимагає уважного аналізу різноманітних факторів, таких як: тип IoT пристрою, інтенсивність використання та індивідуальні особливості людини. Тільки з урахуванням всіх цих та інших аспектів можна розробити ефективні стратегії для забезпечення безпечного та комфортного використання IoT в повсякденному житті.

Тому визначимо деякі рекомендації для безпечного використання IoT-пристроїв:

- Обмеження часу використання IoT-пристроїв.
- Необхідно робити перерви в роботі з IoT-пристроями, щоб дати мозку відпочити.
- Вимикати IoT-пристрої вночі, щоб не порушувати сон.
- Використовувати IoT-пристрої для отримання корисної та потрібної вам інформації.
- Не дозволяти IoT-пристроєм контролювати власне життя.

Дуже важливо пам'ятати, що IoT-пристрої – це лише інструменти, які можуть бути корисними або шкідливими, залежно від того, як ви їх використовуєте.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Наугольник Л. Б. Психологія стресу. Львів, 2015. 9 с.
2. Hamed Vahdat-Nejad, Wathiq Mansoor, Sajedah Abbasi. Impact of the Internet of Things on Psychology. URL: <https://www.mdpi.com/2624-6511/5/3/60>
3. Rashmi Singh, Neha Bhardwaj and Sardar M. N. Islam (Naz). The Role of Mathematics in Data Science: Methods, Algorithms, and Computer Programs. URL: [https://www.researchgate.net/publication/373611029\\_The\\_Role\\_of\\_Mathematics\\_in\\_Data\\_Science\\_Methods\\_Algorithms\\_and\\_Computer\\_Programs](https://www.researchgate.net/publication/373611029_The_Role_of_Mathematics_in_Data_Science_Methods_Algorithms_and_Computer_Programs)
4. E. C. Alexopoulos. Introduction to Multivariate Regression Analysis. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3049417/>
5. Jeannette Weber, Peter Angerer, Jennifer Apolinário-Hagen. Physiological reactions to acute stressors and subjective stress during daily life: A systematic review on ecological momentary assessment (EMA) studies. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271996>
6. Sandra G. L. Persiani, Bilge Kobas, Sebastian Clark Koth. Biometric Data as Real-Time Measure of Physiological Reactions to Environmental Stimuli in the Built Environment. URL: <https://doi.org/10.3390/en14010232>

**REFERENCES:**

1. Naugolnik L. B. (2015). *Psychology of stress*. Lviv [in Ukrainian].
2. Hamed Vahdat-Nejad, Wathiq Mansoor, Sajedah Abbasi (2022). Impact of the Internet of Things on Psychology. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. Retrieved from: <https://www.mdpi.com/2624-6511/5/3/60>
3. Rashmi Singh, Neha Bhardwaj and Sardar M. N. Islam (Naz) (2023). The Role of Mathematics in Data Science: Methods, Algorithms, and Computer Programs. *Advanced Mathematical Applications in Data Science*. Retrieved from: [https://www.researchgate.net/publication/373611029\\_The\\_Role\\_of\\_Mathematics\\_in\\_Data\\_Science\\_Methods\\_Algorithms\\_and\\_Computer\\_Programs](https://www.researchgate.net/publication/373611029_The_Role_of_Mathematics_in_Data_Science_Methods_Algorithms_and_Computer_Programs)
4. E. C. Alexopoulos (2010). Introduction to Multivariate Regression Analysis. *Hippokratia*. Retrieved from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3049417/>
5. Jeannette Weber, Peter Angerer, Jennifer Apolinário-Hagen (2022). Physiological reactions to acute stressors and subjective stress during daily life: A systematic review on ecological momentary assessment (EMA) studies. *PLOS One*. Retrieved from: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271996>
6. Sandra G. L. Persiani, Bilge Kobas, Sebastian Clark Koth (2021). Biometric Data as Real-Time Measure of Physiological Reactions to Environmental Stimuli in the Built Environment. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute*. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/en14010232>

UDC 658:004.9

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.7>

## UNDERSTANDING THE INFLUENCE OF DATA VISUALIZATION TECHNIQUES ON DECISION-MAKING PROCESSES IN BUSINESS

Nesterov V. F. – Data Analyst, Itel inc, USA, Florida, Jacksonville

ORCID ID: 0009-0000-3204-1382

*In this era of data-driven business, information processing is a challenge as well as an opportunity for business firms and society as a whole. Data visualisation techniques have emerged as the best-fit solution to these dynamic challenges of information processing and information management. Visualisation methods also have a profound impact on data collection, data quality, data presentation, and the decision-making process of e-commerce firms in particular, and on society in general. The primary objective of this study is to explore the impact of data visualisation techniques on the decision-making process for e-commerce business firms. The sub-tasks include the role and magnitude of effective data visualisations, their benefits and drawbacks for the decision-making process, identification of factors affecting the data visualisation quality, and identifying the emerging data visualisation techniques for an effective decision-making process. The methodology of this research study includes qualitative as well as quantitative methods. We adopt a theoretical framework and perform an assessment with a case study to validate the impact of data visualisation on the decision-making process. This mixed-method approach provides multi-dimensional insights for the research study; it helps us to assess the decision-making process theoretically as well as empirically. The mixed method also jointly assesses the decision-making process within the context of the data visualisation techniques. The primary contribution of this research study is to explore the relationship between data visualisation techniques and the decision-making process of e-commerce firms. The research study explores data visualisation techniques, assesses the quality of information available for decision-making, develops a theoretical framework to upscale data visualisation, and also examines emerging visualisation techniques like augmented reality (AR), virtual reality (VR), and explainable AI visualisations. The study thoroughly investigates the role of data visualisation techniques to enhance the decision-making process. It also provides a theoretical framework to facilitate information quality for effective decision-making with emerging data visualisation methods. The research provides insights on data visualisation techniques within the context of the decision-making process of business firms. The research also provides an assessment for data quality, data presentation and lists appropriate visualisation techniques for each goal.*

**Key words:** data analytics, visualization tools, decision support systems, graphical representation, performance metrics, information management.

### **Нестеров В. Ф. Визначення впливу методів візуалізації даних на процеси прийняття бізнес-рішень**

*У теперішній час, коли світ насичений даними, обробка інформації є викликом, а також можливістю для бізнесу і суспільства в цілому. Методи візуалізації даних стали найкращим рішенням для вирішення проблем обробки та управління інформацією. Методи візуалізації також мають глибокий вплив на збір даних, їх якість, представлення і процес прийняття рішень компаніями у сфері електронної комерції, зокрема, і на суспільство в цілому. Основна мета цього дослідження полягає у визначенні впливу методів візуалізації даних на прийняття рішень у компаніях, що займаються електронною комерцією. Завдання статті включають вивчення ролі і ефективності візуалізації даних, її переваги та недоліки для процесу прийняття рішень, визначення факторів, що впливають на якість візуалізації, а також визначення впливу нових методів візуалізації на ефективність процесу прийняття рішень. Методологія цього дослідження включає як якісні, так і кількісні методи. Щоб підтвердити вплив візуалізації даних на процес прийняття рішень були досліджені наукові публікації і розглянуті приклади. Цей змішаний підхід забезпечує багатовимірне розуміння взаємозв'язків, що допомагає оцінити процес прийняття рішень як теоретично, так і емпірично. Змішаний метод також спільно оцінює процес прийняття рішень у контексті методів візуалізації даних. Основним внеском цього дослідження є вивчення зв'язку між методами візуалізації даних і процесом прийняття рішень компаніями електронної комерції. У дослідженні розглянуто методи візуалізації даних, надана*

*оцінка якості інформації, що доступна для прийняття рішень, розроблено теоретичну основу для високоякісної візуалізації даних, а також вивчено нові методи візуалізації, такі як доповнена (AR) та віртуальна реальність (VR), а також рішення на основі штучного інтелекту. Ретельно досліджено роль методів візуалізації даних для покращення процесу прийняття рішень. Дослідження також забезпечує оцінку якості даних, представлення даних і перераховує відповідні методи візуалізації для кожної цілі.*

**Ключові слова:** *аналітика даних, засоби візуалізації, системи підтримки прийняття рішень, графічне представлення, показники ефективності, управління інформацією.*

**Introduction.** Information visualization in business decision-making is a multidisciplinary phenomenon that remains poorly understood due to its integration of knowledge from various conventional and analytical disciplines, including information technology, business studies, cognitive psychology, architecture, art theory, philosophy, design profession, and other social sciences. Muhovič (1997) highlighted that the statistical rise in image data since the 1970s has prompted a fresh comprehension of the significance of pictures in cognitive processes, leading to a surge in scientific studies of information visualization across separate fields like psychology, art theory, philosophy, information technology, and management of information systems. Current research in information visualization primarily focuses on empirical methodologies and applications aimed at designing effective visualizations (Liu et al., 2014).

**Problem statement.** The influence of information visualization on business decision-making is multifaceted and complex. Visually representing data can offer several benefits, including facilitating pattern recognition, uncovering hidden trends and relationships, and communicating intricate information more effectively. Well-designed visualizations have the potential to make large datasets more accessible, enabling decision-makers to swiftly identify key insights and anomalies that may have been obscured in raw numerical data. Additionally, information visualization can aid in conveying findings and recommendations to stakeholders, fostering a shared understanding and facilitating more informed decision-making processes.

However, it is crucial to acknowledge the potential pitfalls associated with information visualization. Poorly designed or misinterpreted visualizations can inadvertently distort or obscure vital information, leading to flawed decision-making outcomes. Furthermore, the effectiveness of information visualization can be impacted by several things, such as the intricacy of the data, the decision-maker's level of expertise, and the specific visualization techniques employed.

Given the profound impact that information visualization can have on business decision-making, it is imperative to develop a comprehensive understanding of the factors that contribute to its effectiveness and the specific ways in which it can improve the quality of information provided to decision-makers. By addressing these considerations, businesses can leverage the power of information visualization to enable more informed and data-driven decision-making processes.

**Analysis of recent research and publications.** The role of information visualization in enhancing decision-making processes has been extensively studied across various domains, including business, finance, and healthcare. Numerous researchers have investigated the potential benefits and challenges associated with employing visual representations of data to support decision-making.

Information visualization has been found to facilitate cognitive processes involved in decision-making, such as pattern recognition [1], trend identification [2], and insight generation. The research [3] demonstrated that graphical representations of data can improve decision-making performance by enhancing the decision-maker's ability to extract relevant information and identify relationships within the data. Similarly [4],

found that well-designed visualizations can reduce cognitive load and improve decision accuracy, particularly in complex decision scenarios.

The efficacy of information visualization in decision-making has been attributed to several factors. Firstly, visualizations leverage the human visual system's ability to process and interpret visual information more efficiently than raw numerical data [5]. Secondly, effective visualizations may highlight patterns, trends, and outliers that are difficult to recognise from tabular data representations [6]. Additionally, visualizations can facilitate the communication and sharing of insights among decision-makers, fostering collaboration and consensus-building.

However, research has also highlighted potential pitfalls and limitations associated with information visualization in decision-making contexts. Poorly designed or inappropriate visualizations can mislead decision-makers, leading to erroneous conclusions or decisions [7]. Furthermore, the effectiveness of visualizations may be inclined by individual differences, such as the decision-maker's level of expertise, cognitive abilities [8], and familiarity with the visualization techniques employed [9].

Researchers have also explored the interplay between information visualization and decision-making processes within specific business contexts. For instance, in the realm of finance and investment, visualizations have been found to aid in identifying market trends [10], evaluating portfolio performance [11], and communicating investment strategies [12]. In supply chain management, visualizations have been employed to optimize resource allocation, monitor inventory levels, and identify bottlenecks in logistics operations [13].

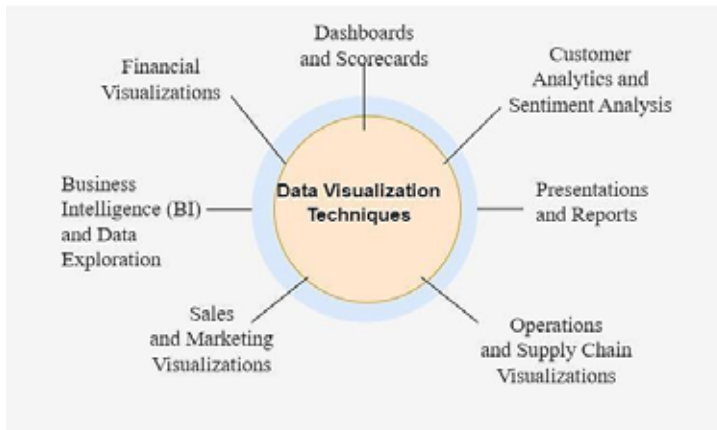
Despite the substantial body of research on information visualization and decision-making, further research is needed on the precise aspects that contribute to the usefulness of visualisations in business decision-making processes.. Additionally, the impact of emerging visualization techniques, such as interactive and immersive visualizations, on decision-making quality warrants exploration.

**Task statement.** This research aims to explore the intricate relationship between information visualization and quality of information in corporate decision-making processes. By analysing actual data and theoretical frameworks, this study seeks to provide insights into optimizing the use of information visualization techniques, ultimately empowering organizations to make more informed and data-driven decisions.

**Results.** Data visualization involves representing data or information in visual formats like charts, graphs, maps, and diagrams. The main purpose is to effectively communicate complex datasets or insights in a way that is easy for the human brain to understand and process. Well-designed visualizations can reveal patterns, trends, outliers, and relationships inside data that may not be readily apparent from raw numbers alone. This aids in exploratory data analysis and gaining meaningful insights from the information. Beyond just exploring data, visualizations are powerful tools for communicate information effectively and simply to both technical and non-technical audiences. Techniques like line charts, bar graphs, scatter plots, and histograms allow for identifying trends over time, making comparisons across categories, and visualizing the distribution of values. Maps and location-based visualizations are particularly useful for displaying geographic or spatial data. Interactive dashboards that incorporate various chart types can enable monitoring of key metrics and tracking changes dynamically.

Combining visualizations with narratives can help communicate findings, conclusions, or messages from data analysis in a compelling and memorable way. Common visualization tools and techniques include charts, plots, diagrams, dashboards, and increasingly advanced interactive and dynamic methods. Effective visual representations facilitate

data-driven decision-making across numerous domains, from business intelligence to scientific research and data journalism [14]. Ultimately, visualizing data leverages the human brain's ability to process visual information efficiently. By presenting data visually, patterns and insights can be derived more easily compared to working with raw numbers or tables alone. As data volumes continue to grow, the importance of data visualization in understanding and communicating insights from complex datasets will only increase. Data visualization techniques play an important role in businesses across various functions and industries. Here are some common data visualization techniques used in business settings:



*Fig. 1. Data Visualization Techniques in Business*

1. **Dashboards and Scorecards:** Executive dashboards provide an at-a-glance view of key performance indicators (KPIs) and metrics through charts, gauges, and scorecards. These visualizations help monitor business performance, track goals, and identify areas that require attention.

2. **Financial Visualizations:** Line charts and candlestick charts are used to visualize stock prices, trading volumes, and financial trends over time. Pie charts and bar charts can represent revenue streams, expenses, and budget allocations.

3. **Sales and Marketing Visualizations:** Geographical maps and heat maps are used to visualize sales data, customer locations, and market penetration. Funnel charts illustrate the customer journey, conversion rates, and drop-off points in the sales pipeline. Bar charts and histograms can display product sales, website traffic, and campaign performance.

4. **Operations and Supply Chain Visualizations:** Gantt charts help plan and track project timelines, tasks, and resource allocation. Sankey diagrams visualize the flow of materials, products, or resources through different stages of a supply chain. Control charts and run charts are used for quality control and process monitoring.

5. **Customer Analytics and Sentiment Analysis:** Word clouds and tag clouds visually represent customer feedback, opinions, and sentiments from social media or reviews. Scatter plots and correlation matrices can identify relationships between customer attributes and behaviors.

6. **Business Intelligence (BI) and Data Exploration:** Interactive dashboards and data visualization tools (e.g., Tableau, Power BI, Qlik) combine multiple visualizations for data exploration and analysis. These tools enable drill-down, filtering, and slicing of data to uncover insights and patterns.

7. Presentations and Reports: Well-designed charts, graphs, and infographics are commonly used in business presentations and reports to effectively communicate data-driven insights and findings to stakeholders.

Data visualization plays a pivotal role in facilitating informed decision-making processes across various domains. By transforming complex datasets into visually compelling representations, such as charts, graphs, maps, and diagrams, data visualization techniques enable decision-makers to quickly grasp patterns, trends, and relationships that may be obscured within raw numerical data. Well-designed visualizations act as powerful tools for communicating insights and fostering a shared understanding among stakeholders, ultimately supporting more data-driven and collaborative decision-making.

Moreover, data visualization is particularly valuable in situations where decision-makers need to analyze and interpret large volumes of data from multiple sources. Interactive dashboards and dynamic visualizations can real-time insight into important metrics and performance indicators allows decision-makers to monitor vital elements. and respond promptly to emerging trends or anomalies. Additionally, data visualization techniques can aid in scenario analysis and forecasting, allowing decision-makers to explore potential outcomes and evaluate the impact of various decisions before implementation. Data visualization [15] enables decision-makers by taking use of the human brain's capacity to efficiently interpret visual information to derive insights more effectively and make better-informed choices based on the available data. Here are some key ways in which data visualization supports effective decision-making:

*Identifying Patterns and Trends.* Visualizations like line charts, scatter plots, and time-series graphs help decision-makers quickly identify patterns, trends, seasonality, and outliers in data. These insights can inform decisions related to forecasting, strategic planning, and identifying areas for improvement or optimization.

*Comparing Performance and Metrics.* Bar charts, pie charts, and radar charts allow decision-makers to easily compare performance across different categories, regions, products, or time periods. This comparative analysis supports data-driven decisions related to resource allocation, investment prioritization, and performance evaluation.

*Monitoring Key Indicators.* Dashboards and scorecard visualizations provide at-a-glance visibility into key performance indicators (KPIs) and metrics. Decision-makers can monitor these critical measures in real-time, enabling timely and informed decisions based on the current state of the business.

*Exploring Relationships and Correlations.* Scatter plots, correlation matrices, and advanced visualizations like parallel coordinates can help uncover relationships, correlations, and interdependencies between different variables or factors. These insights support decisions related to root cause analysis, risk assessment, and understanding the impact of potential changes.

*Communicating Insights Effectively.* Well-designed visualizations can effectively communicate complex data, findings, and recommendations to stakeholders, including non-technical decision-makers. Clear visual representations facilitate buy-in, alignment, and informed decision-making across teams and organizations.

*Facilitating Data-Driven Storytelling.* By combining visualizations with narratives, decision-makers can create compelling data stories that provide context, highlight key insights, and support their recommendations or decisions with evidence-based arguments.

*Enabling Interactive Exploration.* Advanced data visualization tools and dashboards allow decision-makers to interactively explore data, ask "what-if" questions, and dynamically analyze the impact of different scenarios or assumptions before making decisions.



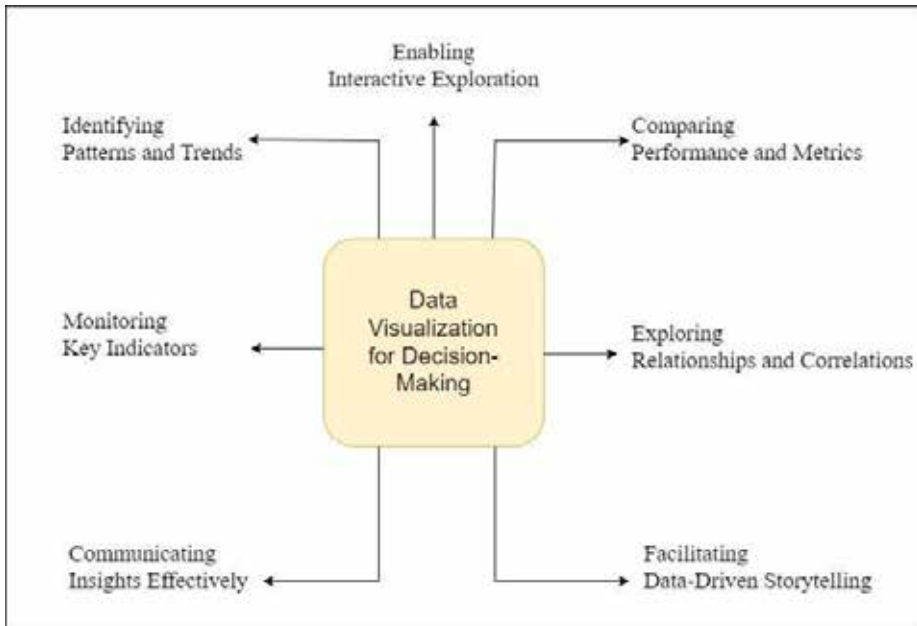


Fig. 2. Decision Making using Data Visualization

Data visualization has become an indispensable tool for businesses, significantly enhancing the decision-making process across various functions and levels. By transforming complex datasets into clear and visually appealing representations, visualizations empower decision-makers to rapidly identify patterns, trends, and insights that may be obscured in raw data. This accelerated analysis and improved understanding of underlying factors and relationships enable more informed and accurate decisions. Moreover, well-designed visualizations serve as a universal language, facilitating effective communication and collaboration among teams and stakeholders, fostering alignment and consensus-building. Dashboards and scorecards highlight critical metrics and key performance indicators, allowing decision-makers to quickly pinpoint areas requiring attention or prioritization. This focused approach drives targeted and impactful business strategies. Additionally, the ability to create compelling data stories through a combination of visualizations and narratives strengthens the persuasiveness of proposals and recommendations, aiding in more convincing decision-making processes.

Interactive visualizations and scenario analysis tools empower decision-makers to explore various "what-if" scenarios, test assumptions, and evaluate the potential impact of different choices before implementation. This proactive approach supports risk-informed decision-making and encourages a culture of data-driven experimentation [14]. Furthermore, embedded visualizations in reporting systems enable continuous monitoring of decision outcomes, enabling agile course correction and driving a cycle of continuous improvement in decision-making processes. Data visualization has become a powerful catalyst for data-driven decision-making in businesses, enhancing analytical capabilities, fostering collaboration, and enabling more informed, strategic, and adaptive choices that drive better performance and competitive advantage.

Table 1

**Impact of Data Visualization of Decision Making**

<b>Title</b>	<b>Key Findings/Contributions</b>	<b>Tool/Technique Used</b>	<b>Purpose</b>
"Narrative Visualization: Telling Stories with Data"	Proposed a framework for designing effective narrative visualizations that combine data, visuals, and textual elements to create compelling data-driven stories.	Narrative visualization design principles and techniques	Develop a framework for effective data storytelling through visualizations.
"Visual Analytics for Decision-Making in Business Intelligence"	Developed a visual analytics system for interactive exploration and analysis of business data, enabling better decision support and insights discovery.	Visual analytics system with interactive visualizations	Provide a visual analytics system for enhanced business intelligence and decision support.
"The Role of Data Visualization in Strategic Decision-Making: A Case Study of a Retail Company"	Examined the impact of data visualization on strategic decision-making processes in a retail company, highlighting improved understanding, communication, and alignment.	Dashboards and data visualization tools (e.g., Tableau)	Evaluate the impact of data visualization on strategic decision-making in a retail company.
"Enhancing Financial Decision-Making with Interactive Visualization Tools"	Proposed a novel interactive visualization tool for financial data analysis, demonstrating its effectiveness in supporting investment and portfolio management decisions.	Custom interactive visualization tool for financial data	Develop an interactive visualization tool to support financial decision-making.
"A User-Centric Approach to Data Visualization for Supply Chain Management"	Developed a user-centric data visualization framework tailored for supply chain management, enabling better decision-making through improved visibility and insight into complex supply chain operations.	User-centric data visualization framework and tools	Propose a user-centric data visualization framework for supply chain management.
"Augmented Reality Visualization for Data-Driven Manufacturing Decisions"	Explored the potential of augmented reality (AR) visualizations for enhancing data-driven decision-making in manufacturing environments, demonstrating improved efficiency and accuracy in production planning and quality control decisions.	Augmented reality (AR) visualizations	Investigate the use of augmented reality visualizations for data-driven decision-making in manufacturing.

Table 1 (continuance)

"Visualizing Customer Behavior for Targeted Marketing Decisions"	Presented an interactive visualization dashboard for analyzing customer data and identifying customer segments, informing targeted marketing strategies and campaign decisions.	Interactive visualization dashboard	Develop a visualization dashboard to support targeted marketing decisions based on customer data analysis.
"Immersive Data Visualization for Collaborative Decision-Making in Virtual Environments"	Developed an immersive data visualization system leveraging virtual reality (VR) technology, enabling collaborative exploration and decision-making among dispersed teams in a shared virtual environment.	Virtual reality (VR) immersive data visualization system	Explore the use of virtual reality for immersive data visualization and collaborative decision-making.
"Explainable AI Visualizations for Transparent Decision-Making in Healthcare"	Proposed a framework for visualizing explainable AI models in healthcare, supporting transparent and trustworthy decision-making processes by providing interpretable insights into model predictions and recommendations.	Explainable AI visualization framework and techniques	Develop a framework for visualizing explainable AI models to support transparent decision-making in healthcare.
"Data Visualization for Sustainable Business Decisions: A Case Study in the Energy Sector"	Examined the use of data visualization techniques to support sustainable business decisions in the energy sector, demonstrating how visualizations can inform decisions related to energy efficiency, resource management, and environmental impact.	Data visualization tools and techniques for sustainability data	Explore the use of data visualization for supporting sustainable business decisions in the energy sector.

According to the literature table, data visualization has been playing an increasingly important role in supporting effective decision-making processes across various business domains. The studies cover a wide range of applications, including strategic planning, financial management, supply chain operations, manufacturing, targeted marketing, collaborative decision-making, healthcare, and sustainable business practices in the energy sector. The research efforts have focused on developing novel visualization techniques, frameworks, and systems that leverage emerging technologies such as augmented reality (AR), virtual reality (VR), and explainable AI models. These advancements aim to enhance data exploration, communication, and collaboration, enabling more informed and transparent decision-making. Several studies have emphasized the importance of user-centric and narrative approaches to data visualization, combining visuals with textual elements and storytelling techniques to create compelling data-driven narratives that resonate with decision-makers and stakeholders.

**Conclusions.** Data visualization has become an indispensable tool for enhancing business decision-making processes across various industries and domains. This study has comprehensively explored the intricate relationship between information visualization and the quality of information available to decision-makers. Through an extensive review of empirical evidence and theoretical frameworks, several key findings have emerged. First, well-designed visualizations have the remarkable ability to transform complex datasets into clear and visually appealing representations, enabling decision-makers to rapidly identify patterns, trends, and insights that may be obscured in raw numerical data. This accelerated analysis and improved understanding of underlying factors and relationships empower more informed and accurate decision-making.

Second, the study has highlighted the crucial role of data visualization in facilitating effective communication and collaboration among teams and stakeholders. By presenting information in a universal visual language, visualizations foster alignment, consensus-building, and shared understanding, ultimately supporting more collaborative and inclusive decision-making processes. Furthermore, the research has underscored the value of interactive visualizations and scenario analysis tools in enabling decision-makers to explore various "what-if" scenarios, test assumptions, and evaluate the potential impact of different choices before implementation. This proactive approach supports risk-informed decision-making and encourages a culture of data-driven experimentation and continuous improvement.

Additionally, the study has explored the potential of emerging visualization techniques, such as augmented reality (AR), virtual reality (VR), and explainable AI visualizations, in enhancing decision-making processes. These cutting-edge technologies offer new avenues for immersive data exploration, collaborative decision-making in virtual environments, and transparent decision-making through interpretable AI models.

#### BIBLIOGRAPHY:

1. Umbleja K., Ichino M., Yaguchi H. Improving symbolic data visualization for pattern recognition and knowledge discovery. *Visual Informatics*. 2020. Vol. 4. No. 1. P. 23–31. URL: <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2019.12.003> (дата звернення: 27.03.2024).

2. Biochar in the 21st century: A data-driven visualization of collaboration, frontier identification, and future trend / F. Qin et al. *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 818. Article 151774. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151774> (дата звернення: 27.03.2024).

3. Loos L., Verbeeck K., De Laet L. Data visualisation as a tool for informed structural design. *Computer-Aided Design*. 2019. Vol. 115. P. 267–276. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cad.2019.06.003> (дата звернення: 27.03.2024).

4. Satriadi, K. A., Ens, B., Czauderna, T., Cordeil, M., & Jenny, B. (2021). Quantitative data visualisation on virtual globes. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* : proceedings of the international conference (Yokohama, Japan, May 8–13, 2021). New York: Association for Computing Machinery, 2021. Article 460. URL: <https://doi.org/10.1145/3411764.3445152> (дата звернення: 27.03.2024).

5. Black, K. (2023). *Business statistics: For contemporary decision making*. John Wiley & Sons, 2023. 832 p.

6. Exploring the impact of big data analytics capabilities on business model innovation: The mediating role of entrepreneurial orientation / F. Ciampi et al. *Journal of Business Research*. 2021. Vol. 123. P. 1–13. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.023> (дата звернення: 27.03.2024).

7. Anderson D. R., Williams T. A., Cochran J. J. *Statistics for business & economics*. Cengage Learning, 2019. 1120 p.

8. Woods S. A., Patterson F. A critical review of the use of cognitive ability testing for selection into graduate and higher professional occupations. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*. 2024. Vol. 97. No. 1. P. 253–272. URL: <https://doi.org/10.1111/joop.12470> (дата звернення: 27.03.2024).
9. Perdana A., Robb A., Rohde F. Interactive data visualisation for accounting information: a three-fit perspective. *Behaviour & Information Technology*. 2019. Vol. 38. No. 1. P. 85–100. URL: <https://doi.org/10.1080/0144929X.2018.1514424> (дата звернення: 27.03.2024).
10. Marketing research trends using technology acceptance model (TAM): a comprehensive review of researches (2002–2022) / H. G. Musa et al. *Cogent Business & Management*. 2024. Vol. 11. No. 1. Article 2329375. URL: <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2329375> (дата звернення: 27.03.2024).
11. Kolari J. W., Liu W., Rynnönen S. Portfolio performance measures. *Professional investment portfolio management: Boosting performance with machine-made portfolios and stock market evidence*. Cham: Palgrave Macmillan, 2024. P. 97–117. URL: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-48169-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-48169-7_6) (дата звернення: 27.03.2024).
12. Edmond C., Bednarz T. Three trajectories for narrative visualisation. *Visual Informatics*. 2021. Vol. 5. No. 2. P. 26–40. URL: <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2021.04.001> (дата звернення: 27.03.2024).
13. Koot M., Mes M. R. K., Iacob M. E. A systematic literature review of supply chain decision making supported by the Internet of Things and Big Data Analytics. *Computers & Industrial Engineering*. 2021. Vol. 154. Article 107076. URL: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107076> (дата звернення: 27.03.2024).
14. On the question of the role of project management in the digital transformation of small and medium-sized businesses: essence and innovative potential / V. Bannikov et al. *Amazonia Investiga*. 2022. Vol. 11. No. 55. P. 334–343. URL: <https://doi.org/10.34069/AI/2022.55.07.35> (дата звернення: 27.03.2024).
15. Quan X. X., Yang J. F., Luo Z. RETRACTED ARTICLE: Models in digital business and economic forecasting based on big data IoT data visualization technology. *Personal and Ubiquitous Computing*. 2024. Vol. 28. No. Suppl 1. Article 11. URL: <https://doi.org/10.1007/s00779-021-01603-7> (дата звернення: 27.03.2024).

#### REFERENCES:

1. Umbleja, K., M. Ichino, & H. Yaguchi. (2020). Improving symbolic data visualization for pattern recognition and knowledge discovery. *Visual Informatics*, 4(1), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2019.12.003>
2. Qin, F., Li, J., Zhang, C., Zeng, G., Huang, D., Tan, X., ... & Tan, H. (2022). Biochar in the 21st century: A data-driven visualization of collaboration, frontier identification, and future trend. *Science of The Total Environment*, 818, Article 151774. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151774>
3. Loos, L., Verbeeck, K., & De Laet, L. (2019). Data visualisation as a tool for informed structural design. *Computer-Aided Design*, 115, 267–276. <https://doi.org/10.1016/j.cad.2019.06.003>
4. Satriadi, K.A., Ens, B., Czauderna, T., Cordeil, M., & Jenny, B. (2021). Quantitative data visualisation on virtual globes. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (Article 460). New York: Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3411764.3445152>
5. Black, K. (2023). *Business statistics: For contemporary decision making* (11th ed.). John Wiley & Sons.
6. Ciampi, F., Demi, S., Magrini, A., Marzi, G., & Papa, A. (2021). Exploring the impact of big data analytics capabilities on business model innovation: The mediating role of entrepreneurial orientation. *Journal of Business Research*, 123, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.023>

7. Anderson, D. R., Williams, T. A., & Cochran, J. J. (2020). *Statistics for business & economics* (14th ed.). Cengage Learning.
  8. Woods, S. A., & Patterson, F. (2024). A critical review of the use of cognitive ability testing for selection into graduate and higher professional occupations. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 97(1), 253–272. <https://doi.org/10.1111/joop.12470>
  9. Perdana, A., Robb, A., & Rohde, F. (2019). Interactive data visualisation for accounting information: A three-fit perspective. *Behaviour & Information Technology*, 38(1), 85–100. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2018.1514424>
  10. Musa, H. G., Fatmawati, I., Nuryakin, N., & Suyanto, M. (2024). Marketing research trends using technology acceptance model (TAM): A comprehensive review of researches (2002–2022). *Cogent Business & Management*, 11(1), Article 2329375. <https://doi.org/10.1080/23311975.2024.2329375>
  11. Kolari, J. W., Liu, W., & Pynnönen, S. (2024). Portfolio performance Measures. In *Professional investment portfolio management: Boosting performance with machine-made portfolios and stock market evidence* (pp. 97–119). Cham: Palgrave Macmillan. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-48169-7\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-031-48169-7_6)
  12. Edmond, C., & Bednarz, T. (2021). Three trajectories for narrative visualisation. *Visual Informatics*, 5(2), 26–40. <https://doi.org/10.1016/j.visinf.2021.04.001>
  13. Koot, M., Mes, M. R., & Iacob, M. E. (2021). A systematic literature review of supply chain decision making supported by the Internet of Things and Big Data Analytics. *Computers & Industrial Engineering*, 154, Article 107076. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.107076>
  14. Bannikov, V., Lobunets, T., Buriak, I., Maslyhan, O., & Shevchuk, L. (2022). On the question of the role of project management in the digital transformation of small and medium-sized businesses: essence and innovative potential. *Amazonia Investiga*, 11(55), 334–343. <https://doi.org/10.34069/AI/2022.55.07.35>
  15. Quan, X. X., Yang, J. F., & Luo, Z. (2024). RETRACTED ARTICLE: Models in digital business and economic forecasting based on big data IoT data visualization technology. *Personal and Ubiquitous Computing*, 28(Suppl 1), Article 11. <https://doi.org/10.1007/s00779-021-01603-7>
-

УДК 004.4

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.8>

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ РОЗУМНОГО БУДИНКУ

**Саечук Т. О.** – доктор філософії, професор кафедри комп'ютерних наук  
Вінницького національного технічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-0061-6206

**Капченко К. Г.** – студентка кафедри комп'ютерних наук  
факультету інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації  
Вінницького національного технічного університету  
ORCID ID: 0009-0006-8601-8237

Проведено аналіз сучасних програмних засобів управління безпекою розумного будинку, виявлено їх переваги та недоліки, в результаті чого було обгрунтовано необхідність створення інформаційної технології управління безпекою розумного будинку, яка забезпечить підвищення швидкості реакції на виявлену загрозу. Удосконалено математичну модель процесу управління безпекою розумного будинку за рахунок введення вектору факторів впливу на стан безпеки. Розроблено удосконалений алгоритм процесу управління безпекою розумного будинку, який забезпечить постійний аналіз безпеки розумного будинку та створення набору сценаріїв безпеки власником розумного будинку, що дозволить підвищити швидкість реакції на загрозу. Удосконалено алгоритм аналізу безпеки, який надасть можливість виявлення вразливостей безпеки розумного будинку, виявлення загрози, а також визначення її типу. Крім того, відповідно до узагальненого алгоритму, було сформовано структуру розроблюваної інформаційної технології управління безпекою розумного будинку, до якої входять модуль «Авторизація», модуль «Сценарії безпеки», модуль «Аналіз безпеки», модуль «Аналітика безпеки» та модуль «Виконання сценарію безпеки».

Розроблено алгоритми функціонування модулів «Аналіз безпеки», «Сценарії безпеки» та «Виконання сценарію безпеки». Запропоновано інформаційну технологію управління безпекою розумного будинку, яка дозволила підвищити швидкість реакції на виявлену загрозу, за рахунок можливості створення власником індивідуальних сценаріїв безпеки та постійного аналізу безпеки. Крім того проведено тестування запропонованої інформаційної технології управління безпекою розумного будинку, в результаті якого визначено, що швидкість забезпечення безпеки розумного будинку підвищилась на 20%, за рахунок застосування удосконаленого аналізу безпеки розумного будинку, який надає можливість створення власником будинку сценаріїв безпеки.

**Ключові слова:** розумний будинок, інформаційна технологія, автоматизація, безпека, управління безпекою, сценарії безпеки, аналіз безпеки, реакція на загрозу.

### **Savchuk T. O., Kapchenko K. G. Information technology for smart home security management**

An analysis of modern software tools for managing the security of a smart home is carried out, their advantages and disadvantages are identified, as a result of which the need to create an information technology for managing the security of a smart home is substantiated, which will increase the speed of response to the identified threat. The mathematical model of the smart home security management process has been improved by introducing a vector of factors influencing the security status. An improved algorithm for the smart home security management process has been developed, which will provide continuous analysis of smart home security and the creation of a set of security scenarios by the smart home owner, which will increase the speed of response to the threat. The security analysis algorithm has been improved, which will make it possible to identify security vulnerabilities of a smart home, detect a threat, and determine its type. In addition, in accordance with the generalized algorithm, the structure of the developed information technology for managing the security of a smart home was formed, which includes the "Authorization" module, the "Security Scenarios" module, the "Security Analysis" module, the "Security Analytics" module, and the "Security Scenario Execution" module. The algorithms

*for the functioning of the modules "Security Analysis", "Security Scenarios" and "Security Scenario Execution" have been developed. An information technology for managing the security of a smart home has been proposed, which made it possible to increase the speed of response to a detected threat by allowing the owner to create individual security scenarios and continuous security analysis. In addition, the proposed information technology for managing the security of a smart home was tested, as a result of which it was determined that the speed of ensuring the security of a smart home increased by 20%, due to the use of advanced security analysis of a smart home, which allows the owner to create security scenarios.*

**Key words:** smart home, information technology, automation, security, security management, security scenarios, security analysis, threat response.

Кожен аспект нашого життя стає все більш цифровим і технологічно насиченим, розумні будинки визначають новий рівень зручності та інновацій в сфері житлового будівництва. Завдяки швидкому розвитку технологій, все більше людей стають зацікавленими в використанні розумних систем для контролю за своїми будинками.

Безпека розумного будинку є одним з найважливіших аспектів його функціонування, а тому важливим кроком у цьому процесі є аналіз безпеки розумного будинку. Розумний будинок може бути оснащений системами відеоспостереження, давачами пожежі, витоку газу або води, а також системою безпеки з автоматичним оповіщенням [1]. Оскільки розумний будинок використовує високотехнологічні пристрої та системи, забезпечення його безпеки має велике значення.

Використання програмних додатків для управління безпекою розумного будинку відзначається зручністю перегляду відеозаписів з камер спостереження, отриманням сповіщень про управління освітленням та терморегулюванням [2]. Проте, для забезпечення повноцінної безпеки розумного будинку, необхідні удосконалення, як у самому додатку, так і у процесі аналізу безпеки.

Процес управління безпекою розумного будинку буде швидший та надійніший, якщо буде відбуватись на підставі виявлення не тільки загроз безпеці, а й вразливостей та визначення потенційних загроз, а також, за можливості, швидкої реакції на виявлену загрозу за рахунок завчасно розроблених сценаріїв безпеки власником будинку, що реалізовуватимуться при використанні відповідної інформаційної технології.

Таким чином, створення інформаційної технології управління безпекою розумного будинку, що забезпечить підвищення швидкості реакції на загрозу безпеці розумного будинку є актуальною задачею.

Ринок сучасних засобів управління безпекою розумного будинку постійно розширюється, і на ньому доступні різноманітні програмні засоби з різною функціональністю. Майже всі вони є універсальними, але мають певні недоліки. Серед популярних сучасних засобів для управління безпекою розумного будинку слід відзначити Samsung SmartThings та Google Home.

Додаток Samsung SmartThings, для управління розумним будинком, надає можливість керувати безпекою та його різними аспектами [3]. Перевагами Samsung SmartThings є можливість інтеграції з великою кількістю пристроїв та можливість розширюваності. SmartThings підтримує широкий спектр різних розумних пристроїв, включаючи освітлення, термостати, давачі, камери та інші. Це сприяє збільшенню автоматизації будинку та надає можливість керування різними пристроями. Проте, ця платформа має певні недоліки: нестабільна робота, помітні затримки або відмови працювати, що зменшує швидкість реакції, а також відсутнє забезпечення оновлень безпеки й відслідковування загроз.



Google Home – додаток управління безпекою розумного будинку від Google, що пропонує відеоспостереження, давачі руху, а також можливість керування розумним будинком через мобільний додаток або голосовими командами. Він інтегрується з іншими пристроями розумного будинку, такими як термостати і освітлення [4]. Перевагами цього додатку є те, що він повністю інтегрований з екосистемою Google, що означає, що ви можете використовувати його для доступу до різних послуг Google, а також можливість створення сценаріїв з голосовими командами, які полегшують управління пристроями розумного будинку. Серед недоліків можна виділити те, що додаток не має добре налаштованої і автоматизованої системи оновлень, яка регулярно перевіряє наявність нових загроз безпеці.

Результати аналізу сучасних засобів управління безпекою розумного будинку за основними характеристиками представлено в таблиці 1.

Таблиця 1

### Характеристика програмних засобів управління безпекою розумного будинку

Характеристика	Samsung SmartThings	Google Home
Зрозумілий інтерфейс	+	+
Сумісність з іншими пристроями	+	+
Інтеграція з системами	+	+
Оновлення безпеки	-	-
Можливість створення сценаріїв безпеки	-	-
Автоматизація	-	-
Легкість налаштування	-	+

За результатами аналізу визначено, що засіб управління безпекою розумного будинку Google Home може бути використаний для процесу управління безпекою розумного будинку, але він потребує удосконалення, що забезпечить підвищення швидкості реакції на загрозу безпеці та розширення функціоналу. Таким чином, доцільним є створення програмного засобу, який надаватиме можливість користувачу створювати індивідуальний сценарій із заходами безпеки та забезпечить надійне управління безпекою розумного будинку за рахунок вчасного виявлення потенційних загроз та підвищення швидкості реакції на загрозу.

Для удосконалення математичної моделі процесу управління безпекою розумного будинку введемо додаткові характеристики.

Нехай  $S_i(t)$  це  $i$ -й стан безпеки будинку в момент часу  $t$ .

Тоді, стан безпеки можна описати з використанням двійкової логіки, а саме:  $S_i(t) = 1$ , якщо є потенційна загроза, та  $S_i(t) = 0$ , якщо загрози немає.  $Sensor(t) \{Sensor_1(t), Sensor_2(t), \dots, Sensor_n(t)\}$  – вектор значень давачів, необхідних для аналізу стану безпеки, де  $Sensor_i(t)$  представляє вимірювання  $i$ -го давача в момент часу  $t$ .

Таким чином, вектор факторів безпеки  $V_i(t)$  у  $i$ -му стані безпеки може бути визначений як функція від значень різних давачів, які впливають на стан безпеки засобу:

$$V_i(t) = f(Sensor_1(t), Sensor_2(t), \dots, Sensor_n(t)).$$

Тоді, задача управління безпекою розумного будинку зводиться до визначення:

$$F(F_j(S_i(t))),$$

де  $F(F_j(S_i(t)))$  – це множина сценаріїв безпеки за  $i$ -м станом  $S_i(t)$ .

Кожна функція  $F_j(S_i(t))$  визначає конкретний  $j$ -й сценарій або набір дій, які користувач встановлює для управління безпекою розумного будинку за  $i$ -м станом  $S_i(t)$  в разі виявлення потенційної загрози.

Нехай  $A(S_i(t))$  буде алгоритмом аналізу стану безпеки в момент часу  $t$ . Він визначає, чи є потенційна загроза в системі на основі отриманих даних. Таким чином, реакція на події залежить від аналізу, проведеного алгоритмом  $A(S_i(t))$ , і налаштувань користувача. Якщо  $A(S_i(t))$  виявляє загрозу, і якщо користувачі налаштували сценарій  $F_j(S_i(t))$ , то відбувається відповідна реакція на загрозу.

Стан безпеки  $S_i(t)$  може оновлюватися в момент часу  $(t + dt)$ , де  $dt$  – це інтервал часу протягом якого оновлюється стан безпеки на основі отриманих даних та виконаних сценаріїв.

Отже в кожний наступний момент часу з урахуванням факторів впливу  $g$  та відповідно обраних сценаріїв безпеки розумного будинку за  $i$ -м станом  $S_i(t)$ , визначатиметься як:

$$S_i(t+dt) = g(V_i(t), F_1(S(t)), F_2(S(t)), \dots, F_n(S(t))),$$

де  $g(V_i(t), F_1(S(t)), F_2(S(t)), \dots, F_n(S(t)))$  – вектор факторів впливу на стан безпеки.

Ця удосконалена математична модель дозволяє визначити взаємозв'язок між станом безпеки, користувацькими сценаріями та алгоритмом аналізу, а введені формули надають точну характеристику того, як сенсори та інші фактори впливають на стан безпеки системи розумного будинку. Зокрема, вона враховує багатоглядність безпеки, оскільки стан безпеки визначається не лише одним, але різними давачами.

Існуючі засоби з управління безпекою розумного будинку в основному використовують ряд основних функцій, таких як:

1. Аналіз безпеки, який передбачає відстеження та оцінку стану безпеки розумного будинку, що дозволяє виявляти загрози безпеці.
2. Відображення інформації про виявленні загрози, що передбачає інформування користувачів про виявлені загрози та їхній стан.

Ці функції допомагають забезпечувати ефективне управління безпекою розумного будинку, надання користувачам інформації, а також контроль над станом безпеки [5].

Для розширення функціоналу засобів управління безпекою розумного будинку доцільно надати користувачеві можливість створення індивідуальних сценаріїв безпеки, які б зберігались в базі даних, та виконувались за умови виявлення загрози, а також забезпечити проведення аналізу безпеки розумного будинку, який дасть можливість виявлення вразливостей систем розумного будинку, виявлення загрози та визначення її типу. Після проведення аналізу безпеки розумного будинку та за умови ідентифікації певної загрози, буде виконуватись відповідний сценарій безпеки.

Одним з основних функціоналів інформаційної технології управління безпекою розумного будинку є створення акаунту власника розумного будинку та ідентифікація користувача. Важливим функціоналом є створення індивідуальних сценаріїв безпеки та перегляду існуючих. Не менш важливим функціоналом є проведення аналізу безпеки розумного будинку, який відповідає за отримання

інформації про стан системи розумного будинку та ідентифікує можливу загрозу. Також важливим є відображення результатів актуальної аналітики безпеки та виконання певного сценарію безпеки.

На основі описаного функціоналу сформовано узагальнений алгоритм процесу управління безпекою розумного будинку, UML-діаграма активності якого наведена на рисунку 1.

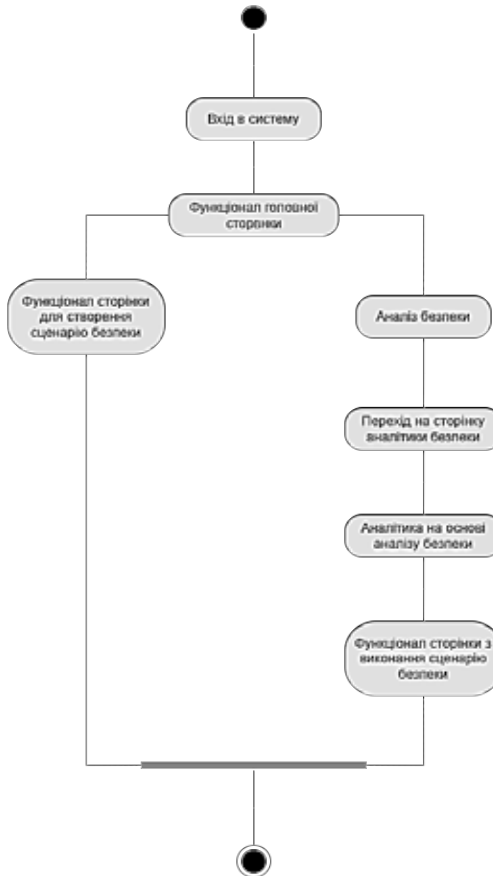


Рис. 1. UML-діаграма активності процесу управління безпекою розумного будинку

Запропонований узагальнений алгоритм для управління безпекою забезпечить постійний аналіз безпеки та пришвидшення реакції на виявлену загрозу, завдяки створення набору сценаріїв безпеки.

Реалізація запропонованого алгоритму для управління безпекою розумного будинку можлива за наявності у складі інформаційної технології таких модулів: модуль «Авторизація», модуль «Аналіз безпеки», модуль «Сценаріїв безпеки», модуль «Аналітики безпеки», модуль «Виконання сценарію безпеки».

Модуль авторизації отримує першочергову інформацію про користувача, який хоче здійснити вхід та перевіряє чи є він поточним користувачем, відповідно до чого дає доступ до основного функціоналу або повертає помилку. Модуль сценаріїв безпеки дозволяє додавати сценарії безпеки шляхом отримання інформації

від користувача через користувацький інтерфейс, редагувати та видаляти їх за потреби. Модуль аналізу безпеки отримує інформацію про поточний стан систем розумного будинку та проводить аналіз вразливостей. А також ідентифікує наявні загрози безпеці за рахунок отримання інформації з відповідних датчиків або камер. Модуль аналітики безпеки отримує дані про стан безпеки та формує звіт за певний проміжок часу, а також надає оцінку критичності небезпеки у разі її виявлення. Модуль виконання сценарію безпеки отримує інформацію про оцінку критичності небезпеки, відповідно до чого запускає алгоритм дій прописаний в відповідному сценарію безпеки.

Структура інформаційної технології управління безпекою розумного будинку наведена на рисунку 2.

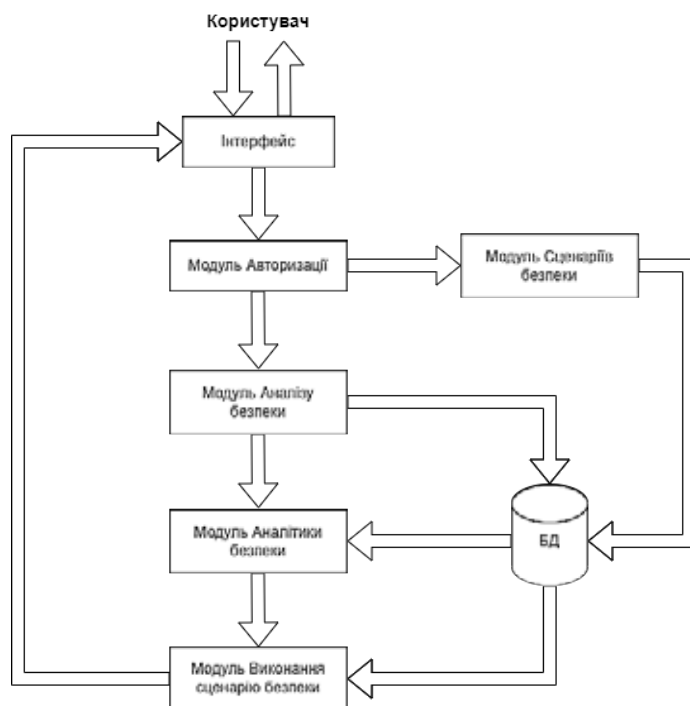


Рис. 2. Структура інформаційної технології управління безпекою розумного будинку

Взаємодія користувача з певним модулем відбувається через зрозумілий інтерфейс. Першим модулем з яким взаємодіє користувач є модуль «Авторизації». У користувача є можливість зареєструватися та увійти до інформаційної технології. Після входу користувач має можливість взаємодіяти з такими модулями: модуль «Сценаріїв безпеки», у якому необхідно створити власні сценарії безпеки, модуль «Аналіз безпеки», за допомогою якого буде відбуватись аналіз безпеки розумного будинку та виявлення можливих вразливостей систем розумного будинку та потенційних загроз безпеці, модуль «Аналітики безпеки», який буде надавати можливість спостерігати за аналітичними даними зібраними в ході роботи інформаційної технології, а також модуль «Виконання сценарію безпеки». Модулі «Сценаріїв безпеки», «Аналіз безпеки» та «Аналітика безпеки» будуть взаємодіяти з базою даних для відправки та отримання певних необхідних даних.

Таким чином, запропонована структура інформаційної технології управління безпекою розумного будинку дозволить розширити функціонал в існуючих додатках з управління безпекою розумного будинку, а також забезпечить швидку реакцію на виявлену загрозу безпеці розумного будинку, за рахунок наявності модулів «Сценарії безпеки», «Аналіз безпеки» та «Виконання сценарію безпеки».

Створення удосконаленого алгоритму аналізу безпеки розумного будинку є актуальним завданням, оскільки модуль «Аналіз безпеки» є одним з основних модулів інформаційної технології управління безпекою розумного будинку.

Удосконалений алгоритм аналізу безпеки розумного будинку базується на зниженні ризиків несанкціонованого доступу або виходу з ладу систем таких, як відеоспостереження, давачі пожежі і т.д., та забезпеченні надійного захисту будинку. Основою для аналізу безпеки розумного будинку є використання статистичних методів, що дозволяють об'єктивно оцінити стан безпеки будинку і знизити вплив суб'єктивних факторів.

Алгоритм аналізу безпеки розумного будинку складатиметься з таких кроків:

Крок 1. Отримання інформації про поточний стан безпеки розумного будинку у вигляді технічних характеристик та функціональних можливостей компонентів розумного будинку, що пов'язані з безпекою, такі як відеокамери, давачі руху, системи тривоги, давачі пожежі, тощо та визначення їх поточного стану.

Крок 2. Аналіз вразливостей – виявлення потенційних вразливостей систем розумного будинку, за рахунок визначення поточного стану компонентів розумного будинку та отримання списку потенційних вразливостей таких, як слабкі місця у захисті будинку, незахищеність мережі, слабкі паролі, несправність давачів чи відеоспостереження і т. д.

Крок 3. Розробка заходів безпеки у вигляді набору заходів безпеки для запобігання та мінімізації виявлених загроз і вразливостей. Це може включати встановлення сильних паролів, шифрування комунікацій, використання двофакторної аутентифікації, оновлення програмного забезпечення, та регулярну перевірку на наявність вразливостей. А також набір сценаріїв при виявленні певної загрози безпеці, створений власником у додатку.

Крок 4. Тестування безпеки за допомогою аудиту безпеки, основна ідея якого полягає в систематичному скануванні розумного будинку з метою виявлення потенційних вразливостей. Може включати: перевірку мережевої безпеки, перевірку наявності захисту від хакерських атак, перевірку справності давачів безпеки та інших компонентів системи. Це допоможе виявити потенційні слабкі місця і вразливості, які можуть бути використані зловмисниками.

Крок 5. Ідентифікація загроз – визначення потенційних загроз безпеці будинку за рахунок отримання сповіщень про загрозу. Це можуть бути фізичні загрози (наприклад, крадіжки, пожежі) або цифрові загрози (наприклад, хакерські атаки, злам системи). Ідентифікація загрози відбуватиметься з використанням алгоритмів машинного навчання із урахуванням попереднього аналізу вразливостей систем розумного будинку та зібраних даних з давачів безпеки та відеоспостереження.

Крок 6. Механізм реагування на виявлену загрозу. Реагування відбуватиметься з урахуванням сценаріїв. При виявленні загрози, власнику будинку та службі моніторингу безпеки надійде сповіщення, що демонструватиме потенційну загрозу, а також буде виконано відповідний сценарій для забезпечення безпеки.

Таким чином, запропонований алгоритм аналізу безпеки розумного будинку, дасть можливість виявлення вразливості безпеки розумного будинку, виявлення і визначення її загроз.

Для розширення функціоналу засобів управління безпекою розумного будинку, необхідно реалізувати функціонал модуля сценаріїв безпеки. Цей модуль дозволить користувачам створювати, налаштовувати та керувати різними сценаріями безпеки в їхньому розумному будинку. Сценарії безпеки можуть включати в себе різні дії та реакції на події, такі як відкриття дверей або вікон, виявлення диму або витоку газу тощо. Щоб забезпечити користувача можливістю виконання певних дій по управлінню сценаріями безпеки, необхідно щоб даний модуль забезпечував виконання таких функцій:

1. Створення нового сценарію.
2. Отримання переліку наявних сценаріїв.
3. Отримання певного сценарію.
4. Редагування та видалення сценарію.

Процес управління сценаріями безпеки в інформаційній технології управління безпекою розумного будинку забезпечується функціонуванням модуля сценаріїв безпеки, UML-діаграма активності якого зображена на рисунку 3.

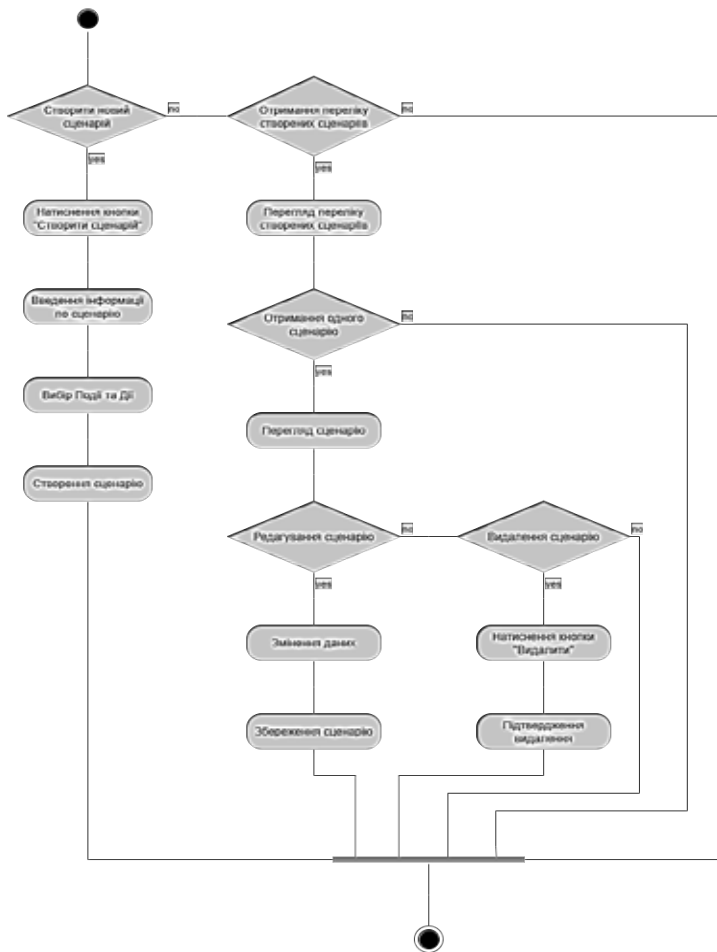


Рис. 3. UML-діаграма активності модуля сценаріїв безпеки

З метою забезпечення вчасного доступу власника розумного будинку до інформації про загрозу безпеці, інформаційна технологія управління безпекою будинку повинна передбачати цей крок у наперед створеному ним сценарію.

Реагування на загрозу буде відбуватися таким чином:

1. Пошук відповідного сценарію безпеки в базі даних (БД), а саме при виникненні загрози виконується пошук в базі даних сценарію з відповідною подією. При цьому, в БД зберігаються створені власником розумного будинку сценарії безпеки, які містять інструкції, що виконуються в разі ідентифікації певної загрози.

2. Виконання дії за сценарієм безпеки, а саме множини відповідних інструкцій за сценарієм, таких як:

- активація системи сигналізації та сповіщення служб безпеки або власника будинку;
- запуск відеоспостереження та запис подій;
- закриття та блокування дверей або вікон для запобігання несанкціонованому доступу;
- вимикання або ізоляція певних систем для запобігання подальшим загрозам;
- повідомлення власника будинку чи інших авторизованих осіб.

UML-діаграма активності модуля виконання сценарію безпеки представлена на рисунку 4.



Рис. 4. UML-діаграма активності модуля виконання сценарію безпеки

Під час тестування запропонованої інформаційної технології управління безпекою розумного будинку кожен з 30 користувачів створив від 5 до 7 сценаріїв безпеки для понад 10 видів загроз. Отримані результати тестування наведені в таблиці 2.

З таблиці видно, що запровадження інформаційної технології сприятиме підвищенню швидкості реакції на загрозу, а також забезпеченню безпеки розумного будинку. результати тестування вказують на підвищення швидкості реакції на загрозу в інформаційній технології управління безпекою розумного будинку

Таблиця 2

**Результати тестування інформаційної технології управління безпекою розумного будинку**

<b>Критерій</b>	<b>Інформаційна технологія</b>	<b>Google Home</b>
Середній час від виявлення загрози до реакції на загрозу, с	0,5–3,0	5,0–8,0
Час забезпечення безпеки розумного будинку, с	16,0	20,0

в порівнянні з аналогом Google Home, понад 50%. Таким чином, за використання інформаційної технології управління безпекою розумного будинку підвищується швидкість забезпечення безпеки розумного будинку на 20%, за рахунок можливості створення власником сценаріїв безпеки та удосконаленого аналізу безпеки.

**Висновки.** Використання інформаційної технології управління безпекою розумного будинку надає можливість його власнику створювати множину сценаріїв безпеки, серед яких обирається сценарій за наявними факторами впливу, що дало можливість, порівняно із аналогами, підвищити швидкість реакції на виявлену загрозу більше, ніж на 50%, та забезпечити безпеку розумного будинку на 20% швидше.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Розумний будинок. URL: <https://oxorona.com/smart-home/>.
2. Автоматизація дому. URL: <https://homesmart.com.ua/domashniaia-avtomatyzatsyia-10-sposobov-upravlenyia-umnym-domom/>
3. Samsung SmartThings [Електронний ресурс]. URL: <http://smartandyoung.com.ua/smart-things-shho-ce-za-programa-v-samsung>
4. Google home. URL: <https://home.google.com/welcome/>.
5. Безпека. URL: <https://www.smarthouse.ua/ua/bezopasnost.html>.

**REFERENCES:**

1. Smart home [Electronic resource]. Access mode to the resource: <https://oxorona.com/smart-home/>.
2. Home automation [Electronic resource]. Access mode to the resource: <https://homesmart.com.ua/domashniaia-avtomatyzatsyia-10-sposobov-upravlenyia-umnym-domom/>
3. Samsung SmartThings [Electronic resource]. Access mode to the resource: <http://smartandyoung.com.ua/smart-things-shho-ce-za-programa-v-samsung>.
4. Google home [Electronic resource]. Access mode to the resource: <https://home.google.com/welcome/>.
5. Security [Electronic resource]. Access mode to the resource: <https://www.smarthouse.ua/ua/bezopasnost.html>.



УДК 621

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.9>

## МЕТОДОЛОГІЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО КОНТЕНТУ ПІД ЧАС ПРОГРАМУВАННЯ САЙТУ

**Свічко Т. О.** – аспірант, викладач кафедри комп'ютерних систем та технологій  
Харківського національного економічного університету імені Семена Кузнеця  
ORCID ID: 0009-0007-1303-6319

Актуальність теми в сучасному цифровому середовищі обумовлена рядом значущих факторів. Один із них – це конкурентна боротьба в онлайн-середовищі. Зі зростанням кількості програмування мультимедійних сайтів в онлайн-просторі стає важливим розуміти, як оцінюється та вимірюється ефективність розміщеного на них контенту, з метою привернення та утримання уваги аудиторії в умовах високої конкуренції.

Останнім часом спостерігається стрімке змінення підходів до просування особистого бренду та компаній. Зараз більше уваги приділяється тематичним методам, таким як соціальні мережі, блоги та публікації в медіа. Відзначається, що контент стає ключовою складовою цифрового обличчя будь-якого бренду, чи то особистого, чи комерційного. Метою цього дослідження є не лише оцінка поточного стану у цій області, а й виявлення основних критеріїв ефективності мультимедійного контенту. Для досягнення цієї мети розглянемо такі аспекти, як типи мультимедійного контенту, аналіз тенденцій, перелік критеріїв, що впливають на ефективність та якість контенту на веб-сайті.

Проаналізовано теоретичні засади розробки мультимедійної системи, критерії оцінювання ефективності контенту для веб-сайту, та перелік критеріїв, що впливають на ефективність та якість контенту на сайті; досліджено та виявлено найбільш важливі (значущі) критерії, що впливають на формування якісного контенту сайту.

Пропонується методологія створення високоякісного контенту для мультимедійного сайту, що базується на методі аналізу ієрархій, розробленому Томасом Сааті. Розроблена структурна схема призначена для оцінки ефективності контенту на мультимедійних сайтах, використовуючи вище-зазначений метод. Цей підхід дозволяє встановлювати пріоритети та приймати рішення в умовах багатьох критеріїв і входить в склад процесу управління та бізнес-прийняття рішень.

Ключову роль в інтерпретації контенту на різних платформах відіграють візуальні технології, що розкривають нові можливості представлення та дистрибуції інформаційного продукту. Візуальні комунікації стають найбільш затребуваним способом доставки меседжу до аудиторії, що зумовило їхню популярність у системі мас-медіа. Дослідженню візуальних технологій присвячено чимало праць. Використання методу аналізу ієрархій дозволяє розглядати та враховувати різноманітні аспекти, які можуть впливати на оцінку контенту, такі як якість зображення, рівень інтерактивності, інформаційна цінність та користувацький досвід. Цей метод може стати корисним інструментом для розробників та власників веб-сайтів у процесі оптимізації контенту та досягнення бізнес-цілей. В результаті використання методу аналізу ієрархій Сааті була створена схема оцінки ефективності контенту на мультимедійних веб-сайтах.

**Ключові слова:** мультимедійний сайт, метод аналізу ієрархій Сааті, мультимедійний контент, сайт, контент-маркетинг, критерії ефективності.

### **Svichko T. O. Methodology for evaluating the effectiveness of multimedia content when programming a website**

The relevance of the topic in the modern digital environment is due to a number of significant factors. One of them is competition in the online environment. With the increasing number of multimedia sites in the online space, it becomes important to understand how the effectiveness of the content posted on them is evaluated and measured in order to attract and retain the attention of the audience in a highly competitive environment.

Recently, there has been a rapid change in approaches to promoting personal brands and companies. More attention is now being paid to thematic methods such as social media, blogs, and media publications. It is noted that content is becoming a key component of the digital face of any

brand, whether personal or commercial. The purpose of this study is not only to assess the current state of the art in this area, but also to identify the main criteria for the effectiveness of multimedia content. To achieve this goal, we consider such aspects as types of multimedia content, trend analysis, and a list of criteria that affect the effectiveness and quality of content on a website.

The theoretical foundations for the development of a multimedia system, criteria for evaluating the effectiveness of content for a website, and a list of criteria that affect the effectiveness and quality of content on a website are analyzed; the most important (significant) criteria that influence the formation of high-quality website content are investigated and identified.

The article proposes a methodology for creating high-quality content for a multimedia site based on the hierarchy analysis method developed by Thomas Saaty. The developed structural scheme is designed to evaluate the effectiveness of content on multimedia sites using the above method. This approach allows you to set priorities and make decisions in the context of many criteria and is part of the management and business decision-making process.

Visual technologies play a key role in the interpretation of content on various platforms, opening up new opportunities for the presentation and distribution of information products. Visual communications are becoming the most popular way of delivering a message to the audience, which has led to their popularity in the media system. Many works are devoted to the study of visual technologies. The use of the hierarchy analysis method allows us to consider and take into account various aspects that may affect the evaluation of content, such as image quality, level of interaction, information value, and user experience. This method can be a useful tool for website developers and owners in the process of optimizing content and achieving business goals. As a result of using the Saaty hierarchy analysis method, a scheme for evaluating the effectiveness of content on multimedia websites was created.

**Key words:** multimedia website, Saaty hierarchy analysis method, multimedia content, website, content marketing, performance criteria.

**Постановка проблеми.** У сучасному цифровому світі існує величезна кількість мультимедійних сайтів, кожен з яких прагне привернути та утримати увагу аудиторії. Однак, визначення того, що робить контент на цих сайтах ефективним, є складним завданням через широкий спектр факторів, які впливають на залученість користувачів та досягнення бізнес-цілей. Таким чином, головною проблемою, яку розглядає ця стаття, є необхідність розробки комплексного підходу до оцінювання ефективності контенту, який би включав аналіз візуальної привабливості, залученості користувачів, технічної ефективності та оптимізації для пошукових систем. Автори пропонують розглянути різноманітні методи та інструменти аналізу, включаючи кількісні та якісні оцінки, для забезпечення глибшого розуміння того, як контент може бути оптимізований для досягнення бажаних результатів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Аналіз останніх досліджень та публікацій в області оцінювання ефективності контенту мультимедійних сайтів показує, що вони охоплюють широкий спектр питань, від юзабіліті та дизайну веб-сайтів до веб-аналітики та контент-маркетингу. Найвні дослідження з проблеми оцінювання ефективності контенту для мультимедійних сайтів – Jacob Nielsen's Heuristic Evaluation: Nielsen – один із провідних експертів у сфері юзабіліті. Його методи евристичної оцінки надають набір правил для оцінки юзабіліті сайтів. Хоча це не прямо пов'язано з мультимедійним контентом, ці методи часто застосовуються для оцінювання інтерактивних і мультимедійних елементів сайту.

Ключову роль в інтерпретації контенту на різних платформах відіграють візуальні технології, що розкривають нові можливості представлення та дистрибуції інформаційного продукту. Візуальні комунікації стають найбільш затребуваним способом доставки меседжу до аудиторії, що зумовило їхню популярність у системі мас-медіа.

Дослідженню візуальних технологій присвячено чимало праць. Зокрема, книги Неймана Яу "Visualize This", Бена Фрая "Visualizing Data", Девіда МакКендлеса "Information is Beautiful", фундаментальні роботи Едварда Тафті, Альберта Каіро.

Професор психології Richard E. Mayer на факультеті освіти Університету Каліфорнії в Санта-Барбарі у своїй роботі “Multimedia Learning”, провів низку досліджень щодо того, як люди навчаються за допомогою мультимедійного контенту. Його принципи мультимедійного навчання надають основу для створення ефективного освітнього контенту.

Річард Е. Маєр зробив значний внесок у розуміння процесів мультимедійного навчання. Грунтуючись на когнітивній теорії опрацювання інформації, він досліджував, як людський мозок засвоює й опрацьовує інформацію з різних джерел, включно з текстом, зображеннями та звуком. Його роботи виявили, що найкращі результати досягаються, коли словесні та візуальні матеріали поєднуються таким чином, що підсилюють один одного, замість того щоб конкурувати за увагу того, хто навчається, або переважувати когнітивні ресурси [1].

**Мета статті.** Метою даного дослідження є визначення критеріїв та ступеня впливу на формування ефективного контенту мультимедійного сайту. Застосування Аналізу ієрархій Сааті дозволить визначити відносну вагомість кожного фактора та виявити ключові показники успішності, які можуть бути використані для оптимізації стратегій контенту, з метою підвищення конверсії та поліпшення загального користувацького досвіду. У рамках цієї мети планується оцінка поточного становища в даній галузі та ідентифікація основних викликів, що стосуються мультимедійного контенту. Розділи дослідження будуть включати аналіз типів мультимедійного контенту, вивчення тенденцій, оцінку ефективності тематичних стратегій, перелік критеріїв, що впливають на ефективність та якість контенту на сайті. В результаті роботи буде зроблено висновки, які допоможуть розкрити сутність та основні аспекти формування ефективного мультимедійного контенту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Сучасна епоха цифрових технологій привнесла в наше життя безліч можливостей для створення та споживання мультимедійного контенту. Текст, зображення, звуки та відео – це лише невелика частина широкого спектру форматів, що охоплюють наші екрани та динаміки. У цьому розділі ми розпочнемо захоплюючу подорож у світ типів мультимедійного контенту, де кожен формат є унікальним мистецтвом та інструментом впливу наших почуттів та сприйняття. Голсті [2] надає широке визначення контент-аналізу як застосування наукових методів до документальних доказів. Так само Кріппендорф визначає контент-аналіз як «дослідницьку техніку для отримання реплікованих та валідних висновків з даних їх контексту» [3]. Контент-аналіз дозволяє структурувати аналіз даних і може використовуватися як у якісних, так і у кількісних дослідженнях [4]. Зазвичай, базуючись на індивідуальній перспективі, якісний контент-аналіз схожий на текстовий аналіз тим, що він переважно інтерпретативний за своєю природою і часто не використовує статистику для аналізу даних. З іншого боку, кількісний контент-аналіз – це дослідницька техніка, призначена для отримання валідних та надійних висновків з даних їх контексту [3].

Класифікація контенту так само умовна та неоднозначна, як визначення контенту. Нижче наведено основні види контенту.

За поданням інформації. З погляду подачі контент буває:

- Текстовим (статті, новини, пости).
- Графічний (картинки, інфографіка).
- У форматі відео (ролики, сторіз).
- У форматі аудіо (подкасти, аудіоповідомлення).

Матеріал, який можна зарахувати одночасно до 2 з перерахованих видів, вважається мультимедійним контентом. Наприклад, стаття в інтернеті, що містить ілюстрації, буде мультимедійною.

За змістом. У рамках цієї класифікації контент поділяють на:

- Інформаційний (блогові статті, огляди, новини).
- Пізнавальний (сторітлінг, рецензії, особисті добірки)
- Розважальний (кумедні відеоролики).
- Комерційний (рекламні тексти та банери, відеореклама в Інстаграмі).
- Інтерактивний (конкурси, опитування, обговорення).

За звітом Global Digital 2021, 35% опитаних користувачів соцмереж віддають перевагу кумедним відео та сторізам. Деяко більше людей (36,5%) використовують соц-мережі для пошуку корисної інформації [5]. Вивчивши дослідження [6] можна зробити висновки, що такі види контенту як відео контент, графічний і текстовий контент є найбільш використовуваними і популярними в 2023 році.

Розглянемо докладніше характеристик кожного виду контенту та його особливостей у контексті мультимедійних систем.

Ще однією ключовою властивістю сучасних медіа є мультимедійність, тобто можливість комбінувати всередині однієї публікації різні формати (текст, фото, відео, аудіо, графіка та ін.). По суті, мультимедійність дає можливість замінити частину тексту на візуальні елементи, що дозволяє привернути і втримати увагу сьогоdnішнього багатозадачного користувача, максимально полегшити сприйняття матеріалу.

Потрібно підкреслити, що мультимедійність покликана полегшити сприйняття матеріалу: замінити текст на візуальні елементи, розбити його на «популярні» для аудиторії фрагменти, «упакувати» навіть складний або об'ємний матеріал у привабливу форму.

Сучасний американський дослідник Тей Вон (Tay Vaughan) визначає мультимедіа як комбінацію тексту, зображення, звуку, анімації та відео, надану допомогою цифрового пристрою. «Така комбінація здатна доставити вам багаті відчуття. Коли ви поєднуєте разом чуттєві елементи мультимедіа – сліпучі картинки та анімацію, вражаючу музику, відеокліпи, текстову інформацію, – ви буквально електрифікуєте думки людей і діючі центри їхнього мозку». Таким чином, мультимедіа дають можливість побудувати одну захоплюючу увагу і закінчену за змістом історію на одній платформі, створену за допомогою комбінації різних засобів [2]. На таблиці 1 розглянуто основні види контенту для мультимедійних систем, їх характеристики та особливості.

При правильному впровадженні контент-маркетингу у бізнес можна отримати:

- 1) додаткову аудиторію;
- 2) просування бренду;
- 3) довіру користувачів;
- 4) залучення трафіку на сайт;
- 5) збільшення продажів.

Контент-маркетинг працює у тих випадках, коли створюється унікальний та експертний матеріал для ніші бізнесу.

На практиці це виглядає так: користувач шукає інформацію в інтернеті, потрапляє на матеріал блогу, вирішує за його допомогою свої потреби, підписується на розсилку, починає довіряти бренду та стає клієнтом.

На відміну від традиційної реклами, контент-маркетинг пропонує користувачам якісний матеріал і лише знайомить їх з продуктом, а не нав'язує його.

Таблиця 1

## Види контенту для мультимедійних систем

Вид контенту	Характеристики	Особливості
Відео контент	1. Візуальна форма з використанням рухомих зображень та звуку.	1. Емоційна дія: Можливість передачі емоцій через живі зображення та звук.
	2. Може містити короткі ролики, довгі фільми, вебінари та інші формати.	2. Залучення: Користувачі часто віддають перевагу відео для отримання інформації через його динамічність. 3. Широке охоплення: Можуть бути використані у різних контекстах, розважального до освітнього.
Графічний контент	Включає зображення, фотографії, ілюстрації, графіку та інші візуальні елементи.	1. Візуальна привабливість: Привертає увагу аудиторії завдяки яскравим та привабливим зображенням. 2. Легкість сприйняття: Зображення можуть швидко передавати інформацію та бути легшими для сприйняття. 3. Брендуння: Широко використовується для створення впізнаваного бренду через логотипи та графічні елементи.
Текстовий контент	Словесна форма передачі, включаючи статті, блоги, рецензії тощо.	Глибокий контекст: Дозволяє надати детальну та глибоку інформацію на певну тему. Універсальність: Застосуємо у різних контекстах, від освітніх до інформаційних. Пошукова оптимізація (SEO): Текстовий контент часто використовується для покращення SEO та пошукової видимості.

96% маркетологів кажуть, що створення корисного контенту допомогло зовуювати довіру аудиторії [7].

Якісний контент повинен вмщати в себе вимоги пошукових систем, вимоги клієнтів, вимоги оптимізаторів.

Якісний контент – це матеріал, який має низку характеристик: унікальність, корисність, практичність, інформативність, і який змушує користувача залишатися для його вивчення.

На підставі робіт авторів [8–11] було сформовано наступний перелік критеріїв, що впливають на ефективність та якість контенту на сайті:

1. Художні знімки.
2. Професійне оформлення.
3. Партнерські публікації.
4. Статті та огляди, експертні думки.
5. Відеоролики (навчальні, рекламні тощо).

6. Подкасти (звукові епізоди на різні теми).
7. Інфографіка.
8. Фотографії.
9. Текстові новини.
10. Електронні книги.
11. Соціальні медіа-пости.
12. Інтерактивні опитування.
13. Презентації.
14. Аудіокниги.
15. Гумористичний контент.
16. Вебінари.
17. Тести та опитування.
18. Кейс-стаді.
19. Технічні інструкції.
20. Користувальницький контент, що генерується: Відгуки, фотографії користувачів.

21. Інтерв'ю (Розмови з експертами та особистості).

22. Ексклюзивний контент (унікальні пропозиції та матеріали для клієнтів).

У процесі дослідження сутності критеріїв, що впливають на формування контенту для сайту [11], були виявлені властиві їм складності і недоліки, які раціонально, в подальшому, розглядати як аналітико-теоретичні дані ( $D_i$ , при  $i = \overline{1, k}$ ), необхідні для проведення експертного оцінювання складності реалізації критеріїв.

Визначення ступеня впливу критеріїв на ступень формування контенту сайту починається з обробки безлічі критеріїв (критеріїв) впливу  $FV$ , при  $v = \overline{1, 28}$ , за допомогою методу аналізу ієрархій. В результаті обробки визначаються вагові коефіцієнти кожного з критеріїв впливу. Критерії, які мають найменші значення вагових коефіцієнтів, відсікаються з подальшого розгляду як такі, що вносять малий внесок у процес оптимізації швидкістю завантаження сайту. У табл. 2 наведені критерії, що впливають на ступень оптимізації швидкості завантаження сайту, і відповідні їм вагові коефіцієнти, які дають можливість вибрати тільки найбільш значимі з критеріїв.

Таблиця 2

### Критерії впливу на ступень формування контенту сайту

Критерії		Ваговий коефіцієнт $\mu_i^u(F_i)$
Позначення	Найменування	
f1	Статті та огляди, експертні думки	0,21
f2	Відеоролики (навчальні, рекламні тощо)	0,21
f3	Подкасти (звукові епізоди на різні теми)	0,2
f4	Інфографіка	0,19
f5	Фотографії	0,18
f6	Текстові новини	0,17
f7	Соціальні медіа-пости	0,16
f8	Інтерактивні опитування	0,15
f9	Аудіокниги	0,14
f10	Вебінари	0,13

Продовження таблиці 2

f11	Кейс-стаді	0,12
f12	Користувальницький контент, що генерується: Відгуки, фотографії користувачів	0,11
f13	Інтерв'ю (Розмови з експертами та особистості)	0,1
f14	Ексклюзивний контент (унікальні пропозиції та матеріали для клієнтів)	0,1
f15	Художні знімки	0,08
f16	Професійне оформлення	0,07
f17	Партнерські публікації	0,06
f18	Електронні книги	0,05
f19	Презентації	0,04
f20	Гумористичний контент	0,03
f21	Тести та опитування	0,02
f22	Технічні інструкції	0,01

Для визначення значущих чинників, які братимуть участь в процесі ранжирування необхідно виконати наступні кроки:

1) побудувати матрицю парних порівнянь критеріїв  $F = \|f_{ij}\|$  (при  $i, j = \overline{1, n}$ ). В основу процедури порівняння покладено питання: «На скільки один критерій впливу на ступень формування контенту сайту суттєвіший, ніж інший?». Процес побудови відбувається наступним чином: будується матриця, в заголовках рядків ( $i$ ) і стовпців ( $j$ ) розташовані вибрані критерії, по діагоналі проставляється значення «1», так як при порівнянні кожен критерій порівнюється по значимості не тільки з усіма, але і з самим собою. Для визначення числового значення ступеня важливості попарно порівнюваних критеріїв використовується шкала відносності (шкала ступеня значимості дій), запропонована Сааті [12].

Таким чином, наприклад, при порівнянні критерія f18 (електронні книги) з критерієм f13 (інтерв'ю (розмови з експертами та особистості)). Визначається, що критерій f13 в 2 рази більше значущий при формуванні контенту сайту в порівнянні з критерієм f18, значимість якого становить 0,05.

Фрагмент матриці розрахунків наведено нижче:

$$F \|f_{ij}\| = \begin{pmatrix} & f_1 & f_2 & f_3 & \dots & f_{28} \\ f_1 & 1 & 0.25 & 6 & \dots & 0.12 \\ f_2 & 4 & 1 & 3 & \dots & 4 \\ f_3 & 0.16 & 0.33 & 1 & \dots & 0.25 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ f_{28} & 8 & 0.25 & 4 & \dots & 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

2) розрахувати елементи матриці вагових коефіцієнтів:

$$\mu_i^u(F_i) = \frac{f_{ij}}{\sum_{i=1}^n f_{ij}}, \quad (2)$$

де  $\mu_i^u(F_i)$  – значення вагових коефіцієнтів  $i$ -х критеріїв в межах  $u$ -го діапазону, при  $u \in \overline{0,1}$ .

Далі, на основі обчислення за кожним  $F_i$  суми виду  $\sum_{j=1}^n \mu_j^u(F_i)$  визначаються вагові коефіцієнти критеріїв.

Це дає можливість зробити обґрунтований вибір при порівнянні декількох критеріїв впливу на формування контенту сайту між собою.

Так, наприклад, значення вагового коефіцієнта критерію  $f_1$  становить:  $\mu_1^u(F_i) = 0,05$ .

Розраховані для кожного критерія вагові коефіцієнти наведені вище (табл. 1).

Варто зазначити, що розрахункова сума всіх вагових коефіцієнтів повинна дорівнювати «1»:

$$\sum_{i=1}^n \mu_i^u(F_i) = 1, \quad (3)$$

3) виявити найбільш важливі (значущі) критерії, що впливають на формування якісного контенту сайту. Доречність включення критеріїв в процес вибору пропонується визначити, виходячи зі сформованого авторами [8–11] висновку про те, що 90% від загальної сукупності критеріїв є абсолютно достатнім для подальшого розгляду, аналізу та формування відповідних висновків.

В даному дослідженні це дає можливість для формування наступних співвідношень:

а) критерії  $f_{15}, f_{16}, f_{17}, f_{18}, f_{19}, f_{20}, f_{21}, f_{22}$  в сумі за значимістю набрали менше 10%. Отже, їх можна виключити з процесу розгляду;

б) критерії  $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_8, f_9, f_{10}, f_{11}, f_{12}, f_{13}, f_{14}$  в сумі набрали більше 90%. Їх доцільно застосовувати для формування якісного контенту сайту.

В результаті аналізу було виведено найбільш значущі критерії, саме їх доцільно застосовувати для формування якісного наповнення сайту (рис. 2).

1.	СТАТТІ ТА ОГЛЯДИ, ЕКСПЕРТНІ ДУМКИ	8.	ІНТЕРАКТИВНІ ОПИТУВАННЯ
2.	ВІДЕОРОЛИКИ (НАВЧАЛЬНІ, РЕКЛАМНІ ТОЩО)	9.	АУДІОКНИГИ
3.	ПОДКАСТИ (ЗВУКОВІ ЕПІЗОДИ НА РІЗНІ ТЕМИ)	10.	ВЕБІНАРИ
4.	ІНФОГРАФІКА	11.	КЕЙС-СТАДІ
5.	ФОТОГРАФІЇ	12.	КОРИСТУВАЛЬНИЦЬКИЙ КОНТЕНТ, ЩО ГЕНЕРУЄТЬСЯ: ВІДУККИ, ФОТОГРАФІЇ КОРИСТУВАЧІВ
6.	ТЕКСТОВІ НОВИНИ	13.	ІНТЕРВ'Ю (РОЗМОВИ З ЕКСПЕРТАМИ ТА ОСОБИСТОСТІ)
7.	СОЦІАЛЬНІ МЕДІА-ПОСТИ	14.	ЕКСКЛЮЗИВНИЙ КОНТЕНТ (УНІКАЛЬНІ ПРОПОЗИЦІЇ ТА МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПЕРЕДПЛАТНИКІВ АБО ПЕРЕДПЛАТНИКІВ)

Рис. 2. Знайдені найбільш значущі критерії

На основі цих критеріїв було запропоновано схему для того щоб оцінити ефективність різних типів контенту на веб-сайті, у тому числі відео контент, фото контент та анімації, за допомогою методу аналізу ієрархій Саати.



### Схема оцінки ефективності контенту на мультимедійних сайтах за допомогою методу аналізу ієрархій Сааті

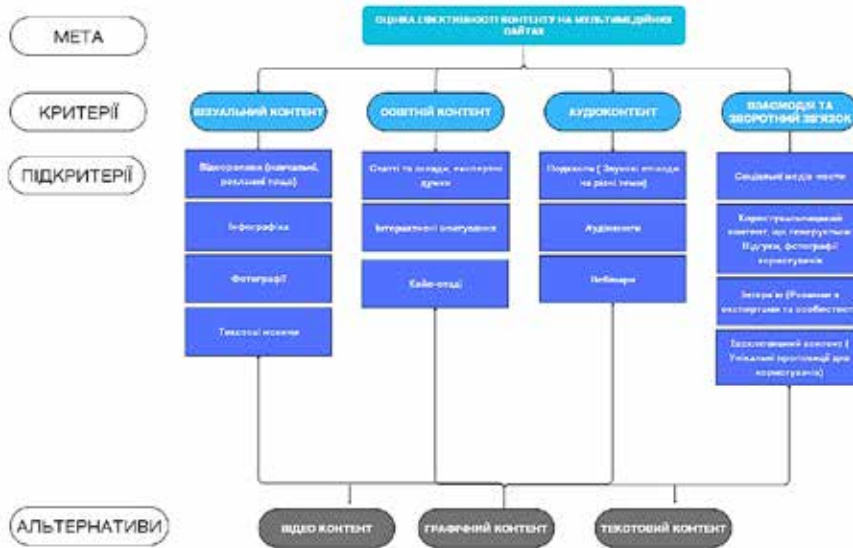


Рис. 1. Отримана схема оцінки ефективності контенту на мультимедійних сайтах за допомогою методу аналізу ієрархій Сааті. Автор: Свічко Т. О.

На даній схемі зображено структуру з метою оцінки ефективності контенту на мультимедійних сайтах з використанням методу аналізу ієрархій, розробленого Томасом Сааті. Цей метод дозволяє розставити пріоритети та приймати рішення в умовах множинних критеріїв і є частиною процесу прийняття рішень в управлінні та бізнесі.

**Висновки.** Для збільшення відвідуваності та привертання уваги користувачів на мультимедійних сайтах важливо проводити аналіз та оцінку ефективності різних типів контенту, включаючи відео, фотографії та анімацію. Використання методу аналізу ієрархій Сааті як систематизованого підходу до вибору найбільш важливих критеріїв для оцінки контенту може сприяти розв'язанню складних завдань, які включають багато змінних. Однією з ключових переваг методу аналізу ієрархій є можливість структурувати критерії оцінювання. Застосування методу аналізу ієрархій дозволяє розглядати та враховувати різноманітні критерії, що можуть впливати на оцінку контенту, такі як якість зображення, інтерактивність, інформаційна цінність та користувацький досвід. Метод аналізу ієрархій також може бути корисним інструментом для розробників та власників веб-сайтів для оптимізації контенту та досягання бізнес-цілей. У результаті використання методу аналізу ієрархій Сааті була розроблена схема оцінки ефективності контенту на мультимедійних сайтах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Richard E. Mayer. /Multimedia learning / Third edition. Cambridge, United Kingdom ; New York, NY : Cambridge University Press, 2020.
2. Holsti, O.R., Content Analysis for the Social Sciences and Humanities, Reading, MA: Addison-Wesley Publishing; 1969.

3. Krippendorff, K., Content analysis: An Introduction to its Methodology, London : Sage Publications; 1980.
4. Neuendorf, K.A., The Content Analysis Guidebook, London: Sage Publications, 2002.
5. Digital 2021: global overview report. URL: <https://datareportal.com/reports/digital-2021-global-overview-report>.
6. Сайт Marketsplash. URL: <https://marketsplash.com/ru/statistika-kontient-markietingha/>.
7. Guide to Usability: Human Factors in Computing. United Kingdom : Pastprint, 1993. P. 132.
8. Холлебек Л.Д., Маки К. Роль цифрового контент-маркетингу у підвищенні залученості споживачів, довіри та цінності: структура, фундаментальні положення та наслідки. *Журнал інтерактивного маркетингу*. 2019. Лютий; 45: 27–41.
9. Ван В.Л., Мальтхаус Е.К., Колдер Б., Узуноглу Е. Контент-маркетинг B2B для професійних послуг: особисті та цифрові контакти. *Управління промисловим маркетингом*. 2019. Серпень; 81: 160–168.
10. Холіман Дж., Роулі Дж. Маркетинг цифрового контенту «Бізнес для бізнесу: погляди маркетологів на передову практику». *Журнал досліджень в галузі інтерактивного маркетингу*, 2014 р.; 8 (4): 269–293.
11. Харріган П., Еверс У., Майлз М., Дейлі Т. Залучення клієнтів і взаємозв'язок між залученням, залученням, зв'язком з власним брендом і наміром використання бренду. *Журнал бізнес-досліджень* 2018. С. 388–396.
12. SAATY, T. L., "An Exposition of the AHP in Reply to the Paper: Remarks on the Analytic Hierarchy Process," *Management Sci.*, 36, 3 (1990), 259–268.

#### REFERENCES:

1. Richard E. Mayer / Multimedia learning / Third edition. Cambridge, United Kingdom; New York, NY: Cambridge University Press, 2020.
2. Holsti, O.R., Content Analysis for the Social Sciences and Humanities, Reading, MA: Addison-Wesley Publishing; 1969.
3. Krippendorff, K., Content analysis: An Introduction to its Methodology, London : Sage Publications; 1980.
4. Neuendorf, K.A., The Content Analysis Guidebook, London: Sage Publications; 2002.
5. Digital 2021: global overview report [Digital 2021: global overview report]. (n.d.). datareportal.com. Retrieved from <https://datareportal.com/reports/digital-2021-global-overview-report> [in English].
6. Statistical Data About Content Marketing. Statistical Data About Content Marketing, report]. (n.d.) marketsplash.com. Retrieved from: <https://marketsplash.com/ru/statistika-kontient-markietingha> [in Russian].
7. Guide to Usability: Human Factors in Computing. United Kingdom : Pastprint, 1993. P. 132.
8. Hollebeck LD, Maki K. The role of digital content marketing in increasing consumer engagement, trust and value: structure, fundamentals and implications. *Journal of Interactive Marketing* 2019. February; 45: 27–41.
9. Wang WL, Malthaus EK, Calder B, Uzunoglu E. B2B content marketing for professional services: personal and digital contacts. *Industrial Marketing Management* 2019. August; 81: 160–168.
10. Holliman J., Rowley J. Business-to-business digital content marketing: marketers' views on best practices. *Journal of Research in Interactive Marketing*, 2014; 8 (4): 269–293.
11. Harrigan, P., Evers, W., Miles, M., Daley, T. Customer engagement and the relationship between engagement, involvement, brand connection, and brand intention. *Journal of Business Research* 2018. С. 388–396.
12. Saaty, T. L., "An Exposition of the AHP in Reply to the Paper: Remarks on the Analytic Hierarchy Process," *Management Sci.* 36, 3 (1990), 259–268.

УДК 519.172

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.10>

## МОДИФІКАЦІЯ МЕТОДУ НИТЕЙ С ВИКОРИСТАННЯМ ГАМА АЛГОРИТМУ ДЛЯ ПОБУДОВИ ТОПОЛОГІЧНОГО МАЛЮНКУ ГРАФУ

**Сгадов С. О.** – старший викладач кафедри комп'ютерних систем та мереж Національного університету «Запорізька політехніка»  
ORCID ID: 0000-0002-7994-6530

В цій роботі розглядається модифікований алгоритм методу ниток, призначений перевірки графа на планарність з одночасним побудовою топологічного малюнка плоского графа як системи ізометричних циклів і списків обертання вершин графа. Отримання обертання вершин графа одразу вирішує дві найважливіші задачі: завдання перевірки графа на планарність та завдання побудови топологічного малюнка плоского графа. Отримана в результаті роботи алгоритму система ізометричних циклів графа індукуює обертання вершин опису топологічного малюнка плоского графа з метою подальшої візуалізації. Топологічний малюнок плоскої частини графа дозволяє описувати процес планаризації методами алгебри, не виробляючи ніяких геометричних побудов на площині. Представлений алгоритм заснований на розбудові опорного циклу та побудові списку зворотних маршрутів. Основою розрахунку є побудова матриці фундаментальних циклів на підставі побудови остовного дерева графа методом пошуку в глибину. З матриці фундаментальних циклів проводиться виділення ланцюгів, які утворюють маршрути. Для отримання системи ізометричних циклів використовують вбудовування маршрутів за допомогою модифікованого гамма алгоритму. Адаптована версія гамма алгоритму у додатку методу ниток дозволяє вбудовувати в цикли графа утворюють маршрути ланцюга та спрощує завдання пошуку відповідних для цього циклів. Адаптація гамма алгоритму включає додатковий прогностичний індекс визначення можливості вбудовування в даний цикл наступних шляхів. Планаризація графів є найважливішим підзавданням під час вирішення безлічі актуальних прикладних завдань, як-то проектування складних виробів і систем, плоских конструктивів, аналіз соціальних мереж та інших.

**Ключові слова:** граф, перевірка планарності, візуалізація графів, топологічний малюнок графа, діаграма обертання вершин, ізометричні цикли, метод нитей, обертання вершин графа, алгоритм.

### **Sgadov S. A. Modification of the thread method with using the gamma algorithm for graph topological drawing building**

In this paper, one consider a modified algorithm of the thread method, which is designed to check a graph for planarity with the simultaneous building a topological drawing of a planar graph in the form of a system of isometric cycles and lists of rotation of graph vertices. Obtaining the rotation of the graph vertices immediately solves two important problems: the problem of checking the graph for planarity and the problem of building a topological drawing of a planar graph. The system of graph isometric cycles obtained as a result of the algorithm induces the rotation of vertices to describe the topological pattern of a planar graph for the purposes of subsequent visualization. The topological drawing of the flat part of the graph makes it possible to describe the process of planarization by algebraic methods without making any geometric constructions on the plane. The presented algorithm is based on the rearrangement of the reference cycle and the construction of a list of reverse routes. The basis of the calculation is the construction of a matrix of fundamental cycles based on the construction of the spanning tree of the graph by the depth-first search method. Based on the matrix of fundamental cycles, the chains that form the routes are selected. To obtain a system of isometric cycles, routes are embedded using a modified gamma algorithm. An adapted version of the gamma algorithm in the application of the thread method makes it possible to embed path-forming chains into graph cycles and simplifies the task of finding suitable cycles for this. Adaptation of the gamma algorithm includes an additional predictive index to determine the possibility of embedding subsequent paths in a given cycle. Graph planarization is the most important subtask in solving many relevant applied problems, such as designing complex products and systems, flat constructs, analyzing social networks, etc.

**Key words:** graph, planarity check, graph visualization, graph topological drawing, vertex rotation diagram, isometric cycles, thread method, graph vertex rotation, algorithm.

**Вступ.** Побудова плоских графів і візуалізація їх зображень [1–7] – важлива подзадача, що виникає при розв’язку прикладних задач у багатьох областях. Прикладами можуть служити різні задачі планаризації в сучасному виробництві [3; 4] і побудова автоматизованих систем для технічні обладнань, у яких непересічні зв’язки між елементами обладнання й самі елементи розташовані на паралельних площинах. До них ставляться друковані плати, інтегральні схеми, ВІС і СВІС. В [8] представлений метод контролю планарності графів шляхом одночасної побудови математичних структур, що описують топологічні паттерни графів для цілей візуалізації. Метод заснований на побудові ізометричних циклів, обертанні вершин графа і визначенні операції перетинання ребер як перетинань проєкцій на координатнобазисну систему, у якості якої виступає опорний цикл DFS-дерева графа [8]. Варто відзначити, що в цей час існують ефективні алгоритми для визначення того, чи є граф планарним чи ні, і їхня складність характеризується лінійною залежністю від кількості вершин у графі. Однак метод в [8] має високу обчислювальну складність  $O(m^2)$ , де  $m$  – кількість вершин у графі) на відміну від алгоритмів з лінійною складністю. Цей метод не тільки визначає, чи є граф планарним чи ні, але й дає топологічну діаграму, яка може бути використана для візуалізації графа, однак висока обчислювальна складність вважається істотним недоліком. У роботі був досліджений модифікований метод ниток для визначення планарності й побудови списку обертання вершин з обчислювальною складністю, порівнянної з алгоритмом Хопкрофта-Тарьяна [7]. Він заснований на способі переформування DFS-дерева й зворотніх шляхів, а також на рекурсивному способі побудови обручів. У даній роботі запропонована модифікація методу ниток за допомогою адаптованого для цілей вбудовування ланцюгів гама-алгоритму [9].

**Гамма-алгоритм.** Дамо короткий опис цього відомого алгоритму для планаризації графа [9]. На вхід подаються граф, що володіє наступними властивостями:

граф зв’язний;

граф має хоча б один цикл;

граф не має містків, тобто ребер після видалення яких, граф розпадається на дві компоненти звязности. Далі виконуються кроки:

1. Ініціалізація. Вибирається простий цикл у вихідному графі й зображується на площині.

2. Загальний крок. Цей крок повторюється доти, поки граф не буде укладений або поки не буде отримано, що граф не планарен:

будується множина сегментів;

для кожного сегмента обчислюється величина  $r(s)$ , рівна кількості граней (циклів), у яких лежать усі вершини сегмента  $s$ . Якщо існує  $i$ :  $r(s) = 0$ , то граф не планарен, алгоритм завершує роботу;

обирається сегмент із мінімальним числом  $r(s) > 0$ ;

у цьому сегменті вибирається ланцюг між двома контактними вершинами;

цей ланцюг укладається в будь-яку грань, що вміщає даний сегмент.

Або отримане плоске укладання графа, або граф виявився не планарен.

Недоліком гама-алгоритму в такому виді служить, мабуть, той факт, що у відмінності від методу ниток, сегментом може бути не тільки ланцюг, але й значно більший компонент звязности, який також окремо впливає планаризувати. Крім того, залишається проблема вибору циклу на кроці (1).

**Постановка задачі.** Нехай заданий довільний граф  $G$ . Послідовно переглядаючи всі вершини графа, вилучимо петлі, «висячі» вершини й кратні ребра (якщо такі будуть знайдені). Потім вилучимо мости й крапки зчленування, тим самим

одержавши трохи компонент связности, які можна розглядати окремо. Два ребра, з'єднаних однієї вершиною, що має локальний ступінь рівну двом, можна замінити одним ребром. Це перетворення потрібно запам'ятати для наступного відновлення первісного виду графа  $G$ . Із цією метою дамо поняття несепабельного графа.

*Визначення 1.* Несепабельним графом  $G$  будемо називати зв'язний неорієнтований граф без петель і кратних ребер, без мостів і крапок зчленування, без вершин з локальним ступенем меншої або рівної двом.

Надалі будемо розглядати несепабельні неорієнтовані графи. До таких несепабельним графам для визначення планарності можна застосувати критерій планарності Маклейна і використовувати операцію кільцевого підсумовування суграфов у підпросторі циклів.

*Визначення 2.* Ізометричним циклом у графі називається простий цикл, для якого найкоротший шлях між будь-якими двома його вершинами складається з ребер цього циклу.

*Визначення 3.* Топологічним малюнком планарного графа будемо називати однаково спрямоване обертання всіх його вершин, індуцируюче множина ізометричних циклів графа, яке задовольняє критерію планарності Маклейна.

Таким чином, задача полягає в тому щоб одержати алгоритм, який перевірить заданий несепабельний граф  $G$  і побудує його топологічний малюнок, спочатку у вигляді системи ізометричних циклів, а потім по них можна буде одержати список обертань вершин.

**Опис алгоритму.** За основу поберемо алгоритм методу ниток даного в [14] і модифікуємо його таким чином, як показано нижче.

1. Побудова DFS-дерева графа й формування матриці фундаментальних циклів (МФЦ).

2. Вибираємо із МФЦ цикл максимальної довжини – опорного циклу й провоздим його подовження.

3. Побудова зворотних маршрутів. Випишуємо із МФЦ ребра циклів, які не входять в опорний цикл і відповідні хорди. Залишаємо самі довгі без змін, обробляємо список так, щоб не було загальних ребер.

4. Вбудовування зворотних маршрутів. Користуючись підходом гама-алгоритму послідовно шукаємо підходящі маршрути, одночасно визначаємо цикли, на яких лежать кінці маршрутів і вбудовуємо їх у ці цикли.

5. Якщо вбудовування зворотних маршрутів відбулося успішно – робиться висновок, що граф планарен і тоді будеться список обертань по отриманій системі ізометричних циклів.

Розглянемо ці кроки алгоритму більш докладно.

**Формування матриці фундаментальних циклів.** При побудові остовного дерева графа методом пошуку в глибину можна одержати множину циклів і множина відповідних хорд, які сформують матрицю фундаментальних циклів. Матриця фундаментальних циклів складається із двох подматриць: одиничної подматриць  $\delta$  і подматриць  $\pi$ , що полягає тільки з гілок дерева. Таким чином, рядок подматриць  $\pi$  разом з відповідною хордою буде утворювати цикл графа. Представимо рядки подматриць  $\pi$  у вигляді списку ребер у тому порядку, у якому вони входять у відповідний цикл остовного дерева. Вибираємо з фундаментальної матриць циклів самий довгий цикл, утворений гілками дерева  $\delta$  однієї хордою – назвемо його опорним циклом. Розбиваємо подматриць на дві частини: частина  $\pi'$ , яка складається з гілок дерева приналежних опорному циклу, і частина  $\pi''$ , яка складається з гілок дерева не приналежних опорному циклу.

**Формування матриці фундаментальних циклів.** При побудова остовного дерева графа методом пошуку в глибину можна одержати множину циклів і множина відповідних хорд, які сформують матрицю фундаментальних циклів. Матриця фундаментальних циклів складається із двох подматриць: одиничної подматриці й подматриці  $\pi$ , що полягає тільки з гілок дерева. Таким чином, рядок подматриці  $\pi$  разом з відповідною хордою буде утворювати цикл графа. Представимо рядки подматриці  $\pi$  у вигляді списку ребер у тому порядку, у якому вони входять у відповідний цикл остовного дерева. Вибераємо з фундаментальної матриці циклів самий довгий цикл, утворений гілками дерева й однієї хордою – назвемо його опорним циклом. Розбиваємо подматрицю на дві частини: частина, яка складається з гілок дерева приналежних опорному циклу, і частина  $\pi''$ , яка складається з гілок дерева не приналежних опорному циклу.

**Подовження опорного циклу.** Зробимо дії, які спрямовані на те, щоб опорний цикл був максимальної довжини. Для цього використовуємо жадібний алгоритм, який на кожному кроці буде шукати такий рядок  $i$  у матриці  $\pi$ , щоб різниця  $\Delta_i$  між кількістю ребер, які не входять в опорний цикл була строго більше, ніж кількість ребер, які належать опорному циклу. Далі змінимо матрицю фундаментальних циклів у такий спосіб: замінимо відповідну до рядка  $i$  хорду на останній елемент із  $i$ -й рядка подматриці  $\pi'$ . Потім знайдемо такі цикли, що мають загальні ребра й замінимо їх циклічною сумою с  $i$ -м циклом. Таким чином, відбудеться подовження, у тому числі й опорного циклу, за рахунок ребер  $i$ -го. Наприкінці зробимо проектування подматриці  $\pi$  на частині  $\pi'$  і  $\pi''$  у зв'язку зміною опорного циклу.

Коли не можна буде знайти  $\Delta_i > 0$  – процедура подовження вважається закінченою.

**Побудова зворотних маршрутів.** Назвемо *зворотним шляхом* орієнтований маршрут, що полягає з послідовно розташованих гілок дерева й однієї, і тільки однієї, хорди [8]. Причому, кінцеві вершини такого дороги назад не завжди належать опорному циклу. Таким чином, побудуємо список  $S$ , який складається з елементів рядків подматриці  $\pi''$  і соответующих рядкам хорд. Ранжируем список  $S$ , по убаванню довжини маршруту. Тепер треба добитися, щоб у списку не було маршрутів, що проходять по тим самим ребрах. Для цього будемо по черзі забирати з  $S$  маршрути, поміщати в список доріг назад  $W$  і переглядати  $S$  у пошуках маршрутів із загальними ребрами, а саме:

1. Нехай  $W = \emptyset$ .
2. Для кожного  $i$ : поберемо  $S_i$ .
3. Помістимо  $S_i$  у кінець списку  $W$ .
4. Переглянемо список  $S$ , знайдемо в ньому маршрути, що мають загальні ребра  $S_i$ , вилучимо з них загальні ребра й помістимо в  $W$ .
5. Знайдені на кроці 4 маршрути й  $S_i$  вилучимо зі списку  $S$ .

Таким чином, буде сформований список зворотних шляхів  $W$ , які ми зможемо використовувати на наступному етапі. При цьому слід звернути увагу на те, що порядок виписування маршрутів впливає на кількість переглядів списку  $W$  надалі. Тому бажане його попередньо отранжировать по зменшенню довжин шляхів.

**Вбудовування зворотних маршрутів.** У роботі [14] було введена операція включення ребра (маршруту) у цикл у такий спосіб. Наприклад, якщо в довільний цикл

$$c_i = \langle x_{18}, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{17}, x_1, x_{18} \rangle.$$

потрібно включити ребро  $\{x_{10}, x_{17}\}$ , те для виконання цієї операції необхідно щоб кінцеві вершини знову введеного ребра (або сукупності ребер) приналежали

циклу. Тоді вміст циклу розбивається на частині, де кінцеві вершини ребра беруть участь у формуванні маршрутів. Потім з дотриманням послідовності до виділених частин приєднуються дуги. Таким чином, утворюються два нові обручі:

$$\langle X_{18}, X_9, X_{10}, X_{17}, X_1, X_{18} \rangle;$$

$$\langle X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{17}, X_{10} \rangle.$$

Використовуючи поняття операції включення маршруту в цикл, побудуємо алгоритм вбудовування зворотних шляхів зі списку  $\mathbf{W}$  у цикли графа, модифікуючи аналогічний [3; 8]:

1. Нехай список  $\mathbf{C}$  – список изметрических циклів.

Тому що опорний цикл розбиває поверхню  $R^2$  на внутрішню й зовнішню області, то для ініціалізації додамо в список  $\mathbf{C}$  опорний цикл як у прямому так і зворотному напрямку.

2. Переглянемо список  $\mathbf{W}$  і для кожного  $i$  обчислимо  $r(w_i)$  на множині  $\mathbf{C}$  і знайдемо  $i_{\min}$  таке, що відповідає  $\min \Gamma(W_i)$ .

3. Якщо  $\min \Gamma(W_i) = 1$ , то знайдений шлях  $W_{i_{\min}}$  існує елемент списку циклів, такий що включає початкову й кінцеву вершини маршруту  $W_{i_{\min}}$ . Тоді  $c_j$  робимо включення шляха  $W_{i_{\min}}$  у цикл  $c_j$ , що породжує цикли  $c_j'$  і  $c_j''$ . Заміняємо цикл  $c_j$  двома цими новими циклами  $c_j'$  і  $c_j''$ .

4. Якщо  $\min \Gamma(W_i) \geq 2$ , те це означає, що маршрут претендує більш ніж на одну грань і існує множина циклів  $\Theta \in \mathbf{C}$  таке, що може бути вбудований у будь-який цикл із цієї множини. Тоді введемо додатковий критерій

$$\theta_{ij} = \theta$$

для маршруту  $w_i$  – кількість елементів списку  $\mathbf{W}$ , кінці яких лежать і на  $w_i$  і на даному циклі

$$\theta_j \in \Theta.$$

Якщо  $\theta_{ij} = 0$ , те зрозуміло, що більше маршрутів у  $j$ - і цикл вписати неможливо. Тому обчислимо  $\theta_{ij}$  для всіх елементів  $\theta_j \in \Theta$  і знайдемо  $j$  таке, щоб  $\theta_{ij}$  було максимальне. Тоді скориставшись цим критерієм для  $W_{i_{\min}}$  знайдемо той цикл у який можна вмонтувати маршрут, не побоюючись за те, що на наступних ітераціях алгоритму виникне ситуація, коли не буде можливості вмонтувати маршрути, які лежать на даному  $W_{i_{\min}}$ .

5. Послідовно вбудовуємо шляхи зі списку  $\mathbf{W}$  до повного вичерпання. Якщо виявиться, що ніяк не можна добитися вичерпання списку  $\mathbf{W}$ , тобто якщо на якомсь кроці зустрівся сегмент  $S$ , для якого немає грані, що вміщає, то граф непланарний.

Якщо граф  $G$  – планарний, то алгоритм буде його плоске укладання у вигляді системи ізометричних циклів  $\mathbf{C}$ .

6. По системі ізометричних циклів  $\mathbf{C}$  побудуємо списки обертань для даного графа.

**Особливі випадки.** При подовженні опорного циклу можливі випадки, коли не можливо уникнути появу замкнених маршрутів, у тому числі, що й не мають загальних вершин з опорним циклом. Їхня присутність можна виявити виходячи з аналізу рядків подматриці  $\pi'$  – а саме присутвие там порожніх рядків. Це означає, що необхідно зробити застосування даного методу вроздріб – а саме – вилученням таких рядків з матриці фундаментальних циклів ми утворюємо граф, який можна досліджувати методом ниток. Вилучені рядки дозволять побудувати трохи

компонент связности, на яких можна рекурсивно використовувати даний алгоритм. Якщо даний алгоритм вдало укладає на площині ці компоненти связности окремо, то отже, вихідний граф планарен.

**Висновки.** У роботі представлений алгоритм, отриманий модифікацією методу ниток [8], який використовує вдосконалений спосіб вбудовування маршрутів із застосуванням додаткових критеріїв, що дозволяють уникати невірною вибору циклів на кінцевому етапі алгоритму. Отримана також підхід до модифікації гамма-алгоритму для вбудовування ланцюгів. Так пропонується оцінювати використовуючи не тільки гама критерій для шляхів, але тета-критерій для дозволу ситуацій, коли маршрут претендує на кілька циклів. Отримана система ізометричних циклів графа индуцирует обертання вершин для опису топологічного малюнка плоского графа. Топологічний малюнок плоскої частини графа дозволяє описувати процес планаризації алгебраїчними методами, не роблячи ніяких геометричних побудов на площині. Одержання обертання вершин графа відразу вирішує дві найважливіші задачі теорії графів: задачу перевірки графа на планарність і задачу побудови топологічного малюнка плоского графа.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Goyal P., Ferrara E. Graph embedding techniques, applications, and performance: A survey. *Knowledge-Based Systems*. 2018. Vol. 151. P. 78–94.
2. Tamassia R. Handbook of Graph Drawing and Visualization. *C&H/CRC*. 2013. P. 844.
3. Kurapov S. V., Davidovsky M. V., Tolok A. V. Generating a topological drawing of the flat part of a non-planar graph. *Scientific Visualization*. 2020. Vol. 12, No. 1, P. 90–102. DOI: 10.26583/sv.12.1.08
4. Kavitha T., Liebchen C., Mehlhorn K., Michail D., et al. Cycle bases in graphs – characterization, algorithms, complexity, and applications. *Comput. Sci. Rev.* 2009. No. 3. P. 199–243.
5. Ringel G. Map Color Theorem. Repr. of the orig. 1st ed. (1974). *Springer*. 2011. P. 212.
6. Patrignani M. Planarity testing and embedding. Chapter 1. Handbook of Graph Drawing and Visualization. *Roberto Tamassia, Editor: CRC Press*. 2013. June 24, P. 1–42.
7. Hopcroft J., Tarjan R. E. Efficient planarity testing. *Journal of the Association for Computing Machinery*. 1974. T. 21, No. 4, P. 549–568.
8. Kurapov S. V., Davidovsky M. V., Tolok A. V. A modified algorithm for planarity testing and constructing the topological drawing of a graph. The thread method. *Scientific Visualization*. 2018. T. 10, No. 4, P. 53–74.
9. Hrebenuk B. Modification of the analytical gamma-algorithm for the flat layout of the graph. *Computer Science & Software Engineering*. 2018. Vol. 2292, P. 46–54.

### REFERENCES:

1. Goyal P., & Ferrara E. (2018) Graph embedding techniques, applications, and performance: A survey. *Knowledge-Based Systems*, (Vols. 151), (pp. 78–94).
2. Tamassia R. (2013) Handbook of Graph Drawing and Visualization. *C&H/CRC*, (P. 844).
3. Kurapov S. V., & Davidovsky M. V., & Tolok A. V. (2020) Generating a topological drawing of the flat part of a non-planar graph. *Scientific Visualization*, (Vols. 12), (no. 1), (pp. 90–102). DOI: 10.26583/sv.12.1.08
4. Kavitha T., & Liebchen C., & Mehlhorn K., & Michail D., et al. (2009) Cycle bases in graphs – characterization, algorithms, complexity, and applications. *Comput. Sci. Rev.*, 3, 199–243.



5. Ringel G. (2011) Map Color Theorem. *Repr. of the orig.* 1st ed. (1974), Springer, P. 212.
  6. Patrignani M. (2013) Planarity testing and embedding. Chapter 1. Handbook of Graph Drawing and Visualization. Roberto Tamassia, Editor. CRC Press, June 24, (pp. 1–42).
  7. Hopcroft J. Tarjan R. E. (1974) Efficient planarity testing. *Journal of the Association for Computing Machinery*. (Vols. 21), (no. 4), (pp. 549–568).
  8. Kurapov S. V., Davidovsky M. V., & Tolok A. V. (2018). A modified algorithm for planarity testing and constructing the topological drawing of a graph. The thread method. *Scientific Visualization*, (no. 10(4)), (pp. 53-74).
  9. Hrebeniuk B. (2018) Modification of the analytical gamma-algorithm for the flat layout of the graph. *Computer Science & Software Engineering*, (Vols. 2292), (pp. 46–54).
-

УДК 004.67

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.11>

## РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРСОНАЛІЗОВАНИМ ГЛОСАРІЄМ ТЕРМІНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ OXFORD DICTIONARIES API

**Слабінога М. О.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж  
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу  
ORCID ID: 0000-0002-7296-0356  
Scopus-Author ID: 57283728000

**Пашковський Б. В.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри комп'ютерних систем і мереж  
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу  
ORCID ID: 0000-0003-1082-6837  
Scopus-Author ID: 57196299288

**Федорів Т. В.** – студентка кафедри комп'ютерних систем і мереж  
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу  
ORCID ID: 0009-0003-2276-4677

Стаття розглядає актуальність проблеми управління термінологією в умовах стрімкого розвитку інформаційних технологій та зростання обсягів наукової та технічної інформації. Зростання кількості дисциплін та галузей знань підкреслює необхідність систематизації та ефективного управління термінами для покращення якості та швидкості комунікації. Оглядаються різноманітні приклади використання глосаріїв у різних сферах, зокрема в сертифікаційних системах, документації програмних продуктів та навчальних платформах. З урахуванням постановки завдання розроблено систему керування персоналізованим глосарієм на базі Oxford Dictionaries API, що надає доступ до широкого набору лексичних даних англійської мови. Стаття розглядає детальні аспекти розробки системи керування глосарієм на базі Oxford Dictionaries API.

Представлено функціонал системи для користувачів і адміністраторів, включаючи можливості пошуку, додавання та видалення термінів, експорт обраних термінів, а також управління користувачами та історією пошуків. Показано послідовність подій при взаємодії користувача з системою за допомогою діаграми послідовності. Детально описано структуру бази даних, використаної для зберігання інформації про користувачів, шукані слова та обрані терміни. Зазначено використання фреймворку Laravel на мові програмування PHP для реалізації системи та відображено структуру веб-сайту з точки зору користувача. Додатково висвітлено аналітичні інструменти системи, такі як статистика найпопулярніших термінів та кругова діаграма пошуків за частинами мови.

У висновках підкреслено потенційні можливості та переваги використання розробленої системи для формування персоналізованих глосаріїв у навчальному, науковому та практичному використанні, а розглянуто масштабування та розгортання системи на веб-сервері для подальшого використання в різних організаційних середовищах.

**Ключові слова:** система керування, глосарій, API, фреймворк, веб-додаток, розробка програмного забезпечення, клієнт-серверні системи.

**Slabinoha M. O., Pashkovskiy B. V., Fedoriv T. V. Development of a personalized glossary management system using Oxford Dictionaries API**

The article considers the relevance of the problem of terminology management in the conditions of the rapid development of information technologies and the growth of volumes of scientific and technical information. The growing number of disciplines and fields of knowledge emphasizes the need to systematize and effectively manage terms to improve the quality and speed

*of communication. Various examples of the use of glossaries in various areas are reviewed, including in certification systems, software product documentation, and educational platforms. Taking into account the task, a personalized glossary management system was developed based on the Oxford Dictionaries API, which provides access to a wide range of lexical data of the English language. The article considers detailed aspects of the development of a glossary management system based on the Oxford Dictionaries API.*

*System functionality for users and administrators is presented, including the ability to search, add and delete terms, export selected terms, and manage users and search history. The sequence of events during user interaction with the system is shown using a sequence diagram. The structure of the database used to store information about users, searched words and selected terms is described in detail. The use of the Laravel framework in the PHP programming language to implement the system is indicated and the structure of the website from the user's point of view is displayed. The analytical tools of the system, such as statistics of the most popular terms and a pie chart of searches by parts of speech, are additionally highlighted.*

*The conclusions highlight the potential opportunities and advantages of using the developed system for the formation of personalized glossaries in educational, scientific and practical use, and consider the scaling and deployment of the system on a web server for further use in various organizational environments.*

**Key words:** management system, glossary, API, framework, web application, software development, client-server systems.

**Актуальність задачі.** Сучасний розвиток інформаційних технологій та стрімке зростання обсягів наукової та технічної інформації ставлять перед фахівцями вимогу до точності, узгодженості та чіткості у використанні термінології в різних галузях. Із збільшенням кількості дисциплін та галузей знань виникає необхідність в систематизації та ефективному управлінні термінами, що визначає якість та швидкість комунікації.

З урахуванням того, що термінологія в різних галузях підлягає постійним змінам та розширенням, надзвичайно важливо мати інструмент, який дозволяє автоматизувати процес оновлення та адаптації термінів до сучасних вимог.

**Огляд прикладів існуючих рішень та постановка задачі.** Враховуючи різноплановість та широкий спектр застосування глосаріїв [1], існує багато підходів та рішень щодо їх упорядкування. Глосарії можуть використовуватися в сертифікаційних системах для означення загальноприйнятих галузевих термінів (як, наприклад, в ISTQB [2]), в документації програмних продуктів – як десктопних (як, до прикладу, в системі управління базами даних Microsoft Access [3]), так і web-платформ (наприклад, Horoshop [4]). Крім того, електронні глосарії активно використовуються в навчальному процесі, наприклад, на навчальній платформі Moodle [5]. Виходячи з проведеного аналізу, було виділено наступні позитивні риси, які варто враховувати при розробці програмного забезпечення керування персоналізованими глосаріями:

- можливість модерації адміністратором;
- можливість отримати озвучення терміну;
- коротке та чітке визначення, яке є загальноприйнятим в даному контексті;
- можливість додавати слова в обрані та експортувати глосарії в загальнопоширених форматах;
- наявність аналітичних інструментів адміністратора.

Питання реалізації та використання глосаріїв розглядається в ряді робіт з організації навчання з використанням інформаційних технологій [6–7].

В результаті було поставлено задачу розробки системи керування глосарієм на базі Oxford Dictionaries API. Oxford Dictionaries API – це набір інструментів самообслуговування для отримання доступу до лексичних даних (слів, визначень, перекладів, аудіо вимов, синонімів, антонімів, частин мови тощо) для використання

у програмах чи сервісах. Надає доступ до словників англійської мови, які включають вдосконалені й оновлені версії Оксфордського словника англійської мови та Нового Оксфордського американського словника. Oxford Dictionaries API містить понад 350 000 слів і регулярно оновлюється новими словами, значеннями та визначеннями [8].

**Основна частина.** При розробці системи керування персоналізованим глосарієм було визначено двох акторів: користувача та адміністратора. Користувач при взаємодії з системою може: шукати та переглядати інформацію про слово, додавати та видаляти слова з обраного, експортувати вибрані слова. UML-діаграма прецедентів для суб'єкта «Користувач» подана на рис. 1.

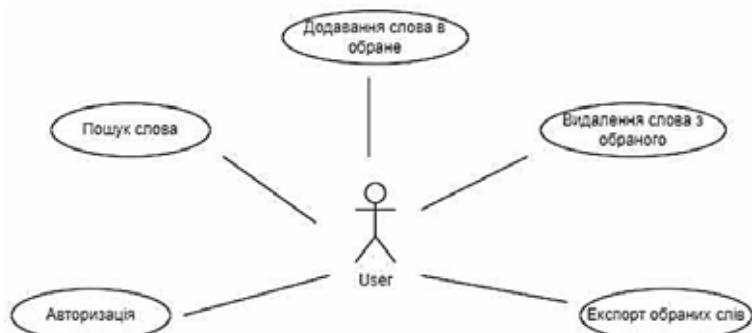


Рис. 1. UML-діаграма прецедентів для суб'єкта «Користувач»

Адміністратор може: редагувати та видаляти профіль користувача, редагувати та видаляти шукані слова. UML-діаграма прецедентів для суб'єкта «Адміністратор» подана на рис. 2.

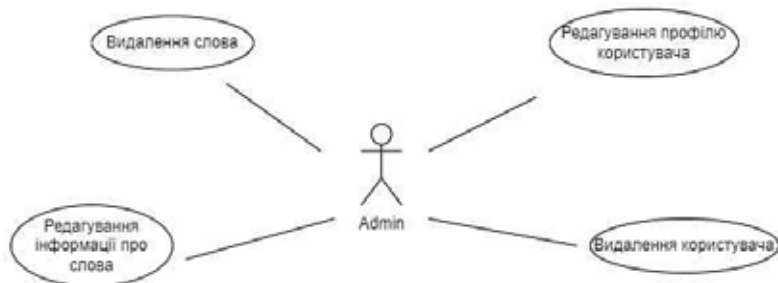


Рис. 2. UML-діаграма прецедентів для суб'єкта «Адміністратор»

Діаграма послідовності розроблюваної системи (рис. 3) демонструє послідовність подій, що відбуваються, коли користувач вводить слово у пошуковому рядку. Система формує запит до Oxford Dictionaries API на перевірку облікових даних. Якщо дані вірні, введене слово перевіряється на наявність у словнику. Якщо слово наявне у словнику, інформація по слову відображається на сторінці пошуку. Якщо облікові дані невірні чи слова немає у словнику – відображається відповідне повідомлення.

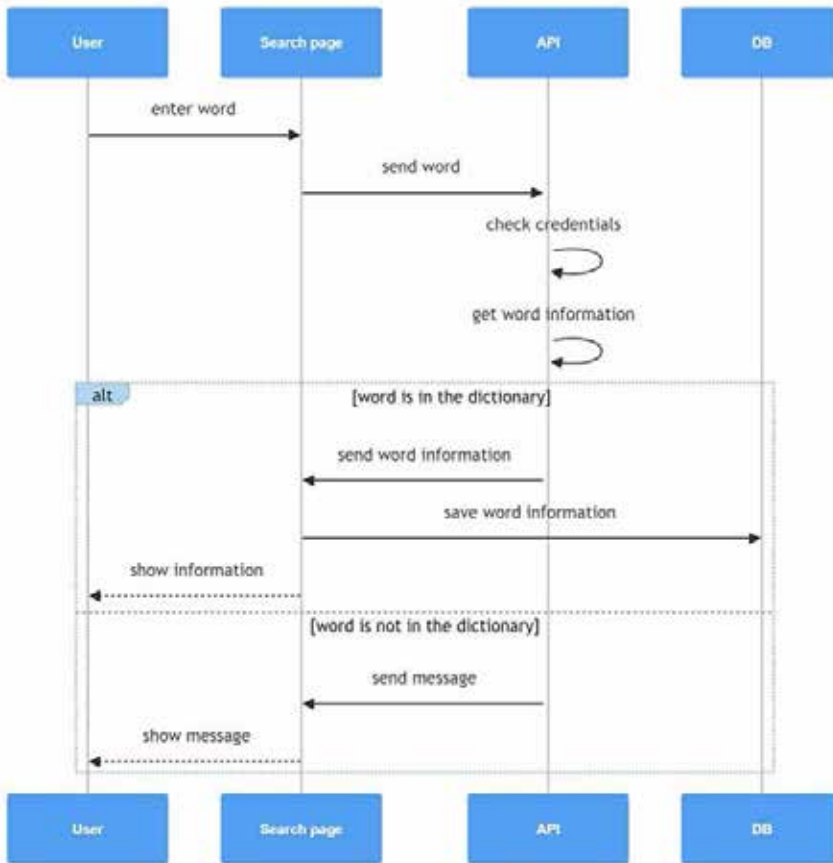


Рис. 3. UML-діаграма послідовності для розробленої системи

Для формування бази даних було використано клієнт-серверну СУБД MySQL. Структура бази даних для розробленої системи представлена на рисунку 4. Вона містить такі сутності: користувач, шукані слова та вибрані слова.

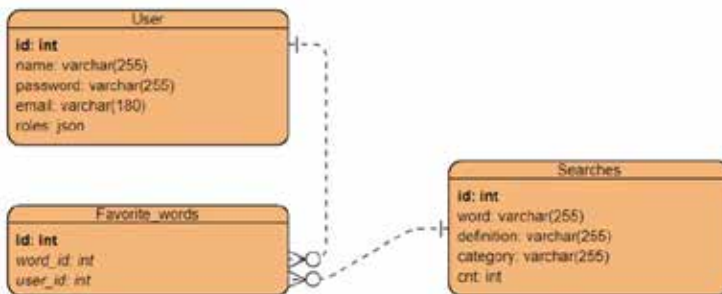


Рис. 4. ER-діаграма бази даних

Між таблицями Users та Searches існує зв'язок «багато до багатьох». Для реалізації цього виду зв'язку використовується проміжна таблиця, в якій зберігаються первинні ключі двох таблиць (user\_id та searches\_id). Тобто між таблицями User та Favorite\_words, Searches та Favorite\_words реалізовується зв'язок «один до багатьох» – взаємодія структурних елементів, коли один екземпляр першого елемента може бути пов'язаний з безліччю екземплярів другого елемента, а один екземпляр другого елемента може бути пов'язаний лише з одним екземпляром першого елемента.

Таблиця User (Користувач) містить інформацію про користувачів сайту. Вона містить такі поля:

- Id – унікальний ідентифікатор користувача, первинний ключ;
- Name – ім'я користувача, not null;
- Email – електронна пошта користувача, not null;
- Password – пароль користувача для входу в систему, not null;
- Role – роль користувача, за замовчуванням = ROLE\_USER.

Таблиця Searches (Шукані слова) містить інформацію про слова, які шукали користувачі:

- Id – унікальний ідентифікатор слова, первинний ключ;
- word – шукане слово, not null;
- definition – визначення слова;
- category – назва частини мови даного слова;
- cnt – лічильник, збільшується з кожним новим пошуком даного слова.

Таблиця Favorite\_words (Улюблені слова) містить інформацію про слова, які користувач додав у обране:

- Id – ідентифікатор книги, первинний ключ;
- Word\_id – ідентифікатор шуканого слова, вторинний ключ;
- User\_id – ідентифікатор користувача, вторинний ключ.

Для реалізації системи був використаний фреймворк Laravel, базований на мові програмування PHP. Структура системи з точки зору користувача, виконана у формі веб-сайту, представлена на рис. 5.



Рис. 5. Структура системи

Система складається із наступних сторінок:

- головна сторінка, що дає можливість здійснювати пошук термінів та відображати результати пошуку;
- сторінка «Хмари тегів», що дає можливість переглянути найпопулярніші слова;
- сторінка реєстрації, що дозволяє користувачу створити новий обліковий запис;
- сторінка входу, що дає можливість пройти процес автентифікації;
- сторінка «Вибране», що дає можливість «Вибране».

Вигляд головної сторінки з результатом пошуку поданий на рис. 6.



Рис. 6. Вигляд головної сторінки з результатом пошуку за запитом “Definition”

Вигляд сторінки «Вибране» подано на рис. 7.



Рис. 7. Вигляд сторінки «Вибране»

Додатково, на сторінці «Вибране» було реалізовано експорт термінів, доданих у вибрані, в файл .csv, який містить стовпці «Термін» та «Визначення».

Адміністративна панель користувача містить можливості керування користувачами (редагування та видалення профілю), а також перегляд історії пошуків з візуалізацією статистичних даних. Вигляд панелі адміністратора подано на рис. 8.



Рис. 8. Вигляд панелі адміністратора

Аналітичні інструменти системи щодо пошукових запитів включають в себе статистику по 10 найпопулярніших словах та кругову діаграму зі статистикою пошуків за частинами мови.

**Висновки.** Розроблена система може бути використана для швидкого та зручного формування персоналізованих глосаріїв, які згодом можуть бути експортовані та використані для широкого ряду задач – використання в навчально-методичній літературі науково-педагогічними працівниками, студентами у самостійній роботі, тощо. Крім того, система може бути розгорнута на довільному веб-сервері з PHP та MySQL, а тому може бути використана для використання в окремих організаціях, що дає змогу адміністраторам вести детальну статистику щодо пошукових запитів при формуванні глосарію. Також веб-орієнтована реалізація даної системи – це можливість легко та зручно її масштабувати.

*Подяка.* Автори хочуть подякувати Збройним Силам України та всім захисникам України за можливість продовжувати наукову та технічну діяльність під час війни.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Глосарій: визначення та призначення : веб-сайт. URL: <https://xn--90aamhd6acpq0s.xn--j1amh/teoriya/hlosariy-vyznachennia-ta-pryznachennia/> (дата звернення: 11.03.2024).
2. ISTQB : веб-сайт. URL: <https://www.istqb.org/> (дата звернення: 11.03.2024).
3. Microsoft Access – Glossary of terms : веб-сайт. URL: <https://www.chimpytech.com/wp-content/uploads/2014/03/Microsoft-Access-Glossary-of-Terms.pdf> (дата звернення: 11.03.2024).
4. Хорошоп – Глосарій : веб-сайт. URL: <https://horoshop.ua/ua/glossary/> (дата звернення: 11.03.2024).
5. Glossary activity : веб-сайт. URL: [https://docs.moodle.org/403/en/Glossary\\_activity](https://docs.moodle.org/403/en/Glossary_activity) (дата звернення: 11.03.2024).
6. Paris Avgeriou, et al. Towards a pattern language for learning management systems. In: Educational Technology & Society. *International Forum of Educational Technology & Society, National Taiwan Normal University, Taiwan, Vol. 6, No. 2 (April 2003)*, pp. 11–24.
7. M. Kennedy D. Issues Involved with Implementing a Student-Centered Technology-Based Tool – The Case of a Multimedia Glossary. In Proceedings of WEBIST 2006 – Second International Conference on Web Information Systems and Technologies – Volume 2: WEBIST, ISBN 978-972-8865-47-4, pages 255–260.
8. Oxford Dictionaries API | Oxford Languages : веб-сайт. URL: <https://languages.oup.com/products/api/> (дата звернення: 11.03.2024).

### REFERENCES:

1. Glossary: definition and purpose. (2024). *Roby Biznes*. Retrieved March 11, 2024, from <https://xn--90aamhd6acpq0s.xn--j1amh/teoriya/hlosariy-vyznachennia-ta-pryznachennia/>.
2. ISTQB (2024). ISTQB. Retrieved March 11, 2024, from <https://www.istqb.org/>.
3. Microsoft Access – Glossary of terms. (2024). Chimp Tech. Retrieved March 11, 2024, from <https://www.chimpytech.com/wp-content/uploads/2014/03/Microsoft-Access-Glossary-of-Terms.pdf>.
4. Horoshop – Glossary (2024). Horoshop. Retrieved March 11, 2024, from <https://horoshop.ua/ua/glossary/>.
5. Glossary activity. (2024). Moodle. Retrieved March 11, 2024, from [https://docs.moodle.org/403/en/Glossary\\_activity](https://docs.moodle.org/403/en/Glossary_activity).



6. Paris Avgeriou, Andreas Papasalouros, Symeon Retalis and Manolis Skordalakis (April 2003). Towards a Pattern Language for Learning Management Systems. In *Educational Technology & Society* (Vol. 6, No. 2, pp. 11-24). International Forum of Educational Technology & Society, National Taiwan Normal University, Taiwan.
  7. M. Kennedy D. (2006). Issues Involved with Implementing a Student-Centered Technology-Based Tool – The Case of a Multimedia Glossary. In *Proceedings of WEBIST 2006 – Second International Conference on Web Information Systems and Technologies – Volume 2: WEBIST*, ISBN 978-972-8865-47-4, pages 255-260.
  8. Oxford Dictionaries API (2024). Oxford Languages. Retrieved March 11, 2024, from <https://languages.oup.com/products/api/>.
-

УДК 004.5

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.12>

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ОРГАНІЗАЦІЇ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ В УМОВАХ КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ ТА ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ В ОДЕСЬКОМУ НАЦІОНАЛЬНОМУ МОРСЬКОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

**Тузова І. А.** – доцент кафедри технічної кібернетики  
й інформаційних технологій імені професора Р. В. Меркта  
Одеського національного морського університету  
ORCID ID: 0009-0002-4198-378X

**Тузов О. В.** – старший викладач кафедри технічної кібернетики  
й інформаційних технологій імені професора Р. В. Меркта  
Одеського національного морського університету  
ORCID ID: 0009-0006-5443-4957

**Панченко Т. Д.** – старший викладач кафедри технічної кібернетики  
й інформаційних технологій імені професора Р. В. Меркта  
Одеського національного морського університету  
ORCID ID: 0009-0007-4629-9537

**Чумак О. А.** – старший викладач кафедри технічної кібернетики  
й інформаційних технологій імені професора Р. В. Меркта  
Одеського національного морського університету  
ORCID ID: 0009-0002-5802-9765

**Стародуб В. І.** – старший викладач кафедри технічної кібернетики  
й інформаційних технологій імені професора Р. В. Меркта  
Одеського національного морського університету  
ORCID ID: 0009-0009-4601-2326

*Військовий стан в Україні та попередня пандемія коронавірусу призвели до необхідності по новому звернути увагу на дистанційні інформаційні технології навчання та оновлення вимог у системі вищої освіти. Сучасний інформаційний світ вимагає від навчально-педагогічних працівників постійно підвищувати свій освітньо-професійний рівень та шукати нові підходи до навчання. У статті наведено результати аналізу використання інформаційних технологій (ІТ) в організації навчального процесу під час кризових ситуацій та проблем адаптації студентів всіх спеціальностей до дистанційного навчання в цих умовах. Вивчаються і аналізуються переваги та недоліки дистанційної освіти, а також прогнозуються перспективи її розвитку в сучасних реаліях.*

*Для дистанційного навчання базою є самостійна робота студента. Організація такої роботи має бути системною та вимагає забезпечення умов навчальної діяльності слухачів. Ці умови є одним з показників роботи викладача. До них відносяться:*

*зовнішні умови: місце навчання, матеріально-технічна база, взаємовідносини викладача і студента, об'єктивність оцінки навчального процесу;*

*внутрішні умови: позитивна мотивація, вміння, навички, властивості характеру та стан здоров'я учасників навчального процесу.*

*На основі проведеного аналізу досліджень доводиться, що підвищення ефективності дистанційного навчання можливе тільки при використанні новітніх інформаційних технологій, освітніх сервісів і платформ дистанційного навчання, які сьогодні використовують вищі навчальні заклади: ED-ERA, MOODLE, PADLET, МІІ КЛАС, CLASSTIME,*

*EQUITY MAPS, GOOGLE CLASSROOM, GOOGLE SITES, GOOGLE FORMS. Застосування веб-семинарів, відеокліпів, аудіо сценаріїв, форумів, діаграм, онлайн тестування, інтерактивних підручників і дошок.*

Автори, регулярно проводячи заняття онлайн, досліджують проблему адаптації студентів до умов дистанційного навчання використовуючи послуги віддаленого конференц-зв'язку з використанням хмарних обчислень Zoom та авторських розробках контенту дистанційних курсів в системі управління курсами Moodle, яка є вільним веб-додатком, що надає можливість створювати сайти для онлайн-навчання.

Аналізувалися дані про успішність студентів у період з 2020 до 2023 років як технічних так і гуманітарних спеціальностей першого курсу Одеського національного морського університету, таких, як 133 «Машинобудування», 135 «Суднобудування», 142 «Енергетичне машинобудування», 271. «Річковий та морський транспорт», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 035 «Філологія», 081 «Право», 053 «Психологія», 061 «Журналістика» з дисциплін «Інформаційні технології» та «Інформатика».

За результатами дослідження визначено, що більшість студентів за час дистанційного навчання отримали навички роботи з наданими навчальними джерелами та опанували вміння самостійної роботи, підвищили свій рівень знань.

Виходячи з вищезазначеного, найбільшим недоліком на думку авторів є відсутність у студентів наочного спілкування з викладачами, одногрупниками та роботи в аудиторії. До переваг відносяться доступність до великих електронних обсягів інформації та можливість самостійно регулювати час, темпи, обсяг та якість засвоєння матеріалу.

**Ключові слова:** дистанційне навчання, воєнний стан, інформаційні технології, система Moodle, успішність, тестування, контент, недоліки, переваги.

**Tuzova I. A., Tuzov O. V., Panchenko T. D., Chumak O. A., Starodub V. I. Analysis of the use of information technologies in the organization of the educational process in the conditions of crisis situations and marital state in the Odessa National Maritime University**

The state of war in Ukraine and the previous coronavirus pandemic led to the need to pay a new attention to distance information technologies of learning and updating requirements in the higher education system. The modern information world requires educational and pedagogical workers to constantly raise their educational and professional level and to look for new approaches to learning. The article presents the results of the analysis of the use of information technologies (IT) in the organization of the educational process during crisis situations and problems of adaptation of students of all specialties to distance learning in these conditions. Advantages and disadvantages of distance education are studied and analyzed, as well as prospects for its development in modern realities are predicted.

For distance learning, the basis is the student's independent work. The organization of such work must be systematic and requires the provision of conditions for the students' educational activity. These conditions are one of the indicators of the teacher's work. These include:

- external conditions: the place of study, the material and technical base, the relationship between the teacher and the student, the objectivity of the evaluation of the educational process;
- internal conditions: positive motivation, abilities, skills, character traits and state of health of participants in the educational process.

Based on the research analysis, it is proven that increasing the effectiveness of distance learning is possible only when using the latest information technologies, educational services and distance learning platforms that are used by higher education institutions today: ED-ERA, MOODLE, PADLET, MY CLASS, CLASSTIME, EQUITY MAPS, GOOGLE CLASSROOM, GOOGLE SITES, GOOGLE FORMS. Use of webinars, video clips, audio scripts, forums, charts, online testing, interactive tutorials and whiteboards.

The authors, regularly conducting classes online, investigate the problem of students' adaptation to distance learning conditions using remote conferencing services using Zoom cloud computing and the author's content development of distance courses in the Moodle course management system, which is a free web application that provides the opportunity create sites for online learning.

Data on the success of students in the period from 2020 to 2023 in both technical and humanitarian specialties of the first year of the Odessa National Maritime University, such as 133 «Mechanical engineering», 135 «Shipbuilding», 142 «Energy engineering», 271 «River and sea transport» were analyzed «, 141 «Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics», 035 «Philology», 081 «Law», 053 «Psychology», 061 «Journalism» from the disciplines «Information technologies» and «Informatics».

According to the results of the study, it was determined that during distance learning, most of the students acquired the skills of working with the provided educational resources, mastered the ability to work independently, and increased their level of knowledge.

*Based on the above, according to the authors, the biggest drawback is the lack of face-to-face communication with teachers, classmates and work in the classroom. Advantages include access to large electronic volumes of information and the ability to independently regulate the time, pace, volume and quality of learning material.*

**Key words:** *distance learning, martial law, Information Technology, the Moodle system, success, testing, content, disadvantages, advantages.*

**Вступ.** Сьогодні в умовах воєнного стану в Україні відбуваються процеси модернізації в будь-яких областях людської діяльності. Особливо це стосується освіти та освітнього процесу. Іде пошук нових форм і методів навчання, які будуть відповідати сучасним вимогам. Такі пошуки стали особливо інтенсивними після міграції частини населення України до країн європейського альянсу. Однією з основних форм організації навчального процесу є дистанційна форма навчання. Тему про впровадження у вищу освіту дистанційного навчання на даний час, розглядало багато науковців.

Проблеми психологічної адаптації здобувачів вищої освіти першого року навчання до умов дистанційного навчання наведено у роботах Міляєвої В. Р., Свищ Н. М., Книш Т., Козак А., Іванашко А. Особливості організації самостійної роботи розглядав Красильников Ю. С.

Тенденції розвитку дистанційної освіти в Україні за окремими ознаками обгрунтували Н. Муранова та О. Волярська [3]. Глобальними тенденціями, що поширюються у світовому масштабі, на їх думку є: глобалізація, інтеграція, інтернаціоналізація та інформатизація. А національними тенденціями є тенденції оновлення нормативно-законодавчого забезпечення дистанційної освіти, регуляторної політики надання дистанційного навчання та освітніх послуг й практики забезпечення їх якості [2; 4]. Методика проведення навчальних занять в умовах дистанційного навчання наведена у працях авторів Ю. С. Красильник, Г. Л. Корчова, М. В. Руденко.

**Метою статті** автори обрали проведення аналізу та визначення особливостей щодо практичного вирішення проблем реалізації дистанційного навчання студентів в умовах воєнного стану на прикладі Одеського національного морського університету.

**Аналіз досліджень і публікацій.** На теперішній час існують три основні проблеми проведення занять в онлайн-режимі (рис. 1).



Рис. 1. Проблеми проведення занять в онлайн-режимі

*Технічні можливості закладу вищої освіти* – наявність достатньої кількості персональних комп'ютерів, локальної мережі та з'єднання з Інтернет-провайдером.

*Наявність провайдера та безперервний зв'язок з Інтернет-ресурсами* – провайдер, що надає послуги Інтернет-зв'язку 24/7 при відключенні енергоресурсів.

*Можливість навчання зі сторони студентів* – наявність персонального комп'ютера та Інтернет-зв'язок.

Новий погляд на використання у навчальному процесі дистанційного навчання з'явився у період поширення Covid-19 у світі та Україні, а потім з початком військових дій. Заклади вищої освіти були змушені перейти у формат онлайн-навчання. Саме тому вони мають певні напрацювання з впровадження дистанційних форм та методів навчання Технології дистанційної освіти в останні роки досить активно та успішно впроваджені в освітянську діяльність. За роки пандемії було напрацьовано технології, методи та прийоми які стали основою для побудови дистанційного навчання під час кризових ситуацій, а під час військових дій отримали подальше удосконалення та розвиток, оскільки під час війни освіта, населення та країна стикаються із новими, невирішеними до цього часу проблемами.

Своєчасне та оперативне впровадження дистанційної форми навчання в умовах воєнного стану дасть можливість максимально зберегти кадровий склад закладів вищої освіти, продовжити навчання без небезпечних для життя щоденних поїздки до ЗВО студентів і викладачів, зацікавити учасників освітнього процесу впроваджувати сучасні інтерактивні технології, а в результаті розвинути дистанційний формат навчання в єдине інформаційно-освітнє середовище університету, розширити електронну навчально-методичну основу університету та зберегти колишній освітній потенціал.

Для реалізації цієї концепції у ОНМУ для проведення навчальних занять використовується вільно поширювана система управління навчальним контентом MOODLE та послуги віддаленого конференц-зв'язку з використанням хмарних обчислень Zoom. До засобів інформаційної підтримки студентів та індивідуального спілкування можна віднести: офіційний сайт освітньої установи; електронні пошти викладачів; месенджери WhatsApp, Viber, Telegram.

Zoom Video Communications, Inc. (Zoom) надає послуги віддаленого конференц-зв'язку з використанням хмарних обчислень. До інструментів Zoom, відносяться: віртуальні зустрічі, командний чат, телефонна система VoIP, онлайн-дошка, електронна пошта та календар, запис відео, планувальник зустрічей, Workvivo.

Zoom забезпечує безкоштовний та розширений доступ до програмного забезпечення Zoom Meetings for Education для всіх закладів освіти України. Розширений доступ Large Meeting дозволяє учасникам освітнього процесу здійснювати запис зустрічей, а також проводити онлайн конференції для 1000 учасників одночасно [5].

MOODLE (Modular Object Oriented Distance Learning Environment) – це система управління навчальним контентом (LCMS – Learning Content Management Systems), яка дозволяє створювати електронні навчальні курси і проводити як аудиторне (очне) навчання, так і навчання на відстані (заочне/дистанційне).

Платформу Moodle можна встановити на будь-яку операційну систему (MS Windows, Unix, Linux). Система Moodle відповідає всім основним критеріям, що висуваються до систем електронного навчання, зокрема таким, як:

- функціональність;
- надійність;
- стабільність;
- вартість;
- відсутність обмежень за кількістю ліцензій на слухачів (студентів);
- модульність;
- наявність вбудованих засобів розробки та редагування навчального контенту, інтеграції різноманітних освітніх матеріалів різного призначення;

- підтримка міжнародного стандарту SCORM (Sharable Content Object Reference Model);
- наявність системи перевірки та оцінювання знань слухачів у режимі он-лайн (тести, завдання, контроль активності на форумах);
- зручність і простота використання та навігації [6].

Аналіз праць науковців дозволив визначити такі ознаки процесу дистанційного навчання:

- дистанційне навчання розглядається як нова форма організації освіти, заснована на використанні персональних комп'ютерів, електронних посібників і засобів комунікацій, що пропонують якісно нову технологію навчання;
- студенти віддалені від викладача в просторі і часі, але можуть підтримувати діалог за допомогою засобів телекомунікації.

**Виклад основного матеріалу.** Розглянемо особливості реалізації дистанційного навчання при підготовці майбутніх спеціалістів різних напрямків, що пов'язані з морською діяльністю.

Дисципліни «Інформатика» та «Інформаційні технології» викладаються для студентів усіх спеціальностей у двох напрямках: комп'ютерні технології та комп'ютерні науки, які вивчаються послідовно і взаємопогоджено. Спочатку вивчаються комп'ютерні технології, які подані такими темами: «Основи теорії інформації», «Поняття про обчислювальну систему», «Операційні системи Windows, Unix», «Стандартні пакети програм MS Office», «Глобальна мережа Internet». Лише після цього студенти ознайомлюються з комп'ютерними науками. При цьому в них формується алгоритмічне мислення, вони на практиці вивчають алгоритми розв'язання математичних завдань та програмування у інтегровану середовищі ABCPascalNet шляхом створення власних програм.

Дистанційне навчання базується на самостійній роботі. Організація самостійної роботи як системи повинна забезпечувати умови навчальної діяльності студента. При цьому вони є одним із показників діяльності викладача. Для навчального процесу виділяються дві групи умов, які впливають на цей процес:

а) зовнішніх, що складаються з взаємовідносин викладача і студента, об'єктивності оцінки навчального процесу, місцем навчання, оснащеністю комп'ютерною технікою та наявністю інтернет-послуг, забезпечення методичними матеріалами і завданнями тощо;

б) внутрішніх, таких як стан здоров'я студентів, властивості характеру, досвід студентів, уміння, навички, позитивна мотивація, переживання успіху тощо.

Дистанційна освіта має низку переваг проти традиційного і за методикою і за засобами навчання:

- електронні версії друкованих видань та підручників, представлені в уніфікованій формі HTML-коду;

- комп'ютерні навчаючі системи із з використанням динамічних форм навчання;

- засоби проведення лабораторного практикуму в режимі реального часу засобами відео-інтернетного комплексу з безпосередньою участю студента у роботі;

- навчальні аудіо та відео матеріали в поєднанні з електронними тренажерами з метою дистанційного виконання практичних та лабораторних робіт;

- наявність засобів проведення поточного та підсумкового контролю.

Оскільки основною формою контролю знань у дистанційному навчанні є тестування, в Moodle є потужний інструментарій для створення тестів і проведення навчального й контрольного тестування. Підтримується кілька типів питань

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	
1	Прізвище	Ім'я	Електронна пошта	Стан	Розпочато	Завершено	Заграничений час	Оцінка	Пит.1	Пит.2	Пит.3	Пит.4	Пит.5	Пит.6	Пит.7	Пит.8	Пит.9	Пит.10	Пит.11	Пит.12	Пит.13	Пит.14	Пит.15	Пит.16	Пит.17	Пит.18	Пит.19	Пит.20	
1	Хлівний	Максим		Завершено	14 листопада 2023 10:07	14 листопада 2023 10:26	19 на 13 сев	30,00	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	2,50	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	0,00
2	Петренко	Дмитро		Завершено	14 листопада 2023 10:07	14 листопада 2023 10:27	19 на 55 сев	25,00	2,50	2,50	0,00	0,00	2,50	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	0,00	
3	Жигун	Максим		Завершено	14 листопада 2023 10:07	14 листопада 2023 10:27	19 на 54 сев	27,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	2,50	
4	Кирдан	Назар		Завершено	14 листопада 2023 10:22	14 листопада 2023 10:41	19 на 38 сев	30,00	2,50	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	
5	Хлівний	Максим		Завершено	14 листопада 2023 10:28	14 листопада 2023 10:45	17 на 10 сев	30,00	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	0,00	
6	Кугас	Костянтин		Завершено	14 листопада 2023 10:28	14 листопада 2023 10:48	20 на	30,00	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	0,00	0,00	2,50	2,50	
7	Петренко	Дмитро		Завершено	14 листопада 2023 10:31	14 листопада 2023 10:42	11 на 28 сев	35,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	
8	Левцицький	Ярослав		Завершено	14 листопада 2023 10:32	14 листопада 2023 10:50	17 на 41 сев	37,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	
9	Кубца	Дмитро		Завершено	14 листопада 2023 11:11	14 листопада 2023 11:25	13 на 45 сев	37,50	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	
10	Лябідь	Олександр		Завершено	14 листопада 2023 11:44	14 листопада 2023 11:56	12 на 17 сев	40,00	0,00	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	
11	Басенко	Дмитро		Завершено	14 листопада 2023 11:45	14 листопада 2023 12:03	17 на 52 сев	37,50	2,50	2,50	2,50	0,00	2,50	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	2,50	
12	Дмитренко	Максим		Завершено	14 листопада 2023 11:46	14 листопада 2023 12:04	18 на 20 сев	35,00	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50	0,00	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	2,50	0,00	2,50	0,00	
13	Борський	Олександр		Завершено	14 листопада 2023 11:46	14 листопада 2023 12:04	19 на 59 сев	15,00	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	2,50	0,00	0,00	0,00	2,50	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,50	-	
14																													

Рис. 2. Приклад таблиці результатів тестування по групі у форматі .xls у системі MOODLE

у тестових завданнях (множинний вибір, на відповідність, так/ні, короткі відповіді, есе й ін.). Moodle надає користувачу багато функцій, що полегшують опрацювання результатів тестування. Викладач може задати шкалу оцінювання автоматично, але ще існує механізм напівавтоматичного перерахування результатів.

У системі підтримуються розвинені засоби статистичного аналізу результатів тестування й, що дуже важливо, складності окремих тестових питань.

Після проходження студентами відповідного тесту викладач може переглянути результати тестування. Викладач може зберегти подану на сторінці таблицю результатів тестування для подальшого її використання та аналізу. При цьому можна обрати, в якому форматі ці дані будуть завантажуватися: формат ODS, формат Excel, текстовий формат.

Також можна переглянути час початку і завершення тестування, затрачений час, кількість балів за кожне питання, коментар за проходження тесту, а також середню оцінку як по окремій групі, так і загальну середню оцінку по всіх студентах, що проходили тест (рис. 2).

Результати тестування можна вивести у вигляді гістограми кількості студентів за одержаними оцінками (балами), для цього існує режим огляду результатів (рис. 3).

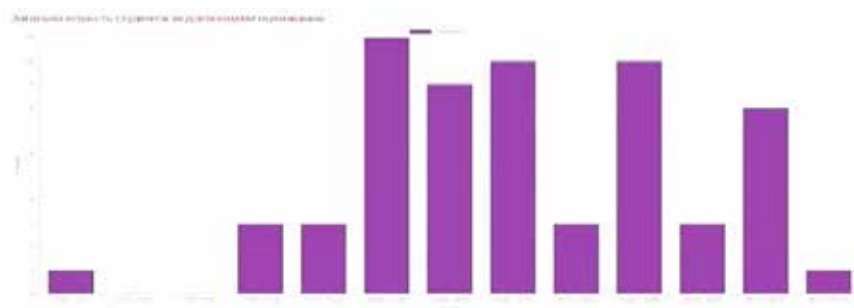


Рис. 3. Фрагмент сторінки режиму «Огляд» з гістограмою результатів тестування

Тестування є лише частиною при оцінюванні успішності студента за дисципліною. Другою складовою є поточне оцінювання виконаних завдань (лабораторні, практичні, контрольні роботи та інші) (рис. 4).

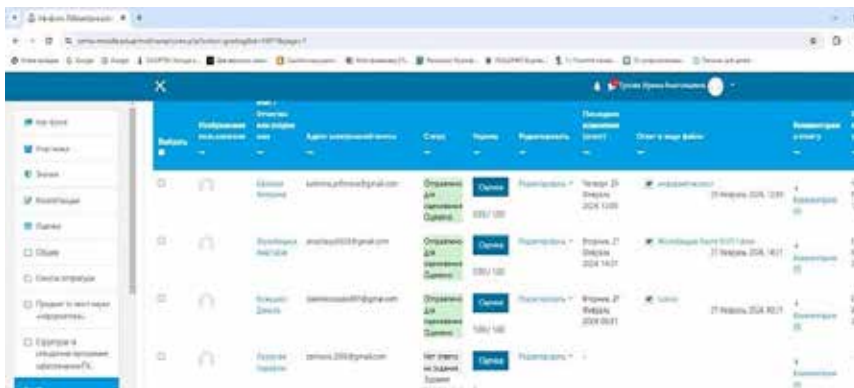


Рис. 4. Фрагмент сторінки «Перегляд та оцінювання виконаних завдань»



Було проведено аналіз успішності у період з 2018 до 2024 років. Розраховано середні значення по результатам тестування та результатам загальної успішності студентів для технічних і гуманітарних спеціальностей ОНМУ. Автори провели дослідження успішності студентів під час навчання у аудиторному (2018–2019 н.р.) та дистанційному (2020–2024 н.р.) режимах навчання. Приклади результатів тестування по групах наведені у вигляді діаграм (рис. 5).

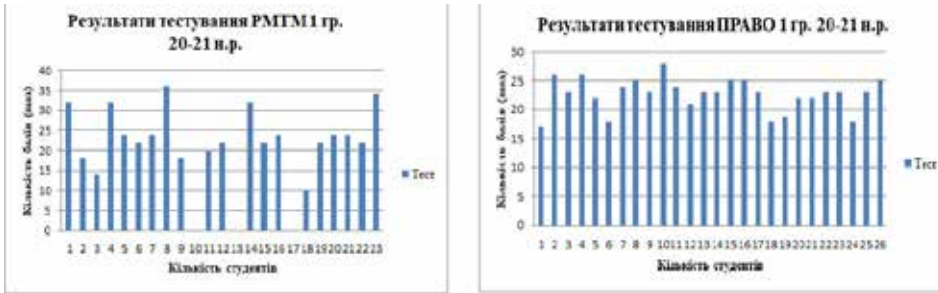


Рис. 5. Діаграми за результатами тестування по групах

Отримані результати розрахунків наведено у зведеній таблиці 1. При детальному розгляді отриманих результатів можна відмітити наступне: у зв'язку з пандемією починаючи другого семестру 2019–2020 навчального року по гуманітарним спеціальностям тестування не проводилося за відсутності можливості у студентів користуватися системою Moodle в повному обсязі по технічним причинам.

У наступному 2020–2021 навчальному році спостерігається тенденція до врегулювання ситуації з навчанням у дистанційному режимі. Показники успішності приблизно дорівнюють показникам до періоду пандемії. Такі показники утримуються до початку військового стану та бойових дій. Однак, у другому семестрі у зв'язку з евакуацією студентів та викладачів в межах України і за кордон, проводити тестування у групах стало неможливим.

Таблиця 1

### Отримані результати розрахунків

Навчальні роки	Технічні спеціальності		Гуманітарні спеціальності	
	Середня оцінка у групі за результатами тестування (максимальна оцінка 40 балів)	Середня оцінка з успішності у групі (максимальна оцінка 100 балів)	Середня оцінка у групі за результатами тестування (максимальна оцінка 30 балів)	Середня оцінка з успішності у групі (максимальна оцінка 100 балів)
2018–2019	26,22	77,32	20,70	69,43
2019–2020	31,13	74,58	-	69,37
2020–2021	26,33	76,26	20,30	79,50
2021–2022	26,74	65,26	-	76,00
2022–2023	21,84	59,35	19,8	79,50
2023–2024	33,04	77,35	23,65	89,50

У наступному 2020–2021 навчальному році спостерігається тенденція до врегулювання ситуації з навчанням у дистанційному режимі. Показники успішності приблизно дорівнюють показникам до періоду пандемії. Такі показники

утримуються до початку військового стану та бойових дій. Однак, у другому семестрі у зв'язку з евакуацією студентів та викладачів в межах України і за кордон, проводити тестування у групах стало неможливим.

У 2022–2023 навчальному році спостерігається зниження успішності з об'єктивних обставин, що пов'язані з перебоями електропостачання.

На сьогодні ситуація з успішністю студентів вирівнюється до показників до періоду пандемії.

На рис. 6 та рис. 7 наведено динаміка зміни показників успішності за період з 2018 по 2024 н.р. для технічних і гуманітарних спеціальностей.

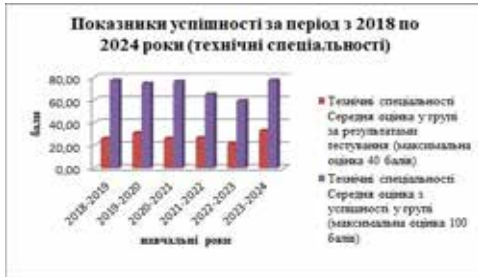


Рис. 6. Показники успішності за період з 2018 по 2024 роки (техн. спеціальності)



Рис. 7. Показники успішності за період з 2018 по 2024 роки (гуман. спеціальності)

**Висновки.** За результатами проведеного аналізу успішності у період з 2018 до 2024 року автори прийшли до наступних висновків:

Дистанційне навчання перейшло на новий якісний рівень. Розроблено велика кількість нових контентів та вдосконалено вже існуючі. Якість освітнього процесу – це один із основних показників, якими оцінюють суспільно-економічну значимість системи освіти. Визначення якості включає, разом із економічними аспектами, також соціальні, культурні, пізнавальні аспекти сфери освіти, які сприймаються як комплексна, інтегральна характеристика всієї освітньої діяльності, її показників та результатів. До нападу РФ на Україну система вітчизняної вищої освіти продовжувала поступово покращувати свою якість вбираючи в себе найкращі європейські традиції вищої школи. До них автори відносять: динамізм і свободу мислення, володіння сучасним технологічним інструментарієм, комп'ютерну та інформаційну культуру, високий професіоналізм у навичках та вміннях і тощо.

Студент став активним партнером викладача у відкритті для себе нових знань. У цьому контексті не дивно, що навчально-методична робота в університетах звернулася, переважно, до освоєння, адаптації та впровадження нових освітніх технологій, орієнтованих на особистість слухача.

Пандемія COVID-19 торкнулася системи освіти у всьому світі, що призвело до масового закриття шкіл та ВНЗ. Переважна більшість університетів нашої держави перейшла на дистанційне навчання, у деяких випадках використовувалося також змішане навчання. Введення воєнного стану лише посилювало проблеми освітнього процесу, з якими він зіткнувся в умовах пандемії COVID-19. Масштабні зміни, яких зазнала вища школа, повною мірою зачепили кожного викладача: це необхідність переробки лекційних курсів та запровадження нових освітніх технологій і методик, розширення дистанційного навчання, активізація інноваційної діяльності.

Під час воєнного стану ВНЗ України виявилися найбільш готовими до труднощів, викликаних війною. Можливості ВНЗ були розширені шляхом наділення їх повною свободою у проведенні освітнього процесу. Студенти, на розсуд своїх навчальних закладів, можуть навчатися у дистанційному та навіть змішаному форматі. Та чи інша форма навчання вибирається керівництвом виходячи із ситуації, яка складається навколо безпеки суб'єктів освітнього процесу.

Основними проблемами такого навчання в умовах воєнного стану є: недостатній рівень комп'ютеризації периферії та комп'ютерної грамотності значної частини населення, відсутність Інтернету в багатьох населених пунктах та його недоступність для багатьох громадян у зв'язку із окупацією та відносно високою вартістю послуг. Виникають труднощі в питаннях організації та проведення контролю оцінки знань та навичок студентів. Дистанційне навчання вимагає високий рівень самоконтролю, вміння зосередитися, щоб самостійно організувати свій час для ефективного результату.

Серед вагомих недоліків дистанційної освіти варто виокремити наступні:

- 1) обмежені технічні можливості призводять до затримок у передаванні звуку, відео і графіки, у сільських місцевостях усе ще ускладнений доступ до інтернету;
- 2) дефіцит довіри до електронних засобів спілкування й навчання, студенти хочуть бачити викладача і спілкуватися з ним живо;
- 3) успішність навчання частково залежить від технічних навичок у управлінні комп'ютером, оволодінні програмами і від здібностей справлятися з технічними труднощами;
- 4) є низка практичних навичок, які можна отримати тільки у ході виконання реальних (а не віртуальних) практичних і лабораторних робіт;
- 5) проблема ідентифікації користувача;
- 6) низький рівень самодисципліни і домашня атмосфера не дозволяють студентам зосередитися і повноцінно зануритися в освітній процес;
- 7) не завжди можливе відеоспостереження як найефективніший спосіб перевірки академічної доброчесності студента.

Дистанційне навчання в нинішніх умовах найбільш перспективна, інтегральна та оптимальна форма одержання освіти. Дистанційна освіта вимагає універсальної підготовки, володіння сучасними педагогічними та інформаційними технологіями, психологічною готовністю до роботи зі студентами в нових умовах.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Белозубов А. В. Система дистанційного навчання Moodle. *Навчально-методичний посібник* / А. В. Белозубов, Д. Г. Миколаїв. ІТМО, 2007. 108 с.
2. Закон України «Про вищу освіту». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text> (дата звернення: 25.01.2024).
3. Муранова Н. П. Тенденції розвитку дистанційної освіти в Україні / Муранова Н. П., Волярська О. С. // Дистанційна освіта в Україні: інноваційні, нормативно-правові, педагогічні аспекти: зб. наук. праць матеріалів I Всеукр. наук.-практ. конф., 16 червня 2020 р., м. Київ; Національний авіаційний університет / наук. ред. Н. П. Муранова. Київ : НАУ, 2020. С. 94–96.
4. Положення про дистанційне навчання : Наказ МОН України № 466 від 25.04.2013 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13#Text> (дата звернення: 21.02.2024).
5. ZOOM MEETINGS FOR EDUCATION. URL: <https://mooc4ua.online/products/1> (дата звернення: 22.02.2024).

6. Система електронного навчання ВНЗ на базі MOODLE: Методичний посібник / Ю. В. Триус, І. В. Герасименко, В. М. Франчук // За ред. Ю. В. Триуса. Черкаси. 220 с.

7. Постригач Н. О. Переваги використання змішаного навчання в закладах вищої освіти в умовах воєнного стану в Україні. Освіта України в умовах воєнного стану: управління, цифровізація, євроінтеграційні аспекти: *збірник тез доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції (наукове електронне видання), 25 жовт. 2022 р. Київ* : ДНУ «Інститут освітньої аналітики». 2022. С. 28–31. URL: [https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/book-ofabstracts\\_ssi-iea\\_2022.pdf](https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/book-ofabstracts_ssi-iea_2022.pdf) (дата звернення: 20.06.2023).

8. Рекомендації щодо організації поточного, семестрового контролю та атестації здобувачів освіти із застосуванням дистанційних технологій. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/shodoorganizaciyi-potochnogo-semestrovogo-kontrolyu-ta-atestaciyi-zdobuvachiv-osviti-iz-zastosuvannyam-distancijnih-tehnologij>

9. Герасименко І. В. Використання системи дистанційного навчання на базі Moodle для доуніверситетської підготовки / Герасименко І. В., Садовий А. І., Білан Н. С. // I Всеукраїнська науково-практична 205 конференція «MoodleMoot Ukraine 2013. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle». (30–31 травня 2013р., Київ): тези доповідей. К.: КНУБА, 2013. С. 14.

10. Герасименко І. В. Створення навчального курсу в системі електронного навчання на базі Moodle/ Герасименко І. В. // *Педагогічний альманах: Зб. наук. пр.* / редкол. В. В. Кузьменко (голова) та ін. Херсон: КВНЗ «Херсонська академія неперервної освіти», 2012. Випуск 16. С. 109–115.

11. Алексеев О. М. Теоретичні і методичні основи застосування технологій дистанційного навчання дисциплін професійної і практичної підготовки студентів машинобудівних спеціальностей [Текст]: *автореф. дис. д-ра пед. наук* : 13.00.10 / Алексеев Олександр Миколайович ; Ін-т інформ. технологій і засобів навчання Нац. акад. наук України. К., 2012. 38 с.

12. Морзе Н. В. Критерії якості електронних навчальних курсів, розроблених на базі платформ дистанційного навчання / Морзе Н. В., Глазунова О. Г. // Інформаційні технології в освіті. Херсон, 2009. № 4. С. 63–75.

13. Сисоева С. О., Поясюк Т. Б. Психологія та педагогіка: *Підручник для студентів вищих навчальних закладів непедагогічного профілю традиційної та дистанційної форм навчання* / С. О. Сисоева, Поясюк Т. Б. Вид. 2-ге, доп., випр., Кременчук: ПП Щербатих О. В., 2008. 532 с.

14. Система управління електронними ресурсами. Національний педагогічний університет України імені М. П. Драгоманова // Сайт системи підтримки дистанційного навчання Національного педагогічного університету України імені М. П. Драгоманова. URL: <http://www.dn.npu.edu.ua/> (дата звернення: 01.03.2024).

15. Триус Ю. В. Організація атестації електронних навчальних курсів у ВНЗ засобами системи Moodle / Триус Ю. В. // *Перша всеукраїнська науково-практична конференція «MoodleMoot Ukraine 2013. Теорія і практика використання системи управління навчанням Moodle»*. (30–31 травня 2013 р., Київ): тези доповідей. К.: КНУБА, 2013. С. 68.

16. Штогрин С. С. Застосування елементів дистанційного навчання при проведенні занять зі студентами денної форми навчання / Штогрин С. С., Роман Б. Є. // *Науковий вісник нац.університету біоресурсів і природокористування України*. 03/2010. N 146. URL: [http://www.nbu.gov.ua/portal/chem\\_biol/nvnu\\_bbe/2010\\_146/10css.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnu_bbe/2010_146/10css.pdf) (дата звернення: 25.01.2024).

17. Чекурін В. Ф. Підхід до формування вимог інформаційної безпеки систем електронного навчання / Чекурін В. Ф., Буднік О. О. // *Науково-технічна бібліотека Національного технічного університету «Львівська політехніка»*. 2011. № 695 URL: <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/10261> (дата звернення: 01.03.2024).

18. Шуневич Б. І. Розвиток дистанційного навчання у вищій школі країн Європи та Північної Америки: дис. докт. пед. наук: 13.00.01 / Богдан Іванович Шуневич. К., 2008. 509 с.

19. Connected Moodle LMS with Dropbox and Google Docs. URL: <http://www.thelmsapp.com/connect-moodlelms-with-dropbox-and-google-docs> (дата звернення: 20.02.2024).

20. Moodle. Official site. // Moodle.org. URL: <http://moodle.org> (дата звернення: 21.02.2024).

21. Tryus Yuriy. Innovation education technologies in training of 104 IT professionals in the Technical Universities in Ukraine / Yuriy Tryus & Tamara Kachala: ICCER 2013, P. 614–621.

22. Dickey M. D. «Three-Dimensional Virtual Words and Distance Learning: Two Case Studies of Active Words as a Medium for Distance Education», *British of Educational Technology*, Vol. 40, No. 3. 2009. P. 480–495.

23. Gabriela Hoppe. Classification and Sustainability Analysis of E-learning Applications. Universitat Hannover, 2003.

24. Global e-Learning Investment Review. URL: <https://www.edsurge.com/n/2013-01-23-ibis-capital-releases-report-on-global-e-learning-industry> (дата звернення: 02.03.2024).

#### REFERENCES:

1. Belozubov A.V., Mikolaev D.G. (2007). Moodle distance learning system: Educational and methodological manual, 108 [in Ukrainian].

2. Law of Ukraine "On Higher Education". Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>

3. Muranova N.P. ., Volyarska O.S. (2020) Tendencies of the development of distance education in Ukraine. Distance education in Ukraine: innovative, regulatory and pedagogical aspects: coll. of science works of materials I All-Ukrainian. science and practice conference, 94–96 [in Ukrainian].

4. Provisions on distance learning. (2013). *Order of the Ministry of Education and Culture of Ukraine No. 466 of April 25, 2013*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13#Text>

5. ZOOM MEETINGS FOR EDUCATION. Retrieved from <https://mooc4ua.online/products/1>

6. Tryus Yu. V., Gerasimenko I. V., Franchuk V. M. E-learning system of higher education institutions based on MOODLE: Methodological guide. 220.

7. Postrygach N. O. (2022). The advantages of using mixed education in higher education institutions in the conditions of martial law in Ukraine. *Education of Ukraine in the conditions of martial law: management, digitalization, European integration aspects: a collection of theses of reports of the 4th International Scientific and Practical Conference (scientific electronic edition)*. 28–31. Retrieved from [https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/book-ofabstracts\\_ssi-iea\\_2022.pdf](https://iea.gov.ua/wp-content/uploads/2022/12/book-ofabstracts_ssi-iea_2022.pdf)

8. Recommendations regarding the organization of current, semester monitoring and certification of education seekers using distance technologies . Retrieved from <https://mon.gov.ua/ua/npa/shodoorganizaciyi-potochnogo-semestrovogo-kontrolyu-ta-atestaciyi-zdobuvacivosviti-iz-zastosuvannyam-distancijnih-tehnologij>

9. Gerasymenko I.V., Sadovy A.I., Bilan N.S. (2013). The use of a distance learning system based on Moodle for pre-university training. *I All-Ukrainian Scientific and Practical 205 Conference "MoodleMoot Ukraine 2013*. Theory and the practice of using the Moodle learning management system. (May 30–31, 2013, Kyiv). 14.

10. Gerasimenko I. V. (2012). Creating a course in the Moodle-based electronic learning system. *Pedagogical almanac: Collection. of science pr.* 109–115 [in Ukrainian].

11. Alekseev O.M. (2012). Theoretical and methodical bases of application of distance learning technologies in the disciplines of professional and practical training of students of mechanical engineering specialties [*Text*]: *autoref.* 36–38.
  12. Morse N. V., Glazunova O. G. (2009). Quality criteria of electronic educational courses developed on the basis of distance learning platforms. *Information technologies in education.* 63–75.
  13. Sysoeva S. O., Poyasyuk T. B. (2008). Psychology and pedagogy: Textbook for students of higher educational institutions of non-pedagogical profile of traditional and distance learning forms. 532 [in Ukrainian].
  14. Electronic resource management system. National Pedagogical University of Ukraine named after M. P. Drahomanov. Website of the distance learning support system of the National Pedagogical University of Ukraine named after M. P. Drahomanov. Retrieved from <http://www.dn.npu.edu.ua/>
  15. Yu.V.Trius (2013). Organization of certification of electronic educational courses in universities using the Moodle system. *First All-Ukrainian scientific and practical conference "MoodleMoot Ukraine 2013. Theory and practice of using the Moodle learning management system"*. 67–68 [in Ukrainian].
  16. Shtogrin S. S., Roman B. E. (2010). Application of elements of distance learning when conducting classes with full-time students. *Scientific Bulletin of the National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine.* No.146. Retrieved from [http://www.nbu.gov.ua/portal/chem\\_biol/nvnau\\_bbe/2010\\_146/10css.pdf](http://www.nbu.gov.ua/portal/chem_biol/nvnau_bbe/2010_146/10css.pdf).
  17. Chekurin V.F., Budnik O.O. (2011). Approach to the formation of requirements for information security of electronic learning. *Scientific and technical library of the National Technical University "Lviv Polytechnic"*. Retrieved from <http://ena.lp.edu.ua:8080/handle/ntb/10261>.
  18. Shunevych B. I. (2008). Development of distance learning in higher education in European and North American countries: *dissertation.* 509.
  19. Connected Moodle LMS with Dropbox and Google Docs. Retrieved from <http://www.thelmsapp.com/connect-moodlelms-with-dropbox-and-google-docs>.
  20. Moodle. *Official site.* Retrieved from [http://](http://moodle.org) <https://moodle.org>
  21. Tryus Yuriy, Kachala Tamara. (2013). Innovation education technologies in training of 104IT professionals in the Technical Universities in Ukraine, 614–621 [in Ukrainian].
  22. Dickey M. D. (2009). «Three-Dimensional Virtual Words and Distance Learning: Two Case Studies of Active Words as a Medium for Distance Education», *British of Educational Technology, Vol. 40, No. 3.* 480–495.
  23. Gabriela Hoppe. (2003). Classification and Sustainability Analysis of E-learning Applications. *University Hannover.*
  24. Global e-Learning Investment Review (2013). Retrieved from <https://www.edsurge.com/n/2013-01-23-ibis-capital-releasesreport-on-global-e-learning-industry>.
-

---

# ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

## FOOD TECHNOLOGY

УДК 654.671:631

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.13>

### ТЕХНОЛОГІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДЕСЕРТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГУМІАРАБІКУ

---

**Антоненко А. В.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції Національного університету біоресурсів і природокористування України  
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

**Толок Г. А.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції Національного університету біоресурсів і природокористування України  
ORCID ID: 0000-0002-2971-1645

**Бровенко Т. В.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри стандартизації та сертифікації сільськогосподарської продукції Національного університету біоресурсів і природокористування України  
ORCID ID: 0000-0003-1552-2103

**Ратушенко А. Т.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології харчування Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»  
ORCID ID: 0000-0001-7998-1080

**Горкун А. О.** – магістр, аспірант кафедри готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Приватного вищого навчального закладу «Київський університет культури»  
ORCID ID: 0009-0002-0370-4823

У статті наведено технологію виробництва, рецептурний складдесерту – зефір із гуміарабіком. Обґрунтовано доцільність використання у розробленій технології біологічно-активної сировини. Отримано комплекс даних, що характеризує якість розробленої трави, доведено її високу харчову цінність. На підставі досліджень органолептичних показників розроблених зразків визначено раціональну концентрацію дієтичної добавки

---

у рецептурі десерта, що дає розробленій харчовій продукції покращення смакових властивостей та консистенції порівняно з контролем за рахунок використання біологічно-активної речовини. Розроблена технологія має підвищений вміст харчових волокон у порівнянні з традиційною технологією. Експериментально підтверджено оптимальне співвідношення компонентів у рецептурі розробленого десерту. За органолептичними показниками розроблений десерт відповідає за якістю встановленими нормам. Запропонований спосіб виробництва зефіра з гуміарабіком дозволяє отримати вироби вищої харчової цінності у порівнянні з традиційною технологією. Впровадження технології виробництва десертів із застосуванням гуміарабіку у закладах ресторанного господарства є актуальним та доцільним. З економічної точки зору, це не є затратним способом, адже не потрібно витрачатись на нове обладнання, додаткові елементи на виробництві, а сам загусник коштує так само як йому подібні загусники. Гуміарабік не є алергеном, містить природну клітковину, виводить з організму солі важких металів та радіонукліди. Соціальний ефект впровадження розробленого десерту полягає у розширенні асортименту страв для харчування дорослих та дітей з покращеними споживчими властивостями продукції, що сприятиме збереженню здоров'я населення, захисту організму від негативного впливу навколишнього середовища. Розроблена десертна продукція може бути рекомендована для харчування у повсякденних раціонах людей, що працюють на виробництвах важкої промисловості, проживають на екологічно забруднених територіях та всіх верств населення.

**Ключові слова:** харчова цінність, десерт, зефір, харчова технологія, мінеральні речовини, харчові волокна.

**Antonenko A. V., Tolok G. A., Brovenko T. V., Ratushenko A. T., Gorkun A. O. Technology of confectionery using powders of tropical plants**

The article describes the production technology, recipe composition of the dessert - marshmallow with gum arabic. The expediency of using biologically active raw materials in the developed technology is substantiated. A set of data characterizing the quality of the developed dish was obtained, and its high nutritional value was proven. On the basis of studies of the organoleptic indicators of the developed samples, a rational concentration of the dietary supplement in the dessert recipe was determined, which gives the developed food products improved taste properties and consistency compared to the control due to the use of a biologically active substance. The developed technology has an increased content of food fibers compared to the traditional technology. The optimal ratio of components in the recipe of the developed dessert was experimentally confirmed. According to organoleptic indicators, the developed dessert meets the established quality standards. The proposed method of producing marshmallows with gum arabic allows you to obtain products of higher nutritional value compared to traditional technology. The introduction of dessert production technology with the use of gum arabic in restaurants is relevant and expedient. From an economic point of view, this is not an expensive method, because it is not necessary to spend on new equipment, additional elements in production, and the thickener itself costs the same as similar thickeners. Gum arabic is not an allergen, contains natural fiber, removes heavy metal salts and radionuclides from the body. The social effect of the introduction of the developed dessert consists in expanding the assortment of meals for adults and children with improved consumer properties of the products, which will contribute to the preservation of the health of the population and the protection of the body from the negative effects of the environment. The developed dessert products can be recommended for food in the daily diets of people working in heavy industry, living in ecologically polluted areas and all strata of the population.

**Key words:** nutritional value, dessert, marshmallow, food technology, mineral substances, food fibers.

**Вступ.** Харчування відіграє важливу роль у життєдіяльності людини. Кожного дня організм потребує нової порції калорій та поживних речовин для свого подальшого існування. Людському організму, окрім енергетичної та харчової цінності продуктів, важливі також органолептичні показники – смак та відчуття насолоди від споживання їжі.

Від споживання десертних виробів, особливо цукрових, отримують найбільше задоволення. Це пов'язано з великим вмістом цукру, що входить до складу солодошів. Наш організм, після споживання солодкого, починає виробляти серотонін (нейромедіатор, що впливає на настрій).



**Постановка проблеми.** Актуальність проблеми полягає у тому, що поширене використання харчових добавок у всіх галузях харчового виробництва обумовлене підвищеними вимогами сучасного споживача до якості та асортименту харчової продукції при збереженні невисокої вартості, високою конкурентоспроможністю підприємств, що випускають типову продукцію тощо. Також останні кілька десятиліть багато уваги приділяється введенню у рецептури десертної продукції харчових добавок, які здатні не тільки виконувати певні технологічні функції, але й збагачувати її біологічно активними компонентами [1]. Зефір є дуже популярним видом десерту, користується значним попитом споживачів. До його складу, в якості желеутворювача, використовують желатин. Але зараз на ринку існує дуже багато сучасних згущуючих речовин, які мають більш високі технологічні властивості [2].

На теперішній час ринок харчових продуктів представлений широким асортиментом. Споживачі надають перевагу якісним продуктам харчування, враховуючи органолептичні характеристики, корисні властивості та показники безпеки. Пріоритетними у створенні харчових систем з підвищеною харчовою цінністю є використання натуральних харчових інгредієнтів та добавок.

Гуміарабік – це тверда прозора маса, яка виділяється різними видами акацій, зареєстрована як харчова добавка E414. При виготовленні десертів дозволяє запобігти зацукрюванню, не змінюючи смак продукту. Гуміарабік збільшує термін придатності продукту, є з'єднувачем несп'єднаних структур, що заважає розшаруванню. Речовина зменшує утворення піни та грудок [3].

**Мета дослідження.** Метою роботи є розроблення технології десертів із використанням гуміарабіку, визначення показників якості готових виробів.

Об'єкт дослідження – технологія виготовлення зефіру із застосуванням гуміарабіку.

Предмет дослідження – зефір неглазурований виготовлений із застосуванням желатину ДСТУ 6441-2003; зефір неглазурований із використанням гуміарабіку.

Методи дослідження – органолептичні (зовнішній вигляд, консистенція, смак та запах), фізико-хімічні (визначення вологості, вмісту білків, жирів, вуглеводів), методи математичної обробки експериментальних даних з використанням комп'ютерних технологій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз останніх досліджень та публікацій дає зрозуміти, що гуміарабік можна застосовувати не тільки у десертному напрямі, а також у фармацевтичному виробництві, в якості сполучного компонента і оболонки для пігулок; входить до складу акварельних фарб, посилює їх блиск; у косметології входить в рецептуру лосьйонів, кремів, масок для обличчя.

За хімічним складом, гуміарабік відноситься до складу глікопротеїнів, тобто біополімерів, молекула яких має фрагменти як полісахаридів, так і білків. Гуміарабік використовується в дієтичних продуктах, він стійкий до дії ферментів шлунково-кишкового тракту людини, є джерелом натуральних харчових волокон, що підтримують імунітет людини за рахунок стимулювання росту і розвитку його біфідо- та лактобактерій [4].

На ринку України для використання в десертній продукції представлений асортимент харчових добавок на основі натурального гуміарабіку, розроблених французькою компанією «NEXIRA», яка є світовим лідером у виробництві харчового гуміарабіку.

Значний внесок у вирішення фундаментальних питань створення функціональних харчових продуктів як засобу профілактики та ліквідації дефіциту мікронутрієнтів надали дослідження таких вітчизняних та зарубіжних вчених: О.О. Грінченко,

А.Б. Горальчука, А.М. Дорохович, І.Ю. Жигаленко, А.В. Зіolkовської, П.О. Карпенка, М.Б. Колесникової, В.Н. Корзуна, М.В. Кравченка, Г.М. Лисюк, Л.П. Малюк, Л.М. Мос- тової, Н.Я. Орлової, М.І. Пересічного, П.П. Пивоварова, Н.В. Прикульської, Г.Б. Рудав- ської, М.Р. Ennis, J.C.F. Murrey, G.O. Phillips, W.C. Weling, P.A. Williams та ін. [5–10].

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Солодощі зазвичай високало- рійні, тому їх вживання скорочують до мінімуму аби не зашкодити своєму здо- ров'ю та стежити за своєю вагою. Найближчий десерт зефіру – пастила. Спочатку вона виготовлялася тільки з цукру і яблучного пюре. Пізніше до її складу увійшли різного роду добавки. Класичний вид зефіру представляє собою дві з'єднаних напівсфери білого або рожевого кольору.

Традиційно у складі зефіру міститься вода, цукор, лимонна кислота і жела- тин. Залежно від бажаного смаку в нього додають малинове, яблучне, вишневе та інші види пюре. Технологія приготування не дуже складна, зефір одержують перетиранням білка з цукром і фруктовим пюре, додаються пектин, агар-агар або желатин. У нашій розробці використовуватиметься у якості загусника гуміарабік.

На рис. 1 наведено класичну схему виготовлення зефіру:

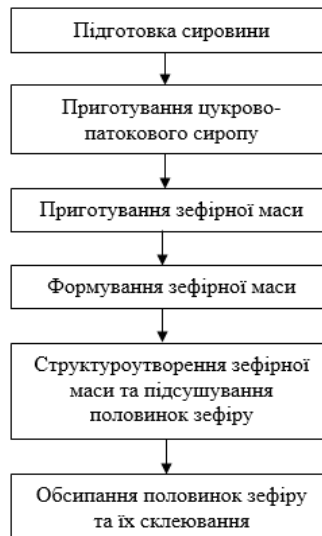


Рис. 1. Технологічна схема приготування зефіру

Технологія приготуванні полягає у наступному: напівфабрикат цукрово-пато- ковий сироп готують згідно з рецептурою (табл. 1): уварюють при  $t=95\dots98^{\circ}\text{C}$  до вмісту сухих речовин 84...85%, розчиняють попередньо замочений желатин, вво- дять яєчний білок і масу збивають у збивальній машині до отримання консите- нції, що утримує форму. Зефір формують кондитерським мішком. Відформовані порції зефіру у вигляді напівсфер направляють на вистоювання і підсушування при ( $t=18\dots20^{\circ}\text{C}$ ) [11].

Для того, аби почати виробництво виробу, необхідно приготувати цукрово-па- токовий сироп. На великих підприємствах сироп виготовляється самостійно, якщо виробництво менших масштабів, використовують готовий напівфабрикат сиропу. Зазвичай це довготривалий та трудомісткий процес, для якого необхідна точність та виваженість дій, адже будь-яка помилка може коштувати якості готового виробу.

Таблиця 1

**Рецептура зефіру неглазурованого традиційного  
та з використанням гуміарабіка**

Найменування сировини	Масова частка сухих речовин, %	Витрати сировини, кг	
		на н/ф для 1 кг готової продукції	
		Традиційна технологія	Розроблена технологія
Цукор білий	99.85	0.670	0.650
Цукрова пудра	99.85	0.029	0.020
Патока	78.0	0.138	0.124
Пюре яблучне	10.0	0.371	0.345
Білок яєчний	12.0	0.064	0.064
Желатин	85.0	0.025	-
Гуміарабік	80.0	-	0.018
Кислота молочна	40.0	0.006	0.006
Есенція ванільна	-	0.001	-
Есенція вишнева	-	-	0.002
Харчовий барвник вишневий	5.0	-	0.005
Всього сировини	-	1.304	1.234
Вихід	-	1.000	1.000

Для того, аби його отримати, необхідно використовувати якісні продукти та правильно розрахувати пропорції компонентів, щоб не допустити перенасичення концентрації сиропу, щоб в подальшому не отримати оцукрення виробу.

Принципова технологія приготування цукрово-патокового сиропу полягає у наступному: желатин, цукор і патоку завантажують в послідовності, яка вказана нижче. Замочений набряклий желатин завантажують і розчиняють в певній кількості води. Загальна кількість води, введеної в процесі розчинення, не повинна перевищувати 80% від маси завантаженого цукру.

Після повного розчинення желатину вводять необхідну кількість цукрового піску і по розчиненні останнього завантажують при перемішуванні відповідну рецептурі кількість патоки. Рекомендована вологість цукрово-патокового сиропу – 35–40%. Розчин фільтрують через сито з діаметром отворів не більше 0,5 мм або через подвійний шар марлі [12].

Технологічна схема виготовлення зефіру з використанням гуміарабіку за інноваційною технологією наведена на (рис. 2).

Важливою характеристикою є поживна цінність розробленої продукції. Енергетична цінність зефіру, як і майже будь якого десертного виробу досить висока, становить 108–114 ккал однієї штуки вагою 33–35 г.

У табл. 2 наведені показники розрахованої харчової та енергетичної цінності двох видів зефіру: виготовленого за класичною технологією (зразок 1) та зефіру із використанням гуміарабіку (зразок 2).

Різниця у хімічному складі між зразком 1 та зразком 2 подана у діаграмі (рис. 3)

Провівши аналіз діаграми, можемо зробити наступні висновки: кількість білків у зразку 2 збільшується на 33,3%, жирів та вуглеводів зменшується на 33,3% та 7,4% відповідно; кількість натрію збільшується на 12,5%, калію на 28% та

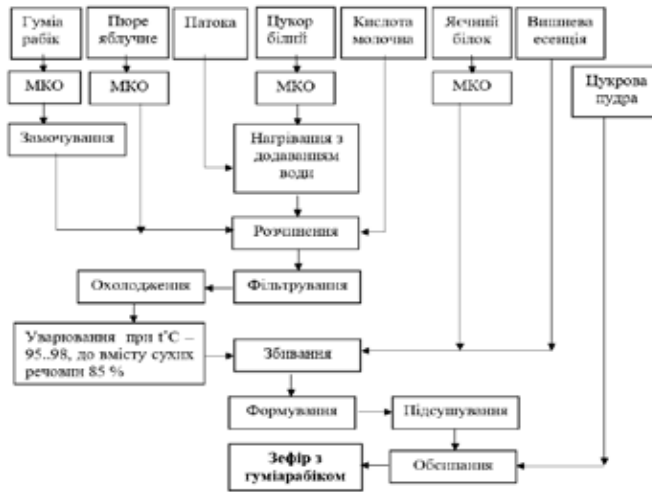


Рис. 2. Технологічна схема виготовлення зефіру з використанням гуміарабіка

Таблиця 2

**Хімічний склад та харчова цінність контрольного та дослідного зразків зефіру**

Показники	Зразок 1	Зразок 2	Різниця, %
Білки, г	1.8	2,4	$\geq 33,3$
Жири, г	0.3	0.2	$\leq 33,3$
Вуглеводи, г	81	75	$\leq 7,4$
Харчові волокна, г	0.1	0.1	0
Натрій, мг	80	90	$\geq 12,5$
Калій, мг	5	6,4	$\geq 28$
Кальцій, мг	3	4,3	$\geq 43,3$
Залізо, мг	0.2	0.29	$\geq 45$
Магній, мг	2	2	0
Енергетична цінність, ккал	326	281	$\leq 13,8$

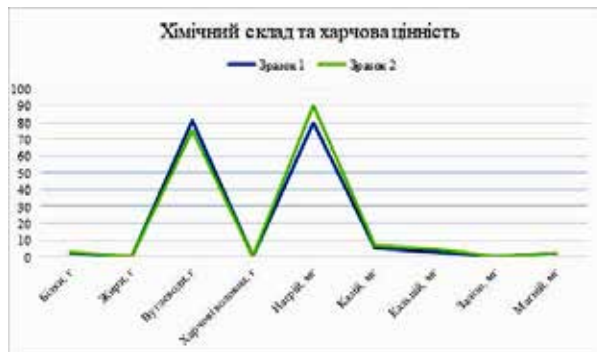


Рис. 3. Хімічний склад та харчова цінність контрольного та дослідного зразків зефіру

кальцію на 43,3% у зразку порівняно із зразком 1. Калорійність зразка 2 зменшується на 13,8%.

Органолептична оцінка двох зразків подана у (табл. 3): (зразок 1) – класична технологія, (зразок 2) – технологія із застосуванням гуміарабіку.

Таблиця 3

### Органолептична оцінка зразків зефіру

Найменування показника	Зразок 1	Зразок 2
Стан поверхні	Поверхня з легкими мікротріщинами, всипана цукровою пудрою, без деформацій та надрив. Малюнок рівномірно розподілений по площі виробу.	Поверхня гладка, помірно вкрита цукровою пудрою, форма правильна, без деформацій, половинки тримаються одна одної. Поверхня має чіткий малюнок.
Колір	Білий, однорідний.	Білий, на розрізі колір однорідний, колір поверхні та колір всередині однаковий.
Консистенція	Однорідна, м'яка, поверхня злегка суха, всередині структура піноподібна. Легко розламується, форма тримається.	М'яка і водночас пружна, швидко відновлює форму після натискання, структура повітряна, піноподібна. Зефір легко розламується, наповнювач рівномірно розподілений в товщі виробу. Без ознак оцукрювання, та розшарування.
Смак	Насичений, приємний, солодкий, без сторонніх смаків.	Більш солодкий, молочний, насичений, злегка ванільний, без сторонніх включень та смаків.
Запах	Притаманий даному виробу, без сторонніх запахів.	Яскраво виражений, ванільний, солодкуватий запах, без сторонніх запахів.

Також проведено органолептичну оцінку виробів, після того, як вони декілька днів провели без додаткової упаковки, під дією повітря. На зразку 1 поверхня стала твердою, і при розламі виріб злегка розсипався, пудра погано трималась на поверхні, всередині виріб відносно м'який, але не такий, як на початковому етапі. Зразок 2 за органолептичною оцінкою виглядав дещо краще: пудра трималась на поверхні, колір не змінився, з'явилися невеликі тріщини на поверхні, зефір при натисканні відновлював форму, залишився м'який. Консистенція була повітряна та м'яка, смак та запах не змінився.

Проведено дослідження щодо зберігання контрольних та розроблених зразків зефіру. Термін зберігання виробів за класичною технологією становить 30 днів у стані закритої упаковки; 14 днів після того, як упаковку буде відкрито. За інноваційною технологією із використанням гуміарабіку термін придатності зефіру у закритій упаковці становить 40 днів, а після відкриття упаковки – 21 день. Тобто, якщо використовувати інноваційну технологію із гуміарабіком, термін

придатності збільшується на 10 днів у закритій упаковці та на 7 днів після відкриття упаковки.

Після проведення порівняльної органолептичної оцінки двох зразків, можна вважати, що для тривалого зберігання виробів, без втрати їх товарного вигляду, та зміни смакових та ароматичних властивостей, доцільно застосовувати технологію виробництва зефіру із використанням загусника гуміарабік.

**Висновки.** Проаналізувавши дані проведених досліджень, можна зазначити, що впровадження технології виробництва десертів із застосуванням гуміарабіку у закладах ресторанного господарства є актуальним та доцільним. З економічної точки зору, це не є затратним способом, адже не потрібно витратитись на нове обладнання, додаткові елементи на виробництві, а сам загусник коштує так само як йому подібні загусники. Гуміарабік не є алергеном, містить природну клітковину, виводить з організму солі важких металів та радіонукліди. Соціальний ефект впровадження розробленого десерту полягає у розширенні асортименту страв для харчування дорослих та дітей з покращеними споживчими властивостями продукції, що сприятиме збереженню здоров'я населення, захисту організму від негативного впливу навколишнього середовища. Розроблена десертна продукція може бути рекомендована для харчування у повсякденних раціонах людей, що працюють на виробництвах важкої промисловості, проживають на екологічно забруднених територіях та всіх верств населення.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мазаракі А.А. Технологія харчових продуктів функціонального призначення. Київ : КНТЕУ. 2012. 1116 с.
2. Львович И.Я. Перспективные тренды развития науки: техника и технологии. Одеса: КУПРИЕНКО СВ. 2016. 197 с.
3. A.M. Islam, G.O. Phillips, A. Sljivo, M.J. Snowden and P.A. Williams. A review of recent developments on the regulatory, structural and functional aspects of gum arabic. *Food Hydrocoll.* 2007, V.11, 493.
4. A.K.Ray, Ph.B.Bird, G.A.Iacobucci and B.C.Clark. Functionality of gum arabic. Fractionation, characterization and evaluation of gum fractions in citrus oil emulsions and model beverages. *Food Hydrocoll.* 2005, V.9,123.
5. Корзун В. Н., Гаркуша С. Л. Заходи профілактики та лікування метаболічного синдрому у населення. *Довкілля та здоров'я*. 2016. №. 1. С. 9–13.
6. Черевко О.І. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення. Харків : ХДУХТ. 2017. 591 с.
7. Yatsenko V.M. Financial-economic and innovative support of entrepreneurship development in the spheres of economy, tourism and hotel-restaurant business. Agenda Publishing House, Coventry, United Kingdom. 2017. 619 с.
8. Русавська В.А. Теоретико-практичні підходи до ефективного функціонування ринку готельно-ресторанних послуг: стан, проблеми, тенденції. Київ : Видавництво Ліра. 2018. 420 с.
9. Мазаракі А.А. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв функціонального призначення. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. 772 с.
10. Brovenko T. Food design as the actual direction of the interdisciplinary researches. *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв* : наук. журнал, 2018. №2. С. 91–94.
11. Журавська А.А. Новітні технології кондитерських виробів підвищеної харчової цінності. Наукові праці SWorld. 2013. № 1. С. 73–77.
12. Кравченко М.Ф. Наукове обґрунтування і розроблення фруктових систем як основи для солодких соусів. Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки». 2009. № 2. С. 76–82.

**REFERENCES:**

1. Mazaraki A.A. (2012). Tekhnologiya harchovih produktiv funkcional'nogo pryznachennya. Kiiv: KNTEU. 1116 s. [in Ukrainian].
  2. L'vovich I.YA. (2016) Perspektivnye trendy razvitiya nauki: tekhnika i tekhnologii. Odesa: KUPRIENKO SV. 197 s. [in Ukrainian].
  3. A.M. Islam, G.O. Phillips, A. Sljivo, M.J. Snowden and P.A. Williams. (2007). A review of recent developments on the regulatory, structural and functional aspects of gum arabic. Food Hydrocoll. V.11, 493. [in USA].
  4. A.K.Ray, Ph.B.Bird, G.A.Jacobucci and B.C.Clark. (2005). Functionality of gum arabic. Fractionation, characterization and evaluation of gum fractions in citrus oil emulsions and model beverages. Food Hydrocoll. V. 9, 123. [in USA].
  5. Korzun V. N., Harkusha S. L. (2016). Zakhody profilaktyky ta likuvannia metabolicnogo syndromu u naselennia. Dovkillia ta zdorovia. № 1. 9–13.
  6. Cherevko O.I. (2017). Innovacijni tekhnologii harchovoї produkciї funkcional'nogo pryznachennya. Harkiv: HDUHT. 591 s. [in Ukrainian].
  7. Yatsenko V.M. (2017). Financial-economic and innovative support of entrepreneurship development in the spheres of economy, tourism and hotel-restaurant business. Agenda Publishing House, Coventry, United Kingdom. 619 s. [in United Kingdom].
  8. Rusavs'ka V.A. (2018). Teoretiko-praktichni pidhodi do efektyvnogo funkcionuvannya rinku gotel'no-restorannih poslug: stan, problemi, tendencii. Kiiv: Vidavnytvo Lira. 420 s. [in Ukrainian].
  9. Mazaraki A.A. (2013). Zbirnyk retseptur kulinarnoi produktsii i napoiv funktsionalnogo pryznachennia. Kyiv : Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t. 772 s. [in Ukrainian].
  10. Brovenko T. (2018). Food design as the actual direction of the interdisciplinary researches. Visnyk Natsionalnoi akademii kerivnykh kadrov kultury i mystetstv: nauk. zhurnal. № 2, 91–94. [in Ukrainian].
  11. Zhuravska A.A. (2013). Novitni tekhnologii kondyterskykh vyrobiv pidvyshchenoi kharchovoї tsinnosti. Nauchnye trudy SWorld. № 1. 73–77. [in Ukrainian].
  12. Kravchenko M.F. (2009). Naukove obhruntuvannia i rozroblennia fruktovykh system yak osnovy dlia solodkykh sousiv. Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. «Tovary i rynky». № 2. 76–82. [in Ukrainian].
-

УДК 366:24

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.14>

## НЕБЕЗПЕКИ ТА ЗАГРОЗИ: ВПЛИВ ТОКСИКАНТІВ НА ЯКІСТЬ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

**Вогнієнко Л. П.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри харчових технологій  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-7866-8081

**Стасюк Ю. І.** – здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня II курсу  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0009-0009-5835-4761

Забезпечення безпеки та якості молочних продуктів є надзвичайно важливим завданням для споживачів та виробників. Однак, небезпека забруднення молочних продуктів токсикантами може стати серйозною загрозою для здоров'я споживачів. Фізичні та хімічні забруднення можуть виникнути на будь-якому етапі виробництва та постачання молочних продуктів, і їх виявлення та контроль вимагають уважності та системного підходу. У цій статті ми детально розглянемо різноманітні типи токсикантів, їхній вплив на якість молочних продуктів та можливі наслідки для здоров'я споживачів. Фізичні токсиканти можуть включати чужорідні тіла, такі як пил, волосся та фрагменти упаковки, а також металеві забруднення, зокрема свинець, кадмій та ртуть. Хімічні токсиканти включають пестициди та гербіциди, антибіотики, гормональні речовини, важкі метали та інші хімічні забруднення, такі як діоксини та пластикові розчинники. Молочні продукти можуть бути забруднені на різних етапах виробництва та постачання. Забруднення може виникати через недоліки у виробництві, навколишнє середовище або внаслідок використання хімікатів та антибіотиків у тваринництві. Негативний вплив токсикантів може виявлятися у вигляді зміни смаку та запаху молочних продуктів, порушення їхньої корисної властивості та загрози для здоров'я споживачів. Деякі токсиканти можуть накопичуватися в організмі людини та викликати серйозні захворювання. Для виявлення та контролю рівня токсикантів у молочних продуктах використовуються різноманітні методи, включаючи хімічні аналізи, біологічні тести та системи моніторингу якості. Нормативні вимоги та стандарти щодо максимально допустимих рівнів токсикантів у молочних продуктах, а також контроль якості на рівні виробництва, грають важливу роль у забезпеченні безпеки та якості молочних продуктів. Негативний вплив токсикантів на здоров'я може бути серйозним, зокрема викликати розвиток хронічних захворювань та порушення функцій органів та систем організму.

**Ключові слова:** безпека молочних продуктів, токсиканти, вплив на здоров'я, методи контролю, нормативи.

### **Vohnivenko L. P., Stasiuk Yu. I. Hazards and threats: the impact of toxicants on the quality of dairy products**

Ensuring the safety and quality of dairy products is of utmost importance to consumers and producers. However, the risk of contamination of dairy products with toxicants can pose a serious threat to consumer health. Physical and chemical contamination can occur at any stage of the dairy production and supply chain, and their detection and control requires care and a systematic approach. In this article, we will take a closer look at the different types of toxicants, their impact on dairy product quality and the possible health implications for consumers. Physical toxicants can include foreign bodies such as dust, hair and packaging fragments, as well as metal contaminants such as lead, cadmium and mercury. Chemical toxicants include pesticides and herbicides, antibiotics, hormones, heavy metals and other chemical contaminants such as dioxins and plastic solvents. Dairy products can be contaminated at various stages of production and supply. Contamination can arise from deficiencies in production, the environment or from the use of chemicals and antibiotics in animal husbandry. The negative impact of toxicants can manifest itself in the form of changes in the taste and smell of dairy products, impairment of their



*health benefits and threats to consumer health. Some toxicants can accumulate in the human body and cause serious illnesses. A variety of methods are used to detect and control the level of toxins in dairy products, including chemical analyses, biological tests and quality monitoring systems. Regulatory requirements and standards for maximum permissible levels of toxicants in dairy products, as well as quality control at the production level, play an important role in ensuring the safety and quality of dairy products. The negative impact of toxicants on health can be serious, including the development of chronic diseases and dysfunctions of organs and body systems.*

**Key words:** *dairy product safety, toxicants, health effects, control methods, regulations.*

**Вступ.** Молочні продукти, безсумнівно, є важливою складовою здорового харчування для багатьох людей по всьому світу. Однак на шляху від корівника до столу існують ризики забруднення, які можуть серйозно підірвати якість та безпеку цих продуктів. Токсиканти, які можуть потрапити в молоко через різні джерела забруднення, становлять серйозну загрозу для споживачів. Розуміння цих ризиків допоможе розробити ефективні стратегії для забезпечення безпеки та якості молочних продуктів для споживачів [1].

**Постановка проблеми.** Типи хімічних токсикантів у молочних продуктах можна загалом поділити на три основні групи: мікробні токсини, хімічні токсини і радіонукліди. Розглянемо детальніше кожен з них. Мікробні токсини – це отруйні речовини, які продукуються мікроорганізмами, такими як бактерії, гриби або віруси, і можуть потрапити до молочних продуктів через забруднення або інфекцію. Такі бактеріальні токсини як Сальмонела, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli* (*E. coli*) та інші є дуже небезпечними бактеріями. Наприклад: Бактерія Сальмонели, може спричиняти харчові отруєння через забруднення молочних продуктів. Інфекція *Salmonella* може призвести до симптомів, таких як гострий біль у животі, блювота та діарея. Бактерія *Clostridium botulinum* – продукує потужний токсин, відомий як ботулін. Він може бути присутній у ґрунті, а також у недостатньо обробленому м'ясі або консервованих продуктах, що може призвести до серйозного отруєння, якщо вона потрапить до молочної продукції. А деякі штами *E. coli* можуть виділяти токсини, які можуть призвести до важких харчових отруєнь, особливо у вразливих груп населення, таких як діти та люди зі слабким імунітетом [2].

Грибкові токсини можуть потрапити у їжу через різні механізми забруднення. Грибкові токсини можуть бути присутні в сировині, такій як корми для тварин або зерно, яке використовується для виробництва продуктів. Наприклад, афлатоксини, які продукуються деякими видами грибів роду *Aspergillus*, можуть забруднювати кукурудзяні кочану, сою та інші корми для тварин. Якщо тварина споживає забруднені корми, афлатоксини можуть потрапити у її тканини, включаючи молоко. Наприклад Афлатоксини продукуються деякими видами грибів, зокрема *Aspergillus flavus* і *Aspergillus parasiticus*. Вони можуть забруднювати корми для тварин, такі як кукурудза або соя, і накопичуватися у молоці корів або в інших молочних продуктах. Для запобігання потраплянню грибкових токсинів у їжу важливо дотримуватися високих стандартів санітарії у всіх етапах виробництва, зберігання та обробки харчових продуктів. Це включає в себе контроль якості сировини, правильне зберігання та обробку, а також ретельний контроль гігієни під час виробництва та обробки їжі.

Такий вірус, як Гепатит А, переважно передається через забруднену воду або контакт зі збудником, він також може потрапити до молочних продуктів через забруднення під час виробництва або обробки [3].

Фізичні токсиканти, так само як і хімічні, можуть потрапити до молочної продукції на будь якому етапі. Фізичні токсиканти у молочних продуктах можуть бути

наслідком різних факторів, що включають забруднення під час виробництва, транспортування, або навіть зберігання. Металеві частки можуть потрапити у молочні продукти через зношення обладнання для виробництва, транспортування або через несправність упаковки. У молочному виробництві використовуються різні металеві пристрої, такі як насоси, труби, апарати для обробки тощо. Зношення цих пристроїв може призвести до того, що металеві частинки відірвуться і потраплять у продукт. Шлаки і бруд можуть бути присутні в молоці через різноманітні причини. Наприклад, нестача гігієнічних стандартів під час збору молока може призвести до того, що шлаки і бруд, які знаходяться на шкірі тварин, потраплять у молоко.

**Мета дослідження.** Вивчення впливу токсинів на якість молока.

**Аналіз останніх досліджень.** Некоректна обробка або зберігання молока може призвести до його забруднення. Звичайним пунктом забруднення молочних продуктів є пісок і ґрунтові частинки, які можуть потрапити у молоко під час збору на фермі, особливо якщо не використовуються належні методи фільтрації. Ці частинки можуть містити мікроорганізми або забруднення, що призводять до інфекцій та інших захворювань у споживачів.

Ще одним видом фізичного забруднення можуть бути шматки упаковки або інших матеріалів, які можуть відокремитися та потрапити в молочний продукт під час транспортування або обробки. Наприклад, це може трапитися, якщо упаковка молочних продуктів пошкодиться під час перевезення або упакування.

Деякі забруднення можуть також включати хімічні речовини, такі як рідини для очищення, дезінфікуючі засоби або інші хімікалії, які можуть потрапити в молочні продукти через некоректне зберігання або використання хімічних засобів у процесі виробництва.

Під час збору молока може випадати волосся з шкіри тварин, яке потім може потрапити в молочний продукт. Це особливо можливо у випадку некоректного оброблення молока перед виробництвом продуктів. Частки рослин або інших рослинних матеріалів можуть потрапити в молочний продукт під час збору молока або обробки виробів. Наприклад, у випадку, коли тварини пасуться на полях, можуть потрапити частинки рослин у молоко [4].

На даний момент, існує багато способів виявлення токсикантів у молочних продуктах. Умовно поділимо ці способи на групи: фізичний огляд, хімічний аналіз, мікробіологічні тести. Розглянемо детальніше кожен із них.

Фізичний огляд молочних продуктів відіграє важливу роль у виявленні можливих забруднень та оцінці їхньої якості. Візуальні ознаки, такі як кольорові зміни, запах, відстій або рідкий осад, можуть надати важливу інформацію про можливі токсиканти у продукті. Зміни у кольорі молочних продуктів можуть бути індикатором окислення, забруднення або розкладу. Наприклад, наявність темних плям або незвичайних відтінків може свідчити про окислення молока або процеси розкладу [5].

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Зміни в запаху молочних продуктів можуть бути також ознакою їхньої якості. Наприклад, наявність кислуватого або неприємного запаху може вказувати на наявність мікробної активності або процесів розкладу.

Під мікроскопом можна оцінити наявність різних інородних об'єктів у молочних продуктах, таких як частинки металу, шлаки, волосся тварин тощо. Це дозволяє виявити потенційно небезпечні забруднення, які можуть бути присутні у продукті.

Наявність відстою або рідкого осаду у молочних продуктах також може бути ознакою забруднення або розкладу продукту. Це може бути результатом окислення жирових компонентів, утворення бактеріальних відкладень або інших процесів.

Хімічний аналіз молочних продуктів є важливим інструментом для виявлення та кількісної оцінки різних токсикантів. Метод газової хроматографії використовується для розділення та ідентифікації компонентів зразка на основі їхньої рухомості у газовій фазі в Хроматографічній колонці. Він широко застосовується для виявлення різних хімічних сполук у молочних продуктах, таких як антибіотики, пестициди, афлатоксини та інші токсичні сполуки [6].

Розподільна хроматографія використовується для розділення та ідентифікації різних хімічних речовин у рідинних розчинах. Вона може бути застосована для виявлення різних речовин у молочних продуктах, таких як консерванти, антибіотики, ароматизатори тощо.

Мас-спектрометрія – аналітичний метод, який використовується для ідентифікації хімічних сполук за їхнім масовим спектром. Цей метод базується на розділенні іонів за їхньою масою та зарядом. Основні компоненти мас-спектрометра включають джерело іонів, аналізатор мас та детектор іонів. Мікробіологічні тести включають різноманітні методи для виявлення та оцінки мікробної забрудненості молочних продуктів. Мікробіологічні тести можуть включати оцінку загального рівня мікробної забрудненості молочних продуктів. Це може бути важливо для визначення загальної якості продукту та виявлення можливих проблем у виробничому процесі.

Деякі мікроби, такі як пліснява, можуть виділяти токсини, відомі як мікотоксини, які можуть бути шкідливими для здоров'я. Мікробіологічні тести можуть включати аналіз молочних продуктів на наявність таких мікотоксинів, наприклад, афлатоксинів або ократоксинів. Мікробіологічні тести також можуть використовуватися для контролю за забрудненням виробничого середовища, включаючи обладнання та поверхні, що контактують з продуктом. Це допомагає запобігти забрудненню молочних продуктів під час їх виробництва. Основним аспектом мікробіологічних тестів є виявлення патогенних мікроорганізмів. Патогенні мікроорганізми, такі як *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 та інші, можуть спричиняти серйозні захворювання у споживачів. Тестування на ці мікроорганізми включає використання спеціальних культуральних методів. *Salmonella* є одним з найпоширеніших патогенних мікроорганізмів, які можуть бути присутні у молочних продуктах. Вона може бути виявлена за допомогою культуральних методів, таких як посів на селективні середовища, та біомолекулярних методів, таких як ПЛР, яка виявляє специфічні гени *Salmonella*. *Listeria monocytogenes* може виконуватися за допомогою культуральних методів, таких як аналіз на наявність бактерій на агарних петлях, а також за допомогою біомолекулярних методів, таких як ПЛР. Деякі штами *E. coli* можуть бути патогенними, спричиняючи харчові отруєння та інші захворювання. Для виявлення патогенних штамів *E. coli* в молочних продуктах використовують культуральні методи, такі як аналіз на наявність бактерій на спеціальних середовищах, та біомолекулярні методи, які дозволяють виявляти певні гени або токсини, що характерні для патогенних штамів.

Крім тих, що вказані вище, існує інше широке спектр патогенних мікроорганізмів, таких як *Campylobacter*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum* та інші, які також можуть бути присутні у молочних продуктах та становити загрозу для здоров'я. Для виявлення цих патогенів використовуються аналогічні методи аналізу, що вказані вище. Нормативні вимоги та стандарти стосовно максимально допустимих рівнів токсикантів у молочних продуктах є необхідними для забезпечення безпеки та якості цих продуктів для споживачів. Такі вимоги

встановлюються національними та міжнародними організаціями, які мають на меті захист здоров'я споживачів та забезпечення безпечного споживання харчових продуктів.

Регулювання максимально допустимих рівнів токсикантів у молочних продуктах базується на результатах наукових досліджень та ризик-орієнтованому підході. Встановлення максимально допустимих рівнів ґрунтується на оцінці потенційних ризиків для здоров'я споживачів, враховуючи такі фактори, як частота споживання продукту, можливі наслідки для здоров'я та доступні технології виробництва для зниження рівнів токсикантів.

Контроль якості молочних продуктів на рівні виробництва включає в себе низку процесів та заходів, спрямованих на забезпечення відповідності продукції встановленим нормам та стандартам безпеки. Виробники молочних продуктів ведуть постійний моніторинг виробничих процесів з метою виявлення будь-яких аномалій, які можуть призвести до підвищення рівнів токсикантів у продукції. Важливим етапом є аналіз якості вхідних матеріалів, таких як молоко та інші інгредієнти, з метою виявлення можливих джерел токсикантів та їхнього впливу на якість кінцевої продукції. Після завершення виробничого процесу зразки молочних продуктів піддаються обов'язковому тестуванню для визначення рівнів токсикантів та відповідності стандартам якості. Виробники зобов'язані дотримуватися встановлених норм та стандартів якості, які регулюють максимально допустимі рівні токсикантів у молочних продуктах. Деякі країни вимагають, щоб виробники молочних продуктів мали сертифікати якості або ліцензії на виробництво, які підтверджують відповідність їхньої продукції встановленим стандартам та нормам безпеки. В цілому, регулювання та контроль якості молочних продуктів на рівні виробництва є важливими елементами для забезпечення безпеки та якості цих продуктів для споживачів. Вони гарантують, що молочні продукти відповідають найвищим стандартам безпеки та відповідають вимогам споживачів.

**Висновки і пропозиції.** В Україні контроль якості молочних продуктів є важливою складовою системи безпеки харчових продуктів і проводиться відповідно до встановлених законодавством норм та стандартів. Органи державного нагляду, медичні установи, науково-дослідні інститути, а також виробники молочної продукції виконують свої функції у цій сфері.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ходжсон Х., Роль дійних корів у світовому виробництві їжі. *Journal of Dairy Science*. 2017. Вип. 62. С. 343–351.
2. Бейц Д. Фізичні та сенсорні властивості молочних продуктів від корів з різним складом жирних кислот молока. *Журнал сільськогосподарської та харчової хімії*. 2019. Вип 52.
3. Егмонд Х. Мікотоксини в молочних продуктах. *Харчова хімія*. 2018. Вип. 22, С. 43–51. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(83\)90076-6](https://doi.org/10.1016/0308-8146(83)90076-6).
4. Абдурахман М. Огляд впливу афлатоксинів на здоров'я населення в молоці та продуктах харчування молочних корів на основі молока. *Журнал ветеринарної медицини*. 208. Вип. 12. С. 43–51. <https://doi.org/10.14302/issn.2575-1212.jvhc-22-4105>.
5. Сяо-гін М. Прогрес у методах виявлення токсинів у молочних продуктах. *Міжнародна харчова наука та технологія*. 2014. Вип. 16. С. 25–30.
6. J. Lievaart та ін. «Концепція критичних контрольних точок аналізу ризиків (НАССР) у застосуванні до деяких хімічних, фізичних і мікробіологічних забруднювачів молока на молочних фермах. Прототип». *Ветеринарний цоквартальник*, 27 (2015): 21–29.

7. Рахман Н. Вплив різних методів екстракції на профіль жирних кислот, фізико-хімічні властивості та індекс харчової якості риб'ячого жиру Pangus. *Food Sci Nutr*. 17 травня 2023;11(8):4688-4699. doi: 10.1002/fsn3.3431. PMID: 37576032; PMCID: PMC10420784.

#### REFERENCES:

1. Hodgson H. (2017). Role of the Dairy Cow in World Food Production. *Journal of Dairy Science*, 62, 343–351. [https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302\(79\)83246-4](https://doi.org/10.3168/JDS.S0022-0302(79)83246-4).
2. Chen S., (2018). Physical and sensory properties of dairy products from cows with various milk fatty acid compositions.. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52 11, 3422-8 . <https://doi.org/10.1021/JF035193Z>.
3. Egmond, H. (2017). Mycotoxins in dairy products. *Food Chemistry*, 11, 289–307. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(83\)90076-6](https://doi.org/10.1016/0308-8146(83)90076-6).
4. Abdurahman M. (2022). Review on Public Health Effects of Aflatoxins in Milk and Milk-Based Foodstuffs of Dairy Cow. *Journal of Veterinary Healthcare*. <https://doi.org/10.14302/issn.2575-1212.jvhc-22-4105>.
5. Xiao-tin, M. (2014). Progress on detection methods of toxin in the dairy products. *Food Science and Technology International*.
6. Lievaart, J., (2015). The Hazard analysis critical control point's (HACCP) concept as applied to some chemical, physical and microbiological contaminants of milk on dairy farms. A prototype. *Veterinary Quarterly*, 27, 21–29. <https://doi.org/10.1080/01652176.2005.9695183>.
7. Rahman N. (2023) Impact of various extraction methods on fatty acid profile, physicochemical properties, and nutritional quality index of Pangus fish oil. *Food Sci Nutr*. 2023 May 17;11(8):4688-4699. doi: 10.1002/fsn3.3431. PMID: 37576032; PMCID: PMC10420784.

UDC 613.22

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.15>

---

**MODERN REQUIREMENTS FOR PRODUCTION CHILD NUTRITION**

---

**Gorach O. O.** – Ph.D., Associate Professor, Professor at the Department of Food Technologies of the Kherson State Agrarian and Economic University  
ORCID ID: 0000-0002-8737-5002  
Scopus-Author ID: 57426262700

**Istomina Yu. V.** – Obtaining Higher Education of the Second (Master's) Level of the First Year of Studies of the Kherson State Agrarian and Economic University  
ORCID ID: 0009-0007-4024-4447

The article researches modern requirements for the production of baby food in Ukraine. It is noted that this group of food products is represented mainly by domestic production. The analysis of the modern production of baby food allows us to conclude that the variety of this category of goods is quite wide, mainly represented by such products as mashed potatoes, juices and cookies of various flavors and represented by fruit, vegetable, vegetable-meat, fish-vegetable, meat, fish products. Modern production technologies of this group of products provide control of quality and safety indicators of raw materials in the context of food legislation and current control of each stage of the technological process of production, packaging, storage and transportation.

Factors affecting the production of this food group include capacity to grow fruits and vegetables for juice production, as well as dependence on imports, especially oranges, grapefruits, mangoes, etc. Logistics problems are also related to influencing factors. It is known that in Ukraine there are problems with the storage (warehouse logistics) of the harvested crop. In addition, intrastate and interstate travel restrictions affect the quality of transportation of raw materials for juices and finished products, which also affects the price. Volumes are part of a healthy diet, so the popularity of this diet has led to an increase in juice consumption. During the pandemic, consumers' purchasing power has been reduced, and cheaper alternatives are becoming more popular.

The technology for the production of puree intended for baby food involves a sterilization process. The main goal of the sterilization process is the need to obtain a high-quality and safe product that does not contain harmful microorganisms that can cause deterioration of the finished product or the health of the consumer. This technological process is based on the use of heat treatment and preservation methods without the use of preservatives. The puree obtained in this way has a longer shelf life and can be stored at room temperature without a refrigerator. It is often used in the food industry to prepare sauces, soups, drinks and other products. The main type of puree packaging is aseptic packaging.

**Key words:** baby food, safety, quality, technology, production, quality control.

**Горач О. О., Істоміна Ю. В. Сучасні вимоги до виробництва дитячого харчування**

В статті проведено дослідження сучасних вимог до виробництва дитячого харчування в Україні. Зазначено, що дана група продуктів харчування представлена в основному вітчизняним виробництвом. Аналіз сучасного виробництва дитячого харчування дозволяє зробити висновок, що різноманітність даної категорії товарів досить широка, в основному представлена такими продуктами як пюре, соки та печиво різних смаків. Смак представлений фруктовими, овочевими, овочево-м'ясними, рибно-овочевими, м'ясними, рибними продуктами. Сучасні технології виробництва даної групи продуктів передбачає контроль показників якості та безпечності сировини в контексті харчового законодавства та поточний контроль кожного етапу технологічного процесу виробництва, пакування, зберігання та транспортування.

Фактори, що впливають на виробництво цієї групи харчових продуктів відносять потужності для вищезгаданого фруктів та овочів для виробництва соків, а також залежність від імпорту, особливо апельсинів, грейпфрутів, манго тощо. Проблеми логістики також відносяться до факторів впливу. Відомо, що в Україні є проблеми зі збереженням, а саме складською логістикою зібраного врожаю. Крім того, внутрішньодержавні та міждержавні обмеження пересування впливають на якість транспортування сировини

---

для соків та готової продукції, що також впливають на ціну. Споживання є частиною здорового харчування, тому популярність цієї дієти призвела до збільшення споживання соку. Під час пандемії, спостерігалася знижена купівельна спроможність споживачів і більшу популярність мали дешевші альтернативи.

Технологія виробництва пюре призначеного для дитячого харчування передбачає процес стерилізації. Основна мета процесу стерилізації є необхідність одержання якісного та безпечного продукту, який не містить шкідливих мікроорганізмів, які можуть спричинити псування готового продукту або здоров'я споживача. Даний технологічний процес базується на використанні термічної обробки та методів консервування без використання консервантів. Одержане в такий спосіб пюре має більший термін зберігання і може зберігатися при кімнатній температурі без холодильника. Його часто використовують у харчовій промисловості для приготування соусів, супів, напоїв та інших продуктів. Основним видом упаковки пюре є асептична упаковка.

**Ключові слова:** дитяче харчування, безпека, якість, технологія, виробництво, контроль якості.

**Formulation of the problem.** Baby food is widely represented by such products as mashed potatoes, juices and cookies. These are one of the main foods that children love. The trends of modern production provide for the release of such an assortment with the provision of maximum usefulness for health, due to the enrichment of this group of food products with vitamins, micro and macro elements, nutrients, etc. In addition, ensuring the quality and safety of ready-made baby food products requires the use of high-quality raw materials, which are a source for food production. These raw materials include fruits, vegetables and cereals.

Special attention is also paid to the packaging of baby food products. Most often, glass containers are used for this purpose, if we are talking about the first complementary food, the range of flavors is represented by fruit, vegetable, vegetable-meat, fish-vegetable, meat, fish products.

Cookies without sugar, flavorings, flavor enhancers are an ideal option for a child's snack.

Children's juices are an important component of the menu, manufacturers offer an assortment of drinks presented as natural, concentrates, without pulp, with pulp, single-component, combined. Of course, you need to choose from a wide range of single-component products, without preservatives and sugar, so as not to cause allergies.

In Ukraine, the largest manufacturers of baby food, which produce fruit and vegetable purees and juices for babies, are «Vitmark-Ukraine», Odesa canning plant of baby food and «Association of children's food» Southern canning plant.

**The purpose of the study.** The purpose of the article is to research modern production technologies, assortment, and quality indicators of baby food.

**Analysis of recent research and publications.** The Ukrainian baby food market is characterized by its own production. The main categories of Ukrainian export goods in 2022 were fruit juices, dry mixes and cereals. Exports of these products fell sharply in 2022 due to falling domestic production and difficult logistics. Analysis of the baby food market allows you to determine a wide range of products, segmented by type and purpose for different age groups. One of the features of the baby food market is that products require certification and set high requirements for production and packaging [1; 2].

In fig. 1 shows the distribution of the baby food market by product types in 2023.

Analyzing the data shown in fig. 1, it can be concluded that the production of fruit and vegetable puree takes second place after dry mixes. It is known that the technology of puree production for baby food involves a sterilization process. The main goal of the sterilization process is the need to obtain a high-quality and safe product that does not contain microorganisms that can cause deterioration of the puree or the health of



Fig. 1. Distribution of the baby food market by product type in 2023

the consumer. This is achieved by heat treatment and special preservation methods without the use of preservatives. Sterile puree has a longer shelf life and can be stored at room temperature without refrigeration. It is often used in the food industry to prepare sauces, soups, drinks and other products. The main type of puree packaging is aseptic packaging [3–5].

Factors affecting the production of this group of food products. Ukraine has large capacities for growing fruits and vegetables, from which it makes juices (apples, tomatoes, grapes, etc.), but it is also dependent on imports, in particular, on oranges, grapefruits, mangoes, etc. Problems with logistics are also related to influencing factors. Ukraine has problems with the preservation of the harvested crop (warehouse logistics). In addition, restrictions on movements within the state and between states in 2020 affected the quality of transportation of raw materials for juices and finished products, which also affected the price. Volumes of consumption are part of a healthy diet, so the increase in popularity of this type of diet is causing an increase in the volume of juice consumption. Purchasing power of the population in periods of recession, substitute goods, which are cheaper, become more popular. Pandemic restrictions – continue to have an impact on the market and the economy of the state as a whole.

In the market of fruit and vegetable puree for baby food, the following general trends and factors that generally affect the market of such products can be identified. The market of aseptic purees directly depends on the production of fruits. Analyzing the harvest of perennial crops in 2022, it can be concluded that the total harvest of agricultural crops decreased by 11% compared to the previous period. The reasons for this are a decrease in the total area of perennial plantings and the area of ripened fruits, as well as a decrease in the yield of agricultural crops. In 2021, the area of fruit plantations was 190,530 hectares. In 2022, it was 171,240 hectares. The total harvest of perennial crops in various farms of Ukraine in 2021 was 2,235,120 tons, and in 2022 – 1,994,760 tons.

Domestic production of sterile purees is mainly represented by apple products, since this fruit is the easiest to obtain as a raw material, and also because the taste of apples is well combined with the taste qualities of other fruits. The apple harvest in 2022 has decreased in almost all regions of Ukraine due to the loss of orchards, insufficient care during the harvest season due to a lack of workers, fertilizers and personal protective equipment.

**Conclusions.** Based on the analysis of the modern production of baby food products, it can be concluded that the assortment of this group of products has a fairly wide range and is mainly represented by the following products: mashed potatoes, juices and cookies. The requirements for the production of this group of products include control



of quality and safety indicators of raw materials and current control at each stage of the technological process of production of products in the context of food legislation.

#### BIBLIOGRAPHY:

1. Горач О.О. Технологічне обладнання для заморожування плодово-ягідної продукції / Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2023. Вип. 13, том 1. С. 261–270. <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/372/349>

2. Аналіз ринку фруктів, ягід та продуктів їхньої переробки в Україні. Режим доступу: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-fruktov-yagod-i-produktov-ih-pererabotki-v-ukraine-2022-god>

3. Горач О.О., Вихованець Р.М. Особливості виробництва томатної пасти в умовах продовольчої безпеки. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 4. С. 94–101. <http://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9032>

4. Gorach O. Current state of production and prospects of the use of oily flax seed in the food industry. Intellectual and technological potential of the XXI century: Innovative technology, Computer science, cybernetics and automation, Architecture and construction, Chemistry and pharmaceuticals. Monographic series «European Science». Book 23. Part 1. 2023. p. 41–59. <http://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9040>

5. Gorach Olga, Dzyundzya Oksana and Rezyvkh Nina, Innovative Technology for the Production of Gluten-free Food Products of a New Generation, Current Nutrition & Food Science 2024; 20 (6). <https://dx.doi.org/10.2174/0115734013280307231123055025>

#### REFERENCES:

1. Horach O.O. (2023) Tekhnolohichne obladnannia dlia zamorozhuvannia plodovoyahidnoi produktsii. *Naukovyi visnyk Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu: elektronne naukove fakhove vydannia*. TDAU; hol. red. d.t.n., prof. V. M. Kiurchev. Melitopol: TDAU, Vyp. 13, tom 1. P. 261–270. Retrieved from: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/372/349>

2. Analiz rynku fruktiv, yahid ta produktiv yikhnoi pererobky v Ukraini. Retrieved from: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-fruktov-yagod-i-produktov-ih-pererabotki-v-ukraine-2022-god>

3. Horach O.O., Vykhoanets R.M. (2023) Osoblyvosti vyrobnytstva tomatnoi pasty v umovakh prodovolchoi bezpeky. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky / Khersonskiy derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet*. Kherson: Vydavnychiy dim «Helvetyka», Vyp. 4. P. 94–101. Retrieved from: <http://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9032>

4. Gorach O. (2023) Current state of production and prospects of the use of oily flax seed in the food industry / Intellectual and technological potential of the XXI century: Innovative technology, Computer science, cybernetics and automation, Architecture and construction, Chemistry and pharmaceuticals. Monographic series «European Science». Book 23. Part 1. P. 41-59. Retrieved from: <http://dspace.ksaeu.kherson.ua/handle/123456789/9040>

5. Gorach O, Dzyundzya O., Rezyvkh N. (2024) Innovative Technology for the Production of Gluten-free Food Products of a New Generation, Current Nutrition & Food Science; 20 (6). <https://dx.doi.org/10.2174/0115734013280307231123055025>

УДК 664.6

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.16>

## РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ БЕЗГЛЮТЕНОВИХ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ ТА ОЦІНКА ЇХ ЯКОСТІ

**Одарченко Д. М.** – доктор технічних наук,  
професор кафедри торгівлі, готельно-ресторанної та митної справи  
Державного біотехнологічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-4792-3465

**Карбівнича Т. В.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри торгівлі, готельно-ресторанної та митної справи  
Державного біотехнологічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-2238-5445

**Сподар К. В.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри торгівлі, готельно-ресторанної та митної справи  
Державного біотехнологічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-6799-7701

Ринок кондитерських виробів є одним з найрозвинутіших у харчовій промисловості України. Загальний обсяг виробництва складає 3% ВВП країни. Виробники кондитерської продукції забезпечують і внутрішній ринок і експортують у більше ніж 50 країн світу. Але ринок безглютенової продукції в Україні знаходиться в стадії формування, тому актуальним є розробка рецептур безглютенової продукції, які дозволять включати в раціон людей, що страждають на целиацію борошняні кондитерські вироби.

Сучасні тенденції розширення асортименту борошняних кондитерських виробів базуються на моделюванні нових та удосконаленні існуючих безглютенових продуктів.

Запропоновано рецептуру безглютенових кексів, в якій пшеничне борошно замінено на композицію із гречаного та рисового у таких співвідношеннях: 50:50, 80:20 та 20:80.

Для визначення оптимального кількісного співвідношення гречаного та рисового борошна в кексах безглютенових провели товарознавчу оцінку їх якості за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

За органолептичними показниками всі зразки мали правильну форму, непідгорілу поверхню, але з наявністю тріщин. Колір зразків відповідав борошну, з якого вони виготовлені від світло-коричневого до темно-коричневого. Вид в розломі всіх зразків кексів добре пропечений без закалу та слідів непромісу. Смак та запах відповідає виду композиції борошна. Найкращі органолептичні показники мав зразок з композицією гречаного та рисового борошна 20:80, з переважною кількістю рисового борошна.

Під час дослідження фізико-хімічних показників виготовлених зразків безглютенових кексів визначали: масову частку загального цукру, масову частку жиру, масову частку вологи, дужність, масову частку золи.

Фізико-хімічні показники кексів були в межах норми, визначених стандартом. Так, масова частка загального цукру складала від 44,6 до 47,9%; масова частка жиру від 20,9 до 23,2%, масова частка вологи від 12,0 до 14,8%, дужність від 1,2 до 1,7 градусів, масова частка золи від 0,05 до 0,07%.

**Ключові слова:** борошно, безглютенові кондитерські вироби, кекс.

**Odarchenko D. M., Karbivnycha T. V., Spodar K. V. Expanding the range of gluten-free flour confectionery products**

The confectionery market is one of the most developed in the Ukrainian food industry. Total production accounts for 3% of the country's GDP. Confectionery producers supply both the domestic market and export to more than 50 countries. However, the gluten-free market

*in Ukraine is still in its infancy, so it is important to develop gluten-free formulations that will allow people with celiac disease to include flour confectionery in their diets.*

*Current trends in expanding the range of flour confectionery products are based on modeling new and improving existing gluten-free products.*

*A recipe for gluten-free cupcakes is proposed, in which wheat flour is replaced by a composition of buckwheat and rice flour in the following ratios: 50:50, 80:20, and 20:80.*

*To determine the optimal quantitative ratio of buckwheat and rice flour in gluten-free cupcakes, a commodity assessment of their quality was carried out according to organoleptic and physicochemical parameters.*

*According to the organoleptic characteristics, all samples had the correct shape, an unburnt surface, but with cracks. The color of the samples corresponded to the flour from which they were made from light brown to dark brown. The fracture view of all samples of cupcakes was well baked without hardening and traces of unleavened. The taste and odor correspond to the type of flour composition. The best organoleptic characteristics were observed in the sample with a composition of buckwheat and rice flour 20:80, with a predominant amount of rice flour.*

*During the study of the physicochemical parameters of the manufactured samples of gluten-free cupcakes, the following were determined: mass fraction of total sugar, mass fraction of fat, mass fraction of moisture, alkalinity, mass fraction of ash.*

*The physicochemical parameters of the cupcakes were within the limits of the standard. Thus, the mass fraction of total sugar ranged from 44.6 to 47.9%; the mass fraction of fat from 20.9 to 23.2%, the mass fraction of moisture from 12.0 to 14.8%, alkalinity from 1.2 to 1.7 degrees, and the mass fraction of ash from 0.05 to 0.07%.*

**Key words:** *flour, gluten-free confectionery, cupcake.*

**Постановка проблеми.** Масштабні зміни, що відбуваються в сучасному світі, диктують необхідність забезпечення населення якісними продовольчими товарами, що задовольняють потребу організму в енергії та поживних речовинах. При цьому рівень урбанізації досяг безпрецедентного масштабу, що, своєю чергою, спровокувало високу доступність продуктів харчування, незбалансованих за основними компонентами їжі. Зміна якості харчових продуктів, ритму життя, умов харчування спричинили зростання аліментарно-залежних захворювань, що робить необхідним проведення заходів, спрямованих на розширення асортименту продуктів. Необхідність покращення рівня та тривалості життя населення підтверджує значущість вирішення проблеми забезпечення населення якісними та безпечними продуктами.

Останнім часом стало актуальним питання застосування безглютенової дієти. За даними ВГО «Українська спілка целиакії» в Україні, нараховується приблизно 2 000 хворих на целиакію та їхня кількість з кожним роком збільшується. У світі целиакія вражає 1 людину із 133, а епідеміологічні дослідження показують, що ця цифра зростає до 1 із 100 [1, с. 54–59].

Целиакія – аутоімунне захворювання у генетично схильних осіб, що протікає з ураженням слизової оболонки тонкої кишки при безпосередньому впливі глютену, білка що міститься в деяких злакових культурах, таких як пшениця, овес ячмінь, жито.

Ринок безглютенової продукції в Україні знаходиться в стадії формування. У світі найбільша частка ринку безглютенової продукції приходить на Європейські країни, через обізнаність населення щодо здорового харчування. Північноамериканський ринок займає друге місце з виробництва безглютенової продукції через зростання кількості населення, що страждають на непереносимість глютену та целиакію. Третім за динамікою є ринок Азії та Тихого океану [2].

Лідером за обсягами споживання в Європі є Великобританія (13% загальної кількості населення вживають безглютенові продукти), в Італії (9%), в Іспанії (7%), у Франції (6%) [3, с. 36–46].

На даний час на українському ринку переважно представлена безглютенова продукція закордонного виробництва, до асортименту якої належать макаронні вироби, хліб, печиво, суміші для випікання, цукерки, чіпси, соуси, напої тощо. Більшість вітчизняних виробників безглютенових продуктів – це дрібний бізнес. Дев'ять компаній мають підтверджений знак безглютенової продукції «Перекреслений колосок», три з яких працюють на експорт [4]. Тому розробка такого виду продукції є актуальною і необхідною.

В Україні серед кондитерських виробів споживачі надають перевагу борошняним кондитерським виробам, які виготовляються переважно з пшеничного борошна, і не можуть застосовуватись в раціоні людей, що страждають на целиацію. Тому актуальним є розширення асортименту кондитерських виробів за рахунок використання безглютенових видів борошна.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основними тенденціями у виробництві борошняних кондитерських виробів, зокрема кексів, є заміна одних інгредієнтів іншими, чи додавання інакших компонентів. Питаннями розширення асортименту безглютенових борошняних кондитерських виробів займалися вчені Київського національного торговельно-економічного університету запропонував патент на корисну модель «Кекс шоколадний безглютеновий». До складу кексу шоколадного безглютенового входять: борошно, цукор-пісок, масло вершкове, молочно-білковий компонент, меланж, амоній двовуглекислий, натрій двовуглекислий, борошно кукурудзяне і рисове, молочно-білковий концентрат сколотин, какао-порошок. Тобто пшеничне борошно, яке містить глютен замінюється на кукурудзяне та рисове [5, с. 1–4].

Також тим же колективом була запропонована корисна модель «Кекс безглютеновий», який містить борошно, цукор-пісок, масло вершкове, молочно-білковий компонент, меланж, амоній двовуглекислий, двовуглекислий натрій, борошно кукурудзяне та рисове борошно, а як молочно-білкового компонент використовують молочно-білковий концентрат сколотин. Це дозволяє одержати кекс безглютеновий особливого складу з високими споживними властивостями [6, с. 1–4].

Сосєдова К.Ю., Челябієва В.М. із Чернігівського національного технологічного університету пропонують «Безглютеновий кекс «гречано-сочевичний». Запропонований склад безглютенового кексу має підвищену харчову і біологічну цінність, виріб має низький глікемічний індекс, повністю не містить глютену і може бути рекомендований для безглютенової дієти [7, с. 1–5].

Вчені Національного університету харчових технологій Кравчук Н.М., Волинська Л.С. запропонували корисну модель «Безглютеновий кекс спеціального призначення «Особливий». Безглютеновий кекс спеціального призначення має маргарин, цукор білий кристалічний, борошно кукурудзяне, меланж, вуглеамонійну сіль. Додатково має пюре з пророщених бобів мунг (маш) та воду. Цей кекс можна пропонувати для хворих на целиацію та групи населення, які бажають підвищити вміст білка в харчовому раціоні [8, с. 1–5].

**Формулювання цілей.** Харчова цінність борошняних кондитерських виробів зумовлюється особливостями їх складу. Для досягнення визначеної мети, що направлена на надання виробу функціональних, профілактичних, дієтичних властивостей додаються або вилучаються деякі інгредієнти.

**Метою дослідження** було розробити рецептуру кексу безглютенового, для хворих на целиацію, шляхом заміни пшеничного борошна на суміш гречаного та рисового. Вибір пав саме на ці види борошна через їхню низьку ціну порівняно із іншими видами безглютенового борошна та багатий хімічний склад.

**Виклад основного матеріалу.** Гречане борошно на відміну від пшеничного у своєму складі містить набагато більше необхідних для людського організму речовин, абсолютно не містить глютену і є унікальним джерелом рослинного білка. У ньому міститься велика кількість вуглеводів, мінеральних речовин, присутні практично всі вітаміни і необхідні організму амінокислоти [9]. Також необхідно відзначити наявність у гречаному борошні харчових волокон, які представлені пектином і лігніном, целюлозою та геміцелюлозою, що дозволяють гречаному борошну чинити на організм людини оздоровчий та очищувальний ефект. Гречане борошно сприятливо впливає на судинну систему, зміцнює капіляри, сприяє правильній роботі печінки, допомагаючи виведенню токсинів. Це один із небагатьох продуктів, який допомагає знизити кількість холестерину в крові.

Головною перевагою рисового борошна є відсутність у складі глютену, завдяки чому воно часто використовується для дитячого та дієтичного харчування. В його складі містяться всі необхідні для організму амінокислоти, багатий вітамінний комплекс та мінеральний склад. Рисове борошно сприяє покращенню роботи серцевого м'язу, запобігає розвитку хвороби серцево-судинної системи, нормалізує роботу травної системи та шлунково-кишкового тракту, відновлює сили після важких фізичних навантажень, захищає організм від стресів та шкідливих чинників довкілля, пришвидшує обмінні процеси в організмі, виводить шкідливі токсини і шлаки [10, с. 175–178].

Хімічний склад та харчова цінність гречаного та рисового борошна свідчать про доцільність використання його для виробництва борошняних кондитерських виробів.

Під час розробки рецептури кексів безглютенових за аналог було взято рецептуру кексу «Столичного», в якому борошно пшеничне заміняли на композицію гречаного та рисового.

В ході розробки безглютенових кексів було виготовлено 3 дослідних зразка з різним співвідношенням композитної суміші гречаного та рисового борошна, а саме 50:50, 80:20 (гречане : рисове) та 20:80 (гречане : рисове).

Рецептура дослідних зразків наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

#### Рецептура дослідних зразків безглютенових кексів

Найменування інгредієнту	Кількість рецептурних компонентів, мас. %		
	Зразок 1 Гречане : рисове 50:50	Зразок 2 Гречане : рисове 80:20	Зразок 3 Гречане : рисове 20:80
Борошно	16,6 : 16,6	26,6 : 6,6	6,6 : 26,6
Цукор-пісок	23,0	23,0	23,0
Масло вершкове	23,0	23,0	23,0
Яйця курячі	19,1	19,1	19,1
Сіль	0,2	0,2	0,2
Амоній вуглекислий	0,5	0,5	0,5
Ванільний цукор	1,0	1,0	1,0

Для вибору оптимального кількісного співвідношення гречаного та рисового борошна в кексах безглютенових наступним етапом проводили товарознавчу оцінку їх якості.

Під час проведення товарознавчої оцінки дослідних зразків кексів безглютеноних визначали їх органолептичні та фізико-хімічні показники і порівнювали з вимогами стандарту ДСТУ 4505:2005 «Кекси. Загальні технічні умови» [11, с. 1–14].

Результати досліджень органолептичних показників виготовлених зразків наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

### Органолептичні показники кексів безглютеноних

Назва показника	Характеристика зразків		
	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Форма	Правильна, відповідає формі, встановленій за рецептурою без надломів	Правильна, відповідає формі, встановленій за рецептурою без надломів	Правильна, відповідає формі, встановленій за рецептурою без надломів
Поверхня	Непідгоріла, на поверхні є тріщини та розриви	Непідгоріла, на поверхні є тріщини та розриви	Непідгоріла, на поверхні є тріщини та розриви
Колір	Коричневий	Темно-коричневий	Світло-коричневий
Вид в розломі	Добре пропечений кекс, без закалу і слідів непромісу	Добре пропечений кекс, без закалу і слідів непромісу	Добре пропечений кекс, без закалу і слідів непромісу
Смак та запах	Смак та запах з легким присмаком гречки, без стороннього присмаку та запаху	Смак та запах з явним присмаком гречки, без стороннього присмаку та запаху	Властивий, без стороннього присмаку та запаху

На підставі проведених досліджень органолептичних показників якості зразків безглютеноних кексів можна зробити наступні висновки:

1. Форма всіх зразків правильна та відповідає встановленій рецептурі, без надломів.

2. Поверхня непідгоріла, але на всіх зразках є тріщини та розриви, через використання в рецептурі розпушувача.

3. Колір зразків відповідає борошну, з якого вони виготовлені від світло-коричневого до темно-коричневого.

4. Вид в розломі всіх зразків кексів добре пропечений без закалу та слідів непромісу.

5. Смак та запах відповідає виду композиції борошна. Так, у зразку № 2 де переважає кількість гречаного борошна спостерігається яскраво виражений присмак та запах гречки, що дещо знижує органолептичні показники. У зразку № 1, де композиція складає 50:50 також є легкий присмак та запах гречки. Зразок № 3, де композиція складає 20:80 з переважною кількістю рисового борошна, смак та запах більш гармонійний, через те, що рисове борошно є нейтральним за смаком.

Тобто, за органолептичними показниками найкращі результати мав зразок № 3 – гречане борошно : рисове борошно – 20:80.

Наступним етапом було визначення фізико-хімічних показників.

Результати дослідження фізико-хімічних показників зразків кексів наведено в таблиці 3.

Таблиця 3

### Фізико-хімічні показники кексів безглютенових

Назва показника	Вимоги за ДСТУ	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Масова частка загального цукру (за сахарозою) в перерахунку на суху речовину, %	16,0–60,8	46,2	44,6	47,9
Масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %	2,2–34,2	22,1	20,9	23,2
Масова частка вологи, %	10,0–31,0	13,4	12,0	14,8
Лужність в перерахунку на сухі речовини в кексах, виготовлених на хімічних розпушувачах, градуси, не більше ніж	2,0	1,2	1,7	1,7
Масова частка золи, нерозчинної в розчині з масовою часткою соляної кислоти 10 %, не більше ніж	0,1	0,06	0,07	0,05

Як видно з даних таблиці, всі фізико-хімічні показники знаходяться в межах нормативів, встановлених стандартом. Так, масова частка загального цукру склала від 44,6 до 47,9%; масова частка жиру від 20,9 до 23,2%, масова частка вологи від 12,0 до 14,8%, лужність від 1,2 до 1,7 градусів, масова частка золи від 0,05 до 0,07%.

Аналізуючи дані можна зробити висновок, що фізико-хімічні показники кексів залежать від композицій борошна із якого вони виготовлені.

**Висновки.** За результатами проведеної товарознавчої оцінки якості кексів безглютенових можна зробити висновок, що за органолептичними та фізико-хімічними показниками вони відповідають вимогам нормативної документації. Тому при виборі найбільш оптимального співвідношення борошна гречаного та рисового при виробництві кексів доцільно звертати увагу саме на органолептичні показники, через те, що саме вони стають визначальними при виборі кондитерського виробу.

За результатами проведених досліджень, можна зробити висновок, що найбільш оптимальною є композиція гречаного та рисового борошна співвідношенні 20:80.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Губська О.Ю., Денесюк О.Р. Целякія: фокус на прихильність до безглютенової дієти. Аналітичний огляд літератури. *Сучасні аспекти військової медицини. Current Aspects of Military Medicine*. 2022. № 29. С. 5469.
2. Statistics and facts on the gluten-free foods market in the U.S. URL : <https://www.statista.com/topics/2067/gluten-free-foods-market>. (дата звернення 20.12.2023)
3. Краєвська С., Стеценко Н. Формування вітчизняного ринку безглютенових харчових продуктів. *Товари і ринки*. № 4. 2018. С. 36.
4. Ринок безглютенових продуктів: великий потенціал поки ще сплячої потреби. URL: [Agravey.com](http://Agravey.com) (дата звернення 20.12.2023)
5. Кекс шоколадний безглютеновий: пат. 02694 Україна : МПК А21D13/047, № 144562; заявл. 04.05.2020; опубл. 12.10.2020, Бюл. № 19. 4 с.

6. Кекс безглютеновий: пат. 04459 Україна : МПК А21D8/00, № 138245; заявл. 24.04.2019; опубл. 25.11.2019, Бюл. № 22. 4 с.
7. Безглютеновий кекс «Гречано-сочевичний»: пат. 06279 Україна : МПК А23G3/36, № 141596; заявл. 05.06.2019; опубл. 27.04.2020, Бюл. № 8. 5 с.
8. Безглютеновий кекс спеціального призначення «Особливий»: пат. 07230 Україна : МПК А23G3/48, № 129878; заявл. 26.06.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл. № 21. 5 с.
9. Белова К.Р., Гетьман І.А., Михонік Л.А. Використання гречаного борошна в технології хліба. URL : <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/37511/1/bkrhiamlavgbth.pdf> (дата звернення 22.12.2023)
10. Кулініч В.І., Гавриш А.В., Доценко В.Ф. Рисове борошно – перспективна сировина для безглютенових продуктів. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2013. №44 (1). С. 175–178.
11. ДСТУ 4505:2005 «Кекси. Загальні технічні умови» [Чинний від 2006-10-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 14 с.

#### REFERENCES:

1. Hubska, O.Iu., Denesiuk, O.R., (2022) Tseliakii: fokus na prykhylnist do bezghliutenovoi diiety. Analytychnyi ohliad literatury. [Celiac disease: focus on adherence to a gluten-free diet. Analytical review of the literature] *Suchasni aspekty viiskovoi medyt-syny – Current Aspects of Military Medicine*, 29, 54-69 [in Ukrainian].
2. Statistics and facts on the gluten-free foods market in the U.S. Available at : <https://www.statista.com/topics/2067/gluten-free-foods-market> (accessed Desember 20, 2023) [in English].
3. Kraievska, S., Stetsenko, N. (2018) Formuvannia vitchyznianoho rynku bezghliutenovykh kharchovykh produktiv. [Formation of the domestic market of gluten-free food products] *Tovary i rynky – Commodities and markets*. 4, 36-46 [in Ukrainian].
4. Rynok bezghliutenovykh produktiv: velykyi potentsial poky shche spliachoi potreby [Gluten-free market: great potential for a still dormant need] Available at : [Agravery.com](https://agrary.com) (accessed Desember 20, 2023) [in Ukrainian].
5. Keks shokoladni bezghliutenovi [Gluten-free chocolate cupcake], Ukrainian patent, no 02694, 2020 [in Ukrainian].
6. Keks bezghliutenovi [Gluten-free cupcake], Ukrainian patent, no 04459, 2019 [in Ukrainian].
7. Bezghliutenovi keks «Hrechano-sochevychnyi» [Gluten-free buckwheat and lentil cupcake], Ukrainian patent, no 06279, 2020 [in Ukrainian].
8. Bezghliutenovi keks spetsialnoho pryznachennia «Osoblyvyi» [Gluten-free specialty cupcake "Special"], Ukrainian patent, no 07230, 2018 [in Ukrainian].
9. Bielova, K.R., Hetman, I.A., Mykhonik, L.A. Vykorystannia hrechanooho boroshna v tekhnolohii khliba [Use of buckwheat flour in bread technology] Available at : <https://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/37511/1/bkrhiamlavgbth.pdf> (accessed Desember 22, 2023) [in Ukrainian].
10. Kulinich, V.I., Havrysh, A.V., Dotsenko, V.F. Rysove boroshno – perspektyvna syrovyna dla bezghliutenovykh produktiv. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій – Scientific works of the Odesa National Academy of Food Technologies*. 44 (1), 175-178 [in Ukrainian].
11. DSTU 4505:2005 «Keksy. Zahalni tekhnichni umovy» [State Standard 4505:2005 Cupcakes. General technical conditions]. Kyiv, State Consumer Standard of Ukraine, 2006. 14 p. [in Ukrainian].



УДК 654.4:664.8:546.6

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.17>

## ВМІСТ НІТРИТІВ У М'ЯСОПРОДУКТАХ

**Крачан Т. М.** – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-0618-4483

**Ямборак Р. С.** – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри хімії  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0003-1865-9308

**Коваль Т. В.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри хімії  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-7132-5887

**Придеткевич Ю. О.** – магістр хімії, асистент кафедри хімії  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0009-0008-4037-5436

**Самар А. В.** – магістр хімії, асистент кафедри хімії  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0009-0002-4565-0595

Одним з найважливіших завдань для будь-якої країни є забезпечення населення продуктами харчування. Так, правильне харчування дійсно відіграє важливу роль у забезпеченні здоров'я нації. Продукти харчування не лише мають забезпечувати організм людини необхідними поживними речовинами і енергією, але й виконувати профілактичні та лікувальні функції.

Дотримання збалансованого раціону, який містить різноманітні види продуктів харчування, дозволяє забезпечити організм необхідними мікро- та макроелементами, вітамінами, амінокислотами та іншими корисними речовинами. Це сприяє зміцненню імунної системи, підтримці оптимальної ваги та зниженню ризику виникнення різних хвороб, включаючи серцево-судинні захворювання, цукровий діабет та ожиріння.

Загальновідомо, що неправильне харчування може призвести до розвитку різних захворювань, включаючи хронічні захворювання та проблеми зі здоров'ям. Тому важливо популяризувати правильне харчування та надавати належну інформацію про корисність різних продуктів харчування.

Застосування наукових досліджень у галузі харчування дозволяє розробляти продукти з підвищеною біологічною цінністю, які можуть виконувати не лише основні функції харчування, але й підтримувати здоров'я та попереджувати розвиток захворювань. Таким чином, забезпечення населення якісними та корисними продуктами харчування є одним із стратегічних завдань для будь-якої країни з метою збереження здоров'я нації та підвищення якості життя громадян.

Вивчення вмісту шкідливих речовин у харчових продуктах та їх походження дійсно є дуже важливим завданням для забезпечення безпеки харчових продуктів та захисту здоров'я споживачів. Під час переробки сировини можуть додаватися різні речовини або проходити процеси, які можуть призводити до утворення шкідливих сполук. Зокрема, при виробництві м'ясних продуктів можуть використовуватися консерванти. Нами досліджено вміст нітритів у ковбасних виробках, що реалізуються на місцевому ринку м'ясних виробів середнього цінового сегменту.

**Ключові слова:** харчування, консервація, м'ясні вироби, нітрити, ГДК – гранично допустима концентрація.

**Krachan T. M., Yamborak R. S., Koval T. V., Prydetkevych Yu. O., Samar A. V. Nitrite content in meat products**

*One of the most important problems for any country is to provide its population with food. Indeed, proper nutrition has an important role in ensuring the health of the nation. Food should not only provide the human body with the necessary nutrients and energy, but also perform preventive and therapeutic functions.*

*Eating a balanced diet containing a variety of foods provides the body with the necessary micro and macro elements, vitamins, amino acids and other nutrients. This helps to strengthen the immune system, maintain an optimal weight and reduce the risk of various diseases, including cardiovascular disease, diabetes and obesity.*

*It is well known that poor nutrition can lead to the development of various diseases, including chronic illnesses and health problems. Therefore, it is important to promote good nutrition and provide adequate information about the health benefits of different foods. The application of scientific research in the field of nutrition allows us to develop products with increased biological value that can perform not only basic nutritional functions, but also maintain health and prevent the development of diseases. Thus, providing the population with high-quality and healthy food is one of the strategic tasks for any country to maintain the health of the nation and improve the quality of life of its citizens.*

*The study of the content of harmful substances in food and their origin is indeed a very important task to ensure food safety and protect consumer health. During the processing of raw materials, various substances may be added or processes may be carried out that may lead to the formation of harmful compounds. In particular, preservatives may be used in the production of meat products. We have investigated the nitrite content of sausage products sold on the local market of meat products in the middle price segment.*

**Key words:** *nutrition, preservation, meat products, nitrites, maximum permissible concentration.*

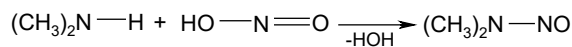
**Постановка проблеми.** Вивчення вмісту шкідливих речовин у харчових продуктах та їх походження є дійсно дуже важливим завданням для забезпечення безпеки харчових продуктів та захисту здоров'я споживачів. Під час переробки сировини можуть додаватися різні речовини або проходити процеси, які можуть призводити до утворення шкідливих сполук. Спектр шкідливих речовин, що можуть потрапляти в харчові продукти, дуже широкий і включає важкі метали, пестициди, антибіотики та інші хімічні речовини. Деякі з цих речовин можуть мати негативний вплив на здоров'я людини, навіть у невеликих концентраціях, і тому їх наявність у продуктах харчування потрібно мінімізувати. Одним із способів забезпечення безпеки харчових продуктів є система контролю якості та безпеки продукції на різних етапах виробництва, включаючи контроль якості сировини, процесів переробки та готової продукції. Також важливо встановлювати максимально допустимі рівні шкідливих речовин у продуктах харчування та проводити регулярний моніторинг їх вмісту. Безпека харчових продуктів є пріоритетом для органів державного управління з питань здоров'я, сільського господарства та інших відповідних відомств, які встановлюють нормативи та стандарти безпеки харчових продуктів і забезпечують їх виконання.

Таким чином, вивчення вмісту шкідливих речовин у харчових продуктах та регулювання їх вмісту є важливими аспектами забезпечення безпеки харчових продуктів і захисту здоров'я споживачів [1].

**Постановка завдання.** Для запобігання потраплянню шкідливих речовин у харчові продукти необхідно вживати низку заходів, зокрема контроль якості сировини, моніторинг залишків важких металів, а також регулярна перевірка якості продуктів на всіх етапах їх виробництва та постачання. Також важливо проводити наукові дослідження щодо впливу шкідливих речовин на здоров'я людини та розробляти відповідні регулювальні стандарти. Тому нашим завданням є експериментальне визначення вмісту нітритів у ковбасних виробках, як однієї із харчових добавок, що може нести значний вплив на здоров'я і рівень життя людей.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Харчові добавки є різноманітними речовинами, які додаються до харчових продуктів з різними цілями. Вони можуть бути природного чи синтетичного походження і використовуються зазвичай для покращення технології виробництва, збереження природних якостей продуктів, покращення їх смаку, кольору, аромату або текстури, а також для забезпечення стабільності та безпеки харчових продуктів. Деякі харчові добавки можуть мати також функціональні або фармакологічні властивості, наприклад, антиоксидантні, консервантні, загусники, підсолоджуючі, протизапальні тощо. Однак важливо враховувати, що деякі з них можуть бути шкідливими для здоров'я, особливо якщо їх вживають у великих кількостях або вони використовуються в продуктах неправильно. Тому контроль якості та безпеки харчових добавок є важливим аспектом регулювання харчової промисловості [2]. Органи державного контролю та міжнародні організації, такі як Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та Європейський влад з безпеки харчових продуктів (EFSA), встановлюють норми щодо використання харчових добавок і ведуть моніторинг їхнього впливу на здоров'я споживачів. Нітрити є одними з найпоширеніших консервантів, які використовуються в харчовій промисловості. Їх додають до деяких типів м'яса та м'ясних продуктів, таких як шинка, ковбаси, готові м'ясні страви тощо, для підвищення їх тривалості зберігання та запобігання росту деяких видів небезпечних бактерій.

Однією з основних причин використання нітритів у ковбасному виробництві є їхні консервуючі властивості. Нітрити перетворюються на нітрозаміни в м'язовій тканині м'яса під час його обробки або зберігання. Нітрозаміни виявляють антимікробну дію. Вони діють, перетворюючись на нітрати, а потім на нітритну кислоту в умовах низького рівня рН, що сприяє зниженню рівня води в м'ясі і створює непридатні умови для розвитку бактерій. Тому нітрити перешкоджають розвитку бактерій, зокрема *Clostridium botulinum*, яка може бути причиною отруєння ботулізмом, що дозволяє зберігати ковбасу на тривалий час без погіршення її якості та безпеки для споживання. З іншого боку, нітрозаміни – це речовини, які характеризуються наявністю нітросо-групи у сполученні з атомом нітрогену. Вони виступають одними із найсильніших хімічних канцерогенів, які утворюються внаслідок взаємодії нітритів із вторинними амінами [3]:



N-нітрозодиметиламін

N – нітрозодиметиламін виявляє сильну канцерогенну дію на печінку та дихальні шляхи, мутагенні та ембріотоксичні властивості. N – нітрозодиетиламін (НДЕА), виявляє сильну канцерогенну дію на печінку і дихальні шляхи, стравохід і нирки, характеризується високою мутагенністю та ембріотоксичністю. Кількість нітросоамінів в Україні у харчових продуктах регулюють державні санітарні правила і норми захисту продовольчої сировини та продуктів харчування від забруднення нітросоамінами [2]. Нітрити реагують з міоглобіном, що міститься в м'язовій тканині м'яса, утворюючи нітросоміоглобін. Цей комплекс має червоний або рожевий колір. Тому нітрити мають вплив на колір ковбаси, надаючи їй характерного рожевого або червоного відтінку. Це допомагає ковбасі виглядати більш привабливо для споживачів і підвищує її апетитність. Нітрити також можуть функціонувати як відновники, тобто вони здатні захищати жири від окиснення, що допомагає підтримувати свіжий смак та аромат ковбаси, а також попереджає утворення неприємних запахів та смаків.

Важливо зауважити, що використання нітритів у ковбасному виробництві повинно дотримуватися встановлених нормативів та вимог щодо безпеки харчових продуктів, оскільки великі дози нітритів можуть мати певний ризик для здоров'я, зокрема пов'язаний з утворенням нітрозамінів, які можуть бути канцерогенними [4]. Згідно механізму реакції, нітрити можуть реагувати з амінами в харчових продуктах, утворюючи нітрозаміни, які відомі своєю канцерогенною дією [5]. Також високий вміст нітритів у харчових продуктах може бути пов'язаний з підвищеним ризиком розвитку метгемоглобінемії, особливо у дітей. Деякі дослідження показали, що високий рівень нітритів може бути пов'язаний з підвищеним ризиком розвитку раку шлунка та низки інших захворювань. Надходячи у кров, нітрити взаємодіють з гемоглобіном еритроцитів, викликаючи зміну речовини у метгемоглобін, і як наслідок надходження кисню у ткани та органи стає неможливим. Це призводить до кисневого голодування організму. нітрити які блокують утворення гемоглобіну тим, що, відновлюючись, переводять ферум з двовалентного на тривалентний, а також пригнічують активність ферментних систем, що беруть участь у процесах тканинного дихання [6]. ГДК (гранично допустима концентрація) для нітритів у воді та харчових продуктах встановлюється з метою забезпечення безпеки людей. В різних країнах існують різні нормативні вимоги щодо максимально допустимих рівнів нітритів. ГДК для нітритів у воді встановлено на рівні 0,5 мг/л. Вміст нітритів у ковбасних виробках варіюється від 40 до 200 мг/кг. Тому перевищення їхнього вмісту може мати наслідки для здоров'я. До головних ознак та симптомів отруєння нітритами, як і нітратами відносять нудоту та блювання – один з перших і найбільш очевидних симптомів отруєння нітритами; діарея – інша поширена реакція на отруєння нітритами, яка може бути доволі серйозною, оскільки за короткий період часу з організму виводиться значна кількість рідини; зниження артеріального тиску та пульсу відбувається через розширення судин, що є одним з наслідків впливу нітратів на організм; синюватий колір шкіри (ціаноз) відбувається через недостатнє кисневе насичення крові; аритмія серця через вплив нітратів на кровообіг та серцево-судинну систему; погіршення координації рухів, яке може відбутись через загальну слабкість та недостатнє потрапляння кисню до м'язів; втрата свідомості. Легке отруєння може супроводжуватися лише депресивним станом і сонливістю [7]. Тому у багатьох країнах існують суворі правила щодо використання нітритів у харчових продуктах, включаючи обмеження рівня їхньої кількості та вимоги щодо маркування продуктів, які містять нітрити [8].

Незважаючи на їхній потенційний ризик, нітрити залишаються важливими для безпеки харчових продуктів, особливо тих, які можуть піддаватися швидкому псуванню. Однак їх використання повинно бути ретельно контрольованим та дотримуватися встановлених нормативів для забезпечення безпеки споживачів [1].

Серед наявних методів аналізу нітратів і нітритів, найбільш вживаними ними для аналізу сполук нітрогену в харчових продуктах є спектрофотометричний та іонометричний методи. При спектрофотометричному визначенні одним із найбільш важливих процесів є очищення екстракту від домішок, що заважають визначенню, і отримання прозорого фільтрату. Із реактивів для очищення екстрактів використовують сульфат цинку, гексаціаноферат (II) калію та тетраборат натрію в різних співвідношеннях залежно від виду досліджуваного продукту. У деяких випадках рекомендують додавати також ацетат цинку і гідроксид натрію. При іонометричному методі визначення важливо після усунення впливу домішок окисленням сумішшю перманганату калію і сульфатної кислоти обробити зразок

гідроген пероксидом, який руйнує надлишок перманганату, оскільки його наявність може змінити потенціал електродної системи [9; 10].

**Результати досліджень.** При проведенні аналізу ми керувались нормативними документами, що описують методики дослідження вмісту нітритів у м'ясних ковбасних виробках, враховуючи власні можливості. Тому для аналізу було обрано спектрофотометричний метод. Основою методу є утворення забарвлених розчинів, що містять нітрит-аніон, в рожево-червоний колір різної інтенсивності залежно від концентрації нітриту під впливом реактиву Грісса. Рожеве забарвлення є характерним для хромофорів, що утворюються під дією реактиву Грісса. Нижня межа визначення даним методом становить 0,003 мг/л нітритів. За вмісту нітритів понад 0,5 мг/л пробу рекомендують розбавляти водою. Відносна похибка визначення  $\pm 5\%$ .

Досліджувану пробу готували безпосередньо перед випробовуванням. Для цього у хімічній склянці зважили наважку подрібненого м'ясопродукту масою близько 5 г, додали 30–40 мл дистильованої води, підігрітої до 60 °С, струшували протягом 10 хв. Суміш відстояли протягом певного періоду часу, для того, щоб над осадом утворилась водна витяжка м'ясопродукту. Водну витяжку перенесли у мірну колбу місткістю 50 мл, довели об'єм до мітки, змиваючи залишки наважки. У хімічну склянку відміряли піпеткою 20 мл підготовленої водної витяжки, додали 10 мл 0,1 М розчину гідроксиду натрію і 40 мл насиченого розчину цинк сульфату. Склянку нагрівали з розчином на водяній бані за температури 100 °С протягом 7–8 хв. Розчин охолодили і відфільтрували у мірну колбу місткістю 100 мл. Додали 4 мл реактиву Грісса та довели до мітки. Через 30–40 хвилин вимірювали оптичну густину при 526 нм в кюветі на 10 мм (розчин порівняння – холостий розчин).

Для побудови градуувального графіка у мірні колби місткістю 50 мл внесли 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15 та 25 мл свіжоприготовленого стандартного розчину  $\text{NO}_2^-$  з концентрацією 0,001 мг/мл, до кожної проби додали 2 мл розчину реактиву Грісса, довели об'єм водою до мітки, закрили пробкою і ретельно перемішали. Через 30–40 хвилин вимірювали оптичну густину при 526 нм в кюветі на 10 мм (розчин порівняння – холостий розчин). За одержаними даними побудували калібрувальний графік залежності оптичної густини від концентрації розчину порівняння (рис. 1).

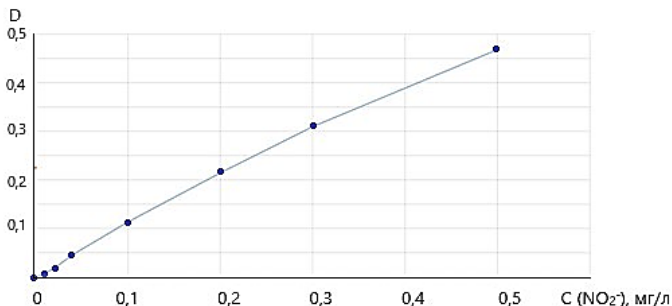


Рис. 1. Калібрувальний графік стандартного розчину нітрит-іонів

За калібрувальним графіком знайшли вміст нітритів в досліджуваних зразках (табл. 1).

Таблиця 1

**Вміст нітритів у досліджуваних зразках ковбасних виробів**

Зразок	ГДК	Вміст, мг/кг
1	40–200 мг/кг	10,498
2		18,063
3		9,678

**Висновки.** Правила щодо використання нітритів у харчових продуктах можуть відрізнятися залежно від країни і регулюються законодавством та нормативними актами у галузі харчової безпеки. Ось деякі загальні принципи та правила, які часто застосовуються:

1. Багато країн мають встановлені максимально допустимі рівні нітритів у різних видах харчових продуктів. Ці рівні можуть відрізнятися в залежності від типу продукту і можуть бути визначені як для сировини, так і для готового продукту.

2. У багатьох країнах вимагається маркування харчових продуктів, які містять нітриди. Це дозволяє споживачам бути свідомими щодо вмісту цих добавок у продуктах, що дозволяє їм зробити інформований вибір.

3. Мають бути деякі обмеження на використання нітритів у певних категоріях продуктів або в певних ситуаціях, наприклад, для дитячого харчування.

4. Потрібно мати встановлені норми виробництва щодо використання нітритів, які включають у себе процедури та стандарти щодо їхнього додавання, зберігання та використання.

5. Виробники харчових продуктів зазвичай повинні забезпечувати контроль якості, що включає перевірку вмісту нітритів у продукції, щоб вони відповідали встановленим нормативам.

Ці правила та вимоги спрямовані на забезпечення безпеки харчових продуктів та захисту здоров'я споживачів шляхом обмеження вмісту нітритів та контролю їх використання у харчових продуктах.

Визначення масової частки нітриту натрію у досліджуваних зразках вказує на їх допустимі межі.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Про якість та безпеку харчових продуктів та продовольчої сировини : Закон України. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*, 2002. № 48. С. 359. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/191-15>

2. Про затвердження Санітарних правил і норм по застосуванню харчових добавок : Наказ МОЗ № 222 від 23.07.96 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96#Text>

3. Ластухін Ю.О., Воронов С.А. Органічна хімія. Підручник для вищих навчальних закладів. Львів : Центр Європи, 2006.

4. Дубініна А. А., Малюк Л. П., Селютіна Г. А. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: підручник. Київ : ВД «Професіонал», 2007. 384 с.

5. Смоляр В. І., Циганенко О. І., Петрашенко І. Нітрати, нітриди та нітрозозаміни у харчових продуктах і раціонах. *Проблеми харчування*. 2007. № 3. С. 15–23.

6. Верголяс М.Р. Оцінка токсичності нітратів у воді з використанням цитоморфологічних показників тест-організмів. *Екологічні науки*. 2020. № 3(30). С. 129–132.

7. Толчинський О.В. Походження та наслідки нітратної інтоксикації для людини і тварин. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2013. № 2 (55). С. 122–125.

8. Смоляр В.І. Харчова експертиза. К. : Здоров'я, 2005. 505 с.
9. ДСТУ 4436:2005 Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Загальні технічні умови / Наказ Держспоживстандарту України № 175 від 15 липня 2005 р. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=77099](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77099).
10. ДСТУ ISO 2918:2005 М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту нітриту (контрольний метод) / Національний стандарт України наказ Держспоживстандарту України №345 від 2 грудня 2005 р. чинний з 2007-04-01. URL: [https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu\\_iso\\_2918\\_2005.pdf](https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_2918_2005.pdf)

#### REFERENCES:

1. Pro yakist ta bezpeku kharchovykh produktiv ta prodovolchoi syrovyny : Zakon Ukrainy. (2002) *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, N 48, p. 359. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/191-15>
2. Pro zatverdzhennia Sanitarnykh pravyl i norm po zastosuvanniu kharchovykh dobavok : Nakaz MOZ N 222 vid 23.07.96 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0715-96#Text>
3. Lastukhin Yu.O., Voronov S.A. (2006) *Orhanichna khimii. Pidruchnyk dlia vyshchyykh navchalnykh zakladiv* [Organic chemistry. Handbook for higher education institutions]. Lviv: Tsentr Yevropy. (in Ukrainian).
4. Dubinina A. A., Maliuk L. P., Seliutina H. A. (2007) *Toksychni rehovyny u kharchovykh produktakh ta metody yikh vyznachennia: pidruchnyk* [Toxic substances in food products and methods of their determination: a handbook]. Kyiv : VD «Professional». (in Ukrainian).
5. Smoliar V.I., Tsyhanenko O.I., Petrashenko I. (2007) Nitraty, nitryty ta nitrozoaminy u kharchovykh produktakh i ratsionakh [Nitrates, nitrites and nitrosoamines in food and diets]. *Problemy kharchuvannia*, N 3. pp. 15–23.
6. Verholias M.R. (2020) Otsinka toksychnosti nitrativ u vodi z vykorystanniam tsytomorfologichnykh pokaznykiv test-orhanizmiv [Assessment of nitrate toxicity in water using cytomorphological parameters of test organisms]. *Ekolohichni nauky*, N 3(30). pp.129–132.
7. Tolchynskyi O.V. (2013) Pokhodzhennia ta naslidky nitratnoi intoksykatsii dlia liudyny i tvaryn [Origin and consequences of nitrate intoxication for humans and animals]. *Nauk. zap. Ternop. nats. ped. un-tu. Ser. Biol.*, N2 (55). pp. 122–125.
8. Smoliar V.I. (2005) *Kharchova ekspertyza* [Food expertise]. K. : Zdorovia, (in Ukrainian).
9. DSTU 4436:2005 *Kovbasy vareni, sosysky, sardelky, khliby m'iasni. Zahalni tekhnichni umovy*. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=77099](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77099).
10. DSTU ISO 2918:2005 *Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennia zahalnoho vmistu nitrytu (kontrolnyi metod)*. URL: [https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu\\_iso\\_2918\\_2005.pdf](https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_2918_2005.pdf)

УДК 543.3:546.3

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.18>

## ДЖЕРЕЛА ПОХОДЖЕННЯ СПОЛУК АЛЮМІНІЮ В ПИТНІЙ ВОДІ

**Крчачан Т. М.** – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії

Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»

ORCID ID: 0000-0002-0618-4483

**Ямборак Р. С.** – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри хімії

Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»

ORCID ID: 0000-0003-1865-9308

Контроль рівня Алюмінію в питній воді важливий для забезпечення безпеки і здоров'я споживачів, оскільки великі концентрації цього елемента можуть бути шкідливими для здоров'я людини. Алюміній у питній воді може походити з різних джерел, зокрема, він може бути присутнім у ґрунті та водоймах як результат природного розчинення мінералів, що містять Алюміній, таких як боксити, гідроксиди або силікати. Іншим способом потрапляння його у питну воду є антропогенні джерела. Алюміній може потрапляти в воду через промислові процеси та забруднення. Наприклад, зливи від алюмінієвих підприємств, використання алюмінієвих солей у водопідготовці або у якості коагулянтів для очищення води, а також відходи від виробництва алюмінієвих контейнерів. Також Алюміній може потрапляти в питну воду через матеріали, що використовуються у водопровідних системах. Наприклад, алюмінієві труби або фільтри, які містять алюмінієві компоненти сплавів. Іншими джерелами можуть бути забруднені джерела води в результаті відходів від сміттєзвалищ, використання агрохімікатів, промислових викидів тощо.

Предметом нашого дослідження є визначення вмісту Алюмінію у воді, яка використовується для пиття та приготування їжі в досліджуваному регіоні. Основна увага приділяється вивченню причин забруднення окремих зразків води Алюмінієм, а також впливу цього забруднення на роботу насосних та нагрівальних приладів і здоров'я мешканців. В дослідженні також розглядаються технічний стан нагрівальних елементів та можливість їхнього впливу на якість води.

Згідно результатів дослідження вмісту Алюмінію у воді, що використовується побутовими споживачами, встановлено високий вміст цього елемента у деяких зразках води, що перевищує допустимі норми згідно діючих стандартів. Високий вміст Алюмінію може спричинити неефективну роботу насосних та нагрівальних приладів, корозію елементів системи нагрівання та впливати на здоров'я людей через накопичення токсичних речовин в організмі. Таким чином, проблема високого вмісту Алюмінію в воді з газових котлів, насосів стає актуальною і потребує негайного вирішення. Необхідно встановити причини забруднення води, визначити джерела забруднення та розробити заходи для покращення якості води та ефективної роботи пристроїв для забезпечення безпеки, комфорту та здоров'я населення.

**Ключові слова:** харчування, Алюміній, питна вода, ГДК – гранично допустима концентрація, водопровідні системи.

### **Krachan T. M., Yamborak R. S. Sources of Aluminium compounds in drinking water**

Control of Aluminium in drinking water is important to ensure the safety and health of consumers, as high concentrations of this element can be harmful to human health. Aluminium in drinking water can come from a variety of sources, including soil and water as a result of the natural dissolution of minerals containing Aluminium, such as bauxite, hydroxides or silicates. Another way it can enter drinking water is through anthropogenic sources. Aluminium can enter water through industrial processes and pollution. For example, discharges from aluminium smelters, the use of aluminium salts in water treatment or as coagulants in water purification, and waste from the production of aluminium containers. Aluminium can also enter drinking water through materials used in water supply systems. For example, aluminium pipes or filters that contain aluminium alloy components. Other sources may include contaminated water sources as a result of waste from landfills, agrochemicals, industrial discharges, etc.



*The subject of our study is to determine the aluminium content of water used for drinking and cooking in the region under investigation. The main focus is to study the causes of Aluminium contamination of individual water samples, as well as the impact of this contamination on the operation of pumping and heating devices and the health of residents. The study also examines the technical condition of heating elements and the possibility of their impact on water quality.*

*According to the results of the study of Aluminium content in water used by household consumers, high levels of this element were found in some water samples, which exceeded the permissible limits according to the current standards. High levels of Aluminium can cause inefficient operation of pumping and heating devices, corrosion of heating system components, and affect human health through the accumulation of toxic substances in the body. Thus, the problem of high Aluminium content in water from gas boilers and pumps is becoming urgent and needs to be addressed immediately. It is necessary to establish the causes of water pollution, identify the sources of pollution and develop measures to improve water quality and efficient operation of devices to ensure the safety, comfort and health of the population.*

**Key words:** food, Aluminium, drinking water, MPC – maximum permissible concentration, water supply systems.

**Постановка проблеми.** Ситуація з високим вмістом Алюмінію в воді, що потрапляє споживачам крізь індивідуальні системи водопостачання є серйозною і вимагає комплексного підходу до вирішення. Для початку, потрібно провести детальне дослідження для визначення причин забруднення води і встановлення джерел забруднення. Можливі причини включають декілька аспектів, зокрема, недостатню очистку води перед подачею у водопровідну систему. Система очищення води може бути неефективною або непрацюючою, що дозволяє Алюмінію та іншим елементам-забруднювачам потрапляти в систему водопостачання. Ще одним джерелом цього металу може бути корозія водопровідних труб і баків: Якщо водопровідні системи містять алюмінієві компоненти або вони знаходяться в поганому стані, може відбуватися корозія, що призводить до підвищеного вмісту алюмінію в воді. Використання алюмінієвих солей у водоочисних процесах також є важливим моментом у комплексі водопостачання. У деяких випадках, алюмінієві солі можуть використовуватися для очищення води, і, якщо цей процес не контролюється належним чином, вони можуть потрапляти у водопровідні системи.

**Постановка завдання.** Вивчити вміст Алюмінію у питній воді, що проходить через систему водопостачання у досліджуваному регіоні, встановити причини забруднення та розробити заходи для покращення якості води та ефективної і безпечної роботи водопровідної системи.

**Мета та завдання досліджень:** відібрати зразки води з різних джерел, визначити вміст Алюмінію у воді за допомогою методу спектрального аналізу, проаналізувати одержані результати у порівнянні з державними стандартами якості для питної води, визначити можливі джерела забруднення Алюмінієм у воді (наприклад, матеріали трубопроводів, використані агенти очищення тощо), оцінити стан насосних систем та газових котлів та їх ефективність, розробити заходи для зменшення вмісту Алюмінію в воді (наприклад, застосування фільтрів, заміна деталей системи), встановити рекомендації щодо регулярного технічного обслуговування приладів для підтримки їхньої ефективної роботи, підготувати рекомендації для споживачів щодо коректного використання цієї води для індивідуальних потреб.

Об'єктом дослідження є вода, яка подається через систему водопостачання для приготування їжі та пиття в досліджуваному регіоні. Основний акцент робиться на вивченні вмісту Алюмінію в цій воді, та джерел забруднення. Дослідження також включає в себе комплексний підхід до проблеми, який охоплює технічний стан водопровідної системи, яка використовується споживачами, а також можливі джерела забруднення Алюмінієм.

Очікувані результати дослідження вмісту Алюмінію у воді: передбачається високий вміст Алюмінію у зразках води, що перевищує допустимі норми згідно діючих стандартів; очікується, що значна частина пристроїв водопостачання буде показувати ознаки зношеності, корозії або відкладення на стінках насоса чи котла; прогнозується, що основними джерелами забруднення Алюмінієм будуть алюмінієві трубопроводи або використані агенти для очищення води.

Наукова новизна дослідження полягає в комплексному аналізі вмісту Алюмінію у питній воді з індивідуальних систем водопостачання, а також в оцінці технічного стану пристроїв водопостачання та їх впливу на якість води. Дослідження включає наступні аспекти: інтегрований підхід, аналіз джерел забруднення, розробка ефективних рекомендацій, вплив на здоров'я мешканців, перспективність заходів. Такий комплексний підхід щодо дослідження проблеми високого вмісту Алюмінію у воді може забезпечити високу цінність дослідження для практичного застосування.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Алюміній та його сплави відіграють важливу роль у сучасній техніці та промисловості. Їх легкість, висока корозійна стійкість та інші властивості зробили їх популярними матеріалами у багатьох галузях, таких як транспорт, будівництво, авіація, космічна, а також харчова промисловість тощо.

Однак, важливо зазначити, що існують певні обмеження в застосуванні алюмінію та його сплавів. Наприклад, експлуатаційна температура алюмінію невисока, що робить його менш підходящим для використання в умовах високих температур. Тому в деяких випадках використовують сплави, які містять тугоплавкі та рідкісноземельні елементи, щоб підвищити температурну стійкість та інші властивості матеріалу. Не дивлячись на ці обмеження, алюміній та його сплави залишаються важливими матеріалами у сучасній техніці, і їх технологічний потенціал ще далеко не вичерпаний. З постійними дослідженнями і розвитком нових технологій, вони продовжують знаходити нові застосування та покращувати властивості, що робить їх важливими матеріалами для майбутніх інновацій [1].

За рівнем застосування алюміній займає одне з перших місць серед металів. Це обумовлено його невисокою густиною, високою міцністю. З алюмінію виготовляється різноманітна апаратура, електричні дроти, конденсатори, незамінні деталі деяких пристроїв. Алюмінієва фольга (товщиною 0,005 мм) має широке застосування в харчовій та фармацевтичній промисловості для упаковки продуктів та препаратів.

Алюміній хімічно активний, навіть у звичайних умовах покривається дуже міцною оксидною плівкою. Остання дещо послаблює металевий блиск алюмінію і визначає його досить високу корозійну стійкість [2]. При використанні у побуті слід мати на увазі, що нагрівати і зберігати в алюмінієвому начинні можна лише нейтральні рідини (наприклад, кип'ятити воду). Оскільки в побуті оксидну плівку на поверхні алюмінію дуже легко пошкодити, то використання алюмінієвого посуду не бажано. В організмі людини Алюміній щодня надходить із їжею (близько 2–3 мг), в середньому в організмі людини в кістках, м'язах міститься близько 60 мг Алюмінію. Алюміній бере участь у побудові епітеліальної і сполучної тканин, в процесі регенерації кісткової тканини, змінює реакційну здатність травних ферментів бере участь в обміні фосфору. Алюміній негативно впливає на обмін речовин, особливо мінеральний, на функцію нервової системи, впливає на розмноження і особливо на ріст клітин. При надлишковій концентрації спостерігали порушення рухової активності, судоми, зниження або втрату пам'яті, певні психопатичні реакції [3]. Надлишок солей Алюмінію погіршує засвоєння Кальцію

організмом, при цьому значно збільшується його вміст у кістках, печінці, мозку та в щитовидній залозі. Внаслідок використання упаковки на основі алюмінію (харчова фольга, паперові пакети на основі алюмінієвої фольги) метал залишається на твердій поверхні, і переходить в їжу. При зберіганні або тепловій обробці продуктів, особливо кислих, в алюмінієвій тарі, вміст цього елемента в продуктах може зрости майже в два рази. Найбільше цьому сприяють газовані напої (з фосфатною кислотою), томатний соус, ананаси, кава в алюмінієвих банках, і їжа, загорнена в алюмінієву фольгу [4; 5]. Цукристі речовини здатні вступати в реакції комплексоутворення з іонами Алюмінію та утворювати достатньо стійкі комплекси [6]. Оскільки флуорид-іони мають вплив на здатність до корозії металічного алюмінію, не рекомендують зберігати в алюмінієвій тарі продукти, багаті на Флуор, зокрема, чай, м'ясо, морепродукти, фторована вода. Присутність у водних розчинах аскорбінової кислоти та натрій хлориду підсилюють вилуговування іонів алюмінію з харчових алюмінієвих сплавів і за кип'ятіння розчину рівень алюмінію сягає концентрації  $0,5 \text{ мг/м}^3$  [7].

Сучасне ефективне сільське господарство не може існувати без використання добрив та засобів захисту від різноманітних шкідників. При цьому деякі фосфатні добрива, які використовують у сільському господарстві, можуть містити алюміній як домішку. Під час поливу або дощу ці добрива можуть змиватися у водні джерела. Алюмінієві солі, які використовуються у водоподібних препаратах для очищення води (зокрема алюміній сульфат), можуть потрапляти у водойми через неякісне застосування або незадовільну утилізацію відходів. Отже, присутність Алюмінію у водних ресурсах стає предметом зростаючої занепокоєності через його потенційний вплив на здоров'я людей та якість харчових продуктів, що виробляються з використанням такої води. У зв'язку з цим актуальність дослідження впливу алюмінію у воді на харчові технології набуває особливого змісту. Окрім того, Алюміній може потрапляти в харчові продукти з ґрунту, який містить алюмосилікати і які внаслідок антропогенного впливу переходять у рухомі міграційні форми [4].

Згідно законодавства України, регламентований вміст Алюмінію в атмосферному повітрі (гранично-допустима концентрація (ГДК) алюміній оксиду в перерахунку на Алюміній становить  $0,01 \text{ мг/м}^3$ , окремих солей Алюмінію –  $0,006 \text{ мг/м}^3$ ), у воді питній ( $0,2 \text{ мг/м}^3$  та  $0,5 \text{ мг/м}^3$  для води, що була оброблена реагентами на основі Алюмінію). Також регламентовано рівень міграції Алюмінію з пакувальних матеріалів для харчових продуктів та посуду (норматив  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ ). Вміст алюмінію в харчових продуктах в Україні не регламентується [7]. Згідно рекомендацій ВООЗ, кількість Алюмінію, що потрапляє до організму людини не повинен перевищувати  $1 \text{ мг}$  на  $1 \text{ кг}$  маси тіла за добу, за іншими даними добова норма надходження алюмінію до людського організму становить не більше  $12 \text{ мг}$  [4].

Деякі продукти харчування також містять Алюміній і його кількість становить ( $\text{мг/кг}$ ): м'ясо та м'ясні вироби – від  $1,6$  до  $20$ ; морква, помідори, яблука – до  $150$ ; продукція на основі какао (цукерки, шоколад) – до  $65,2 \text{ мг/кг}$ ; в листі чаю  $850$ – $1400$ . Вважається, що щоденне споживання двох літрів чаю, що містить до  $200 \text{ мг}$  Алюмінію, не шкідливе для людей зі здоровими нирками, але небезпечно для тих, хто страждає на захворювання нирок [7]. Вивчення стану Алюмінію в природних поверхневих водах стає все більш важливим через його потенційно токсичну дію на живі організми. Цей метал може мати шкідливий вплив як на рослинний, так і на тваринний світ, особливо в контексті його можливої концентрації у воді [8].

Раніше Алюміній дійсно вважався малотоксичним і навіть інертним, проте дослідження показали, що високі концентрації алюмінію у воді можуть мати шкідливий вплив на різноманітні види живих організмів. Підвищена концентрація Алюмінію в природних водоймах може бути спричинена різними факторами, такими як промислові викиди, використання алюмінієвих солей у водопостачанні або землеробстві, а також викиди від автомобілів та інших джерел забруднення. Такі дослідження наголошують на важливості ретельного моніторингу та контролю якості води, а також на необхідності прийняття заходів для зменшення викидів алюмінію у природні водоймища. Тільки таким чином можна зберегти екологічний баланс та запобігти потенційному шкідливому впливу на екосистеми водних об'єктів.

Токсичність Al (III) залежить від форми його знаходження у водному середовищі. До найтоксичніших відносяться його аквакомплекс  $[Al(H_2O)_6]^{3+}$  та деякі гідросокомплекс, зокрема  $Al(OH)_2^+$  і  $AlOH^{2+}$ , що можуть існувати у слабко кислому середовищі за pH 4,5–5,5 [9]. Детоксикацію Алюмінію в природному водному середовищі спричиняють сульфати і силікати внаслідок утворення відповідних комплексних сполук. Проте набагато помітніше зниження токсичності Al (III) спостерігають внаслідок його зв'язування в комплекси з гумусовими речовинами. Своєю чергою, комплексоутворення за участю гумусових речовин зумовлює зростання міграційної здатності алюмінію в поверхневих водах, зокрема в тих, де зазначені органічні кислоти стають домінуючою групою у складі розчинених органічних речовин [9]. Оскільки існує певна залежність між вмістом органічних речовин та сезонними змінами, можна очікувати зміну концентрації іонів Алюмінію у досліджуваній воді.

В Україні проблема забруднення води Алюмінієм, вплив на харчові технології та безпеку харчових продуктів активно вивчається рядом наукових установ, університетів та дослідницьких організацій. Зокрема: Національна академія наук України (НАНУ) – Інститути екології, води та проблем стічних вод, біології водних екосистем, та інші дослідницькі установи активно займаються дослідженням якості води та її забрудненням. Національний університет водного господарства та природокористування (НУВГП) – Факультети екології та безпеки життєдіяльності, гідроекології та геоєкології активно проводять дослідження у галузі водних ресурсів та їх забруднення. Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБіП) – Факультети агроєкології, екології та природничих наук також здійснюють дослідження в галузі водних ресурсів та їх взаємодії з харчовими технологіями. Національний науковий центр «Інститут харчової безпеки» – Центр спеціалізується на дослідженні якості харчових продуктів, включаючи вивчення впливу різних забруднювачів, в тому числі і алюміній, на безпеку та якість харчових продуктів. Обласні екологічні та гідрологічні дослідницькі лабораторії. Дані установи та організації активно співпрацюють з міністерствами та державними службами України, провідними галузевими компаніями, а також міжнародними науковими організаціями для вирішення проблем забруднення водних ресурсів алюмінієм та його впливу на харчові технології та безпеку харчових продуктів [10–11].

**Результати досліджень.** При проведенні аналізу ми керувались нормативними документами, що описують методики дослідження вмісту Алюмінію у питній воді [12]. Тому для аналізу було обрано спектрофотометричний метод. Метод ґрунтується на здатності іона алюмінію утворювати з алюміноном лак оранжево-червоного кольору, що являє собою комплексну сполуку. Реакція здійснюється в слабко-кислому розчині за pH 4,50–4,65 у присутності сульфату амонію як стабілізатора забарвлення лаку, який фотометрується за довжини хвилі 525–540 нм.

Для проведення дослідження готували серію стандартних розчинів, що відповідає 0; 0,04; 0,08; 0,16; 0,28; 0,40 і 0,56 мг/л Алюмінію, додали відповідно 25,0; 24,9; 24,8; 24,6; 24,3; 24,0 і 23,6 мл підкисленої дистильованої води (3 мл хлоридної кислоти на 1000 мл дистильованої води). перемішали і додали по 25,0 мл реакційної суміші, що містить на 250 мл: 10 мл розчину сульфату амонію, 20 мл розчину алюмініону, 220 мл розведеного ацетатного буферного розчину (рН = 4,9) і 300 мг аскорбінової кислоти. Перемішують і через 25–30 хв вимірюють оптичну густину розчинів при 540 нм у кюветі на 30 мм відносно нульового розчину. За отриманими даними будують градувальний графік залежності оптичної густини розчинів від концентрації Алюмінію в мг/мл. Під час проведення нашого дослідження ми використали метод порівняння, оскільки вміст Алюмінію у досліджуваній воді був досить низьким (табл. 1).

Таблиця 1

**Вміст іонів Алюмінію у досліджуваних питної води**

Зразок	ГДК, мг/л	Вміст, мг/л
1	0,2–0,5	0
2		0
3		9,7856
		0
		81,2 мг/л

**Висновки.** Як показали наші дослідження, у двох із п'яти зразків спостерігається завищений вміст Алюмінію, що не відповідає чинним нормам і ГДК. Причиною збільшення концентрації ми вважаємо певний склад сплаву деталей, що забезпечують водопостачання і перебувають у безпосередньому контакті з питною водою.

Дані щодо токсичності Алюмінію та його сполук вказують на їхню біологічну активність та на здатність негативно впливати на теплокровні організми за хронічного впливу в досить низьких дозах, а саме – біля 45 мг на добу. Алюміній, який накопичується в водних ресурсах, може впливати на якість та безпеку харчових продуктів, змінюючи їх фізико-хімічні властивості та представляючи потенційні ризики для здоров'я споживачів.

Важливо підвищувати обізнаність серед споживачів та фахівців у галузі харчових технологій про ризики, пов'язані з алюмінієм у воді та харчових продуктах.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Андрусишина І. М. Алюміній у питній воді і здоров'я людини. Київ, 2018. 38 с.
2. Левітін Є.Я. Бризицька А.М., Ключев Р.Г. Загальна та неорганічна хімія. Вінниця: Нова книга, 2003. 468 с.
3. Руденко С. С. Алюміній в природних біотопах: біохімічна адаптація тварин: Монографія. Чернівці : Рута, 2001. 300 с.
4. Saiyed SM, Yokel R.A. Aluminium content of some foods and food products in the USA, with aluminium food additives. *Food Addit Contam*, 2005. Vol. 22(3). P. 234–244.
5. Turhan S. Aluminium contents in baked meats wrapped in aluminium foil. *Meat Science*, 2006. Vol. 74(4). P. 644–647.
6. Шерстюк В.П. Дегтярьов Л.С., Сарапулова О.О. Взаємодія цукристих речовин з поверхнею пакувальної алюмінієвої фольги. *Упаковка*, 2011. № 1. С. 50–54.

7. Кузьмінов Б.П., Зазуляк Т.С., де Агіар Даніель А.М., Харчук Р.В. Алюміній, як контамінант харчових продуктів. *Єдине здоров'я та проблеми харчування України*, 2013. №1(38). С. 65–68.

8. Набиванець Б.И., Осадчий В.И., Осадча Н.М., Набиванець Ю.Б. Аналітична хімія поверхневих вод. К.: Наукова думка, 2007. С. 456.

9. Жежеря В.А., Линник П.М. Вміст та форми знаходження алюмінію у воді річок басейну Прип'яті. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту: Зб. наук. пр.* 2010. Вип. 259. С. 171–187.

10. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання: СанПін 383 [Електронний ресурс]. – [Чинна від 1996-12-23]. Режим доступу: <http://document.ua/voda-pitna.gigienichni-vimogi-do-jakosti-vodi-centralizovannor3053.html>.

11. Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною: ДСанПін 2.2.4-171-10 [Електронний ресурс]. – [Чинна від 2010-05-12]. Режим доступу: [zakon.rada.gov.ua/go/z0452-10](http://zakon.rada.gov.ua/go/z0452-10).

12. ДСТУ 7525:2014 Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості / Наказ Держспоживстандарту України від 23.10.2014 № 1257. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=61154](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61154).

#### REFERENCES:

1. Andrusyshyna I. M. (2018) *Aluminium u pytnii vodi i zdorovia liudyny* [Aluminium in drinking water and human health]. Kyiv, pp. 38.

2. Levitin Ye.Ia. Bryzyska A.M., Kliuiev R.H. (2003) *Zahalna ta neorhanichna khimiia* [General and inorganic chemistry]. Vinnytsia : Nova knyha, pp. 468.

3. Rudenko S. S. (2001) *Aluminium v pryrodnykh biotopakh: biokhichna adaptatsiia tvaryn* [Aluminium in natural habitats: biochemical adaptation of animals]. Chernivtsi : Ruta, pp.300.

4. Saiyed SM. Yokel R.A. (2005) Aluminium content of some foods and food products in the USA, with aluminium food additives. *Food Addit Contam.*, Vol. 22(3). pp. 234–244.

5. Turhan S. (2006) Aluminium contents in baked meats wrapped in aluminium foil. *Meat Science*, Vol. 74(4). pp. 644–647.

6. Sherstiuk V.P. Dehtiarov L.S., Sarapulova O.O. (2011) *Vzaiemodiiia tsukrystykh rehovyn z poverkhnei pakuvalnoi aliuminiievoi folhy* [Interaction of sugary substances with the surface of aluminium foil packaging]. *Upakovka*, N 1. pp. 50–54.

7. Kuzminov B.P., Zazuliak T.S., de Ahiar Daniel A.M., Kharchuk R.V. (2013) *Aluminium, yak kontaminant kharchovykh produktiv* [Aluminium as a food contaminant]. *Yedne zdorovia ta problemy kharchuvannia Ukrainy*, N1(38). pp. 65–68.

8. Nabyvanets B.I., Osadchyi V.I., Osadcha N.M., Nabyvanets Yu.B. (2007) *Analichna khimiia poverkhnykh vod* [Analytical chemistry of surface water]. K. : Naukova dumka. pp. 456.

9. Zhezheria V.A., Lynnyk P.M. (2010) *Vmist ta formy znakhodzhennia aliuminiu u vodi richok baseinu Prypiati* [Content and forms of aluminium in the water of rivers of the Pripyat basin]. *Naukovi praci Ukrajinjskogo naukovo-doslidnogo gidrometeorologichnogo instytutu: Zb. nauk. pr.* N 259. pp. 171–187.

10. *Voda pytna. Hihienichni vymohy do yakosti vody tseentralizovanoho hospodarsko-pytnoho vodopostachannia*: SanPin 383. URL: <http://document.ua/voda-pitna.gigienichni-vimogi-do-jakosti-vodi-centralizovannor3053.html>.

11. *Hihienichni vymohy do pytnoi vody, pryznachenoi dlia spozhyvannia liudynoiu*: DСанPiN 2.2.4-171-10/ URL: [zakon.rada.gov.ua/go/z0452-10](http://zakon.rada.gov.ua/go/z0452-10).

12. DSTU 7525:2014 *Voda pytna. Vymohy ta metody kontroliuvannia yakosti*. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=61154](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=61154).

УДК 637.51: 637.518

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.19>

## ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АНАЛОГІВ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ

**Левченко М. В.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри технологій виробництва та переробки  
сільськогосподарської продукції імені академіка В. Г. Пелиха  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0001-7774-8955

М'ясні продукти є вагомою частиною раціону харчування людини. М'ясна сировина характеризується поживністю, вираженими смаковими та кулінарними властивостями, повноцінним набором вітамінів та мінеральних речовин. М'ясо є дороговартісним продуктом, оскільки в його собівартість закладені витрати на утримання, забій, переробку м'ясної сировини, її транспортування, зберігання, пакування, допоміжні матеріали, тощо. Підвищений інтерес до веганства та вегетаріанства спонукає виробників шукати нові альтернативні продукти, які за складом, смаковими і кулінарними властивостями будуть альтернативою м'яса. Аналоги м'ясних продуктів класифікуються за походженням на ті, що складаються на основі рослинної чи грибною сировини і культивоване м'ясо. В роботі наведено технології виготовлення аналогів м'ясної сировини (культивування м'яса *in vitro*, веганський фарш та мікопротеїн). Встановлено, що продукти з використанням аналогів м'ясної сировини за зовнішнім виглядом, смаком та консистенцією не відрізняються від звичайного м'ясного фаршу (яловичини, нежирної свинини, курятини). Аналоги м'ясної сировини є функціональними, високобілковими та економічно вигідними інгредієнтами.

Розглянуто ефективність взаємодії та впливу аналогів м'ясних продуктів на організм людини. Встановлено, що вживання м'ясних продуктів на основі мікопротеїну покращує перетравлювання їжі, регулює рівень інсуліну, холестерину в крові, сприяє кращій роботі шлунково-кишкового тракту. Веганський фарш має натуральний, екологічно-безпечний, збалансований вітамінно-мінеральний склад (в т.ч. вітаміни групи В, заліза, кальцію, фосфору, цинку); високий вміст білку (16–20 г білка в 100 г веганського фаршу). Культивування м'яса *in vitro* є безпечним, гуманним по відношенню до тварин, екологічно чистим, дозволяє контролювати вміст холестерину в кінцевому продукті. Аналоги м'ясної сировини вважаються більш здоровішими і, водночас, екзотичними продуктами харчування. За своїми якісними характеристиками альтернативні продукти не відрізняються суттєво від традиційних, виготовлених з м'ясної сировини.

**Ключові слова:** м'ясо, м'ясна сировина, аналоги, *in vitro*, веганський фарш, мікопротеїн.

### **Levchenko M. V. Production and use of analogues of meat raw materials**

Meat products are a significant part of the human diet. Meat raw materials are characterized by nutrition, pronounced taste and culinary properties, a complete set of vitamins and minerals. Meat is an expensive product, since its cost includes the costs of keeping, slaughtering, processing meat raw materials, its transportation, storage, packaging, auxiliary materials, etc. The increased interest in veganism and vegetarianism prompts manufacturers to look for new alternative products that will be an alternative to meat in terms of composition, taste and culinary properties. Analogues of meat products are classified by origin into those based on plant or mushroom raw materials and cultured meat. The work presents technologies for the production of analogues of meat raw materials (cultivation of meat *in vitro*, vegan minced meat and mycoprotein). It was established that products using analogs of meat raw materials do not differ in appearance, taste and consistency from ordinary minced meat (beef, lean pork, chicken). Analogues of meat raw materials are functional, high-protein and economically beneficial ingredients.

The effectiveness of the interaction and influence of analogues of meat products on the human body is considered. It has been established that the consumption of meat products based on mycoprotein improves food digestion, regulates the level of insulin and cholesterol in the blood, and promotes better work of the gastrointestinal tract. Vegan minced meat has a natural, ecologically safe, balanced vitamin and mineral composition (including B vitamins, iron, calcium,

*phosphorus, zinc); high protein content (16–20 g of protein in 100 g of vegan minced meat). Cultivating meat in vitro is safe, humane to animals, environmentally friendly, and allows you to control the cholesterol content of the final product. Raw meat analogues are considered healthier and, at the same time, exotic food products. According to their quality characteristics, alternative products do not differ significantly from traditional products made from meat raw materials.*

**Key words:** *meat, meat raw materials, analogues, in vitro, vegan minced meat, mycoprotein.*

**Вступ.** М'ясо і м'ясовмісні продукти є одним з головних джерел незамінних білків в збалансованому раціоні харчування людини. М'ясо характеризується повноцінним набором поживних і корисних речовин, адже окрім білків, містить в складі жири, вуглеводи, вітаміни та мінеральні речовини. М'ясна сировина є важливим джерелом заліза та вітамінів групи В (В<sub>1</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>), які перешкоджають виникненню чи розвитку анемії в організмі людини. Через свою структуру, смакові та споживчі властивості м'ясо збагачує готові продукти і кулінарні страви. Екстрактивні речовини м'ясного соку, виділяючись під час приготування, збуджують апетит, сприяють активному виділенню шлункового соку та покращують перетравлювання їжі. Амінокислотний склад м'ясних продуктів має високий (більше 96%) коефіцієнт засвоюваності. Жири підвищують калорійність готових страв, слугують джерелом обмінної енергії [1].

**Постановка проблеми.** За даними державної служби статистики [2] середньостатистична людина споживає за рік більше 50 кг м'яса та м'ясопродуктів. Це, переважно, м'ясо свинини, яловичини, баранини чи козлятини різної категорії, птиці, кролів, дичини, субпродукти, ковбасні вироби, м'ясні напівфабрикати, консерви, тощо. М'ясо є дорогавартісним продуктом, оскільки в його собівартість закладені витрати на утримання, забій худоби чи птиці, переробку м'ясної сировини, її транспортування, зберігання, пакування, допоміжні матеріали, тощо.

Зниження рівня доходів населення, зменшення кількості поголів'я сільськогосподарських тварин і птиці, криза та наслідки воєнних дій на території України за останні роки суттєво стали причиною виникнення розриву між фактичним та нормативним рівнем споживання м'яса і м'ясопродуктів. Такі умови спонукають виробників та науковців до пошуку нових альтернативних джерел білку в раціоні харчування, які будуть повноцінними за складом, простими у виробництві та невисокої вартості. Сучасні виробники харчової продукції все частіше прагнуть виготовляти продукти, які за своїми смаковими і поживними властивостями будуть схожі до м'ясної сировини. В світі зростає інтерес до продуктів, до складу яких не входить м'ясо. Це, так звані, альтернативні джерела білку, як рослинного (гриби, нут, горох, сочевиця, квасоля, соєві боби або адамам, кіноа, арахіс, горіхи, ін.), так і нерослинного походження (борошно з чорної левини або протеїнове борошно, комахи, тощо).

**Метою статті** є дослідження технології виготовлення і перспективних напрямків використання аналогів м'ясних продуктів та визначення впливу на організм людини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Термін «аналоги м'ясних продуктів» характеризує харчові продукти, які за смаковими властивостями та складом близькі до м'яса, при цьому не містять в своєму складі білків тваринного походження. Аналоги м'ясних продуктів класифікуються за походженням на ті, що складаються на основі рослинної чи грибної сировини і культивоване м'ясо [3].

Культивування м'яса (*in vitro*) – це процес штучного вирощування м'яса зі стовбурових клітин в окремі тканини у лабораторних умовах. Така система виробництва м'яса передбачає виділення ембріональних міобластів з клітин



сільськогосподарських тварин, таких як велика рогата худоба, овець, свиней, птиці, тощо. Культивування ґрунтується на принципах тканинної інженерії, коли вирощуються окремі тканини тварин, цінні для харчової та переробної промисловості. Так, за допомогою культивування можна отримувати тільки філе, вирізьку, тобто збільшити вихід цінного м'яса, при цьому мінімізувати відходи (шкуру, кістки, внутрішні органи) [4].

Процес культивування розпочинається з відокремлення стовбурових клітин тварини чи птиці для переміщення їх в рідке поживне середовище. Система культивування м'яса передбачає культивування м'язової тканини в рідкому середовищі у великому масштабі в спеціальному біореакторі. В наслідок ділення і розмноження таких клітин, розмежування на м'язові волокна всередині біореактора утворюється каркас. Після прикріплення до каркасу колагенової сітки, стовбурові клітини зливаються в міотуби, а далі – диференціюються в міоволокна (рис. 1). В процесі вирощування на поживному субстраті утворюється м'ясо, яке можна варити, піддавати температурній обробці, споживати у вигляді емульсії або січених напівфабрикатів [5].



Рис. 1. Схема культивування м'яса *in vitro*

Культивування м'яса *in vitro* дозволяє контролювати вміст жирних кислот в готовому продукті шляхом зміни складу живильного середовища (субстрату). Вміст жиру контролюють шляхом зміни співвідношення насичених та поліненасичених жирних кислот. Культивоване м'ясо не має кольору, тому в процесі вирощування до субстрату додають буряковий сік або шафран. Такий вид м'ясної сировини є чудовою альтернативою для вегетаріанців або літніх людей, як відмінний замітник тваринного білку. Культивування м'яса є безпечним, гуманним по відношенню до тварин, екологічно чистим (без антибіотиків, гормонів та інших домішок) способом виробництва.

Недоліками такого способу виробництва м'ясної сировини вважається підвищення вартість, знижений попит на продукцію даного способу виробництва, низьке соціальне сприйняття (через своє неприродне походження), низькі смакові властивості [4; 5].

Різновидом аналогів є виробу на основі рослинного білку у вигляді фаршу (так званий «веганський фарш»), які створені для імітації м'ясної сировини. Веганським називається мілко подрібнений фарш, на основі рослинних білків (переважно гриби, соя, пшениця, горох), рослинних жирів, спецій, прянощів, барвників та зв'язуючих речовин (метил целюлози МЦ, Е461).

Для того, щоб веганський фарш мав подібну до м'яса структуру, додають текстуровані білки рослинного походження, в деяких випадках курячі яйця та молоко. Текстурований рослинний білок (екструдат) виготовляється в екструдерах із сумішок рослинної сировини, білків та води, методом нагрівання та механічної обробки тиском з подальшим охолодженням продукту. Існує два види екструзії рослинного білку – з високим вмістом вологи НМЕ (рис. 2, а) та з низьким вмістом вологи TVP (рис. 2, б) [6].

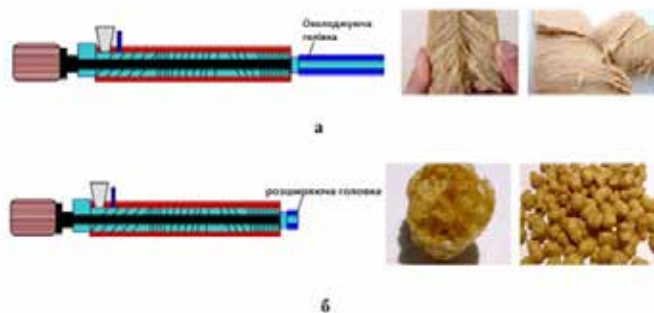


Рис. 2. Екструзія рослинного білку:  
а – високим вмістом вологи (НМЕ), б – з низьким вмістом вологи (TVP)

Екструдат з високим вмістом вологи (НМЕ) характеризується волокнистою структурою і вмістом вологи більше 40%. Натомість, екструдат з низьким вмістом вологи (TVP) має грубу, щільну структуру, вологість нижче 35% і вимагає попереднього замочування у воді перед вживанням. Технологія виготовлення харчових продуктів з веганського фаршу складається з підготовки сировини, її подрібнення, змішування та емульгування. Підготовка сировини включає в себе підбір рослинного жиру, екструдованого білку, з попереднім його замочуванням в воді (в залежності від вологості вихідної сировини). Вихідну сировину подрібнюють до частинок заданого розміру. Змішування проводиться в два етапи. На першому – змішують рослинний білок (екструдат) з рослинними оліями чи жирами. На другому етапі в змішувач додають лід, спеції, прянощі, барвники, ароматизатори, зв'язуючі речовини. Готовий фарш завантажують в бункер вакуум-шприця VF-800, звідки продукт через вбудовану лінію направляється до подрібнювача і формуючої установки. Продукт подрібнюють до м'якого зерна, а за допомогою кінцевої решітки йому надають вигляд та власне форму фаршу (рис. 3).

За зовнішнім виглядом, смаком і консистенцією готові страви з веганського фаршу класичної повітряної структури («free-flow») не відрізняються від звичайного м'ясного фаршу (наприклад яловичини, нежирної свинини, курятини). Перевагами використання веганського фаршу є його натуральність; екологічний та безпечний склад (не містить антибіотиків, холестерину, гормонів); наявність збалансованого вітамінно-мінерального складу (в т.ч. вітамінів групи В, заліза, кальцію, фосфору, цинку); високий вміст білку (16–20 г білка в 100 г веганського фаршу) [3; 6].

Кворн («Quorn») – аналог м'яса на основі мікопротеїну (протеїну, отриманого з гриба *Fusarium venenatum*). Мікопротеїн, через значний вміст білку (45%) і клітковини (25%), є відмінним джерелом амінокислот, має подібний склад до спіруліни. Технологія виготовлення Кворну передбачає бродіння, фільтрацію, висушування, змішування з яєчним альбуміном або картопляним білком (зв'язувальний



Рис. 3. Технологія виготовлення веганського фаршу

компонент), пресування та фасування. Кінцевим продуктом бродіння є грибна біомаса, яка при заданих параметрах мікроклімату (температура 28–30°C, рН 6,0) забезпечує швидкість росту до 350 кг/год. Біомасу нагрівають до температури 65°C протягом 25–30 хв. Отриману суспензію міцелію прогрівають до температури 90°C, центрифугують та охолоджують. Центрифугування проводять до отримання пастоподібної маси з масовою часткою твердих речовин не менше 20%. Отриманий мікопротеїн змішується зі зв'язуючим агентом та є готовим для виробництва харчових продуктів. Кворн застосовується для виготовлення сосисок, ковбас, бургерів, нагетсів, ескалопу, стейків, тощо.

Вживання мікопротеїнів покращує перетравлювання їжі, регулює рівень інсуліну, холестерину в крові, сприяють кращій роботі шлунково-кишкового тракту. Енергетична цінність в 100 г Кворну становить 94 ккал (393 кДЖ), вміст вуглеводів – 4,5 г (в т. ч. цукру 0,6 г), жирів – 2 г (в т.ч. насичені 0,5 г), білків – 14,5 г (із них триптофану – 0,18 г, треоніну – 0,61 г, ізолейцину – 0,57 г, лейцину – 0,95 г, лізину – 0,91 г, метіоніну – 0,23 г, фенілаланіну – 0,54 г, валіну – 0,6 г, гістидину – 0,39 г). Кворн є натуральним аналогом м'яса, який має широке застосування в Європі, США, Індії. Технологія виробництва мікопротеїну є високо промисловою та вимагає значного капітального фінансування [7].

Як імітацію м'яса використовують вегетативну частину грибів (грибний міцелій). Американська стартап-компанія «Meati Foods» розробила технологію, на основі якої частинки міцелію гливи звичайної поміщають в металеву ємність з цукром на 18–20 год. В результаті можна отримати шматки, які за смаком і текстурою нагадують м'ясо курятини. Така сировина є екологічно чистою, безпечною та використовується для виробництва сосисок, стейків, бургерів, інших страв. Продукт містить повноцінний білок, бета-глюкани, клітковину, вітаміни та мінерали,

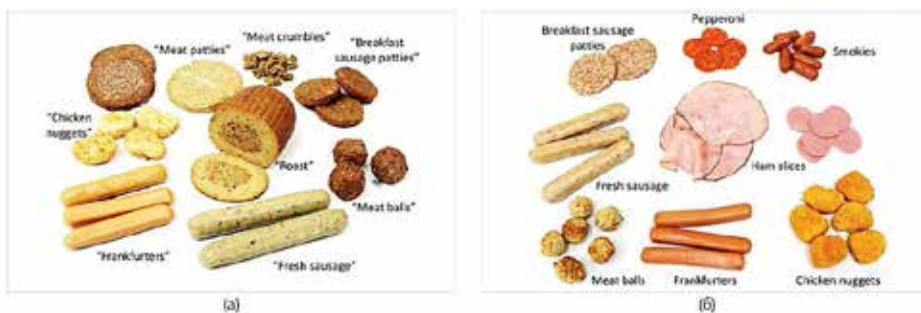


Рис. 4. Готові продукти на рослинній сировині (а), традиційній м'ясній сировинні (б)

низьку калорійність, мало жиру, не вимагає значних фінансових чи виробничих витрат. Вживання такого продукту надає стійкість організму до хронічних захворювань, сприяє зміцненню імунної системи, знижує рівень холестерину, захищає клітини від стресу чи ураження вільними радикалами, захищають від виникнення нейродегенеративних захворювань (хвороба Альцгеймера, Паркінсона, деменція) [8].

Аналоги м'ясної сировини вважаються більш здоровішими і водночас, екзотичними, продуктами харчування. За своїми якісними характеристиками альтернативні продукти не відрізняються суттєво від традиційних, виготовлених з м'ясної сировини (рис. 4) [6].

Аналоги м'ясної сировини використовують як окремі страви, так і як доповнення до салатів, макаронних виробів, круп, картоплі, овочів, тощо. В Україні все більше набирає популярності споживання альтернативних продуктів м'ясної сировини. За останні роки все більше з'являється виробників фаршу, бургерних котлет, сосисок, ковбасок, фрикаделей та інших варіацій аналогів м'ясної сировини. Відтак, знайти такі продукти можна в мережах відомих супермаркетів (Metro, Сільпо, Фора, Vegetus, WineTime, GoodWine, Еко-Лавка) та в закладах харчування. Виробництвом такого виду продукції займаються торгаві марки «MR Grill», «Vegetus», «Yummy-Yummy», «Wanted Vegan», «Dynameat», «Vegurman», АВК, тощо.

**Висновки.** Зниження рівня доходів населення, зменшення кількості поголів'я сільськогосподарських тварин і птиці, криза та наслідки воєнних дій на території України за останні роки суттєво стали причиною виникнення розриву між фактичним та нормативним рівнем споживання м'яса і м'ясопродуктів. Такі умови спонукають виробників та науковців до пошуку нових альтернативних джерел білку в раціонні харчування. Аналоги м'ясних продуктів за смаковими властивостями та складом близькі до м'яса, при цьому не містять в своєму складі білків тваринного походження. Вони класифікуються за походженням на ті, що складаються на основі рослинної чи грибно-сірої сировини і культивоване м'ясо. Встановлено, що вживання м'ясних продуктів на основі мікопротеїну покращує перетравлювання їжі, регулює рівень інсуліну, холестерину в крові, сприяє кращій роботі шлунково-кишкового тракту. Веганський фарш має натуральний, екологічно-безпечний, збалансований вітамінно-мінерального складу (в т.ч. вітамінів групи В, заліза, кальцію, фосфору, цинку); високий вміст білку (16–20 г білка в 100 г веганського фаршу).

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Левченко М. В. Вплив температурного режиму охолодження на тривалість зберігання м'ясної сировини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2023. №. 5. С. 108–115.
2. Україна в цифрах. Статистичний збірник. Державна служба статистики України, 2023. 34 с.
3. Ismail I., Hwang, Y. H., Joo S. T. . Meat analog as future food: a review. *Journal of animal science and technology*. 2020. Vol. 62(2). P. 111–120.
4. Bhat Z F, Bhat H F, Pathak V. Prospects for In vitro cultured meat-a future harvest. *Principles of Tissue Engineering, Fourth Edition*. Vol. 45. 2013. Pp. 1663–1678.
5. Bhat, Z F. In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*, 2015. V. 2. Pp. 241–248.
6. Shlapak, G. Agunova, L. Azarova, N. Vegetable components in technology production of meat products. *Ukrainian black sea region agrarian science*. 2021. 110. Pp. 95–103.
7. Finnigan T., Needham L. Abbott C. Mycoprotein. *Sustainable Protein Sources*. 2017. Vol.10. Pp. 305–325.
8. Shaa, L. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science and Technology*. 2020. 102. Pp. 51–61.

**REFERENCES:**

1. Levchenko M. V. (2023) Vplyv temperaturnogho rezhymu okholodzhennja na tryvalistj zberighannja m'jasnoji syrovyny. *Tavrijskyj naukovyj visnyk. Serija: Tekhnichni nauky*. Vol. 5. Pp. 108–115 [in Ukrainian].
2. *Ukrajina v cyfrakh. Statystychnyj zbirnyk*. (2023) Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. P. 34 [in Ukrainian].
3. Ismail I. & Hwang Y. H. & Joo S. T. (2020) Meat analog as future food: a review. *Journal of animal science and technology*. Vol. 62(2). P. 111–120.
4. Bhat Z F & Bhat H F & Pathak V. (2013) Prospects for In vitro cultured meat-a future harvest. *Principles of Tissue Engineering, Fourth Edition*. Vol.45 Pp. 1663–1678.
5. Bhat, Z F. (2015) In vitro meat production: Challenges and benefits over conventional meat production. *Journal of Integrative Agriculture*. V. 2. Pp. 241–248.
6. Shlapak, G. & Agunova, L. & Azarova, N. (2021) Vegetable components in technology production of meat products. *Ukrainian black sea region agrarian science*. Vol. 110. Pp. 95–103.
7. Finnigan T., & Needham L. & Abbott C. (2017) Mycoprotein. *Sustainable Protein Sources*. Vol. 10. Pp. 305–325.
8. Shaa, L. (2020) Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. *Trends in Food Science and Technology*. Vol. 102. Pp. 51–61.

УДК 658.821

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.20>

## ТЕХНОЛОГІЇ МЕРЧЕНДАЙЗИНГУ В РЕСТОРАННІЙ ГАЛУЗІ

**Матюшенко Р. В.** – старший викладач кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції  
Національного університету харчових технологій  
ORCID ID: 0009-0006-4900-1241

**Польовик В. В.** – кандидат технічних наук,  
старший викладач кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції  
Національного університету харчових технологій  
ORCID ID: 0000-0001-8760-3813

В статті розглянуті теоретичні та методичні питання а також принципи дії мерчандайзингу в галузі торгівлі та її складової – галузі ресторанного господарства в сучасних умовах господарювання. Розкрито теоретичне поняття технології мерчандайзингових впроваджень які мають суттєве значення на покращення результатів маркетингових та економічних показників в роботі підприємств галузі в сучасних умовах.

Метою використання інструментарію мерчандайзингу та його досліджень є покращення позицій функціонування підприємств які працюють на сьогодні в умовах високої конкуренції, в складних економічних умовах та в більшості випадків з недостатньо високопрофесійним обслуговуючим персоналом. Разом з тим мерчандайзинг ставить за мету покращення своїх позицій підприємством відносно конкурентів, зниження витрат, підвищення ступеня задоволеності споживачів продукції підприємств ресторанного господарства, збільшення економічної ефективності від функціонування закладу і укріплення конкурентної позиції на теренах країни. Також визначити потреби підприємства саме в якому напрямку його діяльності першочергово потрібні зміни, які можуть суттєво вплинути на результат діяльності; оцінити соціальні, матеріальні, економічні показники для покращення ефективності роботи підприємства, визначити на скільки об'ємними повинні бути рекомендації мерчандайзингу. Також з метою покращення іміджу та встановлення бренду торгового закладу, надати нові ідеї та пропозиції які сприятимуть успішному функціонуванню підприємств галузі.

На сьогодні, індустрія галузі торгівлі, в тому числі і заклади ресторанного господарства мають стабільні показники незважаючи на воєнний стан. Навіть в тяжкі часи існування країни харчова промисловість не втратила своїх показників тому, що потреба в їжі є першочерговою потребою існування людства. Тому увага до закладів ресторанного господарства різних форматів і концепцій не зменшилася з боку населення країни.

На зміну уже впровадженим інноваційним технологіям приходять нові такі як «Ко-брендинг», що є симбіозом двох різних сфер бізнесу, де гість може не тільки харчуватися, а і займатися власними справами, дивитися фільми. Також впровадження в закладах роботи які замінюють офіціантів, барменів, швейцарів. Так роботи «front of the house» – працюють із гостями, а «back of the house» – працюють на кухні.

Також завдяки активним діям і пропозиціям мерчандайзингу проваджуються такі види інновацій як «Безконтактна оплата», «Чатботи» що є трендом у ресторанному бізнесі всього світу, ця програма імітує спілкування гостя з реальною людиною. А така інновація як «Меню доповненої реальності» вважається новітньою ресторанною яка тільки заходить на ринок, тому вона може приємно здивувати гостей і стати візитною карткою закладу. Велику роль у впровадженні нових видів інновацій в підприємства ресторанної галузі які відповідають вимогам часу відіграє мерчандайзинг. Діяльність якого направлена на надання можливості кожному окремо взятому підприємству самостійно визначати для себе який вид інновацій буде для нього кращим, як з економічної точки зору – затрати на впровадження, так і з соціальної – підвищення якості обслуговування гостей та атмосфери закладу. І в такому ракурсі направленому на зростання економічного потенціалу підприємств та на підвищення якості рівня обслуговування відповідно міжнародним стандартам та класам підприємств, мерчандайзинг має діяти не одноразово, а постійно.

Отже, в даній публікації розглядаються складові системи мерчандайзингу та їх роль у формуванні конкурентоспроможності закладів ресторанного господарства на сучасному етапі розвитку галузі.

**Ключові слова:** мерчандайзинг, галузь ресторанного господарства, складові системи мерчандайзингу, функціонування підприємств, інноваційні технології, атмосфера закладу, сторчек, маркетинг, конкурентоздатність, команда мерчандайзерів, споживчий попит, бренд торгового закладу.

**Matiushenko R. V., Polovyk V. V. Technologies of merchandise in the restaurant industry**

The article examines theoretical and methodical issues, as well as the principles of merchandising in the field of trade and its component – the restaurant industry in modern business conditions. The theoretical concept of the technology of merchandising implementations, which are of significant importance for improving the results of marketing and economic indicators in the work of enterprises of the industry in modern conditions, is revealed.

The purpose of using merchandising tools and its research is to improve the functioning of enterprises that currently operate in conditions of high competition, in difficult economic conditions and in most cases with insufficiently highly professional service personnel. At the same time, merchandising aims to improve the company's position relative to its competitors, reduce costs, increase the degree of consumer satisfaction with the products of restaurant enterprises, increase the economic efficiency of the operation of the establishment and strengthen its competitive position in the country.

Also, determine the needs of the enterprise, exactly in which direction of its activity changes are primarily needed, which can significantly affect the result of the activity; evaluate social, material, economic indicators to improve the efficiency of the enterprise, determine how voluminous merchandising recommendations should be. Also in order to improve the image and establish the brand of the trade establishment, to provide new ideas and proposals that will contribute to the successful functioning of enterprises in the industry.

Today, the trade industry, including restaurants, has stable indicators despite the state of war. Even in the difficult times of the country's existence, the food industry did not lose its indicators because the need for food is the primary need for the existence of humanity. Therefore, the attention of the country's population to restaurant establishments of various formats and concepts has not decreased.

The methods and processes of researching the competitiveness of enterprises in the restaurant industry are constantly subject to significant changes. Recent, best-in-class innovative technologies in the socio-cultural space of the modern restaurant business are quickly becoming the standard. For example, such innovative technologies as "HT technologies", "Electronic menu", "QR-code and marketing opportunities" were new offers not so long ago, and today in most enterprises it is the standard of service for guests of the establishment. Already introduced innovative technologies are replaced by new ones such as "Co-branding", which is a symbiosis of two different areas of business, where a guest can not only eat, but also do his own business, watch movies, as well as the introduction of robots in institutions that replace waiters, bartenders porters. For example, "front of the house" robots work with guests, and "back of the house" robots work in the kitchen.

Also, due to active actions and merchandising offers, such types of innovations as "Contactless payment", "Chatbots" which are a trend in the restaurant business all over the world, this program simulates the communication of a guest with a real person, are being carried out. And such an innovation as the "Augmented Reality Menu" is considered the newest restaurant that is just entering the market, so it can pleasantly surprise guests and become a business card of the establishment.

Merchandising plays a big role in the implementation of new types of innovations in restaurant industry enterprises that meet the requirements of the time. The activity of which is aimed at providing an opportunity for each individual enterprise to independently determine for itself what type of innovation will be best for it, both from an economic point of view – implementation costs, and from a social point of view – improving the quality of guest service and the atmosphere of the establishment. And in such a perspective aimed at increasing the economic potential of enterprises and improving the quality of the level of service in accordance with international standards and classes of enterprises, merchandising should act not once, but constantly.

Therefore, this publication examines the components of the merchandising system and their role in shaping the competitiveness of restaurant establishments at the current stage of the industry's development.

**Key words:** merchandising, restaurant industry, components of merchandising systems, functioning of enterprises, innovative technologies, the atmosphere of the institution, сторчек, marketing, competitiveness, merchandising team, consumer demand, trade establishment brand.

**Постановка проблеми.** Всі заклади ресторанного господарства не зважаючи на їх тип, концепцію, направленість, основною метою своєї діяльності вважають отримання сталого прибутку. Тому перед кожним підприємством галузі торгівлі складовою якого є галузь ресторанного господарства існує проблема конкурентоспроможності. А рівень конкурентоспроможності підприємства зокрема залежить від внутрішнього і зовнішнього факторів. Умови у яких функціонує підприємство належать до зовнішніх факторів, які не можуть впливати на господарську діяльність закладу торгівлі або підприємства ресторанного господарства. В свою чергу внутрішні фактори суттєво впливають на життєдіяльність підприємства тому, що вони базуються на впровадженні новітніх технологій у виробництво. Одним із таких напрямків є використання мерчендайзингу, основним завданням якого є спонукання до підвищення збуту товарів та реалізації продукції, використовуючи для цього різноманітні технологічні можливості та прийоми.

Мерчендайзинг «merchandising» слово запозичене з англійської і в прямому перекладі на українську означає «торгівля», «мистецтво збуту», «merchandise» – «товар», «tomerchandise» – торгувати. Він являє собою комплекс заходів в конкретному підприємстві направлених на збільшення кількості відвідувачів, що в свою чергу впливає на товарообіг, а створення відповідної атмосфери закладу з метою залучення більшої кількості відвідувачів – це вже мистецтво представлення гостинності. Все це створює імідж підприємства, формує образ торгової марки і сприяє поверненню відвідувачів до закладу.

Еволюція просування товару знає багато прикладів, ось один з них: ще в тридцять роки минулого століття, у Бостоні на вітрині одного магазину

фігурки солдатів громадянської війни та Першої світової війни стоять і передають один одному запальнички ZIPPO які символізували мужність і вірність традиціям. Згодом бренд ZIPPO став впізнаваним у всій Європі, а згодом і в інших країнах світу. Кульмінація цього бренду відбулася коли війська США під час другої світової війни увійшли у Європу. Після цього жодна з інших марок американських запальничок довгий час не могла конкурувати з сталим брендом запальничок ZIPPO.

Ніхто не може сказати коли з'явився на світ мерчендайзинг, але всі знають, що це було в незапам'ятні часи, коли люди використовували мінову торгівлю. В ті часи торговці і покупці часто розмовляли на різних мовах і з тих пір одним із правил мерчендайзингу і в наші часи є те, що покупцю повинно бути все зрозуміло з мінімальними затратами на це продавця. У наступних століттях продавці шукали різні варіанти удосконалення викладення товару для реалізації та створювали індивідуальні торгові магазини, кафе, ресторани.

Враховуючи економічну ситуацію яка склалася в сучасних умовах нашої країни, торговельні підприємства, окрім якості і актуальності реалізуємої продукції, повинні вміти застосовувати різні варіанти продажу своїх товарів з метою успішного здійснення своєї діяльності. Головним критерієм управління продажем є збереження стабільності при конкуренції різноманіття товарів та торгових марок, що гарантує одержання підприємством стабільного прибутку та впевненості в своїй діяльності.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичним проблемам і аспектам управління індустрією гостинності, реалізацією продукції закладами ресторанного господарства за допомогою мерчендайзингу присвячені праці таких вчених як: А.А. Мазаракі, С.Ю. Шевченко, В.В. Архіпов, Т.І. Ткаченко, О.О. Вишневська, В.І. Бовтенко, Л.Д. Пінчук, І.В. Савенко, Н.І. Данько, О.В. Євтушенко, Г.Б. Мунін, П.О. Підлепіна, І.М. Шамара, Н.В. Каразіна, Н.П. Лазоренко та інші. Роботи



вчених і провідних практиків направлені на висвітлення законів мерчендайзингу, його функцій та шляхи впровадження його діяльності в практику.

На український ринок поняття та ідеї мерчендайзингу прийшли з транснаціональними компаніями та отримали свій активний розвиток після 90-х років, внаслідок насичення ринку і загострення конкурентної боротьби між підприємствами. Спочатку він набув своєї популярності у сфері роздрібно́ї торгівлі, а згодом його технології почали використовувати і в ресторанній індустрії, тим паче, що галузь ресторанного господарства є складовою галузі торгівлі.

**Постановка завдання.** Метою статті є визначення технологій зовнішніх і внутрішніх чинників які впливають на підвищення економічних показників діяльності підприємств ресторанної галузі в процесі їх застосування, що моглоб дозволити підприємству бути конкурентоспроможним в чаіс конкурентної боротьби на споживчому ринку в нинішніх складних умовах перебування країни.

**Виклад основного матеріалу.** Мерчендайзинг – як мистецтво збуту товару спочатку був застосований в роздрібній торгівлі, тобто в магазинах з продажу продовольчих та промислових товарів. З часом, коли кількість різноманітних магазинів достатньо збільшилася, коли дизайн їх ставав все кращим а площі торгових залів стали дозволяти відвідувачам спокійно розглядати вітрини з викладеними на них пропонуєними товарами, коли кожен вид товару зайняв своє місце на окремій полиці і в правильному порядку для кращого їх сприйняття, то між підприємствами з'явилась пряма конкуренція за відвідувача. Пропозиції з боку підприємств роздрібно́ї торгівлі застосувати більш лояльні ціни або більш різноманітний асортимент стали для покупців товарів менш цікавими, а більш дієвою стала можливість та вміння керівників торгових підприємств керувати бажанням відвідувачів *купувати*. В цьому випадку мерчендайзинг пропонує підприємствам звернутися до реклами. *Отже*, передумовою виникнення мерчендайзингу стала еволюція етапів «торгівлі», під час якої з'явилась система самообслуговування, що змінила принципи організації та технології продажу товарів та послуг, а також поява конкуренції між торговими підприємствами,

В цьому випадку в умовах загострення конкуренції на споживчому ринку, на допомогу працівникам торгівлі та сфери збуту приходять мерчендайзинг, використання якого дозволяє вирішити теоретичні, методологічні і прикладні питання в діяльності підприємств, метою яких є вміння як найкраще представити товар, охарактеризувати його споживчі якості та зацікавити в ньому покупців.

Тому керівникам торгових підприємств потрібно знати як працює мерчендайзинг, а також вміти правильно застосовувати *основні його принципи та функції*. Тому, що одним із головних критерій отримання прибутку та стабільного положення на ринку серед великої кількості конкурентів та ще більшої кількості брендів, повинно стати вміння правильно керувати продажем своєї продукції.

Існує велика кількість засобів які направлені на збільшення попиту на продукцію але серед них мерчендайзинг відрізняється найбільш низькою вартістю для керівництва підприємств та достатньо високою дієвістю для споживачів. Через підприємства торгівлі в Україні здійснюється більш як 90 відсотків продаж товарів. В системі мерчендайзингу існує три основні його принципи, а саме: *перехресний* мерчендайзинг – коли супутні товари розташовуються на полицях поруч з основними; *комунікативний* мерчендайзинг – це вміння налагоджувати взаємовідносини з покупцями з метою спрямувати і допомогти покупцям з вибором товару; *візуальний* мерчендайзинг – це створення особливої привабливої атмосфери в торговому залі, цього можна досягти використовуючи різноманітне

освітлення; звучання фонові музики; голос диктора який періодично надає інформацію про товар та його споживчу характеристику; особливий запах магазину який характерний тільки цьому закладу; особливе убранство магазину на різні свята – на Новий рік, на Різдво, на День Соборності, на День торгівлі, тощо. А також впровадження безліч інших задумок щоб зацікавити споживачів.

Застосування принципів мерчендайзингу сприяє формуванню споживчого інтересу в точках продажу під впливом таких основних факторів як доступність товару; наявності максимальної кількості інформації про товар; ознайомлення з новими асортиментними позиціями товарів; з власними їх якостями; з чітким висвітлення ціни на товар.

Немаловажне значення має цінова політика на товари. Від цього залежать особливості організації мерчендайзингової діяльності, а саме: технології, методи, комплекси заходів мерчендайзингу, що в свою чергу впливає на вартість їх впровадження на торговельному об'єкті роздрібно торгівлі.

Мерчендайзинг – це свого роду частина маркетингу у торговельному підприємстві; це низка заходів мета яких направлена на постійне збільшення продажів; це комплекс технологій які допомагають побудувати постійні зв'язки між споживачами, товаром та місцем продажу; це інструмент завдяки якому відбувається просування товару на ринок створюючи сприятливі обставини в магазині для здійснення покупок; це комплекс заходів якими повинен володіти персонал і які можуть позитивно впливати на досягнення максимальної дії при спілкуванні зі споживачами.

Тому працівники маркетингової служби в своїй діяльності повинні пам'ятати і користуватися основним законом мерчендайзингу: «Ефективно працює те, що працює у своєму місці, у свій час та має оптимальний розмір».

Після опанування теорій мерчендайзингу в торгівлі їх стали успішно впроваджувати в **заклади ресторанного господарства**.

Відповідно до визначення, що мерчендайзинг є комплексом заходів тільки у роздрібній торгівлі це не зовсім відповідає дійсності. Тому, що підприємства ресторанного господарства теж є суб'єктами господарювання які проводять торговельну діяльність, а завдяки специфіці свого функціонування вони виділені у «галузь ресторанного господарства» яка є складовою частиною галузі торговельної діяльності країни. Тому застосування принципів мерчендайзингу в галузі ресторанного господарства є доцільним як і в роздрібній торгівлі.

Особливістю мерчендайзингу є те, що він з'являється там, де існує візуальний продаж та є наявність залу для торгівлі, всі ці умови є наявними в закладах ресторанного господарства, тобто мерчендайзинг приречений бути пов'язаним з ресторанною галуззю, бізнес якого завжди був перспективний для прибутку та привабливий для інвестицій.

Ресторанне господарство своєю діяльністю відрізняється від підприємств роздрібно торгівлі, основною функцією яких є реалізація товару, а функції які виконують заклади ресторанного господарства включають в себе виготовлення напівфабрикатів і кулінарної продукції, її реалізацію і організацію споживання.

Крім цього ресторанна галузь – це сфера надання послуг, місце інтенсивного соціального спілкування, де смакові, зорові, слухові, та безліч інших відчуттів та вражень поєднуються, з метою задоволення.ю надати оцінку їх власній продукції. Кожне підприємство має на меті задовольнити своїх гостей, завоювати їх довіру, зробити так щоб вони були задоволеними та щасливими під час їхнього перебування

у закладі, що в кінцевому рахунку приводить до стабільного економічного стану підприємства. Так як і для роздрібно́ї торгівлі, для закладів ресторанного господарства актуальним є підвищення попиту на продукцію власного виробництва, мистецтво представити свою продукцію відвідувачам в торговельному залі підприємства, також вміння перевершувати очікування гостей в процесі їх обслуговування. *Досвід функціонування підприємств ресторанної галузі різних країн світу свідчить, що при застосуванні маркетингу (тобто просування) безпосередньо на місці, обсяг його реалізації може бути збільшеним від 20 до 40%, іноді навіть більше.*

*В теорії маркетингу, а також і в його практиці, мерчандайзинг розглядається як прикладна комплексна наука, яка об'єднує знання методів продажу товарів, послуг, реклами, психології, соціології, принципу дизайну та інших показників. Це також може створити відповідну позитивну атмосферу для гостей закладу і в свою чергу служити ефективним інструментом просування товару.*

Отже, для галузі ресторанного господарства, можуть бути використані наступні функції мерчандайзингу:

- Ознайомлення з асортиментом та з фірмовими стравами.
- Донести до відвідувачів максимальну кількість інформації.
- Впровадження нових методів обслуговування.
- Пояснення конкурентної переваги підприємства.
- Досягти перевершення очікування гостей в процесі обслуговування.
- Ефективне представлення своєї продукції.
- Формування прихильності до підприємства харчування.
- Збільшення числа лояльних відвідувачів і завоювання нових.
- Впровадження нових пропозицій.
- Збільшення часу перебування гостей в ресторані і збільшення чеку.
- Ознайомлення з новими властивими якість фірмових страв.
- Втілення ідей інноваційного соціокультурного обслуговування.

Кілька років назад інновацією в ресторанному бізнесі вважався виклик таксі із закладу або бронювання столиків по телефону. Трохи пізніше в ресторанах можна було зробити замовлення додому. В сучасному обслуговуванні виникає значна кількість новин і з плином часу їх стає більше і різноманітніше бо, безумовно, за ними майбутнє [1. с. 268–317].

Інноваційні технології в сучасному ресторанному бізнесі впевнено привертають на себе увагу також і завдяки мерчандайзерів які пропонують та допомагають у їх впровадженні. Гості багатьох ресторанів знайомі з рядом інноваційних технологій як теплан-кухар; теплан-шоу; з електронним меню; безконтактною оплатою, яку впровадили майже всі підприємства галузі в наслідок пандемії коронавірусу. Більш сучасні інновації які рекламує мерчандайзинг це: «Шведський стіл на конвейєрі»; «Кобрендінг», «Чатботи», «Меню доповненої реальності», «Вау- ефект» та інші. Безумовно, всі інновації одразу в одному закладі бути впровадженими не можуть. Вони повинні підбиратися відповідно до можливостей конкретно кожного підприємства.

Візуальний мерчандайзинг в ресторані – це стратегія впливу на прийняття рішень відвідувачами щодо лояльного відношення до даного закладу. Це організація роботи яка направлена на привертання уваги відвідувачів метою якого є продовжити термін перебування гостей в ресторані, що супроводжується більшою кількістю придбаних страв та напоїв. Маркетинг в ресторанній галузі можна розділити на декілька частин, що наведено на рис. 1.

Визначивши складові мерчандайзингу можна впевнено сказати, що кожна з них має свою задачу якомога більше привернути уваги гостей до продакт-плейсменту, тобто до прихованої реклами. Прикладом може слугувати фільм «Іншопланетянин» США, в якому приготування солодкої піци підняло виготовлення і продаж цієї продукції на 65–70%; а після перегляду фільму «Фірма», в якому актор Том Круз випив пиво марки «Ред Страйп», його продажі зросли на 55%).

Запорукою успіху функціонування підприємств ресторанної галузі є маркетинговий підхід до розробки його фірмового стилю. Саме завдяки потужному бренду кожного самостійного закладу або мережі закладів неможливо назвати їх конкурентів. Маркетинг в цьому напрямку має свою особливість айдентингу «громадського харчування» та його поєднання з класичним розумінням подачі продуктів. Фірмовий стиль – це візуалізація всіх переваг закладу, винесення їх на перший план та демонстрація основної концепції закладу, тобто це індивідуальність.



Рис. 1. Складові мерчандайзингу підприємств ресторанної галузі

Створено авторами

Відповідно до складових мерчандайзингу, треба зазначити, що заклади ресторанної галузі повинні мати концептуальне вирішення екстер'єру та інтер'єру. Важливим є продуманість всіх деталей, їх гармонійне поєднання та підпорядкування основному задуму. Дизайн інтер'єру приміщень повинен забезпечити зручність і естетично приємну взаємодію середовища з відвідувачами, це художнє конструювання гармонійного предметного середовища, з метою організації покращення умов в яких працюють виробники, і умов для відпочинку та побуту.

Планування, підбір кольорової гамаи, вибір оздоблювальних матеріалів для оформлення підприємства, підбір відповідних меблів, різноманітних видів освітлення та декорування торгових залів та інших приміщень підприємства – повинні втілювати основну дизайнерську ідею оформлення приміщень закладу, що створює неповторну обстановку, стиль, красу і затишок в ресторані, втілюючи в реальність мрії і настрої своїх гостей.

Зовнішня світова реклама з елементами оформлення має немаловажне значення для підприємства. Зовнішня реклама – це важливий етап функціонування закладу і один із елементів мерчандайзингу, адже саме з вивіски й зовнішнього оформлення потенційні відвідувачі будуть мати своє уявлення про заклад.

Підприємства можуть відрізнятись від конкурентів, якщо буде створена унікальна фасадна вивіска, що показуватиме фірмовий стиль підприємства. Вона повинна виконувати інформативну функцію та привертати увагу.

**Атмосфера закладу** також є одною зі складових технологій мерчендайзингу підприємств ресторанної галузі, вона являє собою сукупність зовнішніх і внутрішніх елементів, що впливають на сенсорні рецептори та формують психологічний стан відвідувачів.

До складових атмосфери закладу належать колір приміщення, його стиль, запахи, освітлення, музичний супровід, сервіровка столів, рівень обслуговування, наявність скульптурних груп.

*Колір* є одним з вирішальних складових дизайну і впливає на сприйняття атмосфери закладу. Він пов'язаний з емоціями і здатен впливати на сприйняття відвідувачами навколишнього простору [2, с. 183–194].

Відповідно до концепції закладу ресторатори повинні підбирати і кольоровий супровід внутрішнього оформлення. В такому разі колір виступатиме як бренд даного закладу і його просування, а когнітивні здібності людини відповідно кольорів, повертатимуть її до даного закладу. Наприклад, кожний брендовий заклад має свій колір, так в мережі ресторанів швидкого обслуговування McDonalds використовують червоний колір та жовтий. Червоний колір є символом експресії, він може піднімати емоції, хвилювати душу, стимулювати імпульсивні покупки. Жовтий – символ радості, оптимізму та позитиву. Цей колір покращує травлення і вселяє впевненість і відчуття спокою.

Мережа ресторанів здорового харчування Salateira має свій бренд «відкритої кухні», їх принцип «смачно, швидко, поживно, корисно для здоров'я» та використовує зелений колір як символ розвитку, розуму, нового життя і сприяє спокійному, виваженому вживанню їжі і її засвоєнню організмом.

Від інтер'єру торгового залу залежить перше, не забудне вrozenня гостя. Гість з першого погляду може відмітити для себе залишатися йому тут, чи покинути цей заклад тому, що дизайн підприємства – це його візитна картка. Продуманий до дрібниць дизайн створює неповторний, особливий імідж закладу, що відображає його цінності, концепцію, особливість, а також бренд. Як прикраси торгового залу можуть бути застосовані різні комбінації освітлення, жива та декоративна зелень, різноманітні форми підложних ваз, скульптури офіціантів, швейцарів, фірмові посуд та столова білизна, також постійний температурний режим в залі. Всі ці моменти приваблюють гостей викликають у них інтерес та запам'ятовуються тому, що візуальний вигляд є одним з найважливіших аспектів успішного закладу.

*Ресторани відвідує різний контингент населення, тому рекомендації мерчендайзингу відповідно музичному оформленню зводяться до того, що музичний супровід повинен відповідати концепції закладу і в зв'язку з цим може бути джазовою, бардівською, етномузикою, альтернативною а також «жива» тобто інструментальна, класична, а саме – фортепіанна, скрипка, бандура. Разом з тим, в ряді закладів можуть бути встановлені музичні автомати, відео- та аудіоапаратура, караоке та інше пристрої.*

*Освітлення*, відповідно правилам мерчендайзингу – в закладах ресторанного господарства воно завжди було і залишається одним з найбільш важливих акцентів в оформленні всіх гостьових приміщень. У ресторані освітлення повинно бути ефектним та ще й ефективним. Якщо воно буде правильно організовано, відвідувачі обов'язково оцінять дизайнерський професіоналізм рестораторів. Технології мерчендайзингу рекомендують, для того щоб відвідувачі насолоджувалися їжею

з максимальним комфортом, в торговому залі світло повинно бути розсіяним та м'яким, нейтрального та теплого тонів. Практично за допомогою освітлення будь-який заклад зонується на смислові зони. Це може бути основна зала, бенкетна зала, барна стійка, столики в торговому залі, столики в кабінках для більш романтичної атмосфери. Кожне з цих приміщень може бути оформлене у власному стилі та по-різному освітлене. Воно може бути фонове верхнє, функціональне також акцентне світло певних зон – столиків, танцювального майданчику, робочого місця бармена.

*Запаху.* Смак їжі переважно походить від її аромату. В цьому випадку можна скористатися однією з функцій мерчендайзингу для підприємств ресторанної галузі та сфери торгівлі, яка пропонує використовувати в торгових залах відповідні аромати. Також науковцями і рестораторами доведено, що правильно підібраний аромат до торгового залу з відповідним дизайном підвищує час перебування відвідувачів на 65%, що в свою чергу збільшує продаж на 30%. Сучасні технології дозволяють також додати аромати і до друкованої продукції, а саме до карт меню, в якому сторінки з десертами мають запах шоколаду, банана, лимону, полуниці з вершками тощо. Також мерчендайзинг пропонує використовувати ароматизовані фірмовим запахом візитки та інший роздатковий матеріал. Це підвищить пізнаваність закладу, робить його незабутнім, що безумовно вплине на підвищення продажів. Правильно підібраний аромат символізує удачу, комфорт, благополуччя, справляючи на відвідувачів сприятливе враження, яке змушує їх повертатися до закладу знову. Відповідно, ароамаркетинг має здатність приваблювати відвідувачів бо людина не може ігнорувати запахи як і інші носії реклами. Це оригінальний засіб впливу який викликає позитивні емоції та асоціації. Дослідженнями доведено, що ароамаркетинг позитивно впливає на настрої відвідувачів, викликає в їх уяві яскраві образи та спонукає на цільові дії, що сприяють продовженню часу перебування в підприємстві, а цей фактор спонукає до швидкого прийняття рішення зробити додаткову покупку, що і впливає на підвищення купівельної здатності відвідувачів.

Крім цього, ароамаркетинг може спонукати до підвищення купівельної спроможності та завдяки араматам надавати переваги окремо визначеним закладам. Ароматизація закладів ресторанної галузі направлена на виклик певних емоцій, на створення певної атмосфери довіри, спокою і підкреслити статусність підприємства. Цікавим фактом є те, що розвитку ароаматерапії а потім і ароамаркетингу сприяла Маргарита Маурі, австрійський біохімік яка сформулювала холістичний підхід до ароаматерапії. З того часу ароаматерапія набула широкої популярності, а потім і ароамаркетингу у Франції та Англії, а на сьогодні стала відомою в усьому світі. Для підприємств ресторанної галузі рекомендовані наступні аромати: ваніль, піна колада, випічка, мохіто, тютюн, виноград, чай, кава, лимон, азійський сад, чорна орхідея, саваж, білі квіти, французька Рив'єра.

*Ресторанний сервіс* є основною складовою мерчендайзингу і охоплює сервірування столу та технологію обслуговування гостей. Кожен окремо взятий заклад це гармонійна цілісна концепція, де все грає важливу роль як вибір посуду так і сервірування столу. Так правильно підібраний відповідно концепції закладу посуд, не тільки доповнить меню та страви, а спонукає створенню цілісної картинки закладу, також він впливає на смак самих страв. Брати участь у візуальному виборі столового посуду та барного скла повинні дизайнери інтер'єру, дизайнер з брейдингу, менеджер проєкту та шеф-кухар і бармен. Відповідно умовам мерчендайзингу головними критеріями є якість, гармонійність з концепцією, реальні потреби кухні та залу, відповідність матеріалів та форм.

*Мерчандайзинг меню* – успіх функціонування підприємств ресторанної галузі залежить від багатьох чинників, в тому числі і від меню. Взагалі меню – це опис страв які пропонує заклад своїм гостям. Це візитна карточка закладу. Розробка меню це цілий процес і якщо ресторатори підійдуть до нього творчо, то в такому разі це не буде тідьки переліком страв та напоїв з метою інформування гостей, а також буде посилом до нових замовлень, що в свою чергу буде мати вплив на прийняття рішення про нове замовлення. В цьому випадку меню буде мати статус реклами, що є однією з функцій мерчандайзингу. Взагалі меню це головний документ і від того як він буде оформлений, в якому порядку записані страви, яка додаткова інформація висвітлена в меню, гості будуть мати відповідне уявлення про заклад.

Наступна функція з боку мерчандайзингу відповідно меню стосується рестораторів, пропонується щоб меню розроблялось у кожному окремо взятому закладі ресторанного господарства відповідно з врахуванням його типу, класу, контингенту споживачів, сезонності, наявності відповідних продуктів, трудомісткості приготування страв та кваліфікації працівників. Особливістю меню є те, що його треба планувати, розробляти, оформлювати з розрахунку на споживчий контингент який буде переважати в даній місцевості та серед інших відвідувачів. Також потрібно щоб тип меню, склад страв, ціни на страви відповідали рівню обслуговування, часу виконання замовлення, а також атмосфері торгового залу закладу.

Безперечно, якісно оформлене меню в якому будуть враховані якомога більше технологій мерчандайзингу а саме, якісно та креативно оформлене меню з оригінально надрукованим текстом і дизайном самого тексту, з концепцією, що відповідає стилю закладу, стане привабливим моментом для гостей і сприятиме повторним їх відвідуванням. На сьогодні багато закладів користуються таким меню.

Але, велика кількість закладів впровадила інноваційні технології відповідно до меню. Революційною інновацією в свій час стало електронне меню. Від застосування його на підприємствах ресторанної галузі виграли як ресторатори так і відвідувачі. Електронне меню дало змогу рестораторам швидко редагувати меню і виконувати велику кількість професійних питань, а у відвідувачів воно викликало велику зацікавленість, бо дало змогу, наприклад, вибрати з карти вин закладу вино за ціною, роком, регіоном, букетом, а потім до нього підібрати страву з меню; також підрахувати калорійність страв; при виборі страв бачити кінцеву суму чека; при очікуванні замовлення пограти в ігри, скористуватись інтернетом.

Інша інновація QR-код яка є двомірним штрихкодом, дає можливість запрограмувати всі відомі інновації ресторанного бізнесу. У квадраті можна закодувати історію закладу, авторство деталей; відвідувачі можуть дізнатися все про кожну страву в меню, з її інгредієнтів, технології виготовлення та калорійність. Отже меню є безперечно візитною картою кожного закладу ресторанного господарства, але свою вагому роль воно матиме тільки в тому випадку якщо буде пристосоване до вимог ринку, тільки в цьому випадку воно сприятиме прибутковості закладу.

**Висновки.** Застосування прийомів мерчандайзингу як складової маркетингу підприємств ресторанного господарства та їх ефективність залежать від дотримання основних принципів та правил мерчандайзингу.

Використовуючи різні інструменти мерчандайзингу, з'являється можливість кулінарній продукції та стравам самим себе рекламувати, що в свою чергу буде створювати конкурентне середовище серед кулінарної продукції та сприяти поліпшенню якості страв, а також підвищувати рівень конкуренції між закладами ресторанного господарства.

Головна мета мерчандайзингу в ресторанному господарстві на сучасному етапі – це створення конкурентоспроможного закладу. Яка в свою чергу має досягатися за допомогою наступних завдань через: забезпечення задоволення потреб відвідувачів закладу; зростання числа лояльних гостей закладу; формування та закріплення в свідомості відвідувачів особливостей та характерних ознак закладу ресторанного господарства, його атмосфери, кулінарної продукції, фірмових страв; сприймання процесу обслуговування в закладі як єдиного цілого та невідчужності впливу прийомів мерчандайзингу відвідувачем.

#### **СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Архипов В.В., Русавська В.А. Організація обслуговування у закладах ресторанного господарства: навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2012. 340 с.
2. Мазаракі А.А. ересічний М.І., Шаповал С.Л. Проектування закладів ресторанного господарства : навч. посіб. / за ред. А.А.Мазаракі. Київ : Киев. нац. торг.-економ. ун-т, 2008. 307 с. ISBN 966-629-355-2
3. Шевченко О. Мерчандайзинг у ресторанному господарствію. *Товари і ринки* : журнал 2008. № 1. С. 48–53. <http://tr.knteu.kiev.ua/files/2008/05/9.pdf>

#### **REFERENCES:**

1. Arkhipov V.V., Rusavska V.A. (2012) Organization of service in restaurants: training. Manual Kyiv : Center for Educational Literature.
  2. Mazaraki A.A. heretical M.I., Shapoval S.L. (2008) Design of restaurant establishments: training. manual/edited by A.A. Mazaraki – Kyiv : Kyiv. National Trade and Economy. University, ISBN 966-629-355-2
  3. Shevchenko O. (2008) Merchandising in the restaurant business. Goods and markets, magazine No. 1. P. 48–53: Retrieved from: <http://tr.knteu.kiev.ua/files/2008/05/9.pdf>
-



УДК 664.6.37

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.21>

## АНАЛІЗ СИРОВИНИ ДЛЯ РОЗРОБКИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ВІВСЯНОГО ПЕЧИВА З ПОКРАЩЕННЯМ ВІТАМІННИМ СКЛАДОМ

**Новікова Н. В.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри харчових технологій  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

**Проценко Г. Ю.** – здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0009-0002-9934-8797

У статті розглянуто проблему сучасного кондитерського виробництва, та використання у цій технології великої кількості цукру та пшеничного борошна. Також під час приготування більшості простих кондитерських виробів не використовується велика кількість можливих вітамінних добавок, що є у вільному доступі в нашій країні і таким чином не суттєво вплинуть на ціну виробу. Саме тому метою роботи є розробка технології вівсяного печива з заміною цукру та додавання більш поживних у харчовому відношенні речовин.

В ході аналітичних досліджень встановлено, що продукти переробки вівса за рахунок високої харчової і біологічної цінності досить широко використовуються для збагачення, покращення якості та надання певних функціональних властивостей харчовій продукції для різних верств населення. Продукти переробки вівса містять в 5–6 разів більше жиру, якщо порівняти з пшеничним борошном, і децю більший вміст білка та меншу кількість вуглеводів. Характерна особливість вівсяних продуктів – наявність близько 85–92%  $\beta$ -глюканів, які складають основу геміцелюлози вівса. Вівсяні продукти значно переважають пшеничне борошно вищого сорту за вмістом мінеральних речовин.

Нами обрано в якості поліпшення рецептури рисове борошно та мед, що дасть можливість значно зменшити калорійність даного кондитерського виробу, та привабить не тільки потенційних споживачів але й прихильників здорового способу життя.

Хімічний склад меду досить складний і різноманітний. У ньому міститься велика кількість корисних для людського організму речовин – вуглеводів, органічних кислот і їх солей, азотистих сполук (амінокислот, білків, амідів, амінів), мінеральних речовин, вітамінів, гормонів, ферментів, ефірних масел і багато іншого.

Для збільшення вітамінного складу ми додаємо до нашого виробу волоський горіх, журавлину та насіння льону, з метою покращення вітамінного складу розробленого продукту.

Ягоди журавлини містять велику кількість органічних кислот: бензойна, лимонна, хінна, яблучна, буриштинова, щавлева та багато інших. Завдяки бензойній кислоті, яка є природним консервантом ягоди мають можливість достатньо добре зберігатися.

У даному печиві спостерігається збільшення харчових волокон на 5–10%.

**Ключові слова:** збалансоване харчування, хімічний склад, покращення, рецептура, заміник, мед, льон, інгредієнти, покращення, добавки.

### **Novikova N. V., Protsenko H. Yu. Analysis of raw materials for the development of functional oat cookies with improved vitamin composition**

In sex the problem of modern pastry production, and use, is considered in this technology of plenty of sugar and wheatflour. Also during preparation of most simple pastry wares plenty of possible vitamin additions that are in free access in our country and thus not substantially will influence on the cost of good is not used. For this reason the aim of work is development of technology of avenaceous thin captain with replacement of sugar and addition of more in a food relation nutritives.

It is set during analytical researches, that foods of processing of oat due to a high food and biological value are widely enough used for enriching, improvement of quality and grant

*of certain functional properties to the food products for the different layers of population. Foods of processing of oat contain more fat in 5–6 times, if to compare to the wheatflour, and some greater content squirrel and less of carbohydrates.*

*A characteristic feature of avenaceous foods is a presence close 85–92 that make basis of земіцелюлозу of oat. Avenaceous foods considerably prevail the wheatflour of top grade on maintenances mineral substances.*

*A rice flour and honey, that will give an opportunity considerably to decrease calorie content of this pastry good, and will attract potential consumers but also supporters of healthy way of life not only, are select by us as an improvement of compounding.*

*Chemical composition of honey is difficult enough and various. In him there is plenty of useful to the human organism substances carbohydrates, organic acids and their salts, nitrous connections (amino acids, proteins, amidi, amines), mineral substances, vitamins, hormones, enzymes, essential oils and many other.*

*For the increase of vitamin composition we add to our good a walachian nut, cranberry and seed of flax, with the aim of improvement of vitamin composition of the worked out product.*

*The berries of cranberry contain plenty of organic acids and their salts, nitrous connections (amino acids, proteins, amidi, amines), mineral substances, vitamins, hormones, enzymes, essential oils and many other. For the increase of vitamin composition we add to our good a walachian nut, cranberry and seed of flax, with the aim of improvement of vitamin composition of the worked out product.*

*The berries of cranberry contain plenty of organic acids: benzoic, lemon, quinine, apple, succinic, sorrel and many other. Due to benzoic acid that is the natural preservative of berry have the opportunity well enough.*

**Key words:** *balanced nutrition, chemical composition improvement, recipe, substitute, honey, flax, ingredients, improvements, additives.*

**Вступ.** На даний момент кондитерська галузь представлена великим асортиментом та займає особливе місце в харчовій промисловості та економіці України. Тому, спостерігається стабільно високий попит на цю продукцію. Асортимент виробів надто широкий, і рецептури можуть мати складні поєднання різних композицій продуктів. Кондитерські вироби залежно від основної сировини поділяють на дві великі групи: цукрові та борошняні. Сировиною для них є продукція цукристої, борошномельно-круп'яної, молочної та інших галузей господарства.

Основне харчове значення кондитерських виробів полягає в їх високих смакових властивостях, високій калорійності, значному вмісті легкозасвоюваних, низькомолекулярних вуглеводів, а в деяких виробих високому вмісту жиру. У харчуванні населення кондитерські вироби в більшості використовуються, як десертні продукти. Кондитерські вироби займають значне місце в дитячому харчуванні. Більшість кондитерських виробів бідні на вітаміни та біологічно активні речовини, тому що, вони або взагалі відсутні у сировині або руйнуються під впливом високих температур при випіканні. Тому доцільно використовувати нерадиційні та нові види сировини, що багата на вітаміни, мікроелементи, харчові волокна. До них відносять вторинні молочні продукти, білкові збагачувачі, фруктові та овочеві пюре, цукати з фруктів та овочів, сухі фрукти, модифіковані крохмалі. Впровадження додаткової сировини у виробництво дозволяє регулювати хімічний склад продуктів, покращувати їх харчову цінність та якість.

**Актуальність теми.** Харчування являється одним із визначальних факторів для здоров'я і життя людини. Продукти повинні забезпечувати організм усіма необхідними поживними речовинами та бути смачними для вживання. Останніми роками спостерігається підвищення попиту на борошняні кондитерські вироби, що мають в своєму складі знижену кількість пшеничного борошна.

Вівсяне печиво користується стабільним попитом у всіх верств населення нашої країни, але за своєю харчовою та біологічною цінністю вівсяне печиво недостатньо збалансовано, тому удосконалення технології вівсяного печива є важливою проблемою сьогодення.

**Постановка проблеми.** В даний час, серед зовнішніх факторів що негативно впливають на організм людини це – погіршення екологічних умов, малорухомих способів життя, неправильне харчування, в зв'язку з цим частіше виникають захворювання пов'язані з нестачею в організмі корисних речовин. Зважаючи на цей фактор, у всьому світі набирає обертів тенденція з розробки продуктів функціонального призначення. Згідно із сучасними науковими досягненнями нутриціології, формула харчування людини третього тисячоліття передбачає використання в раціоні функціональних харчових продуктів. Саме результати численних досліджень за останні роки доводять, що дієтичні харчові добавки, які багаті на білки, полісахариди (альгірати, пектини), вітаміни (токоферол, цианкобаламін, тіамін, рибофлавін, нікотинамід, аскорбінова кислота), макро- і мікроелементи (кальцій, фосфор, сірка, йод, селен, залізо, мідь, кобальт), позитивно впливають на обмін речовин в організмі, зменшують нагромадження радіонуклідів стронцію та цезію, солей важких металів (свинцю, ртуті, кадмію), нормалізують стан травної, кровотворної, імунної й ендокринної системи. Тому знаходження нових, інноваційних технологій та інгредієнтів у приготуванні кондитерських виробів є актуальною задачею.

**Мета дослідження** є удосконалення технології виробництва вівсяного печива з використанням рисового борошна волоського горіха, меду, журавлини та насіння льону.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вітчизняні та зарубіжні вчені продовжують дослідження, щодо покращення рецептур кондитерських виробів.

На основі борошна різних видів, з використання багатокomпонентних порошкоподібних напівфабрикатів і продуктів екструдування круп створені борошняні композитні суміші для печива лікувально-профілактичного і дієтичного призначення. Вироби характеризуються високим вмістом заліза.

Науковцями було проведено збагачення рецептури вівсяного печива рослинною сировиною багатою на білок в результаті чого були отримані вироби з високими фізико-хімічними та органолептичними показниками. Цим питанням займалися Дорохович А.М., Карпенко П.О., Корзун В.Н., Кравченко М.Ф., Кочеткова А.А., Лисюк Г.М., Орлова Н.Я.

Було досліджено, що якість вівсяного печива, збагаченого кунжутним борошном та соєвим ізолятом з метою підвищення харчової та біологічної цінності, виготовленого за розробленою технологією, відповідає вимогам споживачів.

**Виклад основного матеріалу.** Позитивний ефект від впровадження нових функціональних продуктів полягає у зниженні калорійності традиційних кондитерських борошняних виробів, що допоможе знизити енергетичну складову щоденного раціону споживачів. Такі розробки дозволяють розширити асортимент виробів функціонального призначення, сприяють збереженню здоров'я населення.

З метою удосконалення технології виробництва вівсяного печива, та створення продукту функціонального призначення ми пропонуємо замінити пшеничне борошно на рисове, та ввести до рецептури виробництва мед, волоський горіх, журавлину та нісіння льону (табл. 1).

Овес – один із найбільш поживних злаків, характеризується високим вмістом білків і волокон. У його зерні містяться: білок – у середньому 12,3–5,8%, крохмаль – 40,8%, жир – 4,67%, зола – 4,05%, цукор – 2,35%, вітаміни В1, В2.

Перемелені в порошок пластівці містять корисні вітаміни, макро- і мікроелементи. Вітаміни: В1, В2, В6, В9, Е, РР. Макроелементи: фосфор, калій, сірка, кальцій та натрій. З мікроелементів виділяють залізо з цинком, марганцем, міддю, фтором, та кобальтом.

Таблиця 1

**Вимоги до якості сировини для виготовлення вівсяного печива  
функціонального призначення**

№ з/п	Найменування сировини	Вимоги до якості сировини
1	Борошно вівсяне	ДСТУ 7698:2015
2	Борошно рисове	ДСТУ 4965:2008
3	Яйця	ДСТУ 5028:2008
4	Мед	ДСТУ 4497:2005
5	Сіль	ДСТУ 3583:2015
6	Соняшникова олія	ДСТУ 4492:2017
7	Лимонна кислота	ДСТУ 908:2006
8.	Сода	ДСТУ 2196:76
9.	Волоський горіх	ДСТУ 8900:2015
10.	Журавлина	ДСТУ 5035:2008
11.	Насіння льону	ДСТУ 4967:2008

Калорійність на 100 грамів становить 404 ккал. Харчова цінність: 65,7 г вуглеводів, 9,12 г білків і 14,66 г жирів, 8,55 г йде на воду і 1,97 г на золу. Клітковина займає 6,55 г, а цукрів у загальній сумі тут всього 0,8 г. Інша маса припадає на крохмаль.

Склад задовольняє людську потребу в білках на 20% від денної норми, 11% в жирах, і 21% у вуглеводах.

Овес не містить у складі трансжирів та холестерин. Проте в складі міститься кальцій, фосфор, цинк та інші мінерали, які мають профілактичний ефект від остеопорозу, сприяючи швидкому загоєнню ран, а також запобігають анемії. Рекомендується регулярне споживання вівса для хворих на цукровий діабет, оскільки він прискорює зниження глюкози в крові та втрату ваги.

За амінокислотним складом вівсяне борошно є повноцінним продуктом і має склад наближений до м'язового білка. У вівсяному борошні міститься велика кількість легкозасвоюваних вуглеводів, а також воно сприяє утворенню в організмі серотоніну, який відповідає за гарний настрій. Вівсяне борошно цінне тим, що містить низький вміст крохмалю та високий вміст жиру й рослинних харчових волокон. Цінною є клітковина, яка становить 2,75%. Розчинна клітковина попереджує коливання рівня глюкози в крові та надає тонізуючу дію, а нерозчинна – відновлює мікрофлору кишечника. Вівсяне борошно містить значну кількість клейких речовин, які мають дієтичні властивості. Вівсяне борошно надає продуктам приємний аромат та подовжує терміни їх зберігання, завдяки наявності консервантів у його складі.

Головна відмінність рисового борошна від його пшеничного аналога – відсутність глютену. Це зв'язано з тим, що рис не містить у собі подібний білок. Рисове борошно менш калорійне, ніж пшеничне, добре засвоюється, має сорбуючий ефект. Характерною особливістю рисового борошна є низький вміст білку (до 6%). Проте, порівняно з білками інших хлібних злаків, рисовий білок має вищу біологічну цінність, є збалансованим за амінокислотним складом та добре засвоюється організмом. Рисове борошно відрізняється високим вмістом вітамінів групи В, токоферолу, біотину, цинку, заліза, магнію, калію, кальцію і фосфору. Водозв'язувальна здатність рисового борошна є незначною (132%), що пов'язано з низьким вмістом харчових волокон та властивостями білків.

Хімічний склад меду досить складний і різноманітний. У ньому міститься велика кількість корисних для людського організму речовин – вуглеводів, органічних кислот і їх солей, азотистих сполук (амінокислот, білків, амідів, амінів), мінеральних речовин, вітамінів, гормонів, ферментів, ефірних масел і багато іншого (рис. 1).

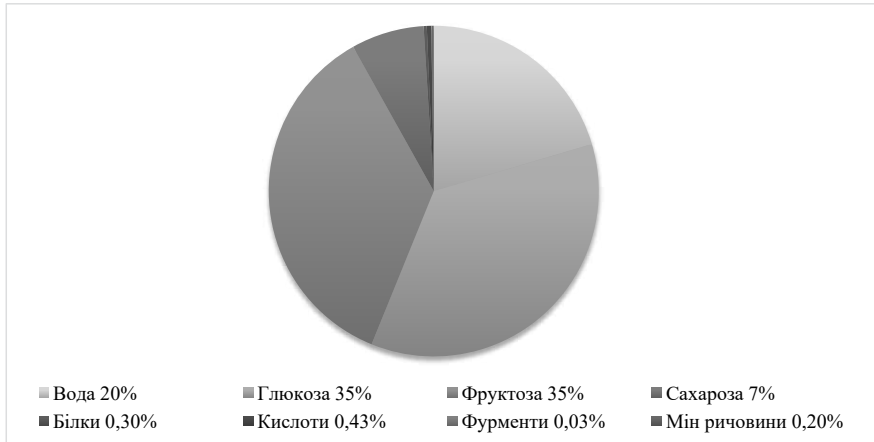


Рис. 1. Хімічний склад меду

Азотисті речовини в меді представлені білковими і небілковими сполуками. Вони надходять в продукт з квітковим пилом і секретом залоз бджіл. Білкових з'єднань в квіткових видах меду міститься від 0,08% до 0,4%. Таким чином, вересковий та гречаний мед містять їх менше 1%, а падевий – 1–1,9%.

Небілкові азотисті сполуки представлені, в основному, амінокислотами в невеликій кількості – від 0,6 до 500 мг на 100 г меду. Зміст і спектр їх дії залежать від ботанічного походження меду, умов медозбору, а також переробки нектару (паді) бджолами.

У всіх сортах меду містяться аланін, аргінін, аспарагінова і глутамінова кислоти, лейцин, лізин, фенілаланін, тирозин, треонін; окремі сорти містять також метіонін, триптофан і пролін. Амінокислоти мають здатність вступати в з'єднання з цукрами меду, утворюючи меланоїдини. Формування цих сполук відбувається набагато швидше при високій температурі. Таким чином, потемніння меду при тривалому зберіганні або нагріванні відбувається, поряд з іншими причинами, через наявність в його складі амінокислот.

Серед поживних речовин в 100 г свіжої журавлини міститься: жири, вуглеводи, моно- і дисахариди, клітковина, зола, клітковина, та велика кількість вітамінів (рис. 2).

У складі журавлини представлені вітаміни E, PP, K1, B1, B2, B5, B6, B9. Кількість вітаміну C в цій ягоді таке велике, що журавлина може змагатися з цитрусовими.

Вона багата цукрами: глюкози і фруктози міститься значно більше, ніж сахарози.

Ягоди журавлини містять велику кількість органічних кислот: бензойна, лимонна, хінна, яблучна, бурштинова, щавлева та багато інших. Завдяки бензойній кислоті, яка є природним консервантом, ягоди журавлини можна прекрасно зберігати в кип'яченій воді.

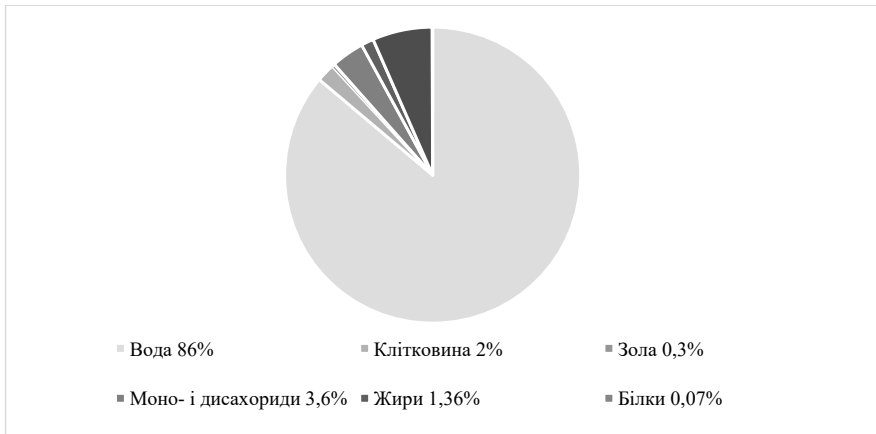


Рис. 2. Хімічний склад журавлини

Від інших ягід журавлина відрізняється високим вмістом полісахаридів, особливо пектину.

Ці червоні ягоди багаті на різні мікроелементи. Особливо велика в них кількість калію, кальцію і фосфору. Трохи менше міститься міді, заліза і молібдену. Також в невеликих кількостях є олово, срібло, йод, бор, нікель, хром, цинк інші елементи.

Всі речовини, на які так багата журавлина, відмінно збалансовані, тому дуже добре засвоюються організмом.

Волоські горіхи дивовижний продукт, їх відмінна риса – хімічний склад плода може змінюватися в залежності від стиглості і в процесі дозрівання плоду, однак в сухому вигляді він зберігає всі свої корисні властивості, поживні речовини і приємний смак. Вміст вітамінів, мікроелементів і корисних речовин може

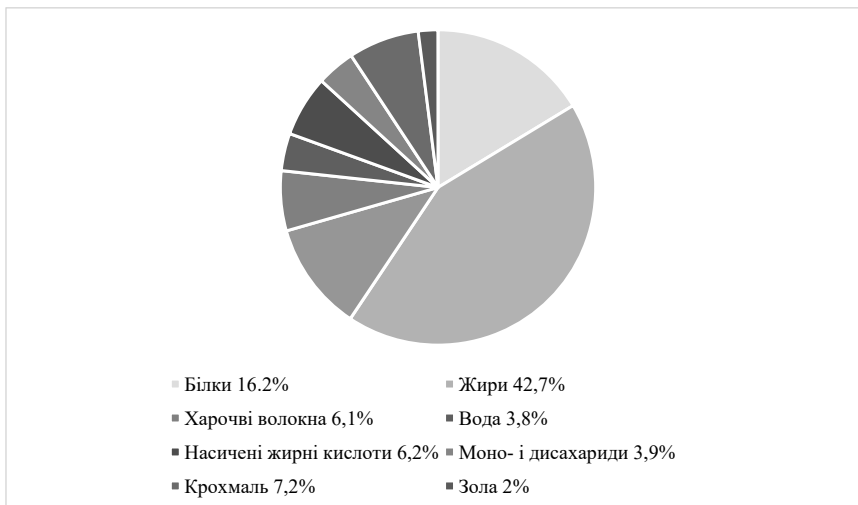


Рис. 3. Хімічний склад волоського горіха

бути обумовлено: погодними умовами, регіоном вирощування, сортом, розміром, зовнішніми факторами, станом ґрунту. Серед поживних речовин на 100 г волоського горіха виділяють – білки, жири, вуглеводи, харчові волокна, насичені жирні кислоти, моно- і дисахариди, крохмаль та зола (рис. 3).

Молоді горіхи містять вітаміни С, В1, В2, РР, каротин і хінони, але склад зрілих волоських горіхів є значно багатшим. У них містяться не лише вітаміни С, В1, В2, РР, каротин, а й дубильні речовини, хінони та жирні олії (лінолева, ліноленова, олеїнова, пальмітинова кислоти), клітковина, солі заліза та кобальта.

Попри високий вміст жирів, грецькі горіхи допомагають знизити рівень холестерину у крові. Завдяки цій корисній властивості лікарі рекомендують волоські горіхи та олію у якості профілактики та лікування атеросклерозу, авітамінозу, нестачі заліза, серцево-судинних захворювань, захворювань печінки та порушення обміну речовин.

Хімічний склад насіння льону важливо знати для людей, які слідкують за своєю фігурою та здоров'ям. Основна цінність лляного насіння полягає в тому, що воно містить багато клітковини, ліноленової кислоти (омега-3) і лігнанів. Крім того, багате насіння і на вітаміни групи В (особливо В1). Що дуже важливо для вуглеводного обміну в організмі, бо без достатньої кількості вітаміну В1 наше тіло не здатне повноцінно засвоювати цукри (рис. 4).

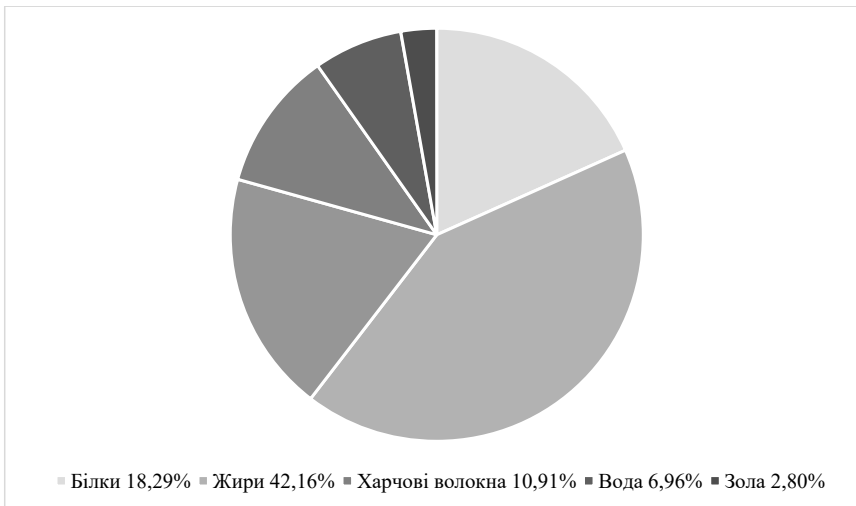


Рис. 4. Хімічний склад насіння льону

Користь насіння льону для здоров'я очевидна і її важко переоцінити, адже їх хімічний склад без перебільшення є унікальним. Дана речовина є багатшою скарбницею корисних жирних кислот Омега-3, 6 і 9.

У цьому насінні міститься клітковина, антиоксиданти, токофероли мікроелементи (мідь, магній, марганець, фосфор, хром, селен, залізо, чинк, нікель, калій, йод, кальцій, бор, цинк). Багатий склад насіння включає в себе цілий вітамінний комплекс: D, В1, В3, А, Е, В6, В9, В4, В5.

**Висновки.** У роботі нами було проаналізовано поживні властивості інгредієнтів для приготування вівсяного печива, щоб надати йому меншу калорійність та більше вітамінів, зменшити шкоду для організму людини і покращити його смак.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Апет Т.К. Технологія виробництва борошняних кондитерських виробів. Київ, 2002. 169 с.
2. Добровольський В.Ф. Вітчизняний та закордонний досвід по створенню продуктів профілактичної дії. *Харчова промисловість*. 2018. № 10. С.10–13.
3. Дорохович В.Е. Розробка та оптимізація рецептур на борошняні кондитерські вироби підвищеної біологічної цінності. *Хлібопродукти*. 2000. № 12. С. 8.
4. Драчева Л.В. Біологічно активні добавки до їжі: функція «харчових» ліків. *Харчова промисловість*. 2006. № 11. С. 56.
5. Драчева Л.В. Правильне харчування, харчові та біологічні добавки. *Харчова промисловість*. 2001. № 6. С. 84.
6. Дудкін М.С., Щелкунов Л.Ф. Технологія харчових продуктів. *Харчова промисловість*. 2010. № 3. 36–38 с.
7. Дудкін М.С., Щелкунов Л.Ф. Харчові волокна – новий розділ хімії та технології їжі. *Питання харчування*. 2014. № 3. С. 42–43.
8. Каблихін С.І. Зміна нетрадиційної сировини при виробництві хлібобулочних, кондитерських і макаронних виробів: Оглядова інформація. К. : Хлібопродукти, 2017. 145 с.
9. Степаненко Б.М. Хімія та біохімія вуглеводів (полісахариди) : Навч. посібник для вузів. К. : Вища. Школа. 2008. 256 с.

**REFERENCES:**

1. Apet T.K. (2002) Technology for the production of borscht confectionery sprouts. Kiev. 169 p.
2. Dobrovolsky V.F. (2018) External information on the creation of preventive products. *Kharchova's craftiness*. No. 10. P. 10–13.
3. Dorohovich V.E. (2000) Development and optimization of recipes for Boroshnyaya confectionery germs of advanced biological value. *Bakery products*. No. 12. P. 8.
4. Dracheva L.V. (2006) Biologically active additives to water: the function of "grub" liqueurs. *Kharchova's craftiness*. No. 11. P. 56.
5. Dracheva L.V. (2001) Proper food, food and biological supplements. *Kharchova's craftiness*. No. 6. P. 84.
6. Dudkin M.S. & Shchelkunov L.F. (2010) Technology of grub products. *Kharchova's craftiness*. 2010. No. 3. 36–38 p.
7. Dudkin M.S. & Shchelkunov L.F. (2014) Harch fibers are a new branch of chemistry and technology. *Food and grub*. No. 3. P. 42–43.
8. Kablikhin S.I. (2017) Change of non-traditional cheese in the production of bakery, confectionery and pasta viruses: Overview information. K.: Hliboproducts, 145 p.
9. Stepanenko B.M. (2008) Chemistry and biochemistry of carbohydrates (polysaccharides): Head. Handbook for universities. K. : Vischa. School. 256 p.



УДК 679.653

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.22>

## ЗБАГАЧЕННЯ ПАСТИЛИ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ

**Новікова Н. В.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри харчових технологій  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

**Фещук Ю. А.** – асистент кафедри харчових технологій  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0003-0510-6325

**Гожуловський Ю. О.** – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-6594-5828

*Ситуація, яка склалася в нашій країні, а саме воєнний стан, спонукає фахівців харчової промисловості до удосконалення існуючих або розробки нових корисних, зручних у застосуванні та зберіганні харчових продуктів. Особливий відбиток на погляд науковців і виробників харчової продукції відклала необхідність розробки харчових продуктів швидкого приготування з довгим терміном зберігання та корисним для здоров'я.*

*Стаття присвячена удосконаленню технології пастильних виробів за рахунок використання пюре хеномелесу. Пюре з хеномелесу характеризується високим вмістом фенольних речовин, органічних кислот, пектину та каротину. Наявність значної кількості пектинових речовин дозволяє використовувати пюре з хеномелесу в якості природного структуроутворювача. Встановлено, що раціональний відсоток пюре з хеномелесу в складі плодової суміші для отримання пастили становить 10% від рецептурної кількості плодового пюре.*

*Встановлено, що пюре ківі містить велику кількість вітамінів. Але його відмінність від інших фруктів полягає у тому, що більшість їх не руйнується у процесі обробки. Це обумовлено певною кислотністю м'якоті плоду, яка і сприяє збереженню корисних елементів.*

*Досліджено, що в складі пюре ківі виявлено титровану плодів хеномелесу титрована кислотність становить 4,95%, вміст пектинових речовин – 1,45%, а також міститься значний вміст вітаміну С – 135,20 мг/100 г і фенольних речовин – 560 мг/100 г, що свідчить про доцільність їх використання для отримання базових композиційних сумішей для отримання пастили.*

*Результати отримані в процесі сушіння показують, що температура сушіння впливає на інтенсивність видалення вологи з висушеного матеріалу. Найбільш інтенсивно процес видалення вологи відбувається при температурі сушіння 70 °С і становить 11,76%. При температурі сушіння 65 °С досягається вміст вологи 15,46%, а у випадку температури сушіння 55–21,36%. При всіх температурних рівнях найінтенсивніше процес сушіння відбувався протягом 270,0 хв (4,5 години), а останні 90,0 хв (1,5 години) процес сушіння сповільнювався і практично стабілізувався.*

**Ключові слова:** пастила, пюре ківі, хеномелес, біологічно активні речовини, функціональні продукти.

**Novikova N. V., Feshchuk Yu. A., Hozhulovskiy Yu. O. Enrichment of pastiles with biologically active substances**

*The situation that has developed in our country, namely the state of war, prompts food industry specialists to improve existing or develop new useful, convenient to use and store food products. The need to develop quick-cooking food products with a long shelf life and good for health left a special impression on the eyes of scientists and food manufacturers. The article is devoted to the improvement of the technology of pastille products due to the use of henomeles puree. Puree from henomeles is characterized by a high content of phenolic substances, organic acids, pectin*

*and carotene. The presence of a significant amount of pectin substances allows the use of puree from henomeles as a natural structure former. It was established that the rational percentage of puree from chenomeles in the composition of the fruit mixture for obtaining a pastille is 10% of the recipe amount of fruit puree. Kiwi puree has been found to contain a large amount of vitamins. But its difference from other fruits is that most of them are not destroyed in the processing process. This is due to a certain acidity of the fruit pulp, which contributes to the preservation of useful elements. It was investigated that the composition of kiwi puree contained titrated henomeles fruits, the titrated acidity is 4.95%, the content of pectin substances is 1.45%, and it also contains a significant content of vitamin C – 135.20 mg/100 g and phenolic substances – 560 mg/100 g, which indicates the expediency of their use for obtaining basic composite mixtures for obtaining pastilles. The results obtained in the drying process show that the drying temperature affects the intensity of moisture removal from the dried material. The most intensive moisture removal process occurs at a drying temperature of 70 °C and is 11.76%. At a drying temperature of 65 °C, the moisture content is 15.46%, and in the case of a drying temperature of 55–21.36%. At all temperature levels, the most intense drying process took place during 270.0 min (4.5 hours), and the last 90.0 min (1.5 hours) the drying process slowed down and practically stabilized.*

**Key words:** *lozenge, kiwi puree, henomeles, biologically active substances, functional products.*

**Вступ.** Пастила – це корисний продукт, що містить у своєму складі велику кількість вітамінів, мінералів та харчових волокон з фруктів та ягід. Вона має низький вміст жиру та є низькокалорійною, тому є дієтичним продуктом та підходить у якості десерту для тих, хто прагне схуднути чи просто слідкує за фігурою.

Пастила – це натуральний продукт, який готується без додавання хімічних консервантів, ароматизаторів, барвників та цукрів. Це робить її натуральним продуктом та приваблює багатьох людей. Вона виготовляється з різних фруктів та ягід, що дає можливість насолоджуватися різноманітними смаками на будь-який смак та сезон. Зважаючи на такий натуральний склад, пастила (особливо її такі прості смаки як яблуко, яблуко-банан, яблуко-гарбуз) підходить навіть малюкам з 6 місяців після першого прикорму [1].

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день проблема раціонального харчування для людей похилого віку надзвичайно актуальна, оскільки кожен четвертий українець – пенсіонер за віком. Раціонально побудоване харчування для таких людей сприяє кращій роботі всіх важливих органів та систем, підвищує рівень захисної реакції організму на несприятливі фактори навколишнього середовища [2].

В Україні у 2022 році були зареєстровані понад 1 млн. хворих на цукровий діабет. Близько 200 тис. пацієнтів змушені постійно приймати інсулін.

Хвороба діабет пов'язана з тим, що організм не може переробити весь цукор (глюкозу) у крові. Ускладнення діабету можуть призвести до інфаркту, інсульту, сліпоти, ниркової недостатності та ампутації нижніх кінцівок.

Кількість хворих на діабет щороку зростає. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), приблизно 422 мільйони людей у всьому світі живуть з діабетом – у чотири рази більше, ніж 40 років тому.

Вуглеводи повинні становити не більше 50–60% від добового раціону, а також мати низький глікемічний індекс. Для діабетиків можуть бути небезпечні продукти, насичені «швидкими» вуглеводами, – у їхньому щоденному меню не повинно бути борошняних виробів, цукерок, інших солодоців. Також краще уникати продуктів із цукрозамінниками, наприклад, фруктозою, бо вони також здатні збільшувати вміст глюкози у крові.

Крім цього, людям з діабетом потрібно з обережністю пити соки і їсти фрукти, оскільки вони багаті на вуглеводи і можуть викликати небажані коливання цукру в крові. Діабетикам можна їсти гіркий шоколад, зефір, пастилу, мармелад (уживані виключно помірно).

**Мета дослідження.** Збагачення пастили біологічно активними речовинами природного походження задля надання йому оздоровчих властивостей.

**Аналіз останніх досліджень.** Важливим аспектом використання фруктових інгредієнтів є їх природність та натуральність, що дозволяє відмовитись від синтетичних барвників та ароматизаторів [3]. У роботі [4] розглянуто виробництво кондитерських виробів з ароматом *Vacillus coagulans* GBI-30 6086 з подальшим оцінюванням їх придатності впродовж певного терміну зберігання. Авторами визначено, що отримувані цукерки з фруктів є прекрасним носієм *V. Coagulans* (замінником штучних барвників), в тому числі виконують роль джерела біоактивних сполук *For reading only* необхідних для здорового харчування. Невирішеним питанням залишається доля вмісту фруктового наповнювача на отримувані кінцеві структурно-механічні властивості, якість та споживчі властивості, зумовлюючи доцільність досліджень в цьому напрямі.

Розширення та вдосконалення ринку натуральних харчових продуктів є перспективним. Щодня випускають та впроваджують нові категорії товарів на ринку солодощів натуральних: сухофрукти, снеки, батончики, пастила з цукром та без, цукерки, мармелад, рисові вафлі, тощо. Якщо спиратися на висновки *Global Health and Ingredient Insights*, майже третя частина українців контролює свою вагу, свідомо складають свій раціон харчування, особливо звертаючи увагу на продукти зі зниженим вмістом цукру.

Останніми роками на ринку кондитерських виробів з'явився значний попит на «здорові», функціональні продукти з покращеною рецептурою та хімічним складом [5]. Пошук нових джерел та фізіологічних ефектів різних функціональних інгредієнтів: пробіотиків, джерел харчових волокон, пектинових речовин, поліфенолів, вітамінів тощо обумовлює актуальність напряму досліджень. Одночасно виникають питання щодо реалізації на виробництві та в формі продукції, що надходять до споживача.

Пастила має безліч корисних властивостей для нашого здоров'я. Справжня пастила взагалі не містить штучних консервантів та барвників, які часто знаходяться в інших типах швидких снеків. Вона також багата на вітаміни та мінерали фруктів та ягід, які зберігаються під час процесу сушіння, що робить їх ідеальним перекусом для тих, хто хоче бути здоровим та енергійним протягом дня.

Якщо говорити про допустимі солодощі при цукровому діабеті, то слід вибирати продукти з низьким глікемічним індексом, які поступово збільшують рівень глюкози в крові.

При індивідуальному підборі дієти враховується вік пацієнта, його вага, рівень глюкози в крові, наявність або відсутність хронічних захворювань. Рекомендації по складанню дієтичного раціону для діабетиків:

- Продукти підбирати з урахуванням наявності вітамінів і мінеральних елементів.
- Враховувати смакові переваги літньої людини та наявність непереносимості певних продуктів.
- Меню розробляється на кожен день, відхилитися від нього не можна.
- Страви повинні бути різноманітними та смачно приготованими.

Вживають пастилу люди з діабетом: смородинову, полуничну, грушеву, абрикосову, малинову, сливову.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Результати проведеного аналітичного огляду інформаційних джерел свідчать, що використання пектиновмісної сировини в технології виробництва харчових продуктів є досить перспективним

напрямок, позитивно впливає і на харчову, і на біологічну цінність кондитерських виробів, на їх структурно-механічні властивості, які передбачають використання структуроутворювачів, а також формує лікувально-профілактичні особливості готового продукту [6].

З метою доцільності використання сировини для виробництва пастили ми дослідили фізико – хімічні показники ківі та хеномелесу.

Показники якості обраних для експериментальних досліджень сортах фруктової сировини наведені в табл. 1.

Таблиця 1

**Показники якості досліджуваної фруктової сировини**

Показники	Найменування фруктової сировини	
	Ківі	Хеномелес цитриновий
Масова частка, %		
сухих речовин	18,50	15,00
титрована кислотність	0,7	5,36
пектинових речовин	1,4	1,6
Вміст, мг/100 г:		
вітаміну С	92,15	151,21
β-каротину	0,05	1,74
поліфенольних речовин	125,00	420,00

За результатами досліджень встановлено, що ківі містить велику кількість вітамінів. Але його відмінність від інших фруктів полягає у тому, що більшість їх не руйнується у процесі обробки. Це обумовлено певною кислотністю м'якоти плоду, яка і сприяє збереженню корисних елементів.

Ківі багатий на вітамін С (92 мг на 100 грамів продукту), його в ньому на порядок більше, ніж у цитрусових чи болгарському перці.

Ківі належить до тієї нечисленної категорії продуктів, що містять вітамін В9 (фоліева кислота) і В6 (піридоксин). За вмістом фолієвої кислоти ківі поступається лише броколі – найбагатшому рослинному джерелу цього вітаміну.

Що стосується вітаміну В<sub>6</sub>, якого особливо потребують люди похилого віку, то його кількість в одному ківі дорівнює 4% добової норми. Цей вітамін допомагає засвоєнню і перетравленню їжі, насичуючи організм ферментами.

Плоди ківі містять нікотинову кислоту, рибофлавін, пантотенову кислоту, вітаміни А, С і Е містяться в «хорошій» пропорції, забезпечуючи цьому фрукту антиоксидантні властивості (табл. 2).

Таблиця 2

**Хімічний склад ківі**

<i>Вітамінний склад ківі</i>	
Найменування вітаміну	Зміст поживної речовини на 100 грамів продукту, міліграм:
Аскорбінова кислота (С)	180
Піридоксин (В6)	0,65
Ніацин (ІІІ)	0,34
Рибофлавін (В2)	0,04

Продовження таблиці 2

Фолієва кислота (B9)	0,025
Тіамін (B1)	0,02
<i>Мінеральний склад ківи</i>	
<b>Найменування мінералу</b>	<b>Зміст поживної речовини на 100 грамів продукту, міліграм:</b>
Калій	315
Хлор	42
Кальцій	40
Фосфор	34
Магній	25
Сірка	16
Натрій	2
Залізо	0,7
Цинк	0,14
Марганець	0,096

Користь ківи у тому, що він є джерелом сили і молодості. Вітаміни, А і Е для організму людини – запорука здоров'я та довголіття. А фолієва кислота стимулює оновлення кровоносних клітин.

Крім вітамінів, до складу ківи входять мікроелементи, залізо, цинк, йод, марганець, і макроелементи у максимальній кількості, представлені калієм, кальцієм і фосфором.

Також у ківи виявлено такий фермент, як актинідин. Він розщеплює білки, нормалізує рівень згортання крові, знижує ризик виникнення атеросклерозу й тромбозу в судинах і стимулює травну систему людини.

Насіння ківи багате на лінолеву олію з омега-3 жирними кислотами. Це не тільки антиоксидант і чудове джерело вітаміну Е, а й засіб, який ефективно знижує рівень холестерину у крові, що, своєю чергою, зменшує ризик серцевих захворювань [8].

На відміну від хімічного ківи в плодах хеномелесу попри високий вміст пектинових речовин виявлено значний вміст вітаміну С, поліфенольних речовин і навіть каротину. Однак, плоди хеномелесу мають надміру кислий смак і не можуть споживатися у чистому вигляді, хоча можуть слугувати цінним купажним компонентом і збагачувати готовий виріб фенольними сполуками, вітамінами, а також формувати гарні структуроутворюючі властивості [6; 8; 9].

Цитриновий хеномелес містить значний вміст біологічно активних речовин вміст вітаміну С (151,221 мг/100 г), фенольних сполук (420 мг/100 г), вміст пектинових речовин (1,60%) і кислотність (5,36%) [9; 10]

У технології виготовлення пастили використовували пюре ківи. Ківи мили, сортували, запікали в духовій шафі при температурі 180 °С протягом 30 хв., охолоджували до температури 30 °С і протирали. Для отримання пюре з хеномелесу плоди мили, відокремлювали насінневу камеру, подрібнювали, бланшували у воді при температурі 100 °С впродовж 5 хв. і протирали [6]. Досліджено, що в складі пюре ківи виявлено титровану плодів хеномелесу титрована кислотність становить 4,95%, вміст пектинових речовин – 1,45%, а також міститься значний вміст вітаміну С – 135,20 мг/100 г і фенольних речовин – 560 мг/100 г, що свідчить про

доцільність їх використання для отримання базових композиційних сумішей для отримання пастили.

Для приготування базової композиційної суміші частину пюре ківі замінювали на пюре хеномелесу, яке вводили в кількості 5, 10 і 15% від рецептурного вмісту пюре ківі. Визначено, що за органолептичною оцінкою найкращою виявилася модельна композиційна суміш, до складу якої входило 90% пюре ківі і 10% пюре хеномелесу і її рекомендовано було використати в якості базової для виготовлення пастильних виробів. Заміна частини пюре ківі на пюре хеномелесу виявляє певний вплив на вміст органічних кислот в складі модельних композиційних сумішей і показник титрованої кислотності зростає від 0,29% до 0,69%, вміст L-аскорбінової кислоти – в 2...3 рази в порівнянні з контрольним зразком в залежності від частки внесеного пюре з хеномелесу.

Отриманий десерт за органолептичними показниками мав темно-коричневий колір, ніжну, м'яку консистенцію, приємний аромат ківі з ноткою хеномелесу і приємний кисло-солодкий смак. В десерті визначили фізико-хімічні показники якості: масову частку води – 13,27%; титровану кислотність – 1,37% і вміст вітаміну С – 14,67 мг/100 г. Найбільшим недоліком десерту був його колір, що вказувало на доцільність проведення процесу сушіння при більш низькій температурі. Для визначення раціональної температури для проведення процесу сушіння проводили процес сушіння при наступних температурних рівнях: 55 °С, 65 °С і 70 °С. Тривалість процесу сушіння пласта відбувалася впродовж 6,0 годин, охолодження і витримка впродовж 12 год і досушування перемазаного десерту протягом 2,0 годин.

Сушіння пастили в найбільшій мірі впливає на процес зберігання десерту. Динаміку зміни вологості визначали впродовж всього процесу сушіння з інтервалами через кожні 1,5 години. Отримані результати наведені на рис. 1.

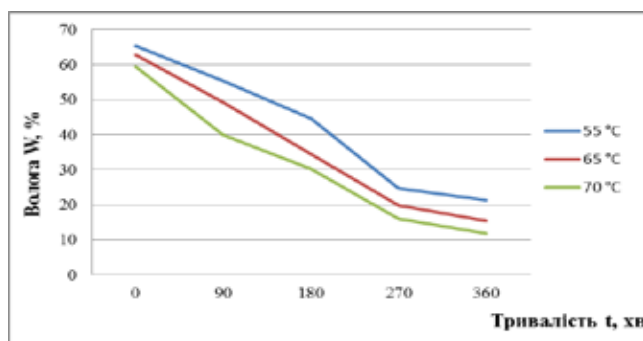


Рис. 1. Результати сушіння пастили в залежності від температури сушіння

Результати отримані в процесі сушіння показують, що температура сушіння впливає на інтенсивність видалення води з висушуваного матеріалу. Найбільш інтенсивно процес видалення води відбувається при температурі сушіння 70 °С і становить 11,76%. При температурі сушіння 65 °С досягається вміст води 15,46%, а у випадку температури сушіння 55–21,36%. При всіх температурних рівнях найінтенсивніше процес сушіння відбувався протягом 270,0 хв. (4,5 години), а останні 90,0 хв. (1,5 години) процес сушіння сповільнювався і практично стабілізувався. Однак, при використанні температури 55 °С масова частка води

в зразку була досить значною і становила 21,36%, що могло негативно вплинути на тривалість зберігання десерту і викликати його мікробіологічне псування.

**Висновки.** Пастила – це натуральні ласощі, які виготовлені з пюре ягід, фруктів та навіть овочів. Виготовляється методом дегідратії (сушки) за низьких температур, яка дозволяє зберегти всі корисні властивості інгредієнтів, харчову цінність та вітаміни. Пастила з використанням пюре ківі та хеномелесу дозволяє збагатити десерт біологічно активними компонентами.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Антипкін Ю. Г., Горбань Н. Є., Луценко О. Г. *Фактори ризику розвитку хвороб цивілізації*. Здоров'я України. 2021. Т. 1, № 42. С. 8–10.
2. Хомич Г. П., Горобець О. М., Гончаренко В. Ф., Подойник Ю. В. *Удосконалення технології групи цукристих виробів*. Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Випуск 1, 2022. 63–68 с.
3. Жемела Г.П., Шемавн'в Г.П. *Технологія зберігання і переробки продукції ролінніцтва*: Підручник. Полтава. 2003. 420 с.
4. Іванова П.Х., Міхова Т.М. *Розробка інноваційного висококонцентрованого продукту «Пастила із синіх сортів сливи домашньої та обліпихи*. *Здоров'я людини, теорія та методика фізичної культури та спорту*. 2019. №4. т. 15. С. 204–211
5. Камбулова Ю. В., Кохан О. О., Лигач Д. *Органічні кондитерські вироби*. Збірник праць учасників ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «*Органічне виробництво і продовольча безпека*» (27–28 травня 2021 року). Житомир : Поліський національний університет, 2021. С. 239–245.
6. Кириченко Л.С. *Крохмаль, цукор, мед та кондитерські вироби* : Підручник. К. : Київ.нац.торг.- екон.ун-т, 2006. 360 с.
7. Михайленко Л. Обґрунтування та розроблення способу отримання пастили оздоровчої дії з використанням пюре інжиру. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «*Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека*», 14–15 листопада 2018 р., м. Київ. К. : НУХТ, 2018 р. С. 36–37.
8. Сирохман І.В., Лозова Т.М. *Товарознавство цукру, меду, кондитерських виробів*. К. : Центр учбової літератури, 2008. 609 с.
9. Хомич Г. П., Васюта В. М., Левченко Ю. В. *Комплексна переробка плодів хеномелесу*. *Наукові праці ОНАХТ*. 2014. 2(46).
10. Чигвінцева О.П., Токар А.В. *Ч 58 Харчова хімія: Навчальний посібник*. Дніпропетровськ : ТОВ «Принтхаус Римм», 2014. 256 с.

### REFERENCES:

1. Antipkin Yu. G., Gorban N. E., & Lutsenko O. G. (2021) Factors responsible for the development of diseases of civilization. Health of Ukraine. T. 1, No. 42. P. 8–10.
2. Khomich G. P., Gorobets O. M., Goncharenko V. F., & Podoynik Yu. V. (2022) Improved technology of a group of sucrose viruses. Scientific newsletter of the Poltava University of Economics and Trade. Issue 1, 63–68 p.
3. Zhemela G.P., & Shemavn'v G.P. (2003) Technology of saving and processing of Rolinnitsa products: Pidruchnik. Poltava. 2003. 420 p.
4. Ivanova P.Kh., & Mikhova T.M. (2019) Development of the innovative highly concentrated product “Pastel from blue varieties of domestic plums and buckthorn. Human health, theory and methodology of physical culture and sports. No. 4. vol. 15. pp. 204–211
5. Kambulova Yu. V., Kokhan O. O., & Ligach D. (2021) Organic confectionery ingredients. Collection of participants of the IX International Scientific and Practical Conference “Organic Production and Food Safety” (27–28 May 2021). Zhytomyr : Polish National University. P. 239–245.

6. Kirichenko L.S. (2006) Starch, zukur, honey and confectionery sprouts: Pidruchnik. K.: Kiev.nat.torg.-ekon.un-t. 360 p.
  7. Mikhailenko L. (2018) Priming and disintegration of the method of extracting pasta for health with vikoristan fig puree. Materials of the International Scientific and Practical Conference “Healthy food products and dietary supplements: technologies, nutrition and safety”, November 14–15, 2018, Kiev. K. : NUHT, 2018. pp. 36–37.
  8. Sirokhman I.V., & Lozova T.M. (2008) Commodity knowledge of cucumber, honey, confectionery sprouts K.: Center for Educational Literature, 609 p.
  9. Khomich G. P., Vasyuta V. M., & Levchenko Yu. V. (2014) Complex processing of Chaenomeles fruits. Sciences of ONAKhT. 2(46).
  10. Chigvintseva O.P., & Tokar A.V. (2014) Part 58 Kharchova chemistry: Basic handbook. Dnipropetrovsk: TOV Printhouse Rimm. 256 p.
-



УДК 664.346

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.23>

## ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ ОЛІЇ З НАСІННЯ ЧІА У СКЛАДІ МАЙОНЕЗНИХ СОУСІВ

**Приліпко Т. М.** – доктор сільськогосподарських наук, професор,  
завідувач кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації  
харчових продуктів  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-8178-207X

**Костах В. Б.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри харчових технологій виробництва й стандартизації  
харчових продуктів  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-2182-7723

**Коваль Т. В.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,  
доцент кафедри хімії  
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»  
ORCID ID: 0000-0002-7132-5887

Проводилось дослідження щодо дефіциту жирних кислот серед усіх вікових груп. Одним із показників серйозного дефіциту стала нестача Омега-3. Вивчали питання заміни деяких складових або додавання нових інгредієнтів в майонез для отримання соусу з більш високим показником корисності та безпеки для людського організму. Останнім десятиріччям зростає зацікавленість населення до нетрадиційних видів олійного насіння, зокрема насіння чіа, як продукту, що має певні корисні властивості для організму людини, що робить актуальним визначення можливості використання зазначеного насіння в технології харчової продукції з метою надання їй функціональних властивостей. Найбільш важливим вважається збалансованість жирних кислот, яка може бути досягнута збалансованістю майонезних складів соусів. Дефіцит омега-3 може бути компенсований введенням до складу олії насіння чіа. Насіння чіа є функціональним інгредієнтом страв може бути насіння чіа, у якому міститься значна кількість білків та  $\omega$ -3 жирних кислот. В статті наведені результати порівняння жирно-кислотного складу олії з насіння чіа з олією зародків кукурудзи та олії з насіння соняшнику. Встановлено, що найбільше значення альфа-ліноленової кислоти у олії з насіння чіа, що в десятки разів більше, ніж у соняшникової та кукурудзяної олії. Вміст лінолевої кислоти у кукурудзяної олії і соняшникової олії майже вдвічі перевищують кількість її в олії з насіння чіа. Наявність олеїнової кислоти в олії з насіння чіа в невеликій кількості дає можливість більш гармонійного застосування, ніж кукурудзяна олія та соняшnikова. Також наявність альфа-ліноленова кислота, а точніше її найбільше значення дозволяють використовувати масло з насіння чіа як джерело омега-3 жирних кислот, і використовувати його як функціональний компонент у виробництві продуктів харчування. Високі корисні властивості олії з насіння чіа, потреба у здорових і безпечних продуктах харчування, успіхи в селекції та вирощуванні культури в Україні створюють великі перспективи для використання досліджуваної олії як джерело омега-3 жирних кислот. Всі корисні властивості насіння чіа обумовлені їх унікальним складом, тому їх планується широко використовувати для спеціалізованого і функціонального харчування. Жирнокислотний склад олії з насіння чіа є цінним компонентом для заміни деяких складових або додаванні нових інгредієнтів в майонезні соуси.

**Ключові слова:** жирні кислоти, насіння чіа, Омега-3, харчування, соус, корисні властивості, безпечні продукти.

***Prylipko T. M., Kostash V. B., Koval T. V. The prospect of using chia seed oil as part of mayonnaise sauces***

*A study was conducted on fatty acid deficiency among all age groups. One of the indicators of a serious deficiency was a lack of Omega-3. They studied the issue of replacing some components or adding new ingredients to mayonnaise to obtain a sauce with a higher rate of usefulness and safety for the human body. In the last decade, the public's interest in non-traditional types of oil seeds, in particular chia seeds, as a product that has certain beneficial properties for the human body, has been growing, which makes it urgent to determine the possibility of using the specified seed in the technology of food products in order to give it functional properties. The most important is the balance of fatty acids, which can be achieved by balancing the mayonnaise composition of sauces. Deficiency of omega-3 can be compensated by adding chia seed oil to the composition. Chia seeds can be a functional ingredient in dishes, which contain a significant amount of proteins and  $\omega$ -3 fatty acids. The article presents the results of a comparison of the fatty acid composition of chia seed oil with corn germ oil and sunflower seed oil. It was established that the highest value of alpha-linolenic acid is in chia seed oil, which is ten times more than in sunflower and corn oil. The content of linoleic acid in corn oil and sunflower oil is almost twice that of chia seed oil. The presence of oleic acid in small amounts of chia seed oil makes it possible to use it more harmoniously than corn and sunflower oil. Also, the presence of alpha-linoleic acid, or rather its greatest value, allows you to use chia seed oil as a source of omega-3 fatty acids, and to use it as a functional component in food production. The high beneficial properties of chia seed oil, the need for healthy and safe food products, successes in the selection and cultivation of the culture in Ukraine create great prospects for using the studied oil as a source of omega-3 fatty acids. All the beneficial properties of chia seeds are due to their unique composition, so they are planned to be widely used for specialized and functional nutrition. The fatty acid composition of chia seed oil is a valuable component for replacing some components or adding new ingredients to mayonnaise sauces.*

**Key words:** *fatty acids, chia seeds, Omega-3, nutrition, sauce, useful properties, safe products.*

**Постановка проблеми.** Однією з визначальних рис сучасного етапу розвитку суспільства є проблема збереження здоров'я населення. Харчування належить до найважливіших чинників, який протягом усього життя впливає на організм людини. Проблема поліпшення структури харчування, якості та безпеки харчових продуктів як основи життєдіяльності людини є однією з найважливіших проблем як у межах однієї країни, так і планети Земля загалом. Накопичений світовий досвід показує, що вирішити проблему швидкого корегування структури харчування майже не можливо шляхом простого збільшення обсягів виробництва і розширення асортименту традиційних харчових продуктів [4].

Нове століття диктує нові правила, задає інші тренди. Ключовим моментом щасливого та довгого життя є спосіб життя та харчування. Якщо ми не можемо змінювати спосіб життя людей, ми можемо допомогти йому надати смачні та безпечні продукти, які можуть скласти його регулярний раціон харчування. Ідеальний баланс, коли людина їсть смачну та апетитну їжу, і в той же час її організм отримує масу користі, нівелюючи негативний вплив навколишнього середовища, поганої екології, стресу та дефіциту корисних мікро-, макроелементів, вітамінів та мінералів. Соуси стали займати важливе місце у харчуванні звичайної людини. Соуси зробили їжу смачнішою. Але шкідливість більшості соусів відштовхує людей через велику ймовірність проблем зі здоров'ям у майбутньому. При заміні деяких складових або додаванні нових інгредієнтів можна отримати соус з більш високим показником корисності та безпеки для людського організму [1, с. 310; 2, с. 103; 3, с. 140].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проводилось дослідження щодо дефіциту жирних кислот серед усіх вікових груп. Одним із показників серйозного дефіциту стала нестача Омега-3. Як наслідки дефіциту спостерігаються метаболічні та гіпоксичні порушення, збільшується ризик ушкодження репродуктивної системи, зокрема розвиток безпліддя, переривання вагітності, підвищений ризик відхилення або мутацій плода [4, с. 7].

Нетрадиційною сировиною, яка все частіше застосовується для збагачення кондитерської продукції є різні види олійного насіння (соняшнику, льону, гарбуза, кунжуту та ін.) та продуктів його переробки. Існують рекомендації з використання цілого та подрібненого насіння льону в технології печива [5, с. 117], бісквітних виробів [6, с. 12], халви [7, с. 10]. Насіння гарбуза додають під час виготовлення кексів [4, с. 6], подрібнене насіння соняшнику використовується в технології начинки для вафель [2, с. 142], цукерок, шербету [5, с. 203]. Останнім десятиріччям зростає зацікавленість населення до нетрадиційних видів олійного насіння, зокрема насіння чіа (*Salvia hispanica*) [3, с. 145] як продукту, що має певні корисні властивості для організму людини. Це робить актуальним визначення можливості використання зазначеного насіння в технології харчової продукції з метою надання їй функціональних властивостей.

Як можливі рішення бачиться додавання функціонального інгредієнта найбільш поширені продукти харчування. Найбільш важливим вважається збалансованість жирних кислот, яка може бути досягнута збалансованістю майонезних складів соусів. Дефіцит омега-3 може бути компенсований введенням до складу олії насіння чіа. Дійсно, насіння чіа є функціональним інгредієнтом страв може бути насіння чіа, у якому міститься значна кількість білків та  $\omega$ -3 жирних кислот. Чіа біла, або Шавлія іспанська (лат. *Salvia hispanica*) – рослина родини Ясноткових, роду Шавлія. У кулінарії також використовується близько- споріднений вид *Salvia columbariae* [7, с. 10]. Батьківщиною рослини є Центральна і Південна Мексика, а також Гватемала. На сьогодні чіа культивується у багатьох країнах Південної Америки та в Австралії.

У 2009 р. *Salvia hispanica* L. схвалено Європейським парламентом як новий продукт харчування, що зумовлене широким спектром його корисних властивостей та гіпоалергійністю. Дослідження науковців переважно спрямовані на використання насіння чіа для покращення показників якості та підвищення харчової та біологічної цінності хлібобулочних, кондитерських, макаронних, ковбасних виробів та іншої харчової продукції [7, с. 3].

В Україні існують виробництва олії з насіння чіа, а також існують велика кількість вітчизняних постачальників сировини, офіційних компаній, і це не рахуючи ще індивідуальних підприємців. Отримання самого насіння чіа, і олій також відповідають політиці імпортозаміщення. Також активно йдуть дослідження щодо селекції насіння чіа для вирощування у різних кліматичних умовах, так у скороченні вегетаційного періоду, що дозволяє припустити більшу врожайність, і врешті-решт зниження вартості продукції на ринку [4, с. 9]. Це добре вписується в тренди виробництва вітчизняного та безпечного продукту всередині країни. Також відкриває можливість для використання насіння чіа в інших продуктах харчування функціонального призначення.

Посилаючись на середні показники добових потреб організму людини у поживних речовинах та мінеральних елементах, визначено, що 25 г насіння чіа є оптимальною кількістю для щоденного споживання [7, с. 14].

Важливою характеристикою хімічного складу насіння кіноа та чіа є високий вміст у ньому білкових речовин, якість яких характеризується показником біологічної цінності. Чим вища біологічна цінність білка харчових продуктів, тим краще він використовується для синтезу власних білків і функціонування організму [5, с. 387].

Встановлено, що багато цінних мікроелементів насіння чіа беруть безпосередню участь у синтезі ферментів і гормонів, також позитивно впливають на роботу ендокринної системи. Окрім того, насіння чіа – відмінне джерело рослинного

кальцію: в 100 г насіння міститься 631 мг кальцію, тобто в два рази більше, ніж в склянці молока. Насіння чіа також містить велику кількість фосфору [3, с. 144].

**Постановка завдання.** Провести порівняння жирнокислотного складу олії з насіння чіа з олією зародків кукурудзи та олії з насіння соняшника з метою заміни деяких складових або додаванні нових інгредієнтів в майонезні соуси.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Якщо порівнювати жирнокислотний склад олії з насіння чіа з олією зародків кукурудзи та олії з насіння соняшника (таблиця 1), то можна спостерігати найбільше значення альфа-ліноленової кислоти (53,2%) у олії з насіння чіа, що в десятки разів більше, ніж у соняшникової та кукурудзяної олії. Вміст лінолевої кислоти у кукурудзяної олії (54,8%) і соняшникової олії (52,1%) майже вдвічі перевищують кількість її в олії зі насіння чіа (23%).

Таблиця 1

Показник	Кукурудзяна олія [3, с. 147]	Олія з насіння чіа [7, с. 18]	Соняшnikова олія [2, с. 107]
14:0	0,061	0,197	0,182
16:0	9,339	7,529	6,129
18:0	2,501	4,072	2,851
18:1	32,081	8,371	37,410
18:2	54,888	23,013	52,127
20:0	0,375	0,921	0,316
18:3	0,839	53,298	0,083
20:1	0,280	0,731	0,171
22:0	0,337	0,856	0,239
24:0	0,216	0,914	0,152

Наявність олеїнової кислоти в олії з насіння чіа в невеликій кількості (8,3%) дає можливість більш гармонійного застосування, ніж кукурудзяна олія (32%) та соняшnikова (37,4%). Також наявність альфа-лінолевої кислоти, а точніше її найбільше значення дозволяють використовувати масло з насіння чіа як джерело омега-3 жирних кислот, і використовувати його як функціональний компонент у виробництві продуктів харчування.

#### Висновки.

1. Високі корисні властивості олії з насіння чіа, потреба у здорових і безпечних продуктах харчування, успіхи в селекції та вирощуванні культури в Україні створюють великі перспективи для використання досліджуваної олії як джерело омега-3 жирних кислот.

2. Жирнокислотний склад олії з насіння чіа є цінним компонентом для заміни деяких складових або додаванні нових інгредієнтів в майонезні соуси.

3. Всі корисні властивості насіння чіа обумовлені їх унікальним складом, тому їх планується широко використовувати для спеціалізованого і функціонального харчування.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Chen L.H., Wang Y.F., Xu Q.H., Chen S.S. Omega-3 fatty acids as a treatment for non-alcoholic fatty liver disease in children: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Nutr.* 2018. 37(2). P. 516–21.
2. Spooner M.H., Jump D.B. Omega-3 fatty acids and nonalcoholic fatty liver disease in adults and children: where do we stand? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2019. 22(2). P. 103–10.
3. Єгоров Б. Стан харчування населення України. *Товари і ринки.* 2011. № 1. С. 140–147.
4. Лікарські засоби. Належна практика культивування та збирання вихідної сировини рослинного походження : Настанова СТ-Н МОЗУ 42-4.5:2012. К. : МОЗ України, 2012. 13 с.
5. Сафонов М.М. Повний атлас лікарських рослин. Тернопіль : Навчальна книга. Богдан. 2011. 384 с.
6. EnglishOxfordLivingDictionaries. URL: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com>
7. The American Journal of Clinical Nutrition. URL: <http://ajcn.nutrition.org/content/78/1/3.full>.

**REFERENCES:**

1. Chen L.H., Wang Y.F., Xu Q.H., Chen S.S. (2018). Omega-3 fatty acids as a treatment for non-alcoholic fatty liver disease in children: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Nutr.* 37(2). P. 516–21.
2. Spooner M.H., Jump D.B. (2019). Omega-3 fatty acids and nonalcoholic fatty liver disease in adults and children: where do we stand? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 22(2). P. 103–10.
3. Yehorov B. (2011). Stan kharchuvannia naselelnia Ukrainy. *Tovary i rynky.* № 1. S. 140–147. [in Ukrainian].
4. Likarski zasoby. Nalezna praktyka kulyvuvannia ta zbyrannia vykhidnoi syrovyny rosllynnoho pokhodzhennia (2012) : Nastanova ST-N MOZU 42-4.5:2012. K. : MOZ Ukrainy, 13 s. [in Ukrainian].
5. Safonov M.M. (2011). Povnyi atlas likarskykh rosllyn. Ternopil : Navchalna knyha. Bohdan. 384 s. [in Ukrainian].
6. EnglishOxfordLivingDictionaries. URL: <https://www.oxfordlearnersdictionaries.com>
7. The American Journal of Clinical Nutrition. URL: <http://ajcn.nutrition.org/content/78/1/3.full>.

---

# ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

HYDRAULIC CONSTRUCTION,  
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 631.6

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.24>

---

## АНАЛІЗ ДЕФІЦИТУ ВОЛОГИ В КОНТЕКСТІ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ТА ВПЛИВ НА ПІДТОПЛЕННЯ ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

---

**Волошин М. М.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0003-0467-1963

У статті наведено аналіз зміни дефіциту вологи Херсонської області з використанням даних метеостанцій Асканія-Нова, Велика Олександрівка, Херсон, Нова-Каховка, Нижні Сірогози, Хорли за період спостереження із 1955 року по 2022 рік. Представлено короткий опис території Херсонської області з погляду кліматичних змін. На схемі карти Херсонської області наведено розміщення приведених метеостанцій. Проведено опис кліматичних змін із зазначенням температурних градієнтів по Херсонській області. Коротко представлено інформацію стосовно зміни клімату на території України із зазначенням тенденції в цілому. Представлено природного чинника підтоплення території Херсонської області – сезонна нерівномірність випадання опадів. Наведено розподілення опадів на протязі року як по кількості, так і по інтенсивності. Визначено що, найбільше зростання кількості опадів спостерігається в зоні спостереження метеостанцій Херсон та Велика Олександрівка, трохи менше зростання в зоні спостереження метеостанцій Нова-Каховка та Нижні Сірогози, дуже незначно зросла кількість опадів в зоні спостереження метеостанцій Асканія-Нова та Хорли. Виконано аналіз багаторічної динаміки опадів здійснювався за такі періоди: 1955–1975 рр., 1976–1995 рр., 1996–2022 рр. Враховуючи проведений аналіз та розташування метеостанцій, є підстави говорити, що вагомою причиною підтоплення в зоні охоплення метеостанціями Херсон (західна частина Херсонської області) та Велика Олександрівка (північно-західна частина Херсонської області) виступає саме природний фактор – збільшення атмосферних опадів. Враховуючи проведений аналіз та розташування метеостанцій, є підстави говорити, що однією із причин (природних чинників) підтоплення в зоні охоплення метеостанціями Нова Каховка та Нижні Сірогози в останній період (1996–2022 рр.) також виступає збільшення атмосферних опадів.

**Ключові слова:** дефіцит вологи, метеостанції, опади, Херсонська область, підтоплення території.

---

***Voloshyn M. M. Analysis of moisture deficit in the context of climate change and its impact on flooding in the Kherson region***

*The article provides an analysis of changes in the moisture deficit of the Kherson region using data from weather stations Askania-Nova, Velyka Oleksandrivka, Kherson, Nova-Kakhovka, Nizhny Sirogozy, Khorly for the observation period from 1955 to 2022. A brief description of the territory of the Kherson region from the point of view of climatic changes is presented. The map of the Kherson region shows the location of the given weather stations. A description of climatic changes was carried out with the indication of temperature gradients in the Kherson region. Briefly presented information on climate change in the territory of Ukraine with an indication of the general trend. The natural factor of flooding of the territory of the Kherson region is presented – seasonal unevenness of precipitation. The distribution of precipitation throughout the year, both in terms of quantity and intensity, is given. It was determined that the largest increase in the amount of precipitation is observed in the observation area of the Kherson and Velyka Oleksandrivka weather stations, a slightly smaller increase in the observation area of the Nova-Kakhovka and Nizhni Sirogoza weather stations, and a very slight increase in the amount of precipitation in the observation area of the Askania-Nova and Khorly weather stations. The analysis of long-term precipitation dynamics was carried out for the following periods: 1955–1975, 1976–1995, 1996–2022. Taking into account the conducted analysis and the location of weather stations, there is reason to say that the significant cause of flooding in the area covered by the weather stations Kherson (western part of Kherson region) and Velyka Oleksandrivka (north-western part of Kherson region) is precisely the natural factor – an increase in atmospheric precipitation. Taking into account the conducted analysis and the location of weather stations, there is reason to say that one of the reasons (natural factors) of flooding in the area covered by the Nova Kakhovka and Nizhny Sirogozy weather stations in the recent period (1996–2022) is also an increase in atmospheric precipitation.*

**Key words:** *moisture deficit, weather station, precipitation, Kherson region, flooding of the territory.*

**Постановка проблеми.** Для характеристики кліматичних особливостей об'єкта використані дані метеостанцій Асканія-Нова, Велика Олександрівка, Херсон, Нова-Каховка, Нижні Сірогози, Хорли (рис. 1) та відповідних літературних джерел [1; 2; 3; 4].

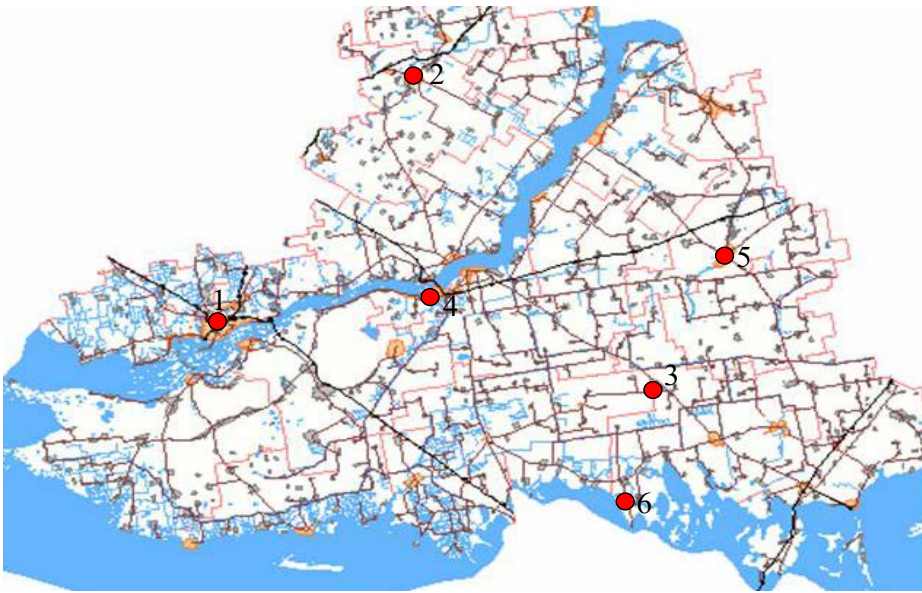
По класифікації кліматів Б.П. Алісова та ін. [1] дана територія належить до Чорноморської підобласті атлантико-континентальної степової області. Клімат типово континентальний з високим тепловим ресурсом та недостатнім зволоженням.

Зміна періодів року відбувається поступово без різких коливань температури, середньорічна температура повітря змінювалась від 8,1°C (1976 рік) до 11,4°C (1966 рік), середньобогаторічне її значення – 9,7°C [1].

Самим найхолоднішим місяцем є січень: середньомісячна температура у січні коливалась від -11,2°C (1972 рік) до 1,9°C (1966 рік) і середньобогаторічне значення становить -3,5°C. Тривалість зимового періоду не перевищує 100 діб. Зима нетривала, помірно холодна, м'яка, з частими відлигами. Сніговий покрив з'являється звичайно у листопаді – грудні, характеризується нестійкістю, а сходить у лютому – березні. Висота його не перевищує 5–10 см. Сніг на цій території не є головним джерелом накопичення весняної вологи у ґрунті. Нестійкість температурного режиму обумовлюється частим таненням ґрунтів зимою, що впливає на зволоження ґрунтів зони аерації в зимовий період [1].

Весняне підвищення середньодобової температури вже в березні призводить до повного танення промерзлого шару. Посилення весною випаровування вологи разом з підвищенням температури повітря викликає різке збільшення дефіциту вологи.

Збільшення дефіциту вологи (в середньому до 13,4 мб) свідчить про різку посушливість. Самим теплим місяцем є липень. Середньомісячна температура повітря в липні коливається від 20,50°C (1969 рік) до 24,3°C (1972 рік), середньобогаторічне її значення становить 23,20°C [3].



*Рис. 1. Схема карти Херсонської області та розташування метеостанцій:  
1 – м/с Херсон; 2 – м/с Велика Олександрівка; 3 – м/с Асканія-Нова;  
4 – м/с Нова Каховка; 5 – м/с Нижні Сірогози; 6 – м/с Хорли*

За ступенем зволоження північна і центральна частини території відносяться до зони недостатнього зволоження з коефіцієнтом зволоження більше 0,5 (для Асканія-Нова – 0,68), а південна (Присіваштя) – до приморської посушливої зони з коефіцієнтом зволоження приблизно 0,4 [3]. Річне значення суми опадів змінювалось від 238,5 мм (1984 рік) до 640,8 мм (1966 рік).

Стан вивчення проблеми. В книзі «Клімат України» сказано, що у середньому в північній півкулі значення приземної температури повітря збільшилася тільки за період з 1961–1990 рр. всього на 0,55°C, а в цілому на земній кулі – на 0,4°C. Зміна річної температури за 100 річний період в Степу складає 0,2–0,3°C у бік потепління. Взимку потепління становить 1,2°C, навесні – 0,8°C, влітку та восени зміни незначні.

За період 1900–2020 рр. річна кількість опадів на території України змінювалась нерівномірно. В окремих регіонах відмічалось збільшення їх кількості на 7–10% (понад 40 мм) від кліматологічної норми, а на решті території – у межах норми. У період максимального глобального потепління клімату майже на всій території України (починаючи з 1975 р.) відмічається зменшення амплітуди коливання опадів з року в рік. Тобто режим зволоження стабілізувався і знаходиться у межах кліматологічної норми.

Відомо, що в якості природного чинника підтоплення наряду з іншими, виступає сезонна нерівномірність випадання опадів, збільшення середньо річних опадів в останні десятиріччя та амплітуди їх випадання в окремі роки [1]. Розподілення опадів на протязі року нерівномірно як по кількості, так і по інтенсивності. Найбільша кількість опадів приходить на посушливі місяці, коли велике випаровування. Літні опади (35–40% від річної суми) випадають у вигляді коротких злив і сильних дощів, часто супроводжуються грозами.



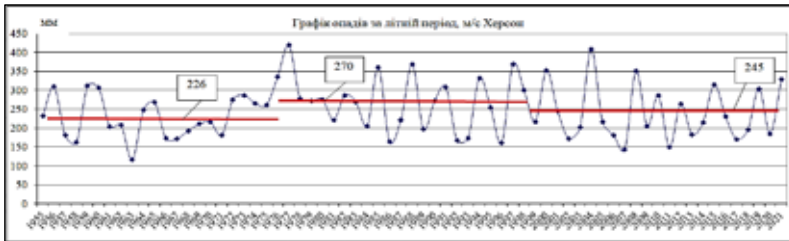
Основною закономірністю просторового розподілу опадів в Україні, зумовленою загальними циркуляційними факторами, є їх зменшення з півночі і північного заходу у напрямі на південь і південний схід [1]. У Херсонській області середньо багаторічна кількість опадів зменшується з північного заходу на південний схід від 450 до 300 мм і менше. На узбережжях морів кількість опадів зменшується до 230 мм [1].

Розподілення опадів на протязі року нерівномірно як по кількості, так і по інтенсивності. Найбільша кількість опадів приходить на посушливі місяці, коли велике випаровування. Літні опади (35–40% від річної суми) випадають у вигляді коротких злив і сильних дощів, часто супроводжуються грозами.

**Результати досліджень.** Найбільше зростання кількості опадів спостерігається в зоні спостереження метеостанцій Херсон та Велика Олександрівка, трохи менше зростання в зоні спостереження метеостанцій Нова-Каховка та Нижні Сірогози, дуже незначно зросла кількість опадів в зоні спостереження метеостанцій Асканія-Нова та Хорли.



а



б



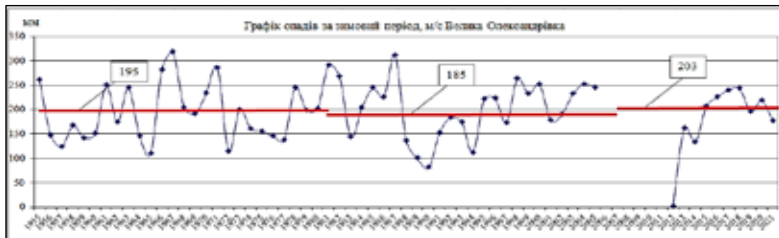
в

Рис. 2. Графік опадів за даними метеостанції Херсон:  
а) зимовий період; б) літній період; в) за рік

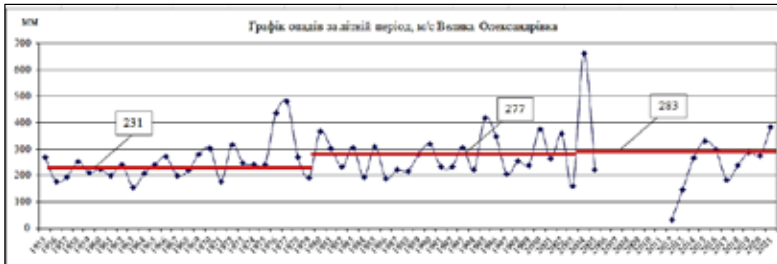
Аналіз багаторічної динаміки опадів метеостанції Херсон та Велика Олександрівка. Аналіз багаторічної динаміки опадів здійснювався за такі періоди: 1955–1975 рр., 1976–1995 рр., 1996–2022 рр.

Порівняння довгострокової сезонної нерівномірності опадів метеостанції Херсон (рис. 2) свідчить про поступове зростання середньої за двадцять років кількості опадів, особливо за останні сорок п'ять років (41 мм), що говорить про поступове збільшення загального природного навантаження. Причому у зимовий період (найбільш загрозливий, щодо поповнення ґрунтових вод атмосферними опадами) загальне збільшення середніх опадів становило 21 мм, в літній період опади зросли на 19 мм.

Цілоком аналогічно було проведено порівняння довгострокової сезонної нерівномірності опадів метеостанції Велика Олександрівка (рис. 3). Аналіз свідчить про поступове зростання кількості опадів (44 мм), що говорить про значне збільшення загального природного навантаження. Причому у зимовий період (найбільш загрозливий, щодо поповнення ґрунтових вод атмосферними опадами) загальне збільшення середніх опадів становило 8 мм, в літній період опади зросли на 48 мм.



а



б



в

Рис. 3. Графік опадів за даними метеостанції Велика Олександрівка: а) зимовий період; б) літній період; в) за рік

Враховуючи проведений аналіз та розташування метеостанцій, є підстави говорити, що вагомою причиною підтоплення в зоні охоплення метеостанціями Херсон (західна частина Херсонської області) та Велика Олександрівка (північно-західна частина Херсонської області) виступає саме природний фактор – збільшення атмосферних опадів. Особливо слід звернути увагу на збільшення амплітуди випадання опадів в літній період у 2005 році, яка перевищує середнє значення на 360 мм, що практично не спостерігалось в попередні роки.

Аналіз багаторічної динаміки опадів метеостанції Нова Каховка та Нижні Сірогози. Порівняння довгострокової сезонної нерівномірності опадів метеостанції Нова Каховка (рис. 4) свідчить про зростання середньорічної кількості опадів з 416 мм у період 1946–1975 роки до 420 мм у 1996–2022 роки. При чому в зимовий період (найбільш загрозливий, щодо поповнення ґрунтових вод атмосферними опадами) загальне збільшення середніх опадів становило 14 мм, а в літній – 24 мм.



а



б



в

Рис. 4. Графік опадів за даними метеостанції Нова Каховка:  
а) зимовий період; б) літній період; в) за рік

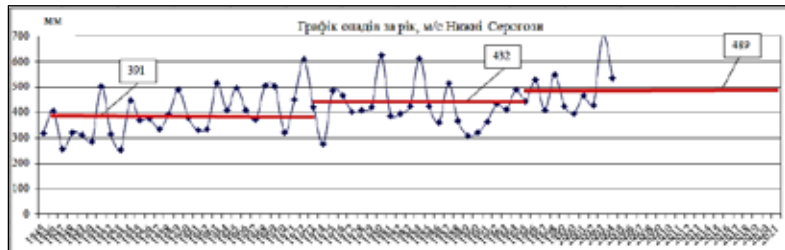
Порівняння довгострокової сезонної нерівномірності опадів за даними метеостанції Нижні Сірогози (рис. 5) свідчить про поступове зростання середньої за сімдесят п'ять років кількості опадів (98 мм), що говорить про незначне збільшення загального природного навантаження. Причому у зимовий період (найбільш загрозливий, щодо поповнення ґрунтових вод атмосферними опадами) загальне збільшення середніх опадів становило 24 мм, у літній період збільшення становило – 54 мм.



а



б



в

Рис. 5. Графік опадів за даними метеостанції Нижні Сірогози:  
а) зимовий період; б) літній період; в) за рік

Враховуючи проведений аналіз та розташування метеостанцій, є підстави говорити, що однією із причин (природних чинників) підтоплення в зоні охоплення метеостанціями Нова Каховка та Нижні Сірогози в останній період (1996–2022 рр.) також виступає збільшення атмосферних опадів. При цьому збільшується амплітуда випадання опадів в літній період у 2005 році, яка перевищує середнє значення на 240 мм, що практично не спостерігалось в попередні роки.

Аналіз багаторічної динаміки опадів метеостанції Асканія-Нова та Хорли. Метеостанції Асканія-Нова та Нижні Сірогози знаходиться в Херсонській області, в лівобережній частині р. Дніпро.

Аналіз багаторічної динаміки опадів здійснювався за такі періоди: 1955–1975 рр., 1976–1995 рр., 1996–2022 рр.

Порівняння довгострокової сезонної нерівномірності опадів за даними метеостанції Асканія-Нова (рис. 6) свідчить про незначне зростання середньої за двадцять років кількості опадів (18 мм), що говорить про збільшення загального атмосферного навантаження. Причому у зимовий період (найбільш загрозливий, щодо поповнення ґрунтових вод атмосферними опадами) пройшло незначне (11 мм) зменшення середніх опадів, у літній період збільшення становило – 12 мм.



а



б



в

Рис. 6. Графік опадів за даними метеостанції Асканія-Нова:  
а) зимовий період; б) літній період; в) за рік

Аналізуючи порівняння опадів по даних метеостанції Хорли (рис. 7) бачимо, що в період 1976–1995 рр. відбулося зменшення середньої багаторічної кількості опадів на 35 мм. В останній період (1996–2022 рр.) спостерігається зворотній процес (зростання середньої багаторічної кількості опадів на 65 мм). При чому в зимовий період, загальне збільшення середніх опадів по рівнянню з періодом 1976–1995 рр. становило 34 мм, а в літній – 15 мм.



а



б



в

Рис. 7. Графік опадів за даними метеостанції Хорли:  
а) зимовий період; б) літній період; в) за рік

Таблиця 1

**Опади зимові, літні та річні по даним шести метеостанцій  
Херсонської області за період 1955–2022 рр.**

№	Метеостанції	у міліметрах				у відсотках				середнє за 67 років
		середнє за багато- річчя	1955–1974	1975–1994	1995–2022	середнє за багато- річчя	1955–1974	1975–1994	1995–2022	
Опади за зимовий період										
1	Велика Олександрівка	194	195	185	203	100	100	95	115	101
2	Херсон	170	180	186	201	100	106	109	125	111
3	Нова Каховка	189	184	180	198	100	100	97	114	102
4	Нижні Сірогози	187	178	180	202	100	97	99	111	101

Продовження таблиці 1

5	Асканія Нова	172	177	173	166	100	100	98	97	96
6	Хорли	182	190	158	197	100	101	85	102	95
В середньому по 6 м/с		182	184	177	195	100	100	97	110	101
За 40 років			181				99			
Опади за літній період										
1	Велика Олександрівка	274	231	277	283	100	84	100	114	96
2	Херсон	247	226	270	245	100	106	127	125	118
3	Нова Каховка	233	225	225	249	100	104	104	119	107
4	Нижні Сірогози	244	216	247	270	100	98	113	123	109
5	Асканія Нова	221	219	213	231	100	98	96	105	99
6	Хорли	183	181	176	191	100	98	95	103	98
В середньому по 6 м/с		234	216	235	257	100	96	106	116	104
За 40 років			225				101			
Опади за рік										
1	Велика Олександрівка	456	422	461	486	100	90	97	118	98
2	Херсон	437	409	451	450	100	107	118	126	115
3	Нова Каховка	416	416	412	420	100	104	103	120	107
4	Нижні Сірогози	437	391	432	489	100	97	107	119	105
5	Асканія Нова	398	396	385	414	100	99	96	104	101
6	Хорли	378	380	345	410	100	102	93	110	100
В середньому по 6 м/с		420	402	414	445	100	99	102	116	104
За 40 років			408				110			

Враховуючи проведений аналіз та розташування метеостанцій Асканія-Нова та Хорли є підстави говорити, що невеличке збільшення середньої кількості опадів не в змозі суттєво вплинути на прискорення процесів підтоплення на даній території.

Також були проаналізовані дані по опадах у порівнянні зі середньобогаторічними значеннями по шести метеостанціям (табл. 1), з якої видно, що відхилення опадів від середньобогаторічних значень незначні.

**Висновки та пропозиції.** 1. Богаторічний аналіз опадів Херсонської області свідчить про збільшення природного навантаження на правобережжі р. Дніпро (метеостанції Херсон, Велика Олександрівка) та на півночі Херсонської області (Нова Каховка, Нижні Сірогози), що є одним із важливих природних чинників збільшення ризику процесу підтоплення.

2. В той же час на лівобережжі на певній території (метеостанції Асканія-Нова, Хорли) не відбулось суттєвого збільшення середньої кількості опадів, що в свою чергу говорить про можливість впливу в довгостроковому плані антропогенного чиннику на процес підтоплення.

3. Аналіз випадання опадів показав в деяких випадках збільшення в останні роки їх амплітуди (м/с Херсон 1998, 2004, 2010 роки; м/с Велика Олександрівка 2004 рік, м/с Асканія-Нова 2004 рік). Це призводить до появи років зі збільшенням ризику затоплення та підтоплення відповідних територій, що спостерігалось в Херсонській області у 1997–1998 рр. та 2004–2005 рр.

4. Аналіз сезонної нерівномірності випадення опадів виявив збільшення середньої за двадцять років кількості опадів у зимовий період (м/с Херсон на 33 мм, м/с Велика Олександрівка на 29 мм), яке є найбільш загрозливим щодо поповнення ґрунтових вод за рахунок інфільтрації.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Methodical recommendations on operational planning of irrigation regimes / O. Zhovtonog, Kovalchuk P.I., Pisarenko V.A., Filipenko L.A., Mikhals'ka T.O., Semenkova T.F., Polischuk V.V., Saluk A.F., Voloshyn M.M., Zadorozhny A.I., Pendak N.V. K., 2004. 49 p.

2. Волошин М.М. Оптимізаційна модель водокористування та її реалізація на основі багат шарової моделі оперативного планування поливів. *Таврійський науковий вісник*. Вип. 27. Херсон, 2003. С. 224–226.

3. Ковальчук П.І., Пендак Н.В. Оперативне планування поливів як вихідна умова нормованого водокористування. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2006. Вип. 43. С. 118–125.

4. Kuzmych, L., Voloshyn, M., Kyrylov, Y., Dudnik, A., Grinenko, O. Development of Neural Network Control and Software for Dispatching Water Distribution for Irrigation. CEUR Workshop Proceedings, 2023, (54), pages 352–367.

#### REFERENCES:

1. Zhovtonog O., Kovalchuk P.I., Pisarenko V.A., Filipenko L.A., Mikhals'ka T.O., Semenkova T.F., Polischuk V.V., Saluk A.F., Voloshyn M.M., Zadorozhny A.I., Pendak N.V. (2004) Methodical recommendations on operational planning of irrigation regimes. K. 49 p. [in Ukrainian].

2. Voloshyn M.M. (2003) Optymizatsiyna model' vodokorystuvannya ta yiyi realizatsiya na osnovi bahatosharovoyi modeli operatyvnoho planuvannya polyviv. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk*, Vyp. 27. Kherson. S. 224–226. [in Ukrainian].

3. Koval'chuk P.I., Pendak N.V. (2006) Operatyvne planuvannya polyviv yak vykhidna umova normovanoho vodokorystuvannya. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk*. Kherson. Vyp. 43, s. 118–125 [in Ukrainian].

4. Kuzmych, L., Voloshyn, M., Kyrylov, Y., Dudnik, A., Grinenko, O. (2023) Development of Neural Network Control and Software for Dispatching Water Distribution for Irrigation. CEUR Workshop Proceedings, (54), pages 352–367 [in Ukrainian].



УДК 626.8:628.1

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.25>

## ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОЇ РОБОТИ ВОДОЗАБІРНИХ СВЕРДЛОВИН

**Ладичук Д. О.** – кандидат сільськогосподарських наук,  
доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-5729-2521  
Web of Science ID: AAW-5668-2021

**Ладичук В. Д.** – магістр з гідротехнічного будівництва, водної інженерії  
та водних технологій  
ORCID ID: 0009-0004-9233-7360

В роботі наведені результати досліджень щодо можливості вирішення комплексної проблеми підтримання ефективної та стабільної роботи систем забору підземних вод та вертикальних дренажних свердловин, яка полягає в забрудненні фільтрів та прифільтрової зони продуктами колюматції, що призводить до падіння дебіту і виходу свердловини з ладу.

Проаналізовані відомі у практиці водопостачання і захисту територій вертикальним дренажем результати досліджень, що спрямовані на вирішення задачі розколюматції фільтрів водозабірних свердловин для відновлення дебіту та збільшення міжремонтного періоду. Доведено, що найбільш економічним і ефективним рішенням заявленої проблеми є не постійне нарощування обсягів бурових робіт, а масове впровадження в повсякденну практику ефективної технології відновлення працездатності старих свердловин.

В цьому може допомогти розробка комплексного механічного пристрою, який дозволить знизити ступінь прояву процесу колюматції фільтрів водозабірних свердловин безпосередньо в тілі обсадної колони, за допомогою створення вакуумного середовища без залучення вакуумних насосів. При цьому занурювальний насос буде виконувати роль вакуумного насоса.

Для реалізації такої ідеї було виконане теоретичне обґрунтування технічних рішень, в якому розглядаються два завдання: 1) створити повну герметизацію свердловини; 2) розробити конструкцію, коли занурювальний насос буде виконувати одночасно функції водопідйому та вакуумного насоса.

В результаті досліджень розроблений пристрій, який відноситься до гідротехніки і може бути використаний у водопостачанні, гідромеліорації при заборі підземних вод і отримав назву пристрій для захисту занурювального насоса від сухого ходу.

Використання пристрою для захисту занурювального насоса від сухого ходу дозволяє знизити витрати на регенерацію низькодебітних свердловин, за рахунок відсутності демонтажу конструктивних частин свердловини, обладнання і устаткування, які встановлені в ній, що дозволяє значно скоротити експлуатаційні витрати.

**Ключові слова:** водозабір, свердловина, занурювальний насос, рівень води, герметизація, капілярна трубка.

### **Ladychuk D. O., Ladychuk V. D. Device for ensuring reliable work water abstract wells**

The paper presents the results of research on the possibility of solving the complex problem of maintaining the effective and stable operation of underground water intake systems and vertical drainage wells, which consists in the contamination of filters and the near-filter zone with clogging products, which leads to a drop in flow rate and the failure of the well. The results of studies known in the practice of water supply and protection of territories with vertical drainage, aimed at solving the problem of unclogging filters of water intake wells to restore flow and increase the inter-repair period, were analyzed. It has been proven that the most economical and effective solution to the stated problem is not the constant increase in the volume of drilling operations, but the mass introduction into everyday practice of the effective technology of restoring the efficiency of old wells. This can be helped by the development of a complex

*mechanical device that will reduce the degree of manifestation of the process of clogging of filters of water intake wells directly in the body of the casing, by creating a vacuum environment without the involvement of vacuum pumps. In this case, the submersible pump will act as a vacuum pump. To implement such an idea, a theoretical justification of technical solutions was carried out, in which two tasks are considered: 1) to create complete sealing of the well; 2) develop a design where the submersible pump will simultaneously perform the functions of a water lift and a vacuum pump. As a result of the research, a device was developed that refers to hydraulic engineering and can be used in water supply, hydromelioration during groundwater extraction and was named a device for protecting a submersible pump from dry running. The use of a device to protect the submersible pump from dry running allows to reduce the cost of regeneration of low-flow wells, due to the absence of dismantling the structural parts of the well, the equipment and equipment installed in it, which allows you to significantly reduce operating costs.*

**Key words:** intake, well, submersible pump, water level, sealing, capillary tube.

**Вступ.** Використання підземних вод для водопостачання і захисту територій вертикальним дренажем стає все більш інтенсивним, але час стабільної роботи водозабірних свердловин із проектним дебітом становить у більшості своїй від півтора до двох з половиною років [1]. Далі відбувається забруднення фільтрів та прифільтрової зони продуктами кольматації, що призводить до падіння дебіту і виходу свердловини з ладу. На території нашої країни на сьогодні є в наявності велика кількість водозабірних свердловин різного призначення. Але приблизно п'ята частина їх не працює, а більше половини функціонує з недостатнім дебітом, і це не відповідає потенційно можливим параметрам їх роботи.

Підтримання ефективної та стабільної роботи систем забору підземних вод та вертикальних дренажних свердловин є комплексною проблемою. Вона охоплює ряд проблемних питань, таких як: вибір найбільш ефективного методу регенерації, визначення раціонального міжремонтного періоду з урахуванням особливостей гідрогеологічної будови пласта, конструкції свердловини та умови її експлуатації. Тому проблема збільшення водовідбору і збереження надійної та ефективної продуктивності свердловин під час багаторічної експлуатації їх залишається на сьогодні не вирішеною або вирішується нераціонально.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основна причина зниження ефективної роботи пробурених водозабірних свердловин це закупорювання водоприймальної частини осадами різного походження [2]. Такі осади (дрібні: колоїдні, глинисті і пилюваті частинки та мікроорганізми) закупорюють фільтруючі отвори каркаса, сітчасту або дротяну обмотку, поровий простір фільтрового обсіпання і водовмісних порід в прифільтровій зоні. Із-за цього зростає гідравлічний опір на вході у фільтр, погіршується водопропускна здатність фільтра і прифільтрової зони, зменшується водоприток в свердловину.

Серед причин зниження дебітів при роботі водозабірних свердловин можна виділити: хімічне заростання (кольматаж); механічну кольматацию обсіпання; багаторічну перерву в експлуатації свердловини; інтенсивний відбір води з малопотужного пласта [3]. В перших трьох випадках застосовуються різні методи розглінізації свердловин. У четвертому випадку необхідно бурити кожні 5-8 років нову свердловину на глибші пласти.

Кольматаж на території південного сходу України виникає тому, що підземні води мають високий (у межах 0,41–3,34 мг/дм<sup>3</sup>) вміст гідрокарбонату заліза  $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ , що при контакті з киснем повітря призводить до протікання хімічних реакцій з утворенням нерозчинного осаду з гідроксиду заліза  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , який колює фільтри свердловин, перешкоджаючи надходженню води для її відкачування [4; 5].

Треба зауважити, що у більшості випадків, при появі безводних або малодебітних свердловин водокористувачі вдаються до буріння нових, що пов'язано з не виправдано великими додатковими матеріальними витратами і втратами часу. І таким способом не завжди можна створити високодебітні свердловини, які стабільно працюють протягом тривалого терміну. При цьому часто, через недосконалість виконання бурових робіт, приходиться знов перебудувати свердловини, що веде до низки екологічних проблем: забруднення вскритих горизонтів води, знищення ґрунтового покриву на достатньо значних територіях.

Багато авторів пристроїв та способів [6; 7; 8; 9], що спрямовані на вирішення завдань розколювання фільтрів водозабірних свердловин пропонують тільки один із можливих методів, серед яких: фізичні методи (вибух детонуючого шнура, пневмовибух, електрогідравлічний удар, імпульсний, ультразвуковий, вібраційний), хімічні (моно- та поліреагентні) та комбіновані [6]. Але існуючі методи регенерації свердловин не дозволяють одночасно створити у прифільтровій зоні хімічне, теплове та гідродинамічне збурення, що забезпечить високу ступінь відновлення дебіту та збільшення міжремонтного періоду [10]. Крім цього, такі методи регенерації низькодебітних свердловин спричиняють короткочасне (до 4-х міс.) підвищення дебіту на 20–40%, після чого дебіт свердловин знову знижується. Одним з варіантів покращення роботи свердловин В.Д. Крученко [11] запропонував створення альтернативних конструкцій фільтрів із більшими діаметрами отворів у поєднанні з подвійною засипкою дренажних свердловин – гравійною та піщано-гравійною. Проте для облаштування таких свердловин необхідно майже вдвічі більше капітальних витрат, ніж для звичайних.

Найбільш економічне і ефективне рішення заявленої проблеми полягає не в постійному нарощуванні обсягів бурових робіт, а в масовому впровадженні в повсякденну практику ефективної технології відновлення працездатності старих свердловин.

**Постановка проблеми.** Відомо, що створення розрідженого середовища (вакуума) у самій свердловині може збільшити водопритоку в прифільтровій зоні [12]. Видалення повітря із обсадної колони свердловини, тобто відкачка здійснюється вакуумними насосами, які приєднуються за допомогою трубопроводів до свердловини і разом з іншим необхідним устаткуванням складають вакуумну систему [13]. Але це суттєво збільшує вартість роботи свердловини при водозаборі. Крім цього, при застосуванні багатьох методів та способів регенерації свердловин обов'язковою умовою є демонтаж конструктивних частин свердловини, обладнання і устаткування, які встановлені в ній. Це передбачає збільшення матеріальних витрат та часу на регенерацію свердловини, не завжди з позитивним результатом.

Тому виникає питання розробки комплексного механічного пристрою, який дозволить знизити ступінь прояву процесу колювання фільтрів водозабірних свердловин безпосередньо в тілі обсадної колони, за допомогою створення вакуумного середовища без залучення вакуумних насосів. При цьому занурювальний насос буде виконувати роль вакуумного насоса.

**Мета дослідження.** Розробка пристрою, що забезпечує надійну роботу водозабірних свердловин для збереження їх високої продуктивності в процесі багаторічної експлуатації в умовах півдня України.

**Виклад основного матеріалу.** Для реалізації ідеї розглядаються два завдання: 1) створити повну герметизацію свердловини; 2) розробити конструкцію, коли занурювальний насос буде виконувати одночасно функції водопідйому та вакуумного насоса.

На виконання таких задач розроблений пристрій, який відноситься до гідротехніки і може бути використаний у водопостачанні, гідромеліорації при заборі підземних вод.

На рисунку 1 зображена принципова схема запропонованого пристрою, який отримав назву пристрою для захисту занурювального насоса від сухого ходу.

Сутність винаходу: занурювальний насос 1 укріплений на водопідіймній трубі 2, яка розміщена в обсадній колоні 3 нижче статичного рівня ґрунтових вод. У гирлі свердловини обсадна колона 3 закрита герметичною кришкою 4, через яку проходить труба 2. На корпусі укріплена капілярна трубка 5, що з'єднує всмоктувальну порожнину робочого колеса 6 першого ступеня занурювального насоса 1 із замкнутим об'ємом обсадної колони 3 на рівні не нижче мінімально допустимого рівня ґрунтових вод. При роботі занурювального насоса 1 і зниженні рівня ґрунтових вод до верхньої частини капілярної трубки 5 повітря починає відкачуватись занурювальним насосом 1 і рівень води в обсадній колоні 3 підвищується.

Пристрій складається: із занурювального насоса 1, що закріплений на водопідіймній трубі 2, яка розміщена в обсадній колоні 3 нижче статичного рівня ґрунтових вод ( $\nabla^{PB}$ ). У гирлі свердловини обсадна колона 3 закрита герметичною кришкою 4, через яку проходить водопідіймна труба 2. На корпусі насоса 1 закріплена капілярна трубка 5, що з'єднує всмоктувальну порожнину робочого колеса 6 першого ступеня насоса 1 із замкнутим об'ємом обсадної колони 3 на рівні не нижче мінімально допустимого.

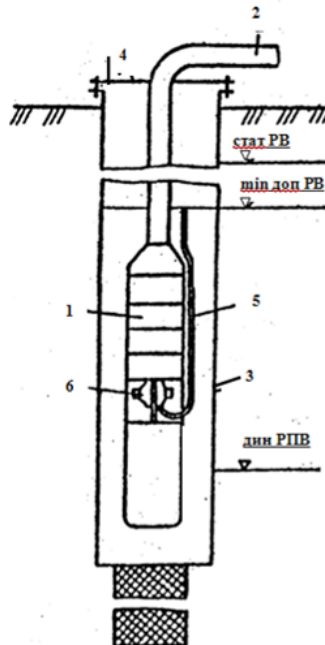


Рис. 1. Принципова схема пристрою для захисту занурювального насоса від сухого ходу

(стат РВ – статичний рівень води; мін доп РВ – мінімально допустимий рівень води; дин РПВ – динамічний рівень підземних вод, цифрові позначення наведені у тексті)

Пристрій працює наступним чином. При включенні насосу 1 рівень води в обсадній колоні 3 свердловини знижується, що супроводжується розширенням повітря в замкнутому просторі і зниженням тиску на вільній поверхні води нижче атмосферного. За межами свердловини рівень ґрунтових вод також знижується, але тиск на поверхні дорівнює атмосферному, внаслідок чого рівень води в свердловині вище рівня ґрунтових вод ( $\nabla^{\text{статPB}}$ ). При досягненні рівня води в свердловині верхньої частини капілярної трубки 5 повітря із замкнутої порожнини починає відкачуватись занурювальним насосом 1, так як вакуум на вході в робоче колесо 6 першого ступеня насоса 1 більше, ніж вакуум на водозабірній частині насоса 1, і разом з водою перекачується по водопідйомній трубі 2, що призводить до подальшого зниження тиску повітря в свердловині і відновленню, т. е. підвищенню рівня води в ній. Підвищення рівня води в свердловині завжди вище вихідного отвору робочого колеса першого ступеня насоса 1 на величину, що дорівнює сумі втрати напору потоку води на вхідній частині насоса 1 до вхідного перетину робочого колеса 6 першого ступеня насоса 1 і швидкісного напору в цьому перерізі. При цьому капілярна трубка 5 у верхній частині з'єднується з повітряною порожниною в обсадній колоні 3, що призводить до відкачування насосом 1 повітря, збільшення вакууму в ній і відновленню рівня води, попереджаючи подальше зниження рівня води в свердловині при кольматації її фільтра.

**Висновки і пропозиції.** Основна причина зниження ефективної роботи пробурених водозабірних свердловин в процесі багаторічної експлуатації – закупорювання водоприймальної частини осадами різного походження (кольматація). Різні способи та пристрої регенерації низькодебітних свердловин спричиняють короткочасне підвищення дебіту на 20–40%, після чого дебіт свердловин знову знижується, при цьому спостерігається збільшення матеріальних витрат та часу на процес їх регенерації.

Використання пристрою для захисту занурювального насосу від сухого ходу дозволяє знизити витрати на регенерацію низькодебітних свердловин, за рахунок відсутності демонтажу конструктивних частин свердловини, обладнання і устаткування, які встановлені в ній, що дозволяє значно скоротити експлуатаційні витрати.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бортняк О.М., Школьнік М.П., Долішний Б.В., Кулик М.П. Регенерація водозабірних свердловин вибухом газоповітряних сумішей. *Проблеми екологічної безпеки* : матеріали XV Міжнар. наук.-техн. конф., Кременчук, 2017. С. 131–132.
2. Збільшення продуктивності свердловин для води. URL: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/zbilshennja-produktivnosti-sverdlovin-dlja-vodi.php>
3. Які причини зниження продуктивності свердловин? URL: <https://burvod.ua/uk/pytannja-vidpovid.html>
4. Хоружий П.Д., Левицька В.Д. Шляхи покращення роботи комплексу захисних споруд Кам'янського Поду. *Меліорація і водне господарство*, 2016. Вип. 104. С. 119-125.
5. Левицька В.Д. Покращення технології забору дренажних вод, які фільтруються з водосховищ, та їх використання. *Вісник аграрної науки*, 2021, №9 (822). С. 64–68.
6. Патент на корисну модель 71337, Україна, МПК E21B 37/08 Спосіб відновлення дебіту свердловин на воду ультразвуком / Погуляев П.М., Кужель Е.В., Мудрик С.М., Божидарник В.В., Крижанівський Є.І. № u201115561. Опубл. 10.07.2012, Бюл. № 13.
7. Патент на корисну модель 61918, Україна, МПК E21B 43/00 Пристрій для підвищення дебіту закольматованих нафтових, газоконденсатних і водних сверд-

ловин / Набоков О.Л., Шевченко Є.А., Ікономопуло В.П., Бачеріков О.В., Кукшин В.Д. № u201010594. Оpubл. 10.08.2011, Бюл. № 15.

8. Патент на корисну модель 52185, Україна, МПК E21B 37/08. Спосіб ультразвукового очищення фільтрів водяних свердловин / Набоков О.Л. № u201005397. Оpubл. 10.08.2010, Бюл. № 15.

9. Патент на корисну модель 33329, Україна, МПК E03B3/15. Спосіб очистки фільтрів водозабірних свердловин / Прокопчук І.Т. № 99020768. Оpubл. 15.02.2001, Бюл. № 1.

10. Школьний М.П., Бортняк О.М., Стеліга І.І., Лялюк-Вітер Г.Д., Шиманський В.Я. Підвищення ефективності експлуатації водозабірних свердловин виробничих об'єктів нафтогазового комплексу. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*, 2019. № 4(73). С. 16–23.

11. Крученко В.Д. Удосконалення конструкцій гравійних фільтрів для дренажних свердловин. *Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво*. Зб.наукових праць, вип. 29. Рівне, 2005. С. 22–31.

12. Ладичук Д.О. Булигін О.І. Еколого-меліоративний режим степових зрошуваних ландшафтів зі складними гідрогеологічними умовами (на прикладі Краснознам'янського масиву). Монографія. Херсон : Айлант, 2011. 291 с.

13. Митропольський І.Є., Грицак Р.В. Вакуумна техніка: Навчальний посібник. Ужгород : Видавництво УжНУ «Говерла», 2018. 138 с.

#### REFERENCES:

1. Bortnyak O.M., Shkil'nyy M.P., Dolishniy B.V., Kulyk M.P. (2017) Reheneratsiya vodozabirnykh skvazhyn vybukhom hazopovitryanykh sumishey. [Regeneration of water intake bores by vibrating gas mixtures] *Problemy ekolohichnoyi bezpeky: materialy XV Mizhnar. nauk.-tekhn. konf., Kremenchuk*. S. 131–132. [in Ukrainian].

2. Zbil'shennya produktyvnosti skvazhyn dlya vody. [Increased productivity of water drills]. URL: <https://jak.bono.odessa.ua/articles/zbilshennja-produktivnosti-sverdlovin-dlja-vodi.php>. [in Ukrainian].

3. Yaki prychnyny znyzhennya produktyvnosti skvazhyn? [What are the reasons for the decrease in the productivity of wells?]. URL: <https://burvod.ua/uk/pytannja-vidpovid.html>. [in Ukrainian].

4. Khoruzhiy P.D., Levyts'ka V.D. (2016) Shlyakhy pokrashchennya roboty kompleksu zakhysnykh sporud Kam'yans'koho Podu. [Ways to improve the operation of the complex of protective structures of Kamiansky Pod]. *Melioratsiya ta vodne hospodarstvo*, 2016. Vyp. 104. S. 119–125. [in Ukrainian].

5. Levyts'ka V.D. (2021) Pokrashchennya tekhnolohiyi zaboru drenazhnykh vod, yaki fil'truyut'sya z vodokhranylyshch, ta yikh vykorystannya. [Improving the technology of taking drainage water that is filtered from reservoirs and its use]. *Visnyk ahrarnoyi nauky*, №9 (822). S. 64–68. [in Ukrainian].

6. Patent na korysnu model' 71337, Ukrayina, MPK E21B 37/08 Sposib vidnovlennya debitu sverdlovyna na vodu ul'trazvukom [The method of restoring the flow rate of water wells using ultrasound] / Pohulyayev P.M., Kuzhel' YE.V., Mudryk S.M., Bozhydarnyk V.V., Kryzhanivs'kyu YE. I. № u201115561. Оpubл. 10.07.2012, Byul. № 13. [in Ukrainian].

7. Patent na korysnu model' 61918, Ukrayina, MPK E21B 43/00 Prystriy dlya pidvyshchennya debitu zakol'matovanykh naftovykh, hazokondensatnykh i vodnykh sverdlovin [Device for increasing the flow rate of clogged oil, gas condensate and water wells] / Nabokov O.L., Shevchenko YE.A., Ikonopulo V.P., Bacherikov O.V., Kukshyn V.D. № u201010594. Оpubл. 10.08.2011, Byul. № 15. [in Ukrainian].

8. Patent na korysnu model' 52185, Ukrayina, MPK E21B 37/08. Sposib ul'trazvukovoho ochyshchennya fil'triv vodyanykh sverdlovin [The method of ultrasonic cleaning of water well filters] / Nabokov O.L. № u201005397. Оpubл. 10.08.2010, Byul. № 15. [in Ukrainian].

9. Patent na korysnu model' 33329, Ukrayina, MPK E03B3/15. Sposib ochyshchennya fil'triv vodozabirnykh sverdlovyh [The method of cleaning filters of water intake wells] / Prokopchuk I.T. № 99020768. Opubl. 15.02.2001, Byul. № 1. [in Ukrainian].

10. Shkol'nyy M.P., Bortnyak O.M., Steliha I.I., Lyalyuk-Viter H.D., Shymans'kyy V. YA. (2019) Pidvyshchennya efektyvnosti ekspluatatsiyi vodozabirnykh sverdlovyh vyrobnychykh ob'yektiv naftohazovoho kompleksu. [Increasing the efficiency of operation of water intake wells of production facilities of the oil and gas complex] *Rozvidka ta rozrobka naftovykh i hazovykh rodovyshch*, № 4(73). S. 16–23. [in Ukrainian].

11. Kruchenyuk V.D. (2005) Udoskonalennya konstruktsiyi hraviynykh fil'triv dlya drenaznykh sverdlovyh. [Improvement of designs of gravel filters for drainage wells] *Hidromelioratsiya ta hidrotekhnichne budivnytstvo*. Zb.naukovykh prats', vyp. 29. S. 22–31. [in Ukrainian].

12. Ladychuk D.O. Bulyhin O.I. (2011) Ekoloho-melioratyvnyy rezhym stepovykh zroshuvanykh landshaftiv zi skladnymy hidroheolohichnymy umovamy (na prykladi Krasnoznam'yans'koho masyvu). [Ecological and amelioration mode of steppe irrigated landscapes with complex hydrogeological conditions (on the example of the Krasnoznamyan massif)]. Monohrafiya. Kherson. 291 s. [in Ukrainian].

13. Mytropol's'kyy I.YE., Hrytsak R.V. (2018) Vakuumna tekhnika [Vacuum technology]: Navchal'nyy posibnyk. Uzhhorod. 138 s. [in Ukrainian].

УДК 621.328

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.26>

## РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ДИФУЗІЇ БОРУ В КРЕМНІЙ З ТВЕРДОГО ДЖЕРЕЛА ДОМІШКИ У ВИРОБНИЦТВІ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДІВ

**Литвиненко В. М.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0002-9425-5551

Процес дифузії бору в кремній являється найважливішим процесом при формуванні кремнієвих  $p^+$ - $n$  структур, який визначає якість електричних параметрів отриманих діодів. Для одержання  $p$ - $n$  переходу в кремнієвій структурі використовуються домішки – елементи III і V груп періодичної системи Менделєєва. У результаті утворюються тверді розчини заміщення, що обумовлює високу розчинність елементів III і V груп у напівпровіднику. У кремнії гранична розчинність бору складає  $10^{21}$  см<sup>-3</sup>, галію –  $10^{20}$ , миш'яку –  $10^{20}$ , фосфору –  $10^{22}$  см<sup>-3</sup>. Переважним механізмом дифузії цих домішок є дифузія по вакансіях. Якщо простежити шлях розвитку техніки дифузійних процесів бору в кремнії, то стає очевидним, що усі зусилля дослідників були спрямовані на відшукування найбільш оптимального методу і апаратури для здійснення дифузії з метою отримання однорідних і відтворних характеристик дифузії без погіршення поверхні кремнію, якість якої, зрештою, гарантує успішне виконання подальших технологічних операцій (наприклад, процесів фотолітографії і виготовлення омичного контакту в планарній технології).

В роботі досліджені та проаналізовані основні технологічні проблеми процесу дифузії бору в кремнії із твердого джерела домішки  $B_2O_3$  у вакуумі. Встановлено, що головними проблемами являються: явище перенасичення об'єму кварцового реактора парами дифузанта, що зумовлює неконтрольоване утворення на поверхні пластин кремнію важкорозчинних сполук фази Si-B та ерозію поверхні кремнію після їх видалення і, як наслідок, нерівномірність параметрів дифузійних шарів по площі пластини і збільшення рівня зворотних струмів  $p^+$ - $n$  структур, що виготовляються. Детально розглянуто технологічні особливості оптимізованого процесу дифузії бору в кремнії, використання якого дало можливість запобігти утворенню на поверхні пластин важкорозчинних сполук бору з кремнієм та ерозії поверхні та забезпечило підвищення рівномірності значень поверхневого опору дифузійних шарів по площі пластини. Наведено експериментальні результати опробування розробленої технології дифузії бору в вакуумі для виготовлення кремнієвих діодів та показана її ефективність щодо зниження рівня зворотних струмів і підвищення виходу придатних приладів.

**Ключові слова:** дифузія бору, ерозія, сполуки Si-B, кварцовий реактор, боросилікатне скло.

### **Lityuynenko V. M. Development of the boron diffusion process in silicon from a solid impurity source in the production of semiconductor diodes**

The process of boron diffusion in silicon is the most important process in the formation of silicon  $p^+$ - $n$  structures, which determines the quality of the electrical parameters of the resulting diodes. To obtain the  $p$ - $n$  transition in the silicon structure, impurities are used – elements of groups III and V of Mendeleev's periodic system. As a result, solid substitution solutions are formed, which determines the high solubility of elements of groups III and V in the semiconductor. In silicon, the maximum solubility of boron is  $10^{21}$  cm<sup>-3</sup>, gallium is  $10^{20}$ , arsenic is  $10^{20}$ , and phosphorus is  $10^{22}$  cm<sup>-3</sup>. The predominant mechanism of diffusion of these impurities is diffusion through vacancies. If we trace the path of development of the technique of diffusion processes of boron in silicon, it becomes obvious that all the efforts of the researchers were aimed at finding the most optimal method and equipment for diffusion in order to obtain homogeneous and reproducible diffusion characteristics without deterioration of the silicon surface, the quality of which, in the end, guarantees successful execution of further technological operations (for example, photolithography processes and production of ohmic contact in planar technology).



*The main technological problems of the process of boron diffusion in silicon from a solid source of  $B_2O_3$  admixture in a vacuum are investigated and analyzed in the paper. It was established that the main problems are: the phenomenon of oversaturation of the volume of the quartz reactor with vapors of the diffusant, which causes the uncontrolled formation on the surface of the silicon plates of poorly soluble compounds of the Si-B phase and the erosion of the silicon surface after their removal and, as a result, the unevenness of the parameters of the diffusion layers over the area of the plate and increasing the level of reverse currents of  $p^+-n$  structures being manufactured. The technological features of the optimized process of boron diffusion in silicon were considered in detail, the use of which made it possible to prevent the formation of poorly soluble compounds of boron with silicon on the surface of the plates and surface erosion, and ensured an increase in the uniformity of the surface resistance values of the diffusion layers over the area of the plate. The experimental results of testing the developed technology of boron diffusion in a vacuum for the manufacture of silicon diodes are given and its effectiveness in reducing the level of reverse currents and increasing the output of suitable devices is shown.*

**Key words:** boron diffusion, erosion, Si-B compounds, quartz reactor, borosilicate glass.

**Постановка проблеми.** У виробництві напівпровідникових діодів широко використовується дифузія бору в кремній методом відкритої труби з твердого джерела домішки в потоці газу-носія [1; 2]. Недоліком такого процесу дифузії є залежність параметрів дифузійних шарів від швидкості потоку газу-носія. Відомий спосіб дифузії бору [3], у якому очищені пластини, поміщені в касету, і джерело дифузанта ( $B_2O_3$ ) завантажують в кварцову ампулу. З ампули відкачують повітря (до тиску  $10^{-4} \dots 10^{-5}$  мм рт. ст.). Ампулу запаюють. Завантажену ампулу нагрівають в печі до температури дифузії ( $900 \dots 1300^\circ C$ ) і витримують заданий час. Джерело дифузії при цьому частково або повністю переходить в пароподібний або газоподібний стан. Дифузانت осідає на поверхню пластин і дифундує углиб. Недоліком методу є перенасиченість парами дифузанта робочого об'єму кварцової ампули, що нерідко призводить до утворення на поверхні пластин плівок типу Si – B [2], нерівномірно розподілених по площині пластини. Це, по-перше, робить проблематичним видалення плівок Si – B з поверхні пластин. По-друге, призводить до розкиду значень поверхневого опору дифузійних шарів по площі пластини, а, отже, вказує на розкид глибини залягання сформованих  $p^+-n$  переходів по площі пластини. Також треба враховувати і високу вартість кварцових ампул, які руйнуються при розкритті. Відомий спосіб дифузії в вакуумі [4], в якому джерело дифузії – випарник з осадженою склоподібною плівкою окислу бору, розміщується в кварцовому реакторі під касетою з кремнієвими пластинами. Кварцовий реактор за допомогою вакуумного насоса відкачується до тиску порядку  $10^{-3}$  мм. рт. ст. і відбувається процес дифузії бору в кремнієві пластини. Головним недоліком даного методу дифузії являється перенасиченість кварцової труби парами дифузанта і, як слідство, – утворення на поверхні кремнієвих пластин важкорозчинних сполук типу Si – B, що викликає проблеми характерні для методу дифузії в запаяній ампулі.

**Формулювання мети дослідження.** Дана робота присвячена розробці процесу дифузії бору, що дає можливість отримувати високу рівномірність дифузійних шарів по площі пластини та високу якість поверхні пластин після видалення плівки боросилікатного скла, що в свою чергу забезпечує підвищення відсотка придатних напівпровідникових приладів, що виготовляються з використанням розробленого методу дифузії.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Більшість дослідників, що вивчали дифузію бору в кремній, вказували, що коли поверхнева концентрація бору досягне межі розчинності бору в кремнії ( $\sim 5 \cdot 10^{20}$  ат/см<sup>3</sup>), спостерігається ерозія поверхні кремнію або поява на цій поверхні важкорозчинних плівок різного

кольору (чорного, золотистого, коричневого) [2]. Ерозія поверхні кремнію під час циклу осадження (загонки) недопустима, а наявність важкорозчинних плівок після загонки призводить до невідтворюваності дифузійних характеристик в процесі циклу перерозподілу бору (розгонці). Деякі автори робіт по дифузії бору в кремній припустили, що ерозія поверхні кремнію і невідтворюваність результатів дифузії були наслідком неконтрольованого утворення сполук Si – B (фази Si – B) невідомого складу, коли умови дифузії такі, що на поверхню кремнію поступає більша кількість бору, чим може бути розчинено в кремнії. Виходячи з цього, в подальших роботах усі зусилля дослідників були спрямовані на пошуки шляхів і вироблення рекомендацій, що забезпечують з одного боку, відсутність утворення на поверхні кремнію фази Si – B, а з іншого боку – можливість видалення цієї фази. Проте припущення або рекомендації, як показує аналіз результатів опублікованих робіт, не можуть претендувати на свою універсальність і з цієї точки зору є недостатньо ефективними. Таким чином, при розробці процесів дифузії бору в кремній в умовах високих поверхневих концентрацій бору необхідно знайти:

- умови, що виключають утворення фази Si – B на поверхні кремнію;
- способи видалення фази Si – B, що утворилася.

У світлі розглянутих вище завдань розробникам дифузійних процесів, в першу чергу, необхідно знати які насправді фази існують в системі Si – B, які технологічні умови призводять до утворення цих фаз того або іншого хімічного і структурного складу з тим, щоб на підставі цих даних забезпечити умови регулювання складу фаз залежно від конкретного технологічного параметра процесу. Аналіз опублікованих робіт по дослідженню дифузії бору в кремній показує, що ці завдання (разом з іншими) вирішувалися, в основному, багатьма авторами по-різному, частенько на основі копітких експериментів, результати яких сприяли знаходженню оптимальних способів і удосконаленню апаратури для здійснення дифузії, коли розробник шукав шляхи штучного регулювання фазового складу за допомогою відповідного вибору технологічного параметра (температури дифузії, часу, виду дифузії, типу газу-носія і його витрати і т. ін.). Зважаючи на складність і трудомісткість досліджень з'єднань Si – B, спроба аналізу яких доки не увінчалася успіхом (більш інтенсивно досліджувалася система  $B_2O_3 - SiO_2$ ).

У відповідності з відомим способом [4] процес дифузії бору в кремній проводиться наступним чином. Кварцовий випарник з порошком борного ангідриду  $B_2O_3$  встановлюють в робочій зоні кварцового реактора, підключають реактор до вакуумного насоса і відкачують до тиску нижче  $10^{-3}$  мм. рт. ст. Приготування джерела дифузії триває впродовж 2 годин. За цей час розплавлена маса перетворюється на склоподібну плівку окислу бору, рівномірно покриваючи усю поверхню кварцового випарника. Для проведення дифузії кремнієві пластини завантажують в кварцову касету і встановлюють в робочій зоні кварцового реактора над випарником з дифузантом. Потім реактор підключають до вакуумного насоса, відкачують до тиску нижче  $10^{-3}$  мм. рт. ст. і проводять процес дифузії впродовж заданого часу. Ця технологія проведення дифузії бору має істотні недоліки. По-перше, під час проведення процесу дифузії різні ділянки кремнієвих пластин знаходяться не в ідентичних умовах по відношенню до джерела дифузії (кварцового випарника), що призводить до нерівномірності пари дифузанта над окремими частинами пластини. По-друге, у міру збільшення кількості проведених процесів дифузії все більше насичуються дифузантом внутрішні стінки кварцового реактора (кварцовий випарник постійно знаходиться в кварцовому реакторі), що викликає перенасиченість його робочого об'єму парами дифузанта.

Як показали експериментальні результати, при проведенні процесу дифузії за розглянутою технологією вже при  $T=900^{\circ}\text{C}$  нерідко спостерігалось утворення важкорозчинних сполук типу Si – В на поверхні кремнію. Причому, товщина нерозчинного в плавиковій кислоті збагаченого бором шару була нерівномірною по площі пластини. На частині пластини, розташованій у безпосередній близькості від кварцового випарника, товщина плівки Si – В досягала 0,15–0,20 мкм, а на діаметрально протилежній частині пластини – від 0,05 до 0,10 мкм. Наявність важкорозчинної фази Si – В на поверхні при дифузії бору в кремній завжди призводила до розкиду параметрів дифузійних шарів по площі пластини. Для видалення плівок Si – В заздалегідь проводилося низькотемпературне окислення пластин ( $T_{\text{ок}} = 700^{\circ}\text{C}$ ) у середовищі вологого кисню. При цьому плівки Si – В розчинялися в шарі вирослого оксиду і легко піддавалися травленню в розчині плавикової кислоти. Проте після видалення Si – В фази спостерігалася ерозія поверхні кремнію, виразно помітна в темному полі мікроскопа, що значною мірою знижувало вихід придатних приладів із-за збільшення струмів витоку р-п переходів (нерідко ерозійні ямки мають глибину, що перевищує глибину залягання р-п переходу). У зв'язку з цим була проведена оптимізація технологічного процесу дифузії бору. При проведенні дифузії бору у вакуумі тиск пари дифузанта в реакторі досягає високих значень і викликає його перенасиченість дифузантом, що може стати причиною утворення на поверхні оброблюваних пластин кремнію важкорозчинних з'єднань Si – В. Очевидно, що в першу чергу потрібно було, якимсь чином, зменшити концентрацію бору в робочому об'ємі кварцового реактора.

Модернізований технологічний процес дифузії бору у форвакуумі здійснюється наступним чином. У робочу зону кварцового реактора 1 (рис. 1) поміщають кварцовий випарник з порошком борного ангідриду, трубу підключають до форвакуумного насоса 2 і відкачують до залишкового тиску  $9 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^{-2}$  мм. рт. ст. Кварцовий випарник залишають в трубі на 6–10 годин. За цей час внутрішні стінки труби насичуються дифузантом. Перед проведенням процесу дифузії кварцовий випарник з дифузантом видаляють з кварцового реактора, а в якості джерела дифузії використовують плівку окислу бору 3, осаджену на внутрішніх стінках кварцового реактора (рис. 1).

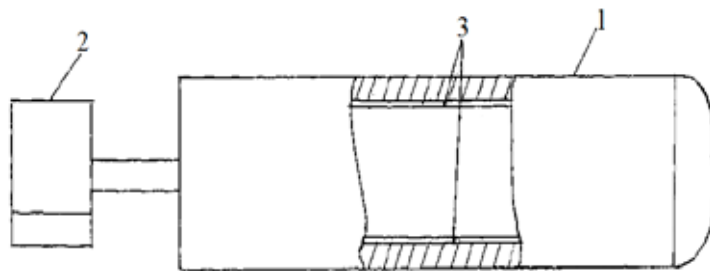


Рис. 1. Схема вакуумного поста:

1 – кварцовий реактор; 2 – форвакуумний насос; 3 – шар боросилікатного скла на стінці кварцового реактора (джерело дифузії)

Цим виключається перенасиченість робочого об'єму реактора парами дифузанта, що забезпечує рівномірність тиску пари дифузанта в робочому об'ємі труби. Робочі процеси дифузії після формування джерела дифузії (плівка окислу бору, осаджена на внутрішніх стінках кварцового реактора) проводять в тому ж

інтервалі залишкового тиску в трубі ( $9 \cdot 10^{-3} \dots 3 \cdot 10^{-2}$  мм. рт. ст.). Як показали експериментальні результати при проведенні дифузії бору за модернізованою технологією в діапазоні температур 900–1050°C, повністю виключається явище утворення на поверхні кремнію важкорозчинних прямих з'єднань бору з кремнієм.

Для оцінки розкиду значень поверхневого опору дифузійних шарів по площі пластини було зроблено обчислення коефіцієнта варіації за формулою:

$$k_B = \frac{1}{\bar{x}} \left\{ \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right\} \cdot 100\%,$$

де  $x_i$  –  $i$ -те значення вимірюваної величини;  $\bar{x}$  – середнє значення вимірюваної величини;  $n$  – кількість вимірів.

У таблиці 1 приведені дані вимірів поверхневого опору дифузійних шарів після проведення дифузії бору в кремнієві епітаксiальні структури завтовшки 10 мкм і питомим опором 1,8 Ом·см при залишковому тиску в трубі  $5 \cdot 10^{-3}$  мм рт. ст. і температурі 1020°C впродовж 25 хв.

Як видно з таблиці 1, застосування розробленого способу дифузії бору дає можливість значно зменшити розкид значень поверхневого опору дифузійних шарів.

Таблиця 1

**Залежність розкиду значень поверхневого опору дифузійних шарів від методу дифузії**

Номер процесу	Коефіцієнт варіації поверхневого опору дифузійних шарів по площі пластини, %	
	Базова технологія дифузії	Оптимізована технологія дифузії
1	4,12	3,41
2	3,78	3,16
3	3,55	3,13
4	3,29	2,91
5	4,25	2,72
6	4,36	2,81
7	3,85	2,69
8	4,26	3,31
9	3,92	3,18
10	4,19	3,27
Середнє значення коефіцієнта варіації, %		
	3,96	3,06

Для дослідження залежності зворотних струмів діодних структур від методу дифузії бору, який використовувався при створенні р-п переходу, були виготовлені діоди за стандартною планарно-епітаксiальною технологією [5] на кремнієвих епітаксiальних структурах з параметрами епітаксiального шару: товщина 10 мкм і питомий опір 1.8 Ом·см. Причому кожна з експериментальних партій ділилася навпіл. На одній частині пластин дифузія бору здійснювалася за базовою технологією, на іншій – за оптимізованою технологією. Дифузія бору проводилася при  $T=1025^\circ\text{C}$ . Вимір зворотних струмів проводився після видалення боросилікатного скла з поверхні діодних структур в розчині плавикової кислоти.

Перед виміром зворотних струмів пластини були проконтрольовані на зовнішній вигляд при використанні оптичного мікроскопу ММУ-3. На поверхні діодних структур, виготовлених із застосуванням модернізованої технології дифузії, не були виявлені ерозійні ушкодження поверхні. В той же час на поверхні діодних структур, виготовлених із застосуванням базової технології дифузії, були виявлені ерозійні ямки, нерівномірно розподілені по площі пластини. Результати контролю готових діодних структур по рівню зворотного струму приведені в табл. 2.

Таблиця 2

### Залежність зворотних струмів діодних структур від методу дифузії

Номер партії	Вихід придатних діодних структур, %	
	Базова технологія дифузії	Оптимізована технологія дифузії
1	68,9	72,4
2	69,3	75,1
3	65,4	68,6
4	66,1	72,5
5	65,9	70,5

Критерій придатності:  $I_{зв} \leq 1$  мкА при зворотній напрузі 40 В. Як видно з таблиці 2, застосування оптимізованої технології дифузії бору забезпечує істотне підвищення відсотка виходу придатних діодних структур. Отриманий результат можна пояснити тим, що розроблений спосіб дифузії виключає ерозію поверхні діодних структур.

**Висновки.** Досліджено основні технологічні проблеми процесу дифузії бору в кремній із твердого джерела домішки  $B_2O_3$  у вакуумі. Показано, що головними проблемами є неконтрольоване утворення на поверхні пластин кремнію важкорозчинних сполук фази Si – В та ерозія поверхні кремнію і, як наслідок, нерівномірність параметрів дифузійних шарів по площі пластини і збільшення рівня зворотних струмів  $p^+$ -n структур, що виготовляються.

Проведено оптимізацію процесу дифузії бору в кремній, що дало можливість запобігти утворенню на поверхні пластин важкорозчинних сполук бору з кремнієм та ерозії поверхні та забезпечило підвищення рівномірності значень поверхневого опору дифузійних шарів по площі пластини.

Показано, що застосування оптимізованого процесу дифузії бору в кремній з твердого джерела домішки  $B_2O_3$  у вакуумі для виготовлення кремнієвих діодів забезпечує підвищення виходу придатних приладів зарахунок зниження рівня їх зворотних струмів, що можна пояснити відсутністю ерозії поверхні діодних структур.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Мачуляньський О.В. Технологічні основи електроніки. Лабораторний практикум: навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 124 с.
2. Литвиненко В.М. Фізика та технологія напівпровідникових діодів. Монографія. Херсон : вид-во ФОП Вишемирський В.С., 2018. 184 с.
3. Готра З.Ю. Технологія електронної техніки: підручник для вузів. Львів : Видавництво НУ «Львівська політехніка» в двох томах. Т.1, 2009. 888 с.
4. Burger R.M., Donovan R.P. Fundamentals of Silicon Integrated Device Technology: Oxidation, diffusion, and epitaxy. Prentice-Hall, 1967. Vol. 1. 495 p.
5. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки. Навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2010. 224 с.

**REFERENCES:**

1. Machulyanskyi O.V. (2023) Tekhnolohichni osnovy elektroniky [Technological basics of electronics]. Laboratory practice: study guide. Kyiv : KPI named after Igor Sikorskyi. 124 p. [in Ukrainian]
  2. Lytvynenko V.M. (2018) Fyzyka ta tekhnolohiya napivprovodnykovykh diodiv [Physics and Technology of Semiconductor Diodes]. Monograph. Kherson : V.S. Vyshe-myrskyi Publishing House. 184 p. [in Ukrainian]
  3. Gotra Z.Yu. (2009) Tekhnolohiia elektronnoi tekhniky [Technology of electronic equipment]: a textbook for universities. Lviv : Publishing House of «Lviv Polytechnic» University in two volumes. Volume 1. 888 p. [in Ukrainian]
  4. Burger R.M., Donovan R.P. (1967) Fundamentals of Silicon Integrated Device Technology : Oxidation, diffusion, and epitaxy. Prentice-Hall. Vol. 1. 495 p.
  5. Pavlov S. M. (2010) Osnovy mikroelektroniky [Fundamentals of microelectronics]. Tutorial. Vinnytsia : VNTU. 224 p. [in Ukrainian]
-

---

# БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

---

## CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

УДК 69.058

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.1.27>

### ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ДЕФОРМАЦІЇ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ, БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД ХЕРСОНЬСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

---

**Яценко В. М.** – кандидат технічних наук,  
доцент кафедри землеустрою, геодезії та кадастру  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0001-7621-1179

**Шаталова Ж. О.** – старший викладач кафедри землеустрою,  
геодезії та кадастру  
Херсонського державного аграрно-економічного університету  
ORCID ID: 0000-0003-1218-7143

Споруди, в цілому, або окремі їх елементи зазнають різних видів деформацій під впливом конструктивної особливості, навколишнього природного середовища та діяльності людини. Термін «деформація» означає зміну форми об'єкта, що спостерігається.

У геодезії прийнято розглядати деформацію як зміну положення об'єкта відносно деякого початкового положення. Спостереження за деформаціями будівель, споруд і земної поверхні здійснюються за допомогою високоточних і систематичних геодезичних вимірювань на спеціально створених станціях.

Комплекс робіт з геодезичного моніторингу виконується для основи ділянки, на якій розташовані об'єкти, їх фундаментів та несучих конструкцій будинків і споруд.

При геодезичному моніторингу визначаються такі характеристики деформацій:

- для основ: вертикальні деформації ґрунту; горизонтальні зміщення ґрунту;
- для фундаментів: абсолютне осідання, середнє осідання; нерівномірне осідання, відносне нерівномірне осідання;
- для наземної частини будинків і споруд: відхилення від вертикалі (крен) будівельних конструкцій або будівель в цілому; деформації колон і інших бетонних конструкцій; розкриття тріщин, динаміка їх розвитку.

У статті розглянуто порядок проведення моніторингових геодезичних спостережень з вивчення процесу виникнення та розвитку деформацій земної поверхні та в несучих конструкціях будівель і споруд Херсонського державного аграрно-економічного університету (частина головного корпусу («Морфологія»), гуртожитки №3, №6), що розташовані на ділянках з просадковими ґрунтами.

Виконання методики спостережень, яку розроблено в проекті у повному обсязі дає можливість визначити причини і негативні фактори виникнення деформацій на земній

---

поверхні та в несучих конструкціях будівель і споруд та розробити комплекс заходів по відновленню нормального експлуатаційного стану аварійних об'єктів Університету.

**Ключові слова:** геодезичний моніторинг, деформація несучих конструкцій, зсув, осідання земної поверхні, наглядова станція, просадкові ґрунти.

**Yatsenko V. M., Shatalova Zh. O. Geodesic monitoring of deformation of the earth's surface, building and construction of the Kherson State Agrarian and Economic University**

*Buildings, as a whole, or their individual elements undergo various types of deformations due to structural features, the surrounding natural environment, and human activity. The term «deformation» refers to a change in the shape of an object as observed.*

*In geodesy, deformation is considered as a change in the position of an object relative to some initial position. Observations of deformations of buildings, structures, and the earth's surface are carried out through high-precision and systematic geodetic measurements at specially established stations.*

*A complex of geodetic monitoring works is carried out for the area where objects, their foundations, and load-bearing structures of buildings and structures are located.*

*During geodetic monitoring, the following characteristics of deformations are determined:*

- for foundations: vertical soil deformations; horizontal soil displacements;*
- for foundations: absolute settlement, average settlement; uneven settlement, relative uneven settlement;*
- for the above-ground part of buildings and structures: deviation from vertical (tilt) of building structures or buildings as a whole; deformations of columns and other concrete structures; crack opening, dynamics of their development.*

*The article discusses the procedure for conducting monitoring geodetic observations to study the process of occurrence and development of deformations of the earth's surface and load-bearing structures of buildings and structures of the Kherson State Agrarian-Economic University (part of the main building («Morphology»), dormitories No. 3, No. 6), which are located on areas with subsidence-prone soils.*

*The implementation of the observation methodology developed in the project in full allows determining the causes and negative factors of deformations occurring on the earth's surface and in load-bearing structures of buildings and structures and developing a complex of measures to restore the normal operational condition of emergency objects of the University.*

**Key words:** geodetic monitoring, deformation of load-bearing structures, landslide, settlement of the earth's surface, monitoring station, subsidence-prone soils.

**Постановка проблеми.** Протягом декількох років в об'єктах Херсонського державного аграрно-економічного університету (далі – ХДАЕУ) (частина головного корпусу («Морфологія»), гуртожитки № 3, № 6 та ін.) було візуально зафіксовано прояв і розвиток деформацій в несучих конструкціях з розривами фундаментів (тріщини розкривом 3–10 мм і більше) і цегляної кладки стін (тріщини розкривом 5–8 см) [2].

Науково педагогічні працівники кафедри землеустрою, геодезії та кадастру розробили проєкт комплексної спостережної станції, врахувавши складну конфігурацію, відсутність заходів будівельного захисту та деформуючий характер несучих конструкцій будівель і споруд ХДАЕУ, а також методику проведення високоточних геодезичних вимірювань, що дозволить отримати всю інформацію про деформації будівель, за якими ведеться геодезичний моніторинг, і про зсуви земної поверхні.

В процесі роботи було заплановано проведення моніторингу за станом несучих конструкцій наступних об'єктів: частина головної будівлі («Морфологія»), будівлі гуртожитку № 3 та № 6.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Об'ємні дослідження в області проявлення деформативності будівель і споруд в залежності від їх конструктивних особливостей і умов просідання ґрунтів були проведені як вітчизняними, так і закордонними вченими, а саме: Т.Т. Чмчяном, С.П. Войтенком, О.М. Самойленком, Н.О. Міщенком, М.І. Лобова, П.І. Бараном, Ю.П. Гуляєвим,



В.С. Ситніком, J. V. Cranenbroeck, D. McL Hayes, I.R. Sparks, M.J. Henriques, W.F. Teskey, R.S. Radovanovic.

У їх роботах описані питання, що характеризують проблеми, які пов'язані з виникненням деформацій в несучих конструкціях об'єктів, а також надано рекомендації по мінімізації негативного впливу на будівлі і споруди.

Також вище згаданими вченими було розглянуто методики спостережень за зрушеннями земної поверхні та деформаціями об'єктів.

**Мета** моніторингу спостережень за зрушеннями земної поверхні та деформаціями об'єктів – проведення оперативного визначення шкідливого впливу негативних факторів для прийняття своєчасних та необхідних заходів щодо поновлення нормальної експлуатаційної спроможності будівель і споруд та забезпечення їх безпечної експлуатації.

**Методи.** Для вирішення поставлених завдань використано комплекс загальнонаукових та спеціальних, емпіричних і теоретичних методів дослідження: метод моніторингу за деформаціями хмарочосів, оснований на даних GNSS-вимірів та акселерометра, картографічний – для побудови картографічних моделей з застосуванням ГІС-технологій (програмного продукту ArcGIS) та математичної обробки вимірів і візуалізації результатів; лінійно-кутові вимірювання (визначення осідань та деформацій споруд різних типів); математичне моделювання – для встановлення щільності зв'язків між досліджуваними факторами. Дослідження деформацій споруд виконувались традиційними методами, але для досягнення надійніших результатів слід поєднувати різні методи моніторингу [2].

**Виклад основного матеріалу.** З метою уточнення геолого-гідрогеологічної структури та ґрунтових умов території, на якій розташовано будівлі ХДАЕУ, вивчалися матеріали інженерно-геологічних вишукувань. Дані вишукування проводила геологічна служба Херсонської філії «НДІпроектреконструкція» у вересні 2012 року на місці розташування будівель та споруд ХДАЕУ [7].

Товща земельної ділянки, на якій розташовано будівлі та споруди Херсонського державного аграрно-економічного Університету складена лесовими та лесоподібними шарами просадкових ґрунтів, схильних до перезволоження.

Просадкові лесові ґрунти це глинисті ґрунти, що мають високу пористість (до 60%). У природних умовах при малій вологості лесові ґрунти мають значну міцність і є надійною основою будівель та споруд. Але при зволоженні ґрунту до так званої критичної вологості, при товщині шару 14–16 м дають просідання під вагою будівлі до 50 см, що супроводжується додатковими нерівномірними осіданнями або опусканням даної поверхні землі [1; 2]. До просадкових відносять також пилувато-глинисті ґрунти, які при замочуванні дають значне додаткове просідання [3].

Залежно від причин виникнення розрізняють деформації основ, викликані деформацією ґрунтів від навантажень, що передаються на підвалини будівлею (осідання, просідання), а також деформаціями, котрі не пов'язані з навантаженням від будівлі (набухання, усадки тощо). Найбільш характерними дефектами та пошкодженнями для основ і фундаментів є:

- поява тріщин і деформацій від осідання у надземних частинах будівель та споруд;
- замочування основи;
- осідання, усадка, набухання ґрунтів основи, осідання земної поверхні;
- зсуви, обвали, пливуні;
- деформації фундаментів, викликані осіданням чи зсувом основи (осідання, просідання, крен, зсув, прогин, вигин, крутіння) [3].

Основною метою геодезичного моніторингу є визначення вищевказаних величин деформацій для оцінки стійкості споруди і прийняття своєчасних профілактичних заходів, для забезпечення її нормальної експлуатації.

Крім того, за результатами спостережень перевіряють правильність проєктних розрахунків і виявляють закономірності прогнозу процесу деформації.

На комплексній спостережній станції проводяться систематичні високоточні геодезичні виміри.

Геодезичний моніторинг на наглядних станціях ХДАЕУ виконується відповідно до вимог чинних нормативних документів згідно ДБН В.1.3-2 та спеціально розробленої програми, що регламентують умови, порядок і методи проведення спостережень, а також способи обробки результатів спостережень і вимоги до їх оформлення.

Проєкт та програма геодезичного моніторингу розроблені за технічним завданням. Технічне завдання складено з урахуванням призначення, конструктивних рішень будівель, споруд ХДАЕУ та інженерно-геологічної будови основи.

Методи і вимоги до точності геодезичних вимірювань деформацій основ будівель та споруд ХДАЕУ прийняті згідно з ДСТУ Б В.2.1-30:2014 [4].

**Результати моніторингових геодезичних спостережень.** За період з 2019 року і по теперішній час на наглядних станціях (гуртожиток № 3 і частина головного корпусу («Морфологія»)) було проведено чотири серії високоточних геодезичних спостережень за деформаціями земної поверхні і основних конструкцій будівель і споруд ХДАЕУ [5; 7].

За результатами вимірювань на наглядній станції «Гуртожиток №3» виявлено наступне:

- П'ятиповерхова будівля гуртожитку № 3 має просту форму в плані 73,05 x 13,4 м, із загальною висотою – 17.0 метрів.

- Будівельні засоби захисту від деформацій відсутні за виключенням температурного шва.

На 23.10.2021р. (4-та серія) за спостереженнями зафіксовано зони підвищеної тріщинуватості (тріщини з розкриттям 5–30 мм.) на головному та дворовому фасадах гуртожитку № 3 [2; 7]. Ці зони розташовані між реперами 5–7; 10–11; 17–18 (температурний шов) на дворовому фасаді і між реперами 35–36; 39–40; 46–47 на головному фасаді (рис. 1). Таке розташування тріщин вказує на те, що будівля розділена деформаціями розтягнення на 4 блока, що підтверджується графіками горизонтальних деформацій стінних реперів (рис. 2). Осідань земної поверхні навколо гуртожитку № 3 геодезичними спостереженнями не зафіксовано, але будівля втратила горизонтальність і її східна сторона, яка виходить на вул. Садову нижче західної по цоколю на 512 мм, а по нижньому краю вікон на 458 мм.

Аналіз геодезичних спостережень показав, що активна стадія процесу осідань земної поверхні пройшла, будівля розділилася на окремі блоки, які протистоять остаточним деформаціям відокремлено. Не горизонтальність основних конструкцій будівлі, очевидно, була отримана при активній стадії процесу просадок земної поверхні при замоканні шарів просадкових ґрунтів [2].

Осідань земної поверхні в місці розташування частини головного корпусу («Морфологія») геодезичними спостереженнями також не зафіксовано, хоча частина будівлі деформована, особливо з північної сторони, де розкриття тріщин досягає до 80 мм, що інструментально зафіксовано при проведенні спостережень [7].



Рис. 1. Фасади гуртожитку №3 з нанесеними зонами деформацій  
(— температурний шов; — ділянки тріщин)

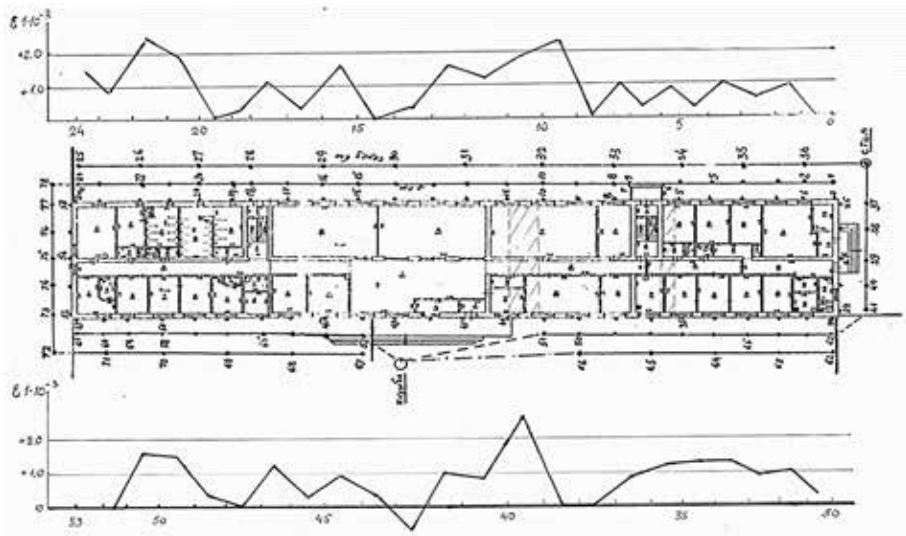


Рис. 2. План НС «Гуртожиток №3» з графіками горизонтальних деформацій стінових реперів

**Примітка:**

1. Червоним кольором на плані вказаний температурний шов.
2. Червоними пунктирними лініями показані зони концентрації тріщин на фасадах.
3. Графіки горизонтальних деформацій показані для різних фасадів.

Матеріали фотофіксації деформацій несучих конструкцій головного корпусу «Морфологія» наглядно показують, що будівля підверглася руйнівному впливу при зрушенні земної поверхні і потребує капітального ремонту з посиленням фундаменту та відновленням несучої спроможності основних конструкцій будівлі.

**Висновки.** Розроблено пропозиції по вивченню процесу посувань земної поверхні з використанням нових способів впровадження електронних геодезичних інструментів при вимірюванні висотних відміток на реперах, а також довжин між ними [8].

Виконання розробленої методики спостережень в повному обсязі дає можливість визначити причини і негативні фактори виникнення деформацій на земній поверхні, в несучих конструкціях будівель і споруд та розробити комплекс заходів по відновленню нормального експлуатаційного стану аварійних об'єктів ХДАЕУ.

Моніторинг спостережень дає можливість визначити в цілому динаміку і характер розвитку процесу зрушення земної поверхні, а також деформацій об'єктів в просторі та часі, що буде запорукою припинення подальшого руйнування будівель і споруд ХДАЕУ.

Внаслідок нерівномірності залягання просадкових ґрунтів просідання при їх замочуванні можуть мати місце як в умовах мезорельєфу, так і в рівнинній місцевості.

Для уточнення методики розрахунків зрушень і деформацій земної поверхні на просадкових ґрунтах потрібно продовжити проведення моніторингу геодезичних досліджень на існуючих наглядних станціях і закласти станцію навколо гуртожитку №6.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Будинки і споруди на підроблюваних територіях і просідаючих ґрунтах. Частина II. Будинки і споруди на просідаючих ґрунтах : ДБН В.1.1-5-2000. [Чинний від 2000-07-01]. К. : Держкомбуд України, 2000. 87 с.
2. Яремко Ю.І., Яценко В.М., Шаталова Ж.О. Аналіз ушкоджень об'єктів від впливу просадкових ґрунтів. Науково-виробничий журнал: «Землеустрій, кадастр і моніторинг земель». НУБіП, 2023.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 «Прогини і переміщення, вимоги проектування». Київ, 2006.
4. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 «ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд». Київ, 2015.
5. ДБН В.1.2-5:2007 «Науково-технічний супровід будівельних об'єктів». Київ, 2007.
6. Баран П.І. Інженерна геодезія : монографія. К.: ПАТ «ВПІОЛ», 2012. 618 с.
7. Яремко Ю.І., Яценко В.М., Мартинов І.М. Розробка методики спостережень за деформаціями будівель та споруд Херсонського державного аграрного університету. Збірник наукових праць II Міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 13–14 червня 2019 року). Херсон : ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 63–73
8. Яценко В.М., Шаталова Ж.О., Барулін Д.С. Особливості методики вимірювання довжин на профільних лініях наглядних станцій із застосуванням електронних геодезичних приладів. *Таврійський науковий вісник № 1*. Херсон : ХДАЕУ, 2023. С. 138–145.

**REFERENCES:**

1. State Building Normative Support of Ukraine. (2000). Buildings and structures on reclaimed territories and subsiding soils. Part II. Buildings and structures on subsiding soils: DBN V.1.1-5-2000. Kyiv : State Committee of Construction of Ukraine.
  2. Yaremko, Y.I., Yatsenko, V.M., & Shatalova, Z.O. (2023). Analysis of damages to objects from the influence of subsidence soils. Land management, cadastre, and land monitoring, Scientific-production journal, 2023.
  3. State Standard of Ukraine. (2006). DSTU B V.1.2-3:2006 «Deflections and displacements, design requirements». Kyiv.
  4. State Standard of Ukraine. (2014). DSTU B V.2.1-30:2014 «Soils. Methods of measuring deformations of building foundations and structures». Kyiv.
  5. State Building Normative Support of Ukraine. (2007). DBN V.1.2-5:2007 «Scientific and technical support of construction projects». Kyiv.
  6. Baran, P.I. (2012). Engineering geodesy [Monograph]. Kyiv : PJSC «VIPOLE».
  7. Yaremko, Y.I., Yatsenko, V.M., & Martinov, I.M. (2019). Development of methodology for monitoring deformations of buildings and structures of Kherson State Agrarian University. In I.M. Editor (Ed.), Collection of scientific papers of the II International scientific-practical conference (pp. 63–73). Kherson: State Agrarian University.
  8. Yatsenko, V.M., Shatalova, Z.O., & Barulin, D.S. (2023). Features of methodology for measuring lengths on profile lines of observation stations using electronic geodetic instruments. Tavsia scientific herald № 1, pp. 138–145.
-

## ЗМІСТ

<b>КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b> .....	3
<b>Антоненко А. В., Балвак А. А., Цвик О. С., Ємелін Д. М., Гришковець Є. П.</b> Інноваційні методи відображення інформації у веб-браузерах .....	3
<b>Бешлей М. І., Ковальчук О. В., Андрушак В. С., Бешлей Г. В.</b> Методика оптимізації алгоритмів машинного навчання для вбудованих кіберфізичних систем .....	12
<b>Бойко О. В., Парфененко Ю. В., Івашова Н. В., Рикун В. А.</b> Мікросервіс підтримки прийняття рішень щодо режимів роботи енергетичної мікромережі з відновлюваними джерелами енергії .....	27
<b>Горбань Г. В., Кандиба І. О., Раленко В. С., Стоєв Є. Д.</b> Використання штучного інтелекту в системі SEO-аналітики вебсайтів .....	36
<b>Думова Н. О.</b> Using the minimum spanning tree problem for data mining.....	47
<b>Кравченко О. С., Кравченко О. В.</b> Людина в екосистемі IoT: дослідження впливу інформаційного середовища.....	54
<b>Nesterov V. F.</b> Understanding the influence of data visualization techniques on decision-making processes in business .....	60
<b>Савчук Т. О., Капченко К. Г.</b> Інформаційна технологія управління безпекою розумного будинку .....	71
<b>Свічко Т. О.</b> Методологія для оцінки ефективності мультимедійного контенту під час програмування сайту .....	81
<b>Сгадов С. О.</b> Модифікація методу нитей з використанням гама алгоритму для побудови топологічного малюнку графу .....	91
<b>Слабінога М. О., Пашковський Б. В., Федорів Т. В.</b> Розробка системи керування персоналізованим глосарієм термінів з використанням Oxford Dictionaries API .....	98
<b>Тузова І. А., Тузов О. В., Панченко Т. Д., Чумак О. А., Стародуб В. І.</b> Аналіз використання інформаційних технологій в організації навчального процесу в умовах кризових ситуацій та військового стану в Одеському національному морському університеті .....	106
<b>ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ</b> .....	119
<b>Антоненко А. В., Толлок Г. А., Бровенко Т. В., Ратушенко А. Т., Горкун А. О.</b> Технологія функціональних десертів із використанням гуміарабіку .....	119
<b>Вогнівенко Л. П., Стасюк Ю. І.</b> Небезпеки та загрози: вплив токсикантів на якість молочних продуктів .....	128
<b>Gorach O. O., Istomina Yu. V.</b> Modern requirements for production child nutrition.....	134
<b>Одарченко Д. М., Карбівнича Т. В., Сподар К. В.</b> Розширення асортименту безглютенових борошняних кондитерських виробів та оцінка їх якості .....	138
<b>Крчан Т. М., Ямборак Р. С., Коваль Т. В., Придеткевич Ю. О., Самар А. В.</b> Вміст нітритів у м'ясопродуктах .....	145
<b>Крчан Т. М., Ямборак Р. С.</b> Джерела походження сполук алюмінію в питній воді .....	152

<b>Левченко М. В.</b> Особливості виробництва та перспективи використання аналогів м'ясної сировини .....	159
<b>Матюшенко Р. В., Польовик В. В.</b> Технології мерчендайзингу в ресторанній галузі .....	166
<b>Новікова Н. В., Проценко Г. Ю.</b> Аналіз сировини для розробки функціонального вівсяного печива з покращеним вітамінним складом .....	177
<b>Новікова Н. В., Фещук Ю. А., Гожуловський Ю. О.</b> Збагачення пастили біологічно активними речовинами .....	185
<b>Приліпко Т. М., Косташ В. Б., Коваль Т. В.</b> Перспектива використання олії з насіння chia у складі майонезних соусів .....	193
<b>ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b> .....	198
<b>Волошин М. М.</b> Аналіз дефіциту вологи в контексті кліматичних змін та вплив на підтоплення Херсонської області .....	198
<b>Ладичук Д. О., Ладичук В. Д.</b> Пристрій для забезпечення надійної роботи водозабірних свердловин .....	209
<b>Литвиненко В. М.</b> Розробка процесу дифузії бору в кремній з твердого джерела домішки у виробництві напівпровідникових діодів .....	216
<b>БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ</b> .....	223
<b>Яценко В. М., Шаталова Ж. О.</b> Геодезичний моніторинг деформації земної поверхні, будівель та споруд Херсонського державного аграрно-економічного університету .....	223

## CONTENTS

<b>COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY</b> .....	3
<b>Antonenko A. V., Balvak A. A., Tsvyk O. S., Yemelin D. M., Hryshkovets Ye. P.</b> Innovative methods of information display in web-browsers.....	3
<b>Beshley M. I., Kovalchuk O. V., Andrushchak V. S., Beshley H. V.</b> Machine learning algorithms optimization methodology for embedded cyber-physical systems .....	12
<b>Boiko O. V., Parfenenko Yu. V., Ivashova N. V., Rykun V. A.</b> Decision support microservice for microgrid operation with renewable energy sources .....	27
<b>Horban H. V., Kandyba I. O., Ralenko V. S., Stoiev Ye. D.</b> The use of artificial intelligence in the website SEO analytics system.....	36
<b>Dymova H. O.</b> Using the minimum spanning tree problem for data mining.....	47
<b>Kravchenko O. S., Kravchenko O. V.</b> Man in the IoT ecosystem: exploring the impact of the information environment .....	54
<b>Nesterov V. F.</b> Understanding the influence of data visualization techniques on decision-making processes in business.....	60
<b>Savchuk T. O., Kapchenko K. G.</b> Information technology for smart home security management.....	71
<b>Svichko T. O.</b> Methodology for evaluating the effectiveness of multimedia content when programming a website .....	81
<b>Sgadov S. A.</b> Modification of the thread method with using the gamma algorithm for graph topological drawing building.....	91
<b>Slabinoha M. O., Pashkovskiy B. V., Fedoriv T. V.</b> Development of a personalized glossary management system using Oxford Dictionaries API .....	98
<b>Tuzova I. A., Tuzov O. V., Panchenko T. D., Chumak O. A., Starodub V. I.</b> Analysis of the use of information technologies in the organization of the educational process in the conditions of crisis situations and marital state in the Odessa National Maritime University .....	106
<b>FOOD TECHNOLOGY</b> .....	119
<b>Antonenko A. V., Tolok G. A., Brovenko T. V., Ratushenko A. T., Gorkun A. O.</b> Technology of confectionery using powders of tropical plants .....	120
<b>Vohnivenko L. P., Stasiuk Yu. I.</b> Hazards and threats: the impact of toxicants on the quality of dairy products.....	128
<b>Gorach O. O., Istomina Yu. V.</b> Modern requirements for production child nutrition.....	134
<b>Odarchenko D. M., Karbivnycha T. V., Spodar K. V.</b> Expanding the range of gluten-free flour confectionery products .....	138
<b>Krachan T. M., Yamborak R. S., Koval T. V., Prydetkevych Yu. O., Samar A. V.</b> Nitrite content in meat products .....	145
<b>Krachan T. M., Yamborak R. S.</b> Sources of Aluminium compounds in drinking water .....	152



<b>Levchenko M. V.</b> Production and use of analogues of meat raw materials .....	159
<b>Matiushenko R. V., Polovyk V. V.</b> Technologies of merchandise in the restaurant industry.....	166
<b>Novikova N. V., Protsenko H. Yu.</b> Analysis of raw materials for the development of functional oat cookies with improved vitamin composition .....	177
<b>Novikova N. V., Feshchuk Yu. A., Hozhulovskyi Yu. O.</b> Enrichment of pastiles with biologically active substances.....	185
<b>Prylipko T. M., Kostash V. B., Koval T. V.</b> The prospect of using chia seed oil as part of mayonnaise sauces .....	193
<b>HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES</b> .....	198
<b>Voloshyn M. M.</b> Analysis of moisture deficit in the context of climate change and its impact on flooding in the Kherson region .....	199
<b>Ladychuk D. O., Ladychuk V. D.</b> Device for ensuring reliable work water abstract wells .....	209
<b>Lytvynenko V. M.</b> Development of the boron diffusion process in silicon from a solid impurity source in the production of semiconductor diodes .....	216
<b>CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING</b> .....	223
<b>Yatsenko V. M., Shatalova Zh. O.</b> Geodesic monitoring of deformation of the earth's surface, building and construction of the Kherson State Agrarian and Economic University.....	223

---

# **Таврійський науковий вісник**

## **Випуск 1**

### **Технічні науки**

Підписано до друку 29.03.2024 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.  
Умовн. друк. арк. 19,01. Зам. № 0524/329

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
Україна, м. Одеса, 65101, вул. Інглезі, 6/1  
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08  
E-mail: [mailbox@helvetica.ua](mailto:mailbox@helvetica.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.