

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

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 2



Видавничий дім
«Гельветика»
2024

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

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 8 від 30.05.2024 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2024. Вип. 2. 236 с.

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

Свідцтво 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; **Гопесніко 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 637.5.02

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.1>

ОБРОБКА ТА АНАЛІЗ ДАНИХ НА ПРИКЛАДІ НАБОРУ SPAMBASE З ВИКОРИСТАННЯМ БІБЛІОТЕК ДЛЯ МАШИННОГО НАВЧАННЯ

Балвак А. А. – аспірант

Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

ORCID ID: 0000-0002-6441-8225

Лемешко А. В. – доктор філософії, доцент,

доцент кафедри комп'ютерної інженерії

Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

ORCID ID: 0000-0001-8003-3168

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

Зіняр Д. А. – аспірант

Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

ORCID ID: 0000-0002-7282-2682

Бурачинський А. Ю. – аспірант

Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій

ORCID ID: 0009-0003-7913-2152

Приходько А. П. – магістр

Міжрегіональної академії управління персоналом

ORCID ID: 0009-0001-2365-9903

У статті проаналізовано набір даних Spambase з даними про електронні листи, які класифіковано як спам та не спам. Наведено детальний аналіз цього датафрейму з інформацією про дані в стовпчиках (властивості) та записи набору. Дані набору було завантажено в середовище для розробки програмного забезпечення Google CoLab для програмування та подальшого аналізу. Для наукових обчислень та аналізу даних в Python використано бібліотеки NumPy, Pandas, Matplotlib, Sklearn, Imblearn. Їх комбінації дозволяють розробникам та дослідникам ефективно працювати зі структурованими даними, виконувати різні операції з ними, візуалізувати результати та розв'язувати складні завдання аналізу та обробки даних. Для кращого розуміння матеріалу розглянуто деякі основні теоретичні відомості щодо прогнозування даних. Надано визначення машинного навчання, штучного інтелекту та науки про дані. Також описано категорії машинного навчання, такі як кероване, некероване навчання та навчання з підкріпленням. Розглянуті основні типи ознак, які використовуються в моделях машинного навчання: якісні, впорядковані та кількісні ознаки. Також був представлений набір даних про хвороби серця Heart Disease на якому описано та позначено важливі визначення, такі як матриця ознак X , вектор ознак, властивості, вектор цільових значень Y . Описано необхідність розбиття набору даних на навчальний, перевірочний та тестовий для коректної оцінки та перевірки моделі. Також пояснено використання функцій втрат L_1 та L_2 для оцінки продуктивності моделі, вказано переваги та недоліки кожного підходу. Продовжено аналіз датасету Spambase в середовищі Google Colab. Побудовано гістограми, що представляють розподіл даних за різними властивостями для двох класів: спаму та не спаму. Проаналізовано гістограми для властивостей `word_freq_credit`, `char_freq_!` та `capital_run_length_total`. Функцією `split()` з бібліотеки NumPy розділено дані на навчальний, перевірочний та тестовий набори. Для набору даних на навчання виконано перебалансування класів за допомогою методу випадкової перевибірки (RandomOverSampler). В результаті було створено нові екземпляри для менш представленого класу листів які містять спам.

Ключові слова: набір даних, машинне навчання, штучний інтелект, властивості, матриця ознак, вектор ознак, вектор цільових значень.

Balvak A. A., Lemeshko A. V., Antonenko A. V., Ziniar D. A., Burachynskiy A. Yu., Prykhodko A. P. Data processing and analysis on the example of the spambase dataset using machine learning libraries

The article analyzes the Spambase dataset with data on e-mails classified as spam and non-spam. A detailed analysis of this data frame is provided with information about the data in the columns (properties) and records. The dataset was uploaded to the Google CoLab software development environment for programming and further analysis. NumPy, Pandas, Matplotlib, Sklearn, and Imblearn libraries are used for scientific calculations and data analysis in Python. Their combinations allow developers and researchers to effectively work with structured data, perform various operations, visualize results and solve complex data analysis and processing tasks. To better understand the material, reviewed basic theoretical information about data forecasting. Definitions of machine learning, artificial intelligence, and data science are provided. Machine learning categories such as supervised, unsupervised, and reinforcement learning are also described. The main types of features used in machine learning models are considered: qualitative, ordinal, and quantitative. The Heart Disease dataset was also presented, describing and labelling important definitions such as features matrix X , feature vector, properties, targets vector Y . The need to break up the whole dataset into training, validation and testing datasets for correct evaluation and model verification is described. The use of L_1 and L_2 loss functions to evaluate model performance is explained, and the advantages and disadvantages of each approach are indicated. The analysis of the Spambase dataset in the Google Colab environment continued. Histograms were constructed to represent the distribution of data by different properties for two classes: spam and non-spam. Analyzed histograms for properties `word_freq_credit`, `char_freq_!` and `capital_run_length_total`. The `split()` function from the NumPy library splits the data into training, validation, and testing sets. For the training dataset, classes were rebalanced using the random oversampling method (RandomOverSampler). As a result, new instances were created for the less-represented class of e-mails containing spam.

Key words: dataset, machine learning, artificial intelligence, properties, features matrix, feature vector, targets vector.

Вступ. У сучасному світі обробка та аналіз даних знаходяться в центрі уваги, особливо в контексті машинного навчання та штучного інтелекту. Ці технології знаходять широке застосування в багатьох галузях.

Наприклад, у телекомунікаціях [1], машинне навчання використовується для передбачення попиту на послуги зв'язку, аналізу великих обсягів даних для виявлення аномалій та уразливостей мереж, а також для покращення ефективності маркетингових кампаній та персоналізації пропозицій.

У транспортній та складській логістиці [2], машинне навчання допомагає розв'язувати проблеми маршрутизації та оптимізації доставок, передбачати попит на транспортні послуги, управляти запасами на складах тощо.

В освіті [3] алгоритми машинного навчання застосовуються для різноманітних цілей, включаючи індивідуалізоване навчання, автоматизацію процесів оцінювання, розробку персоналізованих навчальних програм, аналіз даних для виявлення успішних педагогічних підходів та покращення методів викладання.

Ці приклади демонструють широкий спектр можливостей, які надає машинне навчання в різних галузях, тому важливо розуміти та використовувати ці технології для досягнення успіху в бізнесі.

Постановка проблеми. Дані стають все більшим цінним ресурсом у різних сферах життя, тому для багатьох виникає необхідність здобуття знань про машинне навчання. Багато людей, попри їхні потенційні можливості, можуть відчувати себе відчуженими від цих технологій через складність та недоступність. Для досягнення успіхів в науці, а також для розвитку суспільства в цілому, важливо зробити матеріали про машинне навчання доступними та зрозумілими широкому загалу. Крім того, доступ до розуміння машинного навчання має важливе значення для забезпечення рівних можливостей у сфері освіти та кар'єрного зростання. Збільшення числа людей, які матимуть розуміння машинного навчання сприятиме розвитку та появі нових інноваційних рішень.

Отже, існує необхідність у створенні доступних та зрозумілих матеріалів про машинне навчання, які дозволять більшій кількості громадян різного віку від школярів до дорослих різних професій та навіть пенсіонерів, які бажають розвиватись та переорієнтуватись, здобувати цінні знання та використовувати їх на практиці.

Мета дослідження. Метою дослідження є пошук відповідних датасетів у репозитаріях даних, аналіз інформації про них та подальше завантаження для детального розбору за допомогою інструментів мови Python.

Об'єктом дослідження є відповідні датасети з репозитаріїв даних.

Предметом дослідження є процес опрацювання набору даних, включаючи створення гістограм та аналіз їхніх характеристик, а також розбиття набору на навчальний, перевірочний та тестовий для подальшого використання у моделях машинного навчання.

Методи дослідження полягають у пошуку та вивченні наукових статей, книг, Youtube-відео, що стосуються основ машинного навчання, вибору наборів даних та їх аналізу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження в областях машинного навчання та штучного інтелекту проводяться протягом багатьох років і мають широкий спектр застосувань. Для початку ознайомлення з цими темами можна переглянути деякі книги [4-6] та відео на платформі YouTube [7, 8].

Завершивши перші кроки в освоєнні машинного навчання та штучного інтелекту, можна продовжити поглиблювати знання та розуміння конкретних методів і алгоритмів, читаючи та вивчаючи відповідні академічні статті. Наприклад, статті в журналах "Journal of Machine Learning Research", "IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence" тощо. Також можна пройти відповідні онлайн-курси для поглиблення вивчення конкретних методів машинного

навчання. Наприклад, спеціалізовані курси на платформах Coursera, Udacity. Самостійне розроблення та виконання проєктів з машинного навчання допоможе закріпити знання і розуміння практичного застосування методів. Участь у конкурсах на платформі Kaggle допоможе максимально ефективно реалізувати майбутні проєкти завдяки можливості взяти участь у змаганнях з машинного навчання, що забезпечують широкий спектр завдань і доступ до різноманітних наборів даних для аналізу та моделювання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для аналізу з онлайн-ресурсу UCI Machine Learning Repository, що містить набори даних для машинного навчання використаємо датафрейм Spambase [9].

У цьому датасеті містяться дані про електронні листи які класифікуються як спам або не спам (значення в стовпчику *Class = 1*, то лист містить спам, а якщо значення в стовпчику *Class = 0*, то лист не містить спаму). Визначення **спам** може варіюватися залежно від контексту та критеріїв, встановлених користувачем чи організацією. Часто **спам-повідомленнями** вважаються такі повідомлення, що розсилаються без згоди одержувачів та рекламують товари та послуги або містять обманливу інформацію, наприклад, лотерейні шахрайства, запити на фінансову допомогу або спроби отримати особисту інформацію. Електронними листами **без спаму** можна вважати листи, які надіслані від імені офіційних джерел або організацій і мають легітимний характер.

Набір даних містить 57 властивостей та вектор цільових значень. З них 48 властивостей типу *word_freq_WORD* – це відсоток слів в електронному листі, які відповідають *WORD*, де *WORD* – слова, кількості яких обчислюються в листах. Наприклад, для властивостей *word_freq_make*, *word_freq_address*, *word_freq_all* – це відсотки входження слів “make”, “address”, “all” відповідно. *word_freq_WORD* визначається за формулою:

$$\text{word_freq_WORD} = \frac{N_{\text{word}}}{N_{\text{заг.}}} \times 100\% \quad (1)$$

де N_{word} – кількість слів *WORD* в електронному листі;

$N_{\text{заг.}}$ – загальна кількість слів в електронному листі.

Перелік властивостей типу *word_freq_WORD* – *word_freq_make*, *word_freq_address*, *word_freq_all*, *word_freq_3d*, *word_freq_our*, *word_freq_over*, *word_freq_remove*, *word_freq_internet*, *word_freq_order*, *word_freq_mail*, *word_freq_receive*, *word_freq_will*, *word_freq_people*, *word_freq_report*, *word_freq_addresses*, *word_freq_free*, *word_freq_business*, *word_freq_email*, *word_freq_you*, *word_freq_credit*, *word_freq_your*, *word_freq_font*, *word_freq_000*, *word_freq_money*, *word_freq_hp*, *word_freq_hpl*, *word_freq_george*, *word_freq_650*, *word_freq_lab*, *word_freq_labs*, *word_freq_telnet*, *word_freq_857*, *word_freq_data*, *word_freq_415*, *word_freq_85*, *word_freq_technology*, *word_freq_1999*, *word_freq_parts*, *word_freq_pm*, *word_freq_direct*, *word_freq_cs*, *word_freq_meeting*, *word_freq_original*, *word_freq_project*, *word_freq_re*, *word_freq_edu*, *word_freq_table*, *word_freq_conference*.

Датасет містить 6 наступних властивостей *char_freq_;*, *char_freq(*, *char_freq_[*, *char_freq_!*, *char_freq_\$*, *char_freq_#*, які відповідно визначають відсоток символів “;”, “(”, “[”, “!”, “\$”, “#” в електронному листі.

Інші властивості – *capital_run_length_average*, *capital_run_length_longest*, *capital_run_length_total*. *capital_run_length_average* – середня довжина безперервних послідовностей великих літер; *capital_run_length_longest* – довжина найдовшої безперервної послідовності великих літер; *capital_run_length_total* – загальна кількість великих літер в електронному листі.

У векторі цільових значень *Class* вказується, чи вважався електронний лист спамом (1) чи ні (0).

У наборі даних Spambase міститься 4601 запис з них 1813 записів (39.4%) про листи які містять спам та 2788 записів (60.6%) про листи які не містять спаму.

Тепер ми використаємо всі ці властивості, щоб мати можливості розрізняти закономірності та передбачувати чи містять листи спам, чи ні.

Спочатку в Google CoLab створюємо новий блокнот, називаємо його “Spambase dataset” й завантажуюємо файл “*spambase.data*” з набором даних. Імпортуємо бібліотеки *NumPy*, *Pandas*, *Matplotlib*, *Sklearn*, *Imblearn* (рис. 1).

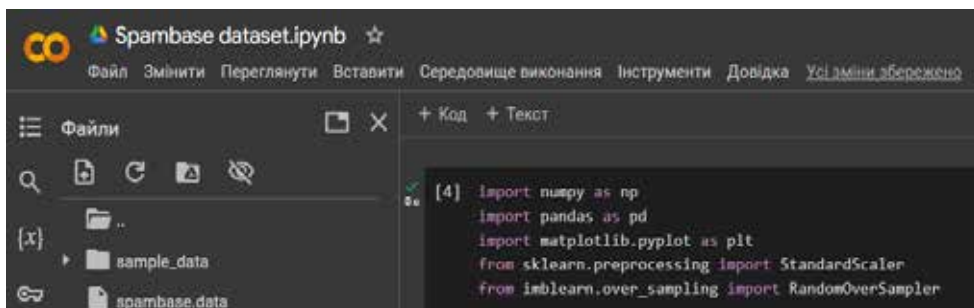


Рис. 1. Імпорт бібліотек *NumPy*, *Pandas*, *Matplotlib*, *Sklearn*, *Imblearn*

Короткий огляд бібліотек для аналізу даних та машинного навчання [10-12]. Бібліотека *NumPy* надає підтримку для масивів та матриць, а також велику кількість математичних функцій для роботи з ними.

Pandas – це бібліотека для обробки та аналізу даних в *Python*. Вона надає структури даних високого рівня, такі як *DataFrame*, які дозволяють зручно та ефективно працювати з табличними даними. *Pandas* також має багато функцій для фільтрації, групування, агрегації та візуалізації даних.

Matplotlib – це бібліотека для візуалізації даних в *Python*. Вона надає широкий спектр інструментів для створення різних типів графіків, включаючи лінійні графіки, гістограми, діаграми розсіювання та інші. *Matplotlib* дозволяє налаштовувати вигляд графіків та елементів їхнього оформлення.

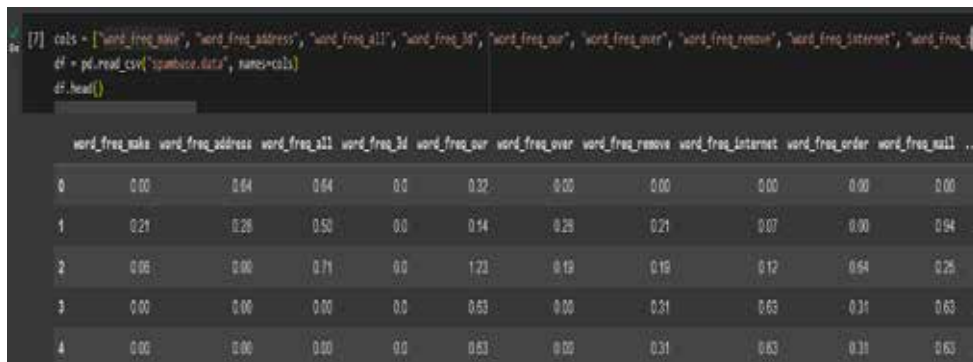
Бібліотека *Scikit-learn (Sklearn)* містить реалізації багатьох алгоритмів машинного навчання для класифікації, регресії, кластеризації тощо. *Sklearn* також має інструменти для попередньої обробки даних, валідації моделей та оцінки їхньої ефективності.

Imbalanced-learn (Imblearn) – це бібліотека для роботи з незбалансованими даними в задачах класифікації в *Python*. Вона надає методи та інструменти для ресемплінгу даних, такі як збільшення, зменшення та синтетичне створення прикладів, які допомагають покращити роботу класифікаторів на даних з незбалансованими класами.

Щоб виконати код у комірці натискаємо клавішу «Відтворити» ліворуч від коду або використовуємо комбінацію клавіш *Ctrl+Enter*. Щоб імпортувати наш набір даних, необхідно перетягнути файл “*spambase.data*” в папку (рис. 1).

За допомогою функції *pandas read_csv()* прочитаємо файл “*spambase.data*”. Спочатку створили список *cols* з елементами *word_freq_make*, *word_freq_address*, *word_freq_all* та ін., тобто це назви стовпців (властивості набору даних). Параметр

names приймає список *cols* елементи якого будуть використовуватись як заголовки для створеного набору даних *df*. В результаті виконання команди *df.head()* буде виведено перші п'ять рядків даних (рис. 2).



```
[7] cols = ["word_freq_make", "word_freq_address", "word_freq_all", "word_freq_3d", "word_freq_our", "word_freq_over", "word_freq_remove", "word_freq_internet", "word_freq_order", "word_freq_mail"]
df = pd.read_csv("spambase.data", names=cols)
df.head()
```

	word_freq_make	word_freq_address	word_freq_all	word_freq_3d	word_freq_our	word_freq_over	word_freq_remove	word_freq_internet	word_freq_order	word_freq_mail
0	0.00	0.64	0.64	0.0	0.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.21	0.28	0.50	0.0	0.14	0.28	0.21	0.07	0.00	0.04
2	0.06	0.00	0.71	0.0	1.23	0.19	0.16	0.12	0.64	0.26
3	0.00	0.00	0.00	0.0	0.63	0.00	0.31	0.63	0.31	0.63
4	0.00	0.00	0.00	0.0	0.63	0.00	0.31	0.63	0.31	0.63

Рис. 2. Дані файлу "spambase.data"

Нам необхідно передбачити для інших листів залежно від заданих властивостей якими будуть значення в полі *Class* чи 1, чи 0. Це називається **класифікацією**. Наприклад, для листа 0 на рис. 2. властивостями є значення *word_freq_make* = 0.00, *word_freq_address* = 0.64, *word_freq_all* = 0.64, *word_freq_3d* = 0.0, *word_freq_our* = 0.32 та інші. Властивості електронних листів будуть передані в певну модель, щоб передбачити значення міток, в цьому випадку це значення в стовпчику *Class*.

Основні теоретичні відомості [4-8]. Ознайомимось з деякими визначеннями. **Машинне навчання** – це галузь інформатики, в якій вивчаються алгоритми, спрямовані на автоматичне навчання комп'ютерів на основі даних без прямого втручання програміста. Це відмінно від традиційного програмування, де людина вказує комп'ютеру конкретні дії. Штучний інтелект, машинне навчання і наука про дані – всі ці терміни пов'язані між собою, але мають свої відмінності.

Штучний інтелект (ШІ) – це галузь інформатики, що спрямована на створення систем, які можуть виконувати завдання, аналогічні до тих, що виконуються людиною, і моделювати людську поведінку.

Машинне навчання в сучасному розумінні є підгалуззю штучного інтелекту, яка спрямована на розв'язання конкретних завдань та формування прогнозів на основі аналізу та використання відповідних даних.

Наука про дані є дисципліною, спрямованою на виявлення закономірностей в накопичених даних. Це може включати застосування методів машинного навчання. Отже, ці області взаємопов'язані між собою, і в них можуть використовуватись методи машинного навчання.

Існує декілька категорій машинного навчання, серед яких **кероване навчання**. При керованому навчанні використовуються відомі вхідні дані, що означає, що кожному набору вхідних даних відповідають відомі вихідні значення. Це дозволяє нам тренувати моделі та аналізувати вихідні дані залежно від вхідних.

Наприклад, маємо такі зображення (рис. 3), які для комп'ютера є наборами пікселів певних кольорів. При керованому навчанні всі ці вхідні дані мають мітки пов'язані з ними, необхідно щоб комп'ютер міг передбачити, що, наприклад, на

цій картинці зображена кішка, на цій картинці – собака, а на цій картинці – ящірка (рис. 3).



Рис. 3. Приклад коректного передбачення зображень при керованому навчанні

При **некерованому навчанні** алгоритмові не надається міток, залишаючи самостійно знаходити закономірності в даних.

Наприклад, маємо наступні вхідні дані (рис. 4), які для комп'ютера є лише зображеннями, лише пікселями.

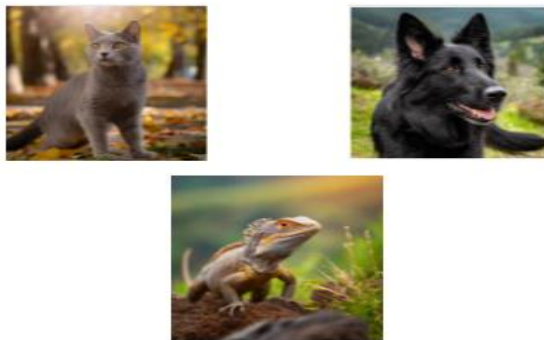


Рис. 4. Вхідні зображення при некерованому навчанні

При некерованому навчанні комп'ютер не зможе повідомити як результат хто є кішкою, собакою та ящіркою. Але він зможе згрупувати всі ці зображення й повідомити які групи мають щось спільне, тобто знайти певні структури в немаркованих даних (рис. 5).

І, нарешті, розглянемо **навчання з підкріпленням** при якому комп'ютерна програма навчається в якомусь інтерактивному середовищі на основі винагород і покарань. Наприклад, процес дресирування собаки (рис. 6), але якщо уявити що пес – це комп'ютер. По суті, те, що ми робимо, полягає в тому, що надаємо зворотний зв'язок, аналогічний винагородам, комп'ютеру й говоримо: «Привіт, це добре, продовжуй так робити».



Рис. 5. Групування подібних зображень при некерованому навчанні



Рис. 6. Процес дресирування пса

Розглянемо кероване навчання. Модель машинного навчання виглядає так, ніби є набір вхідних даних, які передаються певній моделі. Після обробки даних модель видає результат, який є нашим прогнозом, передбаченням. Отже, усі ці вхідні дані ми називаємо вектором ознак (feature vector).

У нас можуть бути якісні ознаки. Якісні означає категоріальні дані, тобто є кінцева кількість категорій або груп. Одним із прикладів якісної характеристики може бути стать чоловіча або жіноча. Іншими прикладами категоріальних даних є різні національності, території тощо. Але в них немає властивого порядку, тобто не можна оцінити Україну як одиницю, Францію як двійку тощо. Тому ми називаємо такі дані номінальними.

Номінальні дані ми можемо передати в комп'ютер за допомогою підходу One-Hot Encoding. Наприклад, є набір вхідних даних з України, Польщі, Німеччини та Франції. Щоб комп'ютер міг розпізнати такі дані можна використати One-Hot Encoding. Якщо дані відповідають певній категорії, то це одиниця, якщо ні, то

нуль. Наприклад, для України [1, 0, 0, 0], Польщі [0, 1, 0, 0], Німеччини [0, 0, 1, 0], Франції [0, 0, 0, 1] (табл. 1).

Таблиця 1

Відповідності категоріям (країнам) бінарних змінних

Країна	Бінарна змінна
Україна	[1, 0, 0, 0]
Польща	[0, 1, 0, 0]
Німеччина	[0, 0, 1, 0]
Франція	[0, 0, 0, 1]

Є ще інший тип якісних ознак. На рис. 7 ліворуч зображено різні вікові групи: немовлята, малюки, підлітки, молоді люди, дорослі та інші. А з правого боку ми можемо мати різні оцінки, а саме: погано, не дуже добре, так собі, добре та чудово. Це вже впорядковані дані. Наприклад, малюк набагато ближче до немовляти, ніж до літньої людини, а добре ближче до чудово, ніж до погано. І тому для таких типів наборів даних можна ввести позначення від одного до п'яти або присвоїти номери. Це матиме сенс і для комп'ютера.



Рис. 7. Різні вікові групи та настрої

Існують також **кількісні дані** – це дані з числовими значеннями, які можуть бути **дискретними** тобто цілими числами або **неперервними**, тобто дійсними числами. Наприклад, довжина або температура є кількісними характеристиками. А кількість яєць у кошику – приклад **дискретної кількісної характеристики**.

Числа, які входять до вектора ознак – це дані, які передаються в модель, тому що комп'ютери дуже добре та правильно розуміють числа (рис. 8).

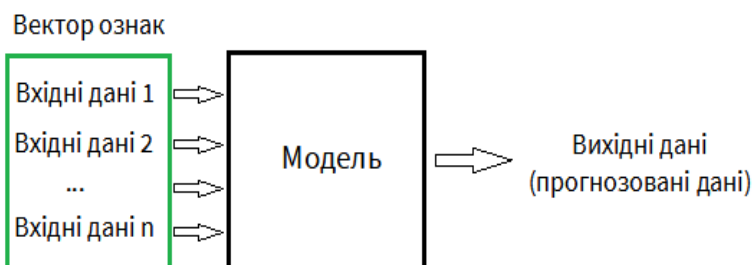


Рис. 8. Схематичне зображення передачі даних в модель для навчання

Які типи прогнозів може виводити наша модель? При керованому навчанні буває необхідно передбачити дискретні класи серед більше ніж двох варіантів, наприклад, чи це хот-дог, чи піца, чи морозиво. Це багатокласова класифікація.

Існує також бінарна класифікація, наприклад, чи це хот-дог, чи не хот-дог. Отже, є лише дві категорії, з якими працюють: чи щось є чимось, чи не є чимось.

В табл. 2 наведено різні приклади бінарної та багатокласової класифікацій.

Таблиця 2

Приклади бінарної та багатокласової класифікацій

Бінарна класифікація	Багатокласова класифікація
Позитивне/негативне	Ведмідь/ящірка/акула/кит
Кішка/собака	Мандарин/лимон/груша
Спам/не спам	Троянда/фіалка/лілія

Розглянемо регресійні моделі при керованому навчанні, які використовують при прогнозуванні безперервних значень. Тобто замість того, щоб просто намагатись спрогнозувати різні категорії, ми намагаємось передбачити число, яке має певну шкалу. Наприклад, якою буде найближчими днями температура повітря або ціни на нерухомість. Ми намагаємось передбачити числа, які є якомога ближчими до справжніх значень.

Розглянемо набір даних Heart Disease [13] (рис. 9), який можна завантажити з онлайн-репозитарію UCI Machine Learning Repository. Датасет про хвороби серця містить клінічні параметри пацієнтів, що можуть бути використані для прогнозування наявності або відсутності хвороб серця. Основні характеристики датафрейму включають вік, стать, артеріальний тиск, рівень холестерину тощо. Дані про наявність захворювання серця у пацієнта містяться в стовпці *num*, де 0 – захворювання немає, 1, 2, 3, 4 – є захворювання.

Матриця ознак, X

Вектор ознак

Вектор цільових значень, y

Властивості	age	sex	cp	trestbps	chol	fbs	restecg	thalach	exang	oldpeak	slope	ca	thal	num
	63.0	1.0	1.0	145.0	233.0	1.0	2.0	150.0	0.0	2.3	3.0	0.0	6.0	0
	67.0	1.0	4.0	160.0	286.0	0.0	2.0	108.0	1.0	1.5	2.0	3.0	3.0	2
	67.0	1.0	4.0	120.0	229.0	0.0	2.0	129.0	1.0	2.6	2.0	2.0	7.0	1
	37.0	1.0	3.0	130.0	250.0	0.0	0.0	187.0	0.0	3.5	3.0	0.0	3.0	0
	41.0	0.0	2.0	130.0	204.0	0.0	2.0	172.0	0.0	1.4	1.0	0.0	3.0	0
	56.0	1.0	2.0	120.0	236.0	0.0	0.0	178.0	0.0	0.8	1.0	0.0	3.0	0
	62.0	0.0	4.0	140.0	288.0	0.0	2.0	160.0	0.0	3.8	3.0	2.0	3.0	3
	57.0	0.0	4.0	120.0	354.0	0.0	0.0	163.0	1.0	0.8	1.0	0.0	3.0	0

Рис. 9. Позначення визначень на наборі даних Heart Disease

В одному рядку даних міститься інформація про одну людину (рис. 9). В кожному стовпчику містяться дані про властивості, наприклад про артеріальний тиск. У векторі ознак містяться вхідні дані з яких буде прогнозуватись чи має

пацієнт хвороби серця, чи ні. Все це є матрицею ознак X . Вектор цільових значень y – це значення які ми будемо намагатись передбачити (хворе серце у пацієнта чи ні).

Уявимо що набір даних [14] це плитка шоколаду (рис. 10), де X – матриця ознак, y – мітка, значення які необхідно передбачити. Кожен рядок даних буде передано в модель, яка зробить прогноз. Після будуть порівняні передбачені значення з фактичними значеннями y , які містяться в нашому наборі даних. В цьому є суть керованого навчання. Оцінивши невідповідності між прогнозованими та фактичними даними, ми зможемо переглянути й відповідно змінити модель.

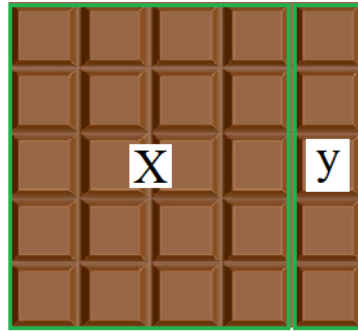


Рис. 10. Представлення набору даних плиткою шоколаду

Поступово ми будемо наближатись до справжніх значень, це є процесом навчання моделі. Виникає питання чи варто взяти всі дані для навчання (цілу плитку шоколаду)? Ні, тому що якщо ми так зробимо, то не будемо знати що наша модель буде коректно опрацьовувати нові дані. Тому розбиваємо весь набір даних на три різні набори даних на навчання, перевірку та тестування (рис. 11).



Рис. 11. Розбиття набору даних на навчання, перевірку та тестування

Залежно від того скільки є статистичних даних часто обирають наступні співвідношення між даними на навчання, перевірку та тестування 60%, 20%, 20% або 80%, 10%, 10%. Ми передаємо обрані для навчання дані в модель й обчислюємо різниці (втрати) між передбаченими та дійсними даними.

В процесі навчання вносяться корективи [15] й виконуються порівняння передбачених даних з даними обраними для перевірки. Це дозволяє після кожного тренування оцінювати втрати. Наприклад, необхідно перевірити якість прогнозування для певних вхідних даних на 4 різних моделях: *моделі А*, *моделі В*, *моделі С* та *моделі D* (рис. 12). З рис. 12 слідує, що *модель С* дає найнижчі втрати 0.5.

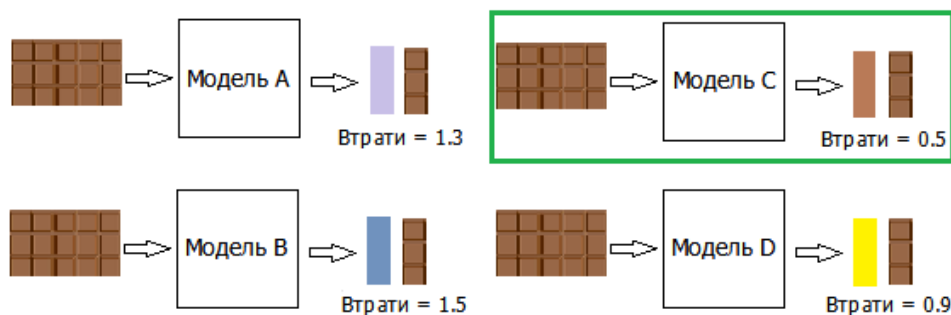


Рис. 12. Рівень втрат для різних моделей

Тестовий набір даних містить дані, які не були використані при навчаннях та перевірках. Тому тестові дані використовуються для остаточної перевірки, щоб побачити наскільки коректною є обрана модель. Отримані втрати свідчать про продуктивність моделі (рис. 13).

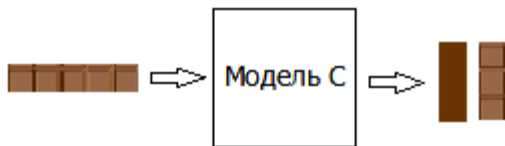


Рис. 13. Перевірка на тестових даних загальної коректності моделі

Втрати можна описати функцією L_1 (найменші абсолютні відхилення), значення якої являються абсолютними значеннями різниць між прогнозованими ($y_{predicted}$) та фактичними даними (y_{true}).

$$L_1 = \sum_{i=1}^n |y_{true} - y_{predicted}| \quad (2)$$

Наприклад, якщо реальне значення відрізняється від прогнозованого на 10 або на -10, то втрати становлять 10.

Також втрати можна описати функцією найменших квадратів L_2 , яка є сумою квадратів різниць між прогнозованими та фактичними даними.

$$L_2 = \sum_{i=1}^n (y_{true} - y_{predicted})^2 \quad (3)$$

Функція втрат L_2 має деякі математичні властивості, які роблять її зручною для обчислень, оскільки вона використовує квадратичні значення, що спрощує деякі аспекти оптимізації. Але якщо в наборі даних присутні великі відхилення, то функція L_2 не дає добрих результатів, тому що значні квадратичні різниці в результаті дають великі помилки. Тому в таких випадках функція L_1 може бути кращим вибором.

Також використовують показники точності чи продуктивності. Припустімо, що фотографії яблука та апельсина передаються в модель, а передбаченнями можуть

бути що це або яблуко, або апельсин (табл. 3). З таблиці слідує, що три передбачення правильні, а одне неправильне. Отже, точність цієї моделі становить три чверті або 75%.

Таблиця 3

Точності передбачення для фруктів (яблуко, апельсин)

Зображення	Фрукт, який передбачено	Фрукт, який є насправді
	Яблуко	Яблуко
	Апельсин	Апельсин
	Апельсин	Яблуко
	Яблуко	Яблуко

Подальший аналіз датасету Spambase. Продовжимо працювати в Google CoLab з нашим набором даних Spambase (рис. 2). Створимо графічні представлення цих табличних даних та проаналізуємо результати. Код наведений на рис. 14 дозволяє побудувати гістограми, тобто графічні представлення розподілу даних, зображені у вигляді стовпчиків.

```
for label in cols[:-1]:
    plt.hist(df[df["Class"]==1][label], color='red', label='spam', alpha=0.7)
    plt.hist(df[df["Class"]==0][label], color='green', label='non-spam', alpha=0.7)
    plt.title(label)
    plt.ylabel("Count")
    plt.xlabel(label)
    plt.legend()
    plt.show()
```

Рис. 14. Команди для побудови гістограм

Виконавши цей код побудуємо гістограми для кожної властивості набору даних з розділенням на 2 класи: клас 1 для листів які містять спам та клас 0 для листів які не містять спаму. Побудовані гістограми відображають реальні частоти (кількості реєстрацій листів як спам або не спам) в кожному інтервалі (стовпці). Проаналізуємо деякі команди коду рис. 14. `for label in cols[:-1]:` – це цикл, який проходиться по всіх властивостях (колонках) набору даних, за винятком останньої, яка містить мітки класів. Функція `hist` з бібліотеки `Matplotlib` викликається для побудови гістограм для значень класів 1 та 0 (спам чи не спам відповідно). Параметри `color`, `label` та `alpha` використовуються для налаштування вигляду гістограм. Вираз `plt.title(label)` встановлює заголовок графіку, який відповідає назві поточної властивості, яка зберігається у змінній `label`. `plt.ylabel("Count")`, `plt.xlabel(label)` встановлюють підписи для осей у та `x` відповідно. `plt.ylabel()` та `plt.xlabel()` – це функції з бібліотеки `Matplotlib` у `Python`, які використовуються для встановлення підписів осей у та `x` відповідно. Функція `plt.legend()` додає легенду, щоб показати,

який колір прямокутника гістограми відповідає класам 1 та 0. Функція *plt.show()* відображає побудовану гістограму.

Проаналізуємо деякі гістограми (рис. 15). З першої гістограми слідує, що для властивості *word_freq_credit* (відсоток слів *credit* в електронному листі), якщо є слова *credit*, то більшість листів буде спамом. Якщо в листах невелика кількість символів “!” (властивість *char_freq_!* визначає відсоток символів “!” в електронному листі), то більшість листів буде належати до спаму. При зростанні загальної кількості великих літер в електронному листі, яку визначає властивість *capital_run_length_total*, більшість листів буде містити спам (рис. 15).

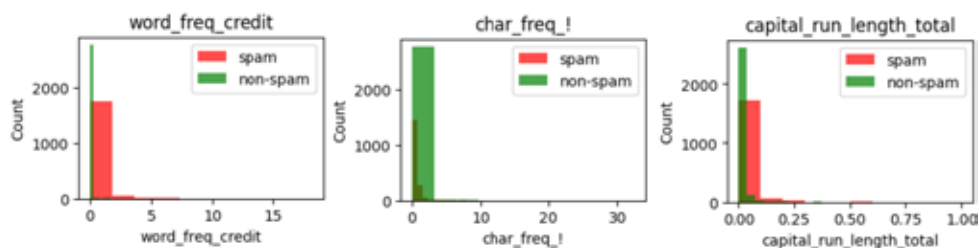


Рис. 15. Гістограми для властивостей *word_freq_credit*, *char_freq_!*, *capital_run_length_total*

Розіб'ємо дані з набору Spambase на дані які будуть використані для навчання, перевірки та тестування (рис. 16). Наступний рядок коду *train, valid, test = np.split(df.sample(frac=1), [int(0.6*len(df)), int(0.8*len(df))])* розділяє набір даних на *train*, *valid*, *test*. *df.sample(frac=1)* випадковим чином перемішує всі рядки у наборі даних *df*. Це забезпечує задання рандомного розміщення даних й дозволяє уникати будь-яких упорядкованих залежностей у вихідному наборі даних. *np.split(..., [...])* – це функція *split()* бібліотеки *NumPy*, яка розбиває дані на підмасиви вказаної довжини або розділяє масив за вказаними індексами. Перший аргумент *df.sample(frac=1)* – це випадковим чином перемішані дані з набору *df*. Другий аргумент *[int(0.6*len(df)), int(0.8*len(df))]* – це список, що містить два елементи. Перший елемент *int(0.6*len(df))* вказує на індекс, до якого будуть включені дані для навчального набору. У цьому випадку це 60% від загальної кількості рядків у наборі даних *df*. Другий елемент *int(0.8*len(df))* вказує на індекс, до якого будуть включені дані в набір для перевірки. У цьому випадку це 80% від загальної кількості рядків у наборі даних *df*. Решта, тобто дані після другого індексу, будуть використані для тестування. Отже, після виконання цього рядка коду, в змінних *train*, *valid* і *test* міститимуться відповідно навчальний, перевірочний й тестовий набори даних. На навчання виділяється 60% з усіх даних набору, а на перевірку та тестування – по 20%.

Визначимо функцію *scale_dataset()* (рис. 16), яка буде виконувати масштабування даних та, в разі потреби, перебалансування класів у наборі даних. У цій функції дані з набору перетворюються в масив *X*, який містить властивості, та масив *y*, який містить вектор цільової змінної (дані в колонці *Class*).

StandardScaler() – це об'єкт, який використовується для масштабування ознак, перетворюючи їх так, щоб вони мали середнє значення 0 і стандартне відхилення 1. *scaler.fit_transform(X)* – це метод, який застосовує масштабування до матриці ознак *X*.


```
[45] train, valid, test = np.split(df.sample(frac=1), [int(0.6*len(df)), int(0.8*len(df))])

def scale_dataset(dataframe, oversample=False):
    X = dataframe[dataframe.columns[:-1]].values
    y = dataframe[dataframe.columns[-1]].values

    scaler = StandardScaler()
    X = scaler.fit_transform(X)

    if oversample:
        ros = RandomOverSampler()
        X, y = ros.fit_resample(X, y)

    data = np.hstack((X, np.reshape(y, (-1, 1))))

    return data, X, y
```

Рис. 16. Розбиття набору *Spambase* на дані для навчання, перевірки та тестування. Визначення функції *scale_dataset()*

При увімкненні коли *oversample=True* функцією *scale_dataset()* буде виконуватись перебалансування класів. Це процес зміни розподілу класів у наборі даних з метою покращення роботи моделі, особливо в умовах нерівності кількостей прикладів між класами. В нашому наборі даних *Spambase* міститься усього 4601 рядок з даними (рис. 17). На навчання виділяється 60% з цих даних, тобто це становить 2760 рядків. Як було вказано вище дані на навчання, перевірку та тестування обираються випадковим чином. З рис. 17 слідує, що на навчання було виділено 1098 записів для *спаму* та 1662 записів для *не спамових листів*. Для набору даних на навчання параметр *oversample* встановлено *True*, тому виконано перебалансування класів за допомогою методу випадкової перевибірki (*RandomOverSampler*). Цей метод створює нові екземпляри менш представлених класів або видаляє екземпляри з надлишкових класів для створення збалансованого набору даних. В нашому випадку були створені нові екземпляри для менш представленого класу *листів які містять спам*. Кількість записів зі *спамом* була збільшена з 1098 до 1662 (рис. 17). Дані стали збалансованими. Але для даних, які виділяються на перевірку та тестування не потрібно виконувати балансування (рис. 17, *oversample=False*), тому що необхідно мати випадковий незмінний набір даних, щоб отримати фактичні результати по точності прогнозування.

ros.fit_resample(X, y) – це метод, який застосовує перебалансування класів до матриці ознак *X* та вектору цільової змінної *y*.

np.hstack((X, np.reshape(y, (-1, 1))) – функція, яка об'єднує масив *X* (властивості) та масив, який містить цільові змінні *y* у єдиний двовимірний масив. В результаті кожний рядок цього масиву буде представляти один зразок даних, де перші *n* стовпців відповідають ознакам, а останній стовпець – цільовій змінній.

Функція *scale_dataset()* повертає масив *data*, який містить масштабовані та, за потреби, перебалансовані дані. Також ця функція повертає окремо масив *X* і вектор *y*, які містять відповідно масштабовані ознаки та цільову змінну.

```
o [47] print(len(df))
      4601

o [48] print(len(train[train["Class"]==1])) # spam
      print(len(train[train["Class"]==0])) # non-spam
      1098
      1662

o [49] train, X_train, y_train = scale_dataset(train, oversample=True)
      valid, X_valid, y_valid = scale_dataset(valid, oversample=False)
      test, X_test, y_test = scale_dataset(test, oversample=False)

o [50] len(y_train)
      3324

o [51] sum(y_train == 1)
      1662

o [52] sum(y_train == 0)
      1662
```

Рис. 17. Перебалансування класів з набору даних призначених на навчання

Висновки. У статті було розглянуто основи машинного навчання та дано основні визначення. В середовище для розробки програмного забезпечення Google CoLab було завантажено набір даних Spambase. Виконано обробку та аналіз даних з використанням мови програмування Python та бібліотек NumPy, Pandas, Matplotlib, Sklearn, Imblearn. З цим набором даних [4, 7] можна проводити більш глибокий аналіз із використанням методів машинного навчання: k-найближчих сусідів, Наївний Баєсів класифікатор, логістична регресія, метод опорних векторів та інші.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Butakov, N. Exploring machine learning use cases in telecom. Ericsson – Helping to shape a world of communication. Режим доступу: <https://www.ericsson.com/en/blog/2021/5/machine-learning-use-cases-in-telecom> (дата звернення: 30.03.2024).
2. Tsolaki, K. (2023). Utilizing machine learning on freight transportation and logistics applications: A review. ICT Express, (9), 284–295. Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.ict.2022.02.001> (дата звернення: 30.03.2024).
3. Kuleto, V. (2021). Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence and Machine Learning in Higher Education Institutions. Sustainability, (13), 10–24. Режим доступу: <https://doi.org/10.3390/su131810424> (дата звернення: 30.03.2024).
4. Харченко, В. О. (2023). Основи машинного навчання : навч. посіб. Суми : Сум. держ. Університет. 264с. Режим доступу: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/download/123456789/92711/1/Kharchenko_mashynne_navchannia.pdf (дата звернення: 30.03.2024).
5. Могильний, С. Б. (2019). Машинне навчання з використанням мікрокомп'ютерів : Навч.-метод. посіб. Київ, 224 с. Режим доступу: <https://api.man.gov.ua/api/assets/man/54c0ee59-b490-4ff3-a346-90a89fd67e30/> (дата звернення: 30.03.2024).
6. Burkov A. (2019). The Hundred-Page Machine Learning Book. p.160.

7. FreeCodeCamp.org. Machine Learning for Everybody – Full Course. (2022). YouTube. Режим доступу: https://www.youtube.com/watch?v=i_LwzRVP7bg (дата звернення: 30.03.2024).
8. Programming with Mosh. Python Machine Learning Tutorial (Data Science). (2020). YouTube. Режим доступу: <https://www.youtube.com/watch?v=7eh4d6sabA0> (дата звернення: 30.03.2024).
9. Spambase / М. Hopkins та ін. UCI Machine Learning Repository. Режим доступу: <https://archive.ics.uci.edu/dataset/94/spambase> (дата звернення: 30.03.2024).
10. McKinney, W. Python for Data Analysis. Sebastopol, California : O'Reilly Media, Inc., 2012. р. 470. Режим доступу: <https://bedford-computing.co.uk/learning/wp-content/uploads/2015/10/Python-for-Data-Analysis.pdf> (дата звернення: 30.03.2024).
11. Лемешко, А.В., Антоненко, А.В., Петрик, А.В. (2023) Нейроморфні системи як інструмент реалізації штучного інтелекту. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки, 34 (73), (3), 175-183.
12. Антоненко А., Пахомов, М., Калита, Т., Галета, В. (2023). Використання штучного інтелекту в автоматизованих системах. Вісник Хмельницького національного університету, (4), (323), 11-20.
13. Pykes K. Python Machine Learning: Scikit-Learn Tutorial. <https://app.datacamp.com>. Режим доступу: <https://www.datacamp.com/tutorial/machine-learning-python> (дата звернення: 30.03.2024).
14. Tamanna. Handling Imbalanced Datasets in Python: Methods and Procedures. Medium. Режим доступу: <https://medium.com/@tam.tamanna18/handling-imbalanced-datasets-in-python-methods-and-procedures-7376f99794de> (дата звернення: 30.03.2024).
15. Heart Disease / A. Janosi та ін. UCI Machine Learning Repository. Режим доступу: <https://archive.ics.uci.edu/dataset/45/heart+disease> (дата звернення: 30.03.2024).

REFERENCES:

1. Butakov, N. Exploring machine learning use cases in telecom. Ericsson – Helping to shape a world of communication. URL: <https://www.ericsson.com/en/blog/2021/5/machine-learning-use-cases-in-telecom> (date of access: 30.03.2024).
2. Tsolaki, K. (2023). Utilizing machine learning on freight transportation and logistics applications: A review. ICT Express, (9), 284–295. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ict.2022.02.001> (date of access: 30.03.2024).
3. Kuleto, V. (2021). Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence and Machine Learning in Higher Education Institutions. Sustainability, (13), 10-24. URL: <https://doi.org/10.3390/su131810424> (date of access: 30.03.2024).
4. Kharchenko, V. (2023). Fundamentals of machine learning: tutorial. Sumy : Sumy State University, 264 p. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/92711/1/Kharchenko_mashynne_navchannia.pdf (date of access: 30.03.2024) [in Ukrainian].
5. Mohylnyi, S. (2019). Machine learning with the use of microcomputers: Educational and methodological guide, Kyiv, 224 p. URL: <https://api.man.gov.ua/api/assets/man/54c0ee59-b490-4ff3-a346-90a89fd67e30/> (date of access: 30.03.2024) [in Ukrainian].
6. Burkov, A. (2019). The Hundred-Page Machine Learning Book. 160.
7. FreeCodeCamp.org. Machine Learning for Everybody – Full Course. (2022). YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=i_LwzRVP7bg (date of access: 30.03.2024).
8. Programming with Mosh. Python Machine Learning Tutorial (Data Science), (2020). YouTube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7eh4d6sabA0> (date of access: 30.03.2024).

9. Hopkins, M. Spambase. UCI Machine Learning Repository. URL: <https://archive.ics.uci.edu/dataset/94/spambase> (date of access: 30.03.2024).
 10. McKinney, W. (2012). Python for Data Analysis. Sebastopol, California : O'Reilly Media, Inc., 470 p. URL: <https://bedford-computing.co.uk/learning/wp-content/uploads/2015/10/Python-for-Data-Analysis.pdf> (date of access: 30.03.2024).
 11. Lemesko, A.V., Antonenko, A.V., Petryk, A.V. (2023) Neiromorfni systemy yak instrument realizatsii shtuchnoho intelektu. Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernadskoho. Seriiia: Tekhnichni nauky. (34), (73), (3), 175-183.
 12. Antonenko, A., Pakhomov, M., Kalyta, T., Haleta, V. (2023). Vykorystannia shtuchnoho intelektu v avtomatyzovanykh systemakh. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, (4), (323), 11-20.
 13. Pykes, K. Python Machine Learning: Scikit-Learn Tutorial. <https://app.datacamp.com>. URL: <https://www.datacamp.com/tutorial/machine-learning-python> (date of access: 30.03.2024).
 14. Tamanna. Handling Imbalanced Datasets in Python: Methods and Procedures. Medium. URL: <https://medium.com/@tam.tamanna18/handling-imbalanced-datasets-in-python-methods-and-procedures-7376f99794de> (date of access: 30.03.2024).
 15. Janosi, A. Heart Disease et al. UCI Machine Learning Repository. URL: <https://archive.ics.uci.edu/dataset/45/heart+disease> (date of access: 30.03.2024).
-

УДК 004.58

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.2>

ВИКОРИСТАННЯ NFC-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ РОБОЧОГО ЧАСУ ПРАЦІВНИКІВ

Завгородній В. В. – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інформаційних технологій
Державного університету інфраструктури та технологій
ORCID ID: 0000-0002-8347-7183

Завгородня Г. А. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій
Державного університету інфраструктури та технологій
ORCID ID: 0000-0001-8523-1761

Завгородній В. В. – асистент кафедри інформаційних технологій
Державного університету інфраструктури та технологій
ORCID ID: 0009-0006-2752-9475

Горячковський Ю. М. – магістр кафедри інформаційних технологій
Державного університету інфраструктури та технологій
ORCID ID: 0009-0003-9088-024X

Дана робота присвячена питанню використання NFC-технологій для автоматизації обліку робочого часу працівників. Розглядається проєктування сервісу для обліку робочого часу та контролю дисципліни серед працівників. Цей сервіс дозволить оперативно виявляти порушення дисципліни та сповіщати керівників через SMS та інші канали зв'язку. Для зчитування даних може використовуватися смартфон на базі операційної системи Android з технологією безконтактної передачі даних NFC та NFC-карти для ідентифікації співробітників. Мобільний додаток встановлюється на смартфоні для емуляції роботи терміналу. Цей додаток зчитує дані з ключів співробітників та надсилає їх на сервер через Wi-Fi або GSM. На сервері проводиться обчислення фактичного часу, присутності співробітника на робочому місці, генерується табель робочого часу для кожного співробітника та збирається статистика запізень та перевиконань по відділах.

У процесі аналізу вимог було складено технічне завдання, в якому сформульовані основні функціональні та нефункціональні вимоги до системи, визначені основні користувачі системи та варіанти використання системи користувачами.

Розроблена архітектура сервісу контролю часу, яка включає три основні компоненти: сервер, зовнішні клієнти (додатки для iOS, Android та веб-інтерфейс) та REST-сервіс. Усі ці компоненти є незалежними один від одного, тож зміна одного не впливає на інші.

Було запропоновано новаторське рішення для створення хмарного сервісу контролю робочого часу, яке ґрунтується на сучасній технології ближнього поля NFC для комунікації. Основними перевагами системи обліку робочого часу є швидке впровадження, доступність обладнання та низькі витрати експлуатації, що робить його ідеальним вибором для навіть невеликих підприємств. Також, сервіс може використовуватися для контролю працівників не лише на стаціонарних робочих місцях, а й у мобільних та просторових умовах.

Ключові слова: система контролю часу, NFC, діаграма варіантів використання, діаграма компонентів, REST-сервіс.

Zavgorodnii V. V., Zavgorodnya A. A., Zavgorodnii V. V., Horiachkovskiy Yu. M. Use of NFC technologies to automate employee timekeeping

This work is devoted to the issue of the use of NFC technologies to automate the accounting of employees' working hours. The design of a service for accounting of working hours and control of discipline among employees is under consideration. This service will allow prompt detection of discipline violations and notification of managers via SMS and other communication channels. A smartphone based on the Android operating system with NFC contactless data transfer technology and an NFC card for employee identification can be used to read data. The mobile application is installed on a smartphone to emulate the operation of the terminal. This application reads data from employees' keys and sends them to the server via Wi-Fi or GSM. The server calculates the actual time, the employee's presence at the workplace, generates a timesheet for each employee, and collects statistics on delays and overruns by department.

In the process of requirements analysis, a technical task was drawn up, in which the main functional and non-functional requirements for the system were formulated, the main users of the system and options for using the system by users were determined.

The time control service architecture is developed, which includes three main components: a server, external clients (apps for iOS, Android, and a web interface) and a REST service. All of these components are independent of each other, so changing one does not affect the others.

An innovative solution for the creation of a cloud-based time management service was proposed, which is based on the modern NFC near-field technology for communication. The main advantages of the timekeeping system are quick implementation, availability of equipment and low operating costs, which makes it an ideal choice for even small enterprises. Also, the service can be used to monitor employees not only at stationary workplaces, but also in mobile and spatial conditions.

Key words: time tracking system, NFC, use case diagram, component diagram, REST service.

Постановка проблеми. Облік робочого часу працівників є стандартною практикою у будь-якій компанії. Інформація про реальний час, який вони витрачають на роботі, використовується для створення табеля обліку робочого часу, визначення заробітної плати та інших виплат. Ці дані допомагають керівникам контролювати працівників, підвищувати продуктивність і приймати управлінські рішення.

Україна має сотні тисяч малих підприємств, які, за даними статистики, не можуть скористатися існуючими послугами обліку робочого часу через технічні складності та високі витрати на обладнання.

Аналіз різних методів показує, що технологія передачі даних через NFC є найбільш надійною, а смартфони на базі Android із вбудованим NFC-зчитувачем є найбільш доступними терміналами для цієї технології. Тому актуальним є завдання розробки платформи обліку робочого часу, яка б використовувала можливість сучасних смартфонів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під час аналізу останніх досліджень виявлено, що недостатньо робіт, які надають повний огляд автоматизованих систем і програмних додатків для обліку робочого часу та присутності працівників. Не всі з них враховують всю ширину наявних технологій та вплив використання таких систем у сучасних організаційних умовах.

У роботі [1-2] розглядається дизайн та реалізація автоматизованої системи обліку робочого часу та присутності за допомогою RFID-технологій. Доволі детально розглядаються переваги такої системи з точки зору точності, ефективності та вигідності. Проте, в цій роботі не висвітлені питання щодо безпеки даних та проблеми інтеграції такої системи з існуючими інформаційними системами підприємства.

Автори [3-4] досліджують розробку хмарної системи обліку присутності, що інтегрує біометричну аутентифікацію для точного та безпечного відстеження часу. Стаття обговорює переваги обчислення у хмарі у керуванні даними про присутність та доступність їх з будь-якого місця. Але вона не надає достатньої інформації

про конкретні технічні деталі реалізації системи, таких як вибір платформи хмарних обчислень, масштабування системи та забезпечення безпеки даних.

Автори роботи [5-6] пропонують концепцію мобільної системи обліку присутності працівників, яка використовує технологію GPS для відстеження місцезнаходження. Досліджуються виклики та переваги впровадження такої системи в сучасних робочих середовищах. Але, деякі аспекти, такі як масштабування системи для великих організацій або вирішення проблем інтерференції з іншими мобільними додатками, залишаються недостатньо розкритими.

Робота [7-8] наводить огляд різних біометричних систем обліку присутності, включаючи технології відбитків пальців, розпізнавання очей та обличчя. Автори обговорюють надійність, безпеку та зручність використання біометричних систем для управління часом та присутністю. Проте в цій роботі не досліджено питання ефективності біометричних систем у різних фізичних умовах.

Отже, питання розробки систем обліку присутності працівників потребує додаткового дослідження та уваги до різних аспектів її функціонування.

Формулювання цілей статті. Метою цієї статті є проектування сервісу для автоматизації обліку робочого часу та контролю дисципліни серед працівників. Для зчитування даних може використовуватися смартфон на базі операційної системи Android з технологією безконтактної передачі даних NFC та NFC-карти для ідентифікації співробітників. Мобільний додаток встановлюється на смартфоні для емуляції роботи терміналу. Цей додаток буде зчитувати дані з ключів співробітників та надсилати їх на сервер через Wi-Fi або GSM. На сервері буде проведено обчислення фактичного часу, присутності співробітника на робочому місці, згенеровано таблиць робочого часу для кожного співробітника та зібрано статистику запізнень та перевиконань по відділах.

Виклад основного матеріалу. Система контролю часу розробляється для нагляду за виконанням графіка роботи працівниками компанії. Цей сервіс дозволить оперативно виявляти порушення дисципліни та сповіщати керівників через SMS та інші канали зв'язку. Для ідентифікації працівників використовуються NFC-ключі, такі як картки київського метро, банківські картки, NFC-смартфони або брелоки. При вході або виході з офісу працівник використовує свій NFC-ключ на спеціальному терміналі, який передає дані на сервер для подальшого оброблення та аналізу. Дані про відвідування працівників можна переглядати через веб-інтерфейс, де генерується таблиць робочого часу та відображається статистика порушень.

Процес розробки системи контролю часу починається з визначення функціональних вимог до неї з метою опису можливостей, що мають бути реалізовані у системі, що розробляється. Ці вимоги включають бізнес-вимоги і вимоги користувача, які були виявлені для системи контролю часу:

1. Створення облікового запису та вхід до системи для користувача.
2. Створення нової організації.
3. Додавання співробітників до організації.
4. Призначення робочих графіків для співробітників.
5. Призначення ключів для співробітників та управління статусами цих ключів через систему.
6. Додавання нових терміналів та управління статусами терміналів.
7. Відзначення співробітників у сервісі.
8. Кешування даних про відмітки працівників на терміналі для покращення швидкодії.

9. Гнучке налаштування опцій роботи терміналу відповідно до потреб організації.

10. Генерування табелю обліку робочого часу для кожного співробітника.

Нефункціональні вимоги описують характеристики та обмеження, які система повинна мати. Ці вимоги визначають, як система має працювати і які властивості повинна мати. Для реалізації системи контролю часу були сформульовані наступні нефункціональні вимоги:

1. Сервер має надавати REST API для операцій з даними.
2. Система має використовувати триланкову клієнт-серверну архітектуру: клієнт – сервер додатків – сервер баз даних.
3. Система повинна забезпечувати розділення даних на центральну базу даних та локальні бази даних для кожної організації.
4. Сервер повинен бути реалізований на мові програмування Python з використанням платформи Django.
5. Мобільний додаток повинен бути розроблений для платформи Android за допомогою мови програмування Java.

На рисунку 1 наведено діаграму варіантів використання сервісу контролю часу. При проектуванні цього сервісу було виділено чотири основні актори, які взаємодіють з системою, що розробляється: користувач, співробітник організації, менеджер організації та власник організації.



Рис. 1. Діаграма варіантів використання сервісу контролю часу

Користувач може створити новий обліковий запис у сервісі, увійти в систему через веб-інтерфейс або мобільний додаток, використовуючи вже наявні логін та пароль, або створити нову організацію, ставши її власником. Користувач

є базовим актором, характеристики та властивості якого успадковуються рештою акторів.

Співробітник організації може відзначитись у сервісі, використовуючи персональний NFC-ключ, переглянути журнали відвідувань та таблиці обліку робочого часу співробітників організації, а також переглянути інформацію про організацію, в якій він працює.

Менеджер організації має повноваження для управління організацією, включаючи додавання нових співробітників, підрозділів та терміналів, призначення працівникам робочих графіків та унікальних ключів для ідентифікації в сервісі. Менеджер також може управляти статусами ключів співробітників та терміналів, вносити коригування до журналу та заповнювати таблиць обліку робочого часу.

Власник організації має необмежені привілеї на управління своєю організацією, включаючи управління ролями співробітників організації та можливість видалення організації.

У кожного актора системи один є чи кілька прецедентів. На цій діаграмі деякі низькорівневі прецеденти об'єднані в прецеденти вищого рівня.

Створення облікового запису – будь-який анонімний користувач може створити новий обліковий запис у сервісі.

Авторизація в системі – неавторизований користувач може пройти процедуру авторизації у сервісі через веб-інтерфейс або мобільний додаток.

Позначка присутності – кожен співробітник організації, який має активний NFC-ключ, може відзначитись у сервісі, піднісши ключ до терміналу.

Усі позначки співробітників записуються до журналу відвідувань. Будь-який користувач за участю співробітника організації може *переглянути журнал* відвідувань організації.

Додавання співробітника – власник чи менеджер організації мають можливість додати нового співробітника до організації та встановити йому параметри працевлаштування.

Після додавання співробітника йому можна *призначити графік роботи*, відповідно до якого фіксується час приходу на роботу, звільнення з роботи та початку та закінчення перерв. Графік роботи розраховується до кінця року або до закінчення трудового договору. Відхилення фактичного часу присутності співробітника на робочому місці від призначеного графіка роботи розглядаються як дисциплінарні порушення.

Кожному співробітнику необхідно *призначити ключ* для ідентифікації у системі. Використовуючи свій NFC-ключ, співробітник реєструє в системі час початку робочого дня, закінчення робочого дня та час всіх перерв.

Для забезпечення можливості працівникам відзначатись у системі необхідно *додати термінал*. Процес додавання нового терміналу є двоступеневим алгоритмом, що складається з генерації коду активації терміналу у веб-інтерфейсі і введення цього коду на мобільний пристрій. Після виконання цих кроків термінал готовий до роботи.

Створення організації може здійснити авторизований користувач у системі. Користувач, який створив організацію, стає її власником.

Призначити менеджера для передачі певних повноважень з управління сервісом може лише власник організації.

Видалити організацію може лише її власник. При цьому організація позначається як видалена та не відображається у списку активних організацій користувача. Організація зберігається у системі у видаленому стані, щоб у майбутньому її можна було відновити.

Архітектура сервісу для обліку робочого часу ґрунтується на класичній триланковій архітектурі: клієнт – сервер додатків – сервер баз даних. У цій архітектурі клієнтами є мобільні додатки для iOS, Android та веб-додаток.

Для візуалізації структури архітектури сервісу було використано діаграму компонентів. Ця діаграма наглядно показує розподіл програмної системи на окремі компоненти та взаємозв'язки між ними. Діаграма компонентів обліку часу, зображена на рисунку 2, містить наступні компоненти: сервер системи контролю часу, REST-сервіс та зовнішні клієнти.

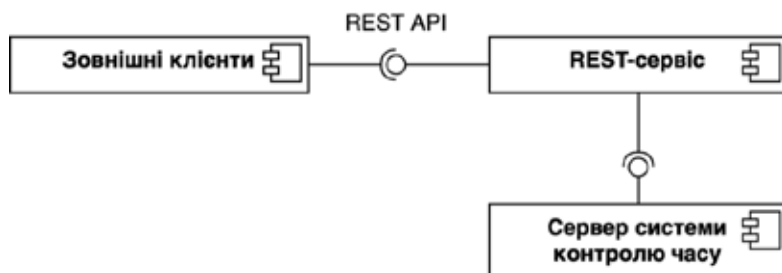


Рис. 2. Діаграма компонентів сервісу контролю часу

Взаємодія між клієнтами та сервером системи контролю часу здійснюється через REST API, наданий REST-сервісом. REST-сервіс використовує протокол HTTP для передачі інформації. Він реалізує ряд функцій з управління обліковими записами, організаціями, співробітниками, ключами співробітників, терміналами та журналами відвідувань.

Зовнішні клієнти (Android-додаток, iOS-додаток, веб-інтерфейс) постійно взаємодіють із сервером через REST-сервіс для реєстрації нових подій у системі (виявлення та зчитування ключів співробітників). Вони також періодично запитують у сервера дані про реквізити організації, списки співробітників та їх активні ключі, списки терміналів та журнали організації.

Висновки. Було запропоновано новаторське рішення для створення хмарного сервісу контролю робочого часу, яке ґрунтується на сучасній технології ближнього поля NFC для комунікації. Основними перевагами системи обліку робочого часу є швидке впровадження, доступність обладнання та низькі витрати експлуатації, що робить його ідеальним вибором для навіть невеликих підприємств. Також, сервіс може використовуватися для контролю працівників не лише на стаціонарних робочих місцях, а й у мобільних та просторових умовах, наприклад, на будівництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Nabeel A., Ahmed A., Hasanein R., Basheer Al-S., Haider A. Automated attendance management systems: systematic literature review. *International Journal of Technology Enhanced Learning*. 2022. Vol. 14. No. 37. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2022.120559>
2. Zavgorodnii V., Zavgorodnya A., Maiko V., Malikov V., Zhuk D. Methods and models for assessment of reliability of structural-complex systems. *World science*. 2018. Vol. 11. Is. 39. P. 5–14.
3. Younis M.I., Younis M., Abed M.M., Alsewari A.R. Development of an Attendance System Based on Cloud. *Fog Computing with Data Recovery Capability. Iraqi Journal of Science*. 2020. Vol. 61. Is. 5. P. 1190–1201.

4. Nwazor O.N., Olusolape M.M. Cloud Based Attendance Management and Information System. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. 2021. Vol. 10. Is. 09. DOI: <https://doi.org/10.17577/IJERTV10IS090051>
5. Naen F.N., Mohamad H., Yazi N.A., Chee K.N. Development of Attendance Monitoring System with Artificial Intelligence Optimization in Cloud. *International Journal of Artificial Intelligence*. 2021. Vol. 8. P. 88–98. DOI: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijai-0802.315>
6. Завгородній В.В., Завгородня Г.А., Дроботович К.Є., Тенігін О.В., Шматко М.М. Математичне моделювання у методах формального дослідження. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 32 (71). № 6. 2021. С. 75–79. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/12>
7. Somasundaram V., Kannan M., Sriram V. Mobile based Attendance Management System. *Indian Journal of Science and Technology*. 2016. Vol. 9. Is. 35. P. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i35/101807>
8. Zavgorodnya A., Zavgorodnii V., Plisenko V, Provatorov N., Kudientsov P. Methods modeling systems for the improvement of their reliability. *International Academy Journal Web of Scholar*. 2019. Vol. 9. Is. 39. P. 3–11. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/30092019/6683

REFERENCES:

1. Nabeel, A., Ahmed, A., Hasanein, R., Basheer, Al-S., & Haider, A. (2022). Automated attendance management systems: systematic literature review. *International Journal of Technology Enhanced Learning*. Vol. 14. No. 37. DOI: <https://doi.org/10.1504/IJTEL.2022.120559>
2. Zavgorodnii, V., Zavgorodnya, A., Maiko, V., Malikov, V. & Zhuk, D. (2018) Methods and models for assessment of reliability of structural-complex systems. *World science*. Vol. 11. Is. 39. P. 5–14.
3. Younis, M.I., Younis, M., Abed, M.M. & Alsewari, A.R. (2020) Development of an Attendance System Based on Cloud. *Fog Computing with Data Recovery Capability. Iraqi Journal of Science*. 2020. Vol. 61. Is. 5. P. 1190–1201.
4. Nwazor, O.N. & Olusolape, M.M. (2021) Cloud Based Attendance Management and Information System. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. Vol. 10. Is. 09. DOI: <https://doi.org/10.17577/IJERTV10IS090051>
5. Naen, F.N., Mohamad, H., Yazi, N.A., & Chee, K.N. (2021) Development of Attendance Monitoring System with Artificial Intelligence Optimization in Cloud. *International Journal of Artificial Intelligence*. 2021. Vol. 8. P. 88–98. DOI: <https://doi.org/10.36079/lamintang.ijai-0802.315>
6. Zavhorodnii V.V., Zavhorodnya H.A., Drobotovych K.Ye., Tenihin O.V., Shmatko M.M. (2021) Matematychnе modelyuvannya u metodakh formalnoho doslidzhennya [Mathematical modeling in formal research methods]. *Vcheni zapysky Tavriyskoho natsionalnoho universytetu imeni V. I. Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky. – Scholarly notes of V. I. Vernadsky Tavri National University. Series: Technical sciences*. Vol. 32. Is. 71. № 6. P. 75–79. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2021.6/12> [in Ukrainian]
7. Somasundaram, V., Kannan & M., Sriram, V. (2016) Mobile based Attendance Management System. *Indian Journal of Science and Technology*. Vol. 9. Is. 35. P. 1–4. DOI: <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i35/101807>
8. Zavgorodnya, A., Zavgorodnii, V., Plisenko, V, Provatorov, N., & Kudientsov, P. (2019) Methods modeling systems for the improvement of their reliability. *International Academy Journal Web of Scholar*. Vol. 9. Is. 39. P. 3–11. DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/30092019/6683

УДК 621.181.1:681.5

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.3>

РОЗРОБКА МОДЕЛІ КОНДЕНСАЦІЙНОГО КОТЛА НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЦИФРОВОГО ДВІЙНИКА

Зінченко Д. Д. – магістр кафедри автоматизації енергетичних процесів
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0001-5524-6938

Новіков П. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри автоматизації енергетичних процесів
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-2790-5809

Волощук В. А. – доктор технічних наук,
професор кафедри автоматизації енергетичних процесів
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0003-0687-8968

Штіфзон О. Й. – старший викладач кафедри автоматизації
енергетичних процесів
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0003-0011-4617

У статті розглянуто розроблення регресійної моделі конденсаційного котла як одного з компонентів цифрового двійника системи теплозабезпечення. ККД конденсаційного котла може сягати 96%, але він напряму залежить від споживача теплової енергії, а саме від температури зворотного теплоносія. Ефективна робота конденсаційного котла має місце лише при застосуванні низькотемпературних систем теплозабезпечення будинків із відповідними теплотехнічними характеристиками. Для забезпечення цих характеристик необхідно мати інтелектуальну систему керування. Система має відстежувати низку параметрів та обмежень, таких як температури теплоносія, витрата палива, склад димових газів, стан конструкційних матеріалів рівень конденсату тощо. Цифровий двійник конденсаційного котла має інтегрувати алгоритми керування, моделі та дані для побудови режимів експлуатації в реальному часі. Він забезпечить максимальну ефективність та ресурс обладнання при дотриманні всіх необхідних експлуатаційних обмежень. Метою дослідження є отримання статистичної моделі за допомогою методів машинного навчання, вибір та ранжування набору вхідних параметрів моделі, навчання моделей та аналіз їх точності. Регресійну модель розроблено на основі даних роботи конденсаційного котла під час експлуатації. Дані функціонування котлоагрегату, на основі яких розраховувалась модель, були зібрані під час його експлуатації, за період у 30 днів. Проведено процес навчання лінійної моделі регресії. Обрано для неї набір вхідних даних та розраховано коефіцієнти. Вхідними параметрами котла є температури вихідного теплоносія і димових газів. Для спрощення кінцевої моделі, було визначено набір вхідних параметрів що мають значущий вплив на вихідні параметри. Розраховано архітектуру регресивного дерева. Обрані моделі об'єднано ансамблевим методом «голосування». Проведено оцінку точності розрахунку моделей.

Ключові слова: конденсаційний котел, моделювання, регресійна модель, машинне навчання, цифровий двійник.

Zinchenko D. D., Novikov P. V., Voloshchuk V. A., Shtifzon O. Y. Development of a condensing boiler model based on machine learning methods for building a digital twin

The article deals with the development of a regression model of a condensing boiler as one of the components of a digital twin of the heat supply system. The efficiency of a condensing boiler can reach 96%, but it directly depends on the consumer of thermal energy, namely on the temperature of the return coolant. The efficient operation of the condensing boiler takes place only when using low-temperature heat supply systems for buildings with appropriate thermal characteristics. To ensure these characteristics, it is necessary to have an intelligent control system. The system must monitor a set of parameters and limitations, such as coolant temperatures, fuel consumption, composition of flue gases, condition of structural materials, condensate level, etc. The digital twin of the condensing boiler must integrate control algorithms, models and data to build operating modes in real time. It will ensure the maximum efficiency and resource of the equipment while observing all the necessary operational restrictions. The purpose of the research is to obtain a statistical model using machine learning methods, select and rank a set of model input parameters, train models and analyze their accuracy. The regression model was developed based on the operation data of the condensing boiler during operation. The operating data of the boiler unit, based on which the model was calculated, were collected during its operation, for a period of 30 days. The learning process of the linear regression model was carried out. A set of input data was selected for it and the coefficients were calculated. The input parameters of the boiler are the temperature of the return coolant and the consumption of natural gas. The initial parameters of the boiler are the temperature of the output coolant and flue gases. To simplify the final model, a set of input parameters that have a significant impact on the output parameters was determined. The architecture of the regression tree was calculated. The selected models are united by the ensemble method of "voting". The accuracy of model calculations was evaluated.

Key words: condensing boiler; modeling; regression model; machine learning; digital twin.

Постановка проблеми. Рівень зношеності теплової інфраструктури в Україні є дуже високим: 40% теплових пунктів і 15,8% тепломереж перебувають в аварійному стані [1]. Це викликає значні втрати енергії при транспортуванні теплоносія. Перехід на локальні автономні системи опалення з використанням конденсаційних котлів може допомогти подолати цю проблему шляхом децентралізації та модернізації.

Крім того, більшість житлового фонду в країні обладнана застарілими неефективними системами опалення та гарячого водопостачання. Щоб максимально реалізувати потенціал енергозбереження конденсаційних котлів, необхідна комплексна модернізація внутрішньобудинкових інженерних систем з встановленням низькотемпературних опалювальних приладів та ізоляцією трубопроводів.

Масштабне впровадження конденсаційних котлів в поєднанні з термомодернізацією будівель може суттєво знизити споживання енергоресурсів в житлово-комунальному секторі України, який традиційно є одним з найбільш енергозатратних. Це дозволить підвищити енергетичну безпеку країни, зменшити залежність від імпорту викопних видів палива та скоротити викиди парникових газів від теплоенергетичних об'єктів.

Для забезпечення ефективної роботи конденсаційного котла в оптимальному режимі необхідно розробити інтелектуальну систему керування на основі алгоритмів адаптивного управління та прогнозування. Система має відстежувати низку параметрів та обмежень, таких як температура теплоносія, витрата палива, склад димових газів, стан конструкційних матеріалів та рівень конденсату.

По-перше, алгоритм керування повинен регулювати температурний режим системи опалення, утримуючи її в низькотемпературному діапазоні для забезпечення максимальної конденсації водяної пари з димових газів. Це вимагає прогнозування теплового навантаження з урахуванням погодних умов, стану будівлі та графіків опалення.

По-друге, необхідно контролювати процес згоряння та регулювати подачу повітря і палива для мінімізації викидів шкідливих речовин. Алгоритми можуть використовувати дані з датчиків складу димових газів та адаптивно коригувати коефіцієнти надлишку повітря.

По-третє, система має відстежувати та прогнозувати стан вузлів і деталей котла з використанням методів машинного навчання та моделей деградації. Це дозволить завчасно виявляти потенційні несправності та планувати проактивне обслуговування.

Цифровий двійник конденсаційного котла має інтегрувати всі ці алгоритми керування, моделі та дані для побудови режимів експлуатації в реальному часі. Він забезпечить максимальну ефективність та ресурс обладнання при дотриманні всіх необхідних експлуатаційних обмежень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З робіт [2–3] видно, що конденсаційні котли стають усе привабливішими для споживачів через свою високу ефективність ($\text{ККД} > 90\%$) та постійне подорожчання ресурсів. Проте, досягнення високого показника ефективності при використанні конденсаційного котла можливо лише при експлуатації котлоагрегату при оптимальних умовах [11]. Такі умови може забезпечити лише правильно впроваджена система автоматизації. Система автоматизації складних об'єктів вимагає наявності моделі для синтезу регулятора. У роботах [4–9] описано способи отримання моделей у вигляді динамічних рівнянь. До переваг такого підходу можна віднести універсальність, тобто модель однаково описує усі об'єкти для яких була створена. Однак, це може бути і суттєвим недоліком, бо модель не відображає певні особливості конкретного об'єкта керування та може не враховувати зношення або певні особливості конкретного котла.

Найбільш широко застосовуваним і відомим методом отримання моделі об'єкту управління є апроксимація його перехідних характеристик за допомогою функцій передач [10, 11, 12]. Однак, його основним недоліком є необхідність проведення окремих експериментів для отримання розгінних характеристик. На працюючому обладнанні це не завжди є можливим.

Регресійні моделі, на відміну від класичних методів, пропонують більш гнучкий і адаптивний підхід до моделювання об'єктів управління. Вони можуть бути побудовані на основі вже наявних даних, зібраних під час нормальної експлуатації системи, що дозволяє уникнути проведення спеціальних експериментів. Це значно економить час і ресурси. Сучасні методи машинного навчання дозволяють регресійним моделям досягати високої точності прогнозування, що робить їх ефективною альтернативою класичним методам.

Постановка завдання. Метою дослідження є розробка регресійної моделі за допомогою методів машинного навчання, вибір та ранжування набору вхідних параметрів моделі, навчання моделей та аналіз їх точності.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Опис об'єкта управління

Об'єктом управління є конденсаційний котел. Такі котли використовуються у системах опалення і гарячого водопостачання. Особливістю такого типу котлів є дуже високий ККД, що досягається за допомогою використання тепла конденсації продуктів згоряння палива. Розглянемо принцип роботи такого котла.

Спочатку приготована суміш газу з повітрям подається на пальник 1 через газохід 2. Для регулювання потужності використовується вентилятор 3 зі змінним числом обертів, яке контролюється блоком управління. Це дозволяє здійснювати

«модуляцію полум'я», тобто регулювання інтенсивності полум'я від 20% до 100% від номінальної потужності. Повітря для згоряння засмоктується вентилятором через сопло, яке пов'язане з газовим клапаном. Кількість газу, яка подається вентилятором, пропорційна кількості засмоктуваного повітря.

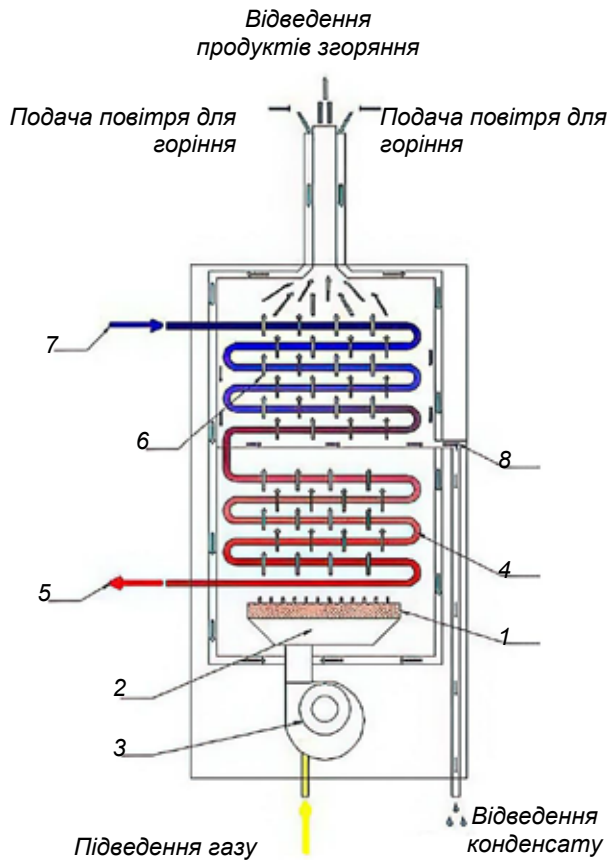


Рис. 1. Спрощена схема конденсаційного котла

Гарячі гази від спалювання газової суміші, проходячи через перший відсік теплообмінника 4, догрівають теплоносій, що звідти через трубопровід 5 потрапляють до споживача. Після цього, гази потрапляють у другий відсік теплообмінника 6, у якому відбувається первинне нагрівання зворотної води, що отримується від споживача через трубопровід 7. У цьому відсіку продукти згоряння охолоджуються нижче точки роси і водяна пара, що в них міститься, конденсується на стінках теплообмінника і відводиться через трубку 8. Цей процес конденсації дозволяє відновлювати додаткову теплову енергію, яка зазвичай втрачається при спалюванні палива.

При виході через димохід, залишкові продукти згоряння додатково підігрівають повітря, що подається в пальник, додатково збільшуючи ефективність процесу.

Для того, аби не виводити котел з режиму роботи, дані для отримання моделі були зібрані під час експлуатації котла. У такому випадку ідентифікація моделі

класичними методами є неможливою, бо неможливим є отримання розгінних характеристик. Тому, було створено дискретну модель котла за допомогою методів машинного навчання.

Ідентифікація моделі

1. Збір даних

Дані для створення моделі були зібрані під час експлуатації котла. Інтервал збору даних складав 1 с; період, за який зібрані дані – 30 днів. Параметри, що збирались:

- Температура вхідного теплоносія $T_{вх}$
- Температура вихідного теплоносія $T_{вих}$
- Температура димових газів $T_{газ}$
- Витрата газу на пальник Q

Остання шоста частина даних (5 днів) була залишена як тестова вибірка – навчання на ній не проводиться, тільки перевірка точності прогнозування моделями.

2. Вибір вхідних та вихідних змінних

Вихідними параметрами котла є температури вихідного теплоносія і димових газів. Як цільовий параметр для моделі обрано зміни цих параметрів за 1 крок – це значно зменшить складність задачі для навчання за рахунок того, що зміни за крок є більш локальними – вони не враховують довгострокові тренди, відв'язуючись від абсолютного значення температури. Отже, цільовими (прогнозованими) параметрами є зміни між наступним і поточним кроком температури вихідного теплоносія $\Delta T_{вих, t+1} = T_{вих, t+1} - T_{вих, t}$ і температури димових газів $\Delta T_{газ, t+1} = T_{газ, t+1} - T_{газ, t}$.

У ролі вхідних параметрів обрано як абсолютні значення температур вихідного $T_{вих, t}$ та вхідного $T_{вх, t}$ теплоносіїв, димових газів $T_{газ, t}$ і витрати газу Q_t , так і їх зміни відносно минулого кроку: $\Delta T_{вих, t}$, $\Delta T_{вх, t}$, $\Delta T_{газ, t}$, ΔQ_t відповідно. Також, використано абсолютне значення витрати газу на наступний крок Q_{t+1} та її зміну ΔQ_{t+1} як сигнал керування.

3. Лінійна регресія

Лінійна регресія – один з найпростіших алгоритмів класичного машинного навчання [14]. У лінійній регресії залежна змінна є лінійною комбінацією параметрів, що в загальному вигляді вона формулою (1).

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_i \quad (1)$$

де y – залежний параметр

β_0 – центрувальний коефіцієнт

x_i – вільні параметри

β_i – коефіцієнти вільних параметрів

Маючи тестові дані y_j й x_{ij} , для яких треба розрахувати коефіцієнти, складають систему рівнянь з (1) для кожного j .

Для визначення коефіцієнтів $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$ застосовують метод найменших квадратів. Він полягає у спробі знайти функцію (2), яка мінімізує суму квадратів розбіжностей між правою та лівою сторонами системи.

$$S(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n) = \sum_{j=1}^m \left(y_j - \left(\beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot x_{ij} \right) \right)^2 \quad (2)$$

Мінімум обчислюють за допомогою розв'язання системи диференціальних рівнянь через обчислення часткової похідної від (2) по кожному з коефіцієнтів і прирівнювання їх до нуля (3).

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial \beta_0} = 0 \\ \frac{\partial S}{\partial \beta_1} = 0 \\ \dots \\ \frac{\partial S}{\partial \beta_n} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Розв'язок СЛАР (3) і є значення коефіцієнтів регресії.

За цим алгоритмом було розраховано коефіцієнти моделі для прогнозування вихідних параметрів. Точність розрахунку було оцінено за допомогою середньої квадратичної похибки. Для порівняння також було розраховано похибку фіктивного предиктора, який використовує як прогнозоване значення поточне значення прогнозованого параметру. Для цього застосуємо інструментарій мови python, а саме бібліотеки pandas, numpy та модулі linear_model й metrics бібліотеки scikit-learn. Отримали модель такого вигляду:

$$\Delta T_{вих,t+1} = \beta_{T_{вих},0} + \sum_{i=1}^n \beta_{T_{вих},i} \cdot x_i, \quad (4)$$

$$\Delta T_{заз,t+1} = \beta_{T_{заз},0} + \sum_{i=1}^n \beta_{T_{заз},i} \cdot x_i, \quad (5)$$

$$x = \begin{bmatrix} T_{вих,t} & \Delta T_{вих,t} & T_{вих,t} & \Delta T_{вих,t} & T_{заз,t} & \Delta T_{заз,t} & Q_t & \Delta Q_t & Q_{t+1} & \Delta Q_{t+1} \end{bmatrix},$$

$$\beta_{T_{вих},0} = 0.00655,$$

$$\beta_{T_{вих}} = \begin{bmatrix} -0.00604 & 0.637 & 0.00553 & 0.137 & 0.000387 \\ 0.167 & -0.019 & 0.227 & 0.0437 & 0.0626 \end{bmatrix},$$

$$\beta_{T_{заз},0} = 0.0166,$$

$$\beta_{T_{заз}} = \begin{bmatrix} -0.015 & 0.256 & 0.0139 & 0.521 & 0.000862 \\ 0.203 & 0.422 & 2.05 & 0.484 & 0.907 \end{bmatrix}$$

Таблиця 1

Порівняння похибок прогнозування лінійною регресією і фіктивним предиктором

Алгоритм	Середня квадратична похибка при прогнозуванні			
	$\Delta T_{вих,t+1}$		$\Delta T_{заз,t+1}$	
	навчальна вибірка	тестова вибірка	навчальна вибірка	тестова вибірка
Лінійна регресія	2.35e-5	4.21e-5	3.07e-4	4.29e-4
Фіктивний предиктор	1.61e-4	2.22e-4	7.31e-4	8.01e-4

4. Ранжування набору вхідних параметрів

Для спрощення кінцевої моделі, було визначено набір вхідних параметрів що мають значущий вплив на вихідні параметри. Аби це зробити, потрібно дізнатись, на скільки сильний вплив мають значення окремих параметрів на значення

прогнозованої змінної. Для цього застосовано коефіцієнт кореляції Пірсона [15], який вимірює лінійну кореляцію між двома змінними. Він обчислюється формулою (4).

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (6)$$

де n – розмір вибірки

x_i, y_i – окремі точки вибірок

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

Коефіцієнти Пірсона було розраховано за допомогою функції `r_regression` модуля `feature_selection` бібліотеки `scikit-learn`.

Таблиця 2

Коефіцієнт кореляції Пірсона для кожного з вхідних параметрів у відношенні до вихідних

Вхідний параметр	Коефіцієнт Пірсона для	
	$\Delta T_{вих,t+1}$	$\Delta T_{заз,t+1}$
$T_{вих,t}$	-0.0023	-0.0026
$\Delta T_{вих,t}$	0.81	0.12
$T_{зх,t}$	-0.0043	-0.002
$\Delta T_{зх,t}$	0.042	0.016
$T_{заз,t}$	0.0016	-0.0021
$\Delta T_{заз,t}$	0.68	0.15
Q_t	0.0081	0.0021
ΔQ_t	0.37	0.59
Q_{t+1}	0.0085	0.0042
ΔQ_{t+1}	0.072	0.44

Для визначення набору значущих вхідних параметрів, було розраховано коефіцієнти лінійної регресії за допомогою методу найменших квадратів з різними кількостями вхідних параметрів: від 1 до 10 обираючи параметри з найбільшими абсолютними значеннями коефіцієнтів кореляції за табл. 1. Було оцінено точність розрахунку температур при кожному з наборів вхідних параметрів за допомогою середньої квадратичної похибки.

Як видно з рис. 2 і 3, після введення п'ятого параметру похибка практично перестає зменшуватись. Це число було обране як число значущих параметрів для подальших досліджень. Тоді, як для моделі $\Delta T_{вих,t+1}$, так і для $\Delta T_{заз,t+1}$ вхідними параметрами будуть $\Delta T_{вих,t}$, $\Delta T_{зх,t}$, $\Delta T_{заз,t}$, ΔQ_t і ΔQ_{t+1} . Отримали модель такого вигляду:

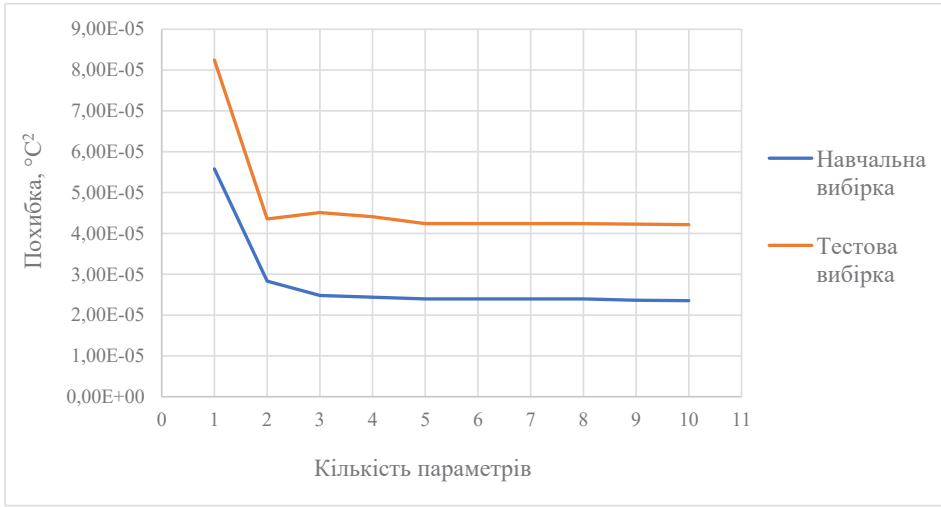


Рис. 2. Середня квадратична похибка розрахунку $\Delta T_{вих,t+1}$ в залежності від кількості вхідних параметрів

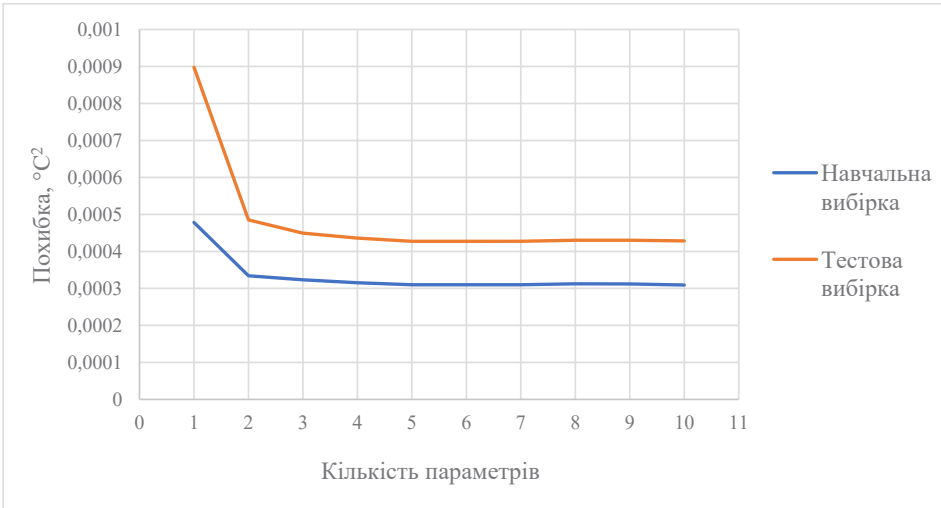


Рис. 3. Середня квадратична похибка розрахунку $\Delta T_{газ,t+1}$ в залежності від кількості вхідних параметрів

$$\Delta T_{вих,t+1} = \beta_{T_{вих},0} + \sum_{i=1}^n \beta_{T_{вих},i} \cdot x_i, \quad (7)$$

$$\Delta T_{газ,t+1} = \beta_{T_{газ},0} + \sum_{i=1}^n \beta_{T_{газ},i} \cdot x_i, \quad (8)$$

$$x = \begin{bmatrix} \Delta T_{вих,t} & \Delta T_{газ,t} & \Delta T_{газ,t} & \Delta Q_t & \Delta Q_{t+1} \end{bmatrix},$$

$$\beta_{T_{вих},0} = -9.6 \cdot 10^{-7},$$

$$\beta_{T_{вих}} = [0.656 \quad 0.199 \quad 0.170 \quad 0.244 \quad 0.106],$$

$$\beta_{T_{газ},0} = -6.7 \cdot 10^{-6},$$

$$\beta_{T_{газ}} = [0.302 \quad 0.691 \quad -0.195 \quad 2.09 \quad 1.39]$$

Окрім значень і змін вхідних параметрів на поточному кроці, також важливими можуть бути їх абсолютні значення, а також зміни, на минулих кроках. Якщо взяти їх до уваги, отримуємо залежність (9) та (10).

$$\Delta T_{вих, t+1} = \beta_{T_{вих},0} + \sum_{i=1}^{p-1} \beta_{T_{вих},i+2} \cdot \Delta Q_{t-i} + \sum_{j=1}^2 \sum_{i=0}^{p-1} \delta_{T_{вих},j,i+1} \cdot x_{in,j,t-i}, \# \quad (9)$$

$$\Delta T_{газ, t+1} = \beta_{T_{газ},0} + \sum_{i=1}^{p-1} \beta_{T_{газ},i+2} \cdot \Delta Q_{t-i} + \sum_{j=1}^2 \sum_{i=0}^{p-1} \delta_{T_{газ},j,i+1} \cdot x_{in,j,t-i}, \quad (10)$$

$$x_{in} = [\Delta T_{вих}, \Delta T_{вх}, \Delta T_{газ}]$$

де p – кількість попередніх кроків

$\beta_i, \delta_{j,i}$ – матриці коефіцієнтів вільних параметрів

Для визначення набору попередніх кроків p , було розраховано коефіцієнти лінійної регресії з $p = 0 \dots 10$. Було оцінено точність розрахунку температур при кожному з наборів вхідних параметрів за допомогою середньої квадратичної похибки.

Як видно з рис. 4 і рис. 5, середня квадратична похибка розрахунку обох параметрів спадає на всьому вибраному діапазоні значень p , але після $p = 6$ цей спад є практично непомітним. Отримані коефіцієнти регресії:

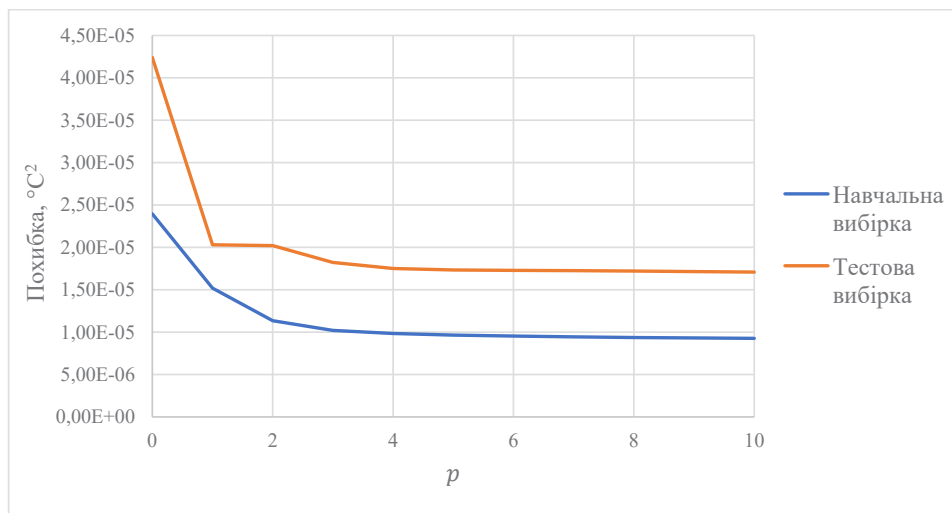


Рис. 4. Середня квадратична похибка розрахунку $\Delta T_{вих,t+1}$ лінійної регресії в залежності від кількості попередніх кроків p

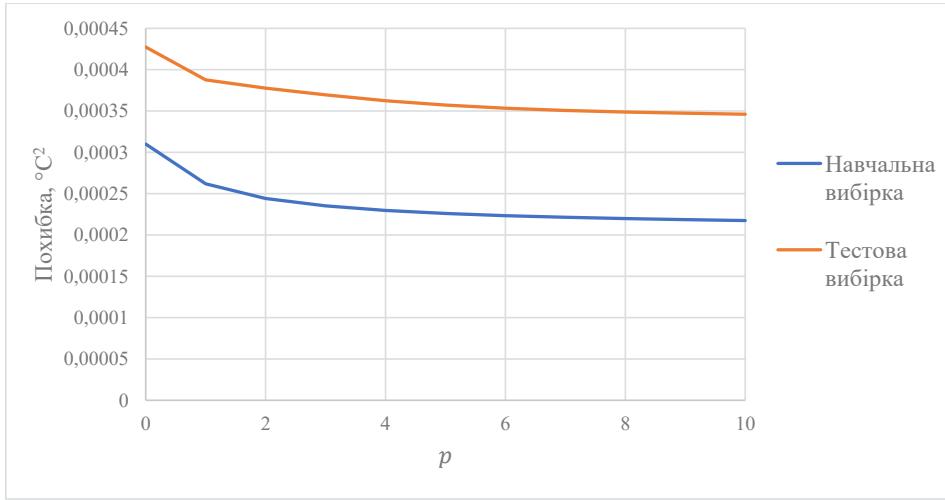


Рис. 5. Середня квадратична похибка розрахунку $\Delta T_{газ,t+1}$ лінійної регресії в залежності від кількості попередніх кроків p

$$\beta_{T_{вих},0} = 1.62 \cdot 10^{-6},$$

$$\beta_{T_{вих}} = \begin{bmatrix} 0.106 & 0.335 & 0.375 & 0.301 \\ 0.234 & 0.183 & 0.129 & 0.0674 \end{bmatrix},$$

$$\delta_{T_{вих}} = \begin{bmatrix} -0.286 & 1.99 & 0.178 \\ -0.0186 & -1.88 & 0.157 \\ 0.0821 & 0.0912 & 0.132 \\ 0.101 & -1.61 & 0.0553 \\ 0.0871 & 3.92 & 0.0144 \\ 0.0654 & -1.76 & -0.00266 \\ 0.0306 & -0.284 & -0.00174 \end{bmatrix},$$

$$\beta_{T_{газ},0} = -7.87 \cdot 10^{-6},$$

$$\beta_{T_{газ}} = \begin{bmatrix} 1.39 & 2.73 & 2.18 & 1.72 \\ 1.32 & 0.948 & 0.604 & 0.290 \end{bmatrix}$$

$$\delta_{T_{газ}} = \begin{bmatrix} -0.524 & 2.57 & -0.591 \\ -0.487 & -2.07 & -0.269 \\ -0.287 & 3.04 & -0.0648 \\ -0.0542 & -14.1 & 0.0379 \\ 0.158 & 25.2 & 0.0535 \\ 0.253 & -7.83 & 0.0315 \\ 0.167 & -4.58 & 0.0166 \end{bmatrix},$$

Порівняємо похибку розрахунку з похибкою лінійної регресії до ранжування вхідних параметрів з похибкою до введення попередніх кроків.

Таблиця 3

Порівняння похибок прогнозування лінійною регресією

Алгоритм	Середня квадратична похибка при прогнозуванні			
	$\Delta T_{вих,t+1}$		$\Delta T_{газ,t+1}$	
	навчальна вибірка	тестова вибірка	навчальна вибірка	тестова вибірка
Лінійна регресія	2.35e-5	4.21e-5	3.07e-4	4.29e-4
Лінійна регресія після ранжування входів	2.40e-5	4.24e-5	3.10e-4	4.27e-4
Лінійна регресія після ранжування входів з введенням попередніх кроків	9.54e-6	1.73e-5	2.23e-4	3.53e-4

З результатів у табл. 3, після ранжування вхідних параметрів, похибка розрахунку збільшилась, в середньому, на 0.8%, при тому що кількість параметрів, а отже і складність розрахунку, зменшилась з 10 до 5.

Після введення параметрів на попередніх кроках, у порівнянні з початковою лінійною регресією, похибка розрахунку $\Delta T_{вих,t+1}$ зменшилась на 59%, а похибка розрахунку $\Delta T_{газ,t+1}$ зменшилась на 23%. Це є значним покращенням, але при цьому кількість вхідних параметрів зросла до 29.

5. Регресивне дерево рішень

Введення нелінійних залежностей у модель лінійної регресії (наприклад, залежностей від взаємодії параметрів) дуже сильно збільшує складність розрахунку такого рівняння: поліном другого степеню від 10 параметрів буде нараховувати 66 параметрів, а третього – 258. Причиною цьому є те, що лінійна регресія є глобальною моделлю, яка покриває всі випадки однією формулою.

Іншим підходом до вирішення нелінійної задачі є розбиття простору даних на менші частини, в яких задача буде легшою [16]. Після цього, ці частини можна розбити ще – це називається рекурсивним розбиттям.

Одним із способів вирішення задачі рекурсивним розбиттям є побудова регресивного дерева [17]. Дерево складається з вузлів розбиття і кінцевих вузлів (листя). Кожен вузол позначений питанням, відповідь на яке вирішує по якій з наступних гілок піде рішення. При чому питання є логічним виразом (має відповідь або «так», або «ні») і стосується лише одного параметру. Листя є підмоделями рекурсивного розбиття, які у регресивних деревах є постійними значеннями.

Побудова дерева складається з рекурсивного повторення розбиття. При розбитті, вибирається питання, яке максимізує кількість інформації, яка отримується при цьому. При чому, аби не сталось ситуації, коли кожна комбінація вхідних і вихідних параметрів лежить в окремому кінцевому вузлі, вводиться порогове значення δ . У випадку якщо інформаційне навантаження розбиття менше ніж δ , розбиття не буде – цей вузол стане листком. Як інформаційність дерева береться сума квадратів помилок (6). Розбиття має зменшувати цю суму на достатню величину.

$$S = \sum_{c \in \text{leaves}(T)} \sum_{i \in C} (y_i - m_c)^2, \quad (11)$$

$$m_c = \frac{1}{n_c} \sum_{i \in C} y_i$$

де $leaves(T)$ – множина всіх кінцевих вузлів дерева T

m_c – прогнозоване значення кінцевого вузла

C – множина точок даних у поточному вузлі

y_i – прогнозована змінна

Отже рекурсивне розбиття складається з повторення таких дій, починаючи зі створення першого вузла дерева:

1. Обчислити m_c та S для дерева.

2. Якщо у всіх точках даних вузла всі незалежні змінні однакові, зупинитись. У іншому випадку, провести пошук по всім можливим бінарним розбиттям усіх змінних для знаходження такого, яке зменшить S більше всього. Якщо зменшення S буде менше порогу δ , зупинитись. В іншому випадку, зробити розбиття.

3. Для кожного з нових вузлів, перейти в пункт 1.

Прогнозування таким деревом відбувається просто слідуванням розбиттям залежно від вхідних змінних.

Було побудовано групу регресійних дерев для набору даних з попередніми кроками. Древа не обмежувалось зі сторони мінімального приросту точності δ , але аби контролювати розмір дерев, було обмежено їх глибину. Оцінимо точність прогнозування деревами з глибинами від 1 до 40 за допомогою середньої квадратичної та середньої абсолютної похибок.

Як видно з рис. 6, середня квадратична і середня абсолютна похибки розрахунку $\Delta T_{вих,t+1}$ спадають до глибини дерева 25, після чого трохи збільшуються. Оберемо це число як достатню глибину для розрахунку даного параметру. З рис. 7 видно, що середня квадратична похибка розрахунку $\Delta T_{газ,t+1}$ спадає до глибини дерева 18, але середня абсолютна похибка перестає спадати лише при глибині 30. Оберемо це число як достатню глибину для розрахунку даного параметру. Порівняємо похибку розрахунку з похибкою лінійної регресії після ранжування вхідних параметрів і введення попередніх кроків.

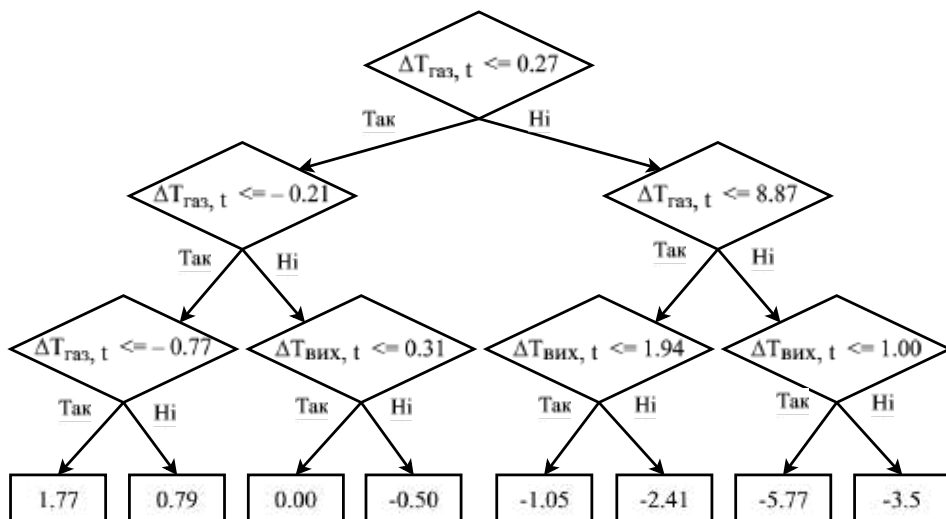


Рис. 6. Регресивне дерево розрахунку $\Delta T_{вих,t+1}$ з глибиною 4

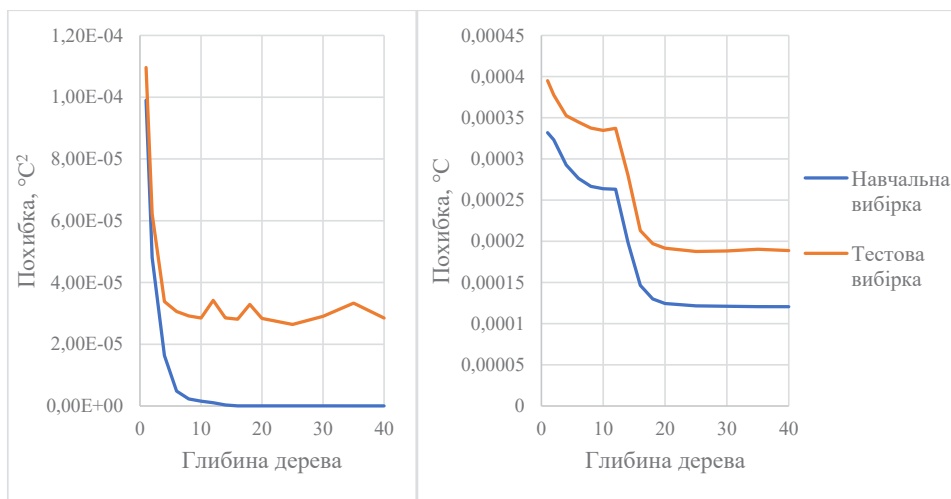


Рис. 7. Середня квадратична та середня абсолютна похибки розрахунку $\Delta T_{вих,t+1}$ регресійного дерева в залежності від глибини дерева

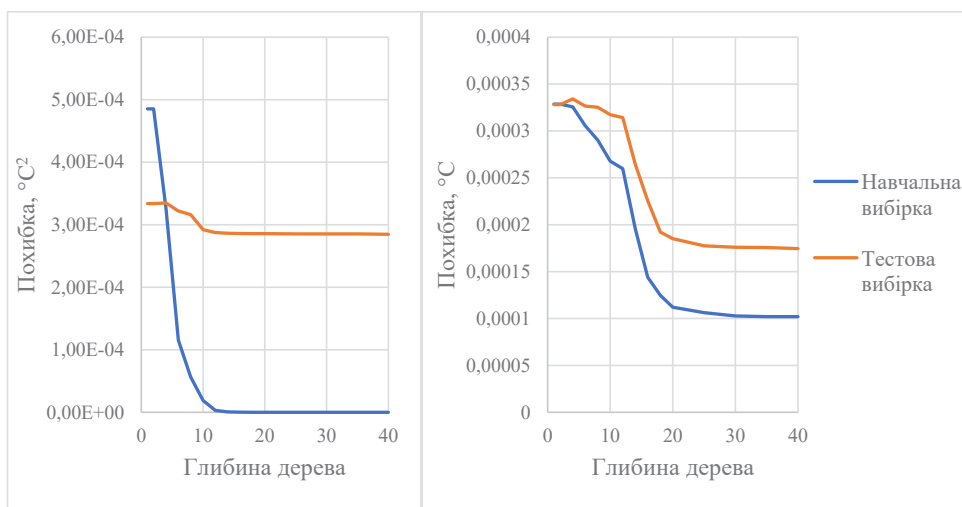


Рис. 8. Середня квадратична похибка розрахунку $\Delta T_{заз,t+1}$ регресійного дерева в залежності від глибини дерева

Як видно з результатів у табл. 4, у розрахунку $\Delta T_{вих,t+1}$, у порівнянні з лінійною регресією, регресивне дерево на декілька порядків зменшило похибку розрахунку на навчальній вибірці, але на тестовій вибірці похибка збільшилась на 52%. У розрахунку $\Delta T_{заз,t+1}$, як і у минулому випадку, похибка на навчальній вибірці зменшилась значно, але на тестовій вибірці в похибка зменшилась на 24%.

Таблиця 4

**Порівняння похибок прогнозування регресивним деревом
і лінійною регресією**

Алгоритм	Середня квадратична похибка при прогнозуванні			
	$\Delta T_{вих,t+1}$		$\Delta T_{газ,t+1}$	
	навчальна вибірка	тестова вибірка	навчальна вибірка	тестова вибірка
Регресивне дерево	4.03e-8	2.64e-5	3.07e-8	2.85e-4
Лінійна регресія після ранжування входів з введенням попередніх кроків	9.54e-6	1.73e-5	2.23e-4	3.53e-4

6. Ансамблевий метод «Голосування»

Різні типи регресивних моделей, або навіть однакові типи моделей, розраховані на різних частинах вхідних даних, значно краще виокремлюють деякі, унікальні у кожному випадку, залежності між вхідними і вихідними змінними. Поєднання декількох екземплярів регресивних моделей одного або різних типів називається ансамблевими методами машинного навчання.

Найпростішим ансамблевим методом є «голосування» [18]. Суть цього методу полягає в усередненні прогнозів декількох моделей для покращення точності. Прогнози раніше розрахованих лінійної регресії і регресивного дерева було усереднено та оцінено точність такої моделі за допомогою середньої квадратичної похибки та порівняємо з похибками окремих моделей.

Таблиця 5

**Порівняння похибок прогнозування методом «голосування»
з регресивним деревом і лінійною регресією**

Алгоритм	Середня квадратична похибка при прогнозуванні			
	$\Delta T_{вих,t+1}$		$\Delta T_{газ,t+1}$	
	навчальна вибірка	тестова вибірка	навчальна вибірка	тестова вибірка
Метод «голосування»	2.40e-6	2.03e-5	5.59e-5	2.31e-4
Регресивне дерево	4.03e-8	2.64e-5	3.07e-8	2.85e-4
Лінійна регресія після ранжування входів з введенням попередніх кроків	9.54e-6	1.73e-5	2.23e-4	3.53e-4

Як видно з результатів у табл. 5, у розрахунку $\Delta T_{вих,t+1}$, метод «голосування» усереднив похибки розрахунків окремих алгоритмів: на навчальній вибірці похибка зменшилась у 4 рази відносно результатів лінійної регресії, а на тестовій вибірці похибка зменшилась на 30% відносно результатів регресивного дерева. У розрахунку $\Delta T_{газ,t+1}$, відбулось майже те-саме: на навчальній вибірці похибка зменшилась у 4 рази відносно результатів лінійної регресії, а на тестовій вибірці похибка зменшилась як відносно результатів лінійної регресії, так і відносно результатів регресивного дерева: на 53% і 23% відповідно.

Модель було застосовано для багатокрокового моделювання на основі частки даних з валідаційної вибірки. Фінальні похибки такого моделювання: середня квадратична – $0.077\text{ }^{\circ}\text{C}^2$, середня абсолютна – $0.13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

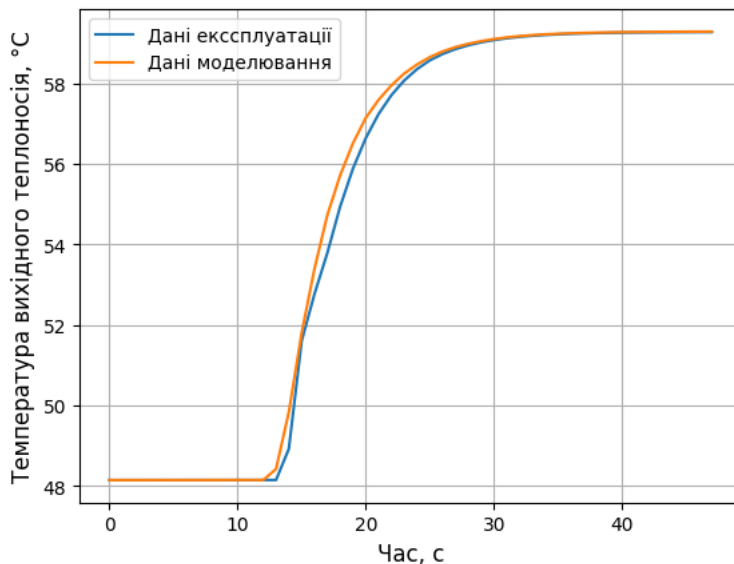


Рис. 9. Порівняння перехідних процесів з реальних даних та моделювання

Висновки. Розроблено регресійну модель температур вихідної води і димових газів конденсаційного котла. Проаналізовано регресивні моделі машинного навчання для вирішення задачі розрахунку температур вихідного теплоносія і димових газів. На основі аналізу було створено модель лінійної регресії, після чого було зменшено набір вхідних параметрів і параметрів на минулих кроках для досягнення компромісу між точністю моделі і складністю її розрахунку. Після того, було розраховано модель регресивного дерева і методу «голосування» – поєднання двох попередніх моделей. Похибка останньої повністю задовольняє вимогам точності. Надалі, розрахована статистична модель буде використана у цифровому двійнику.

У порівнянні з класичними методами ідентифікації та моделювання об'єктів на основі диференціальних рівнянь або передатних функцій, використання методів машинного навчання забезпечує швидше і зручніше отримання моделі завдяки можливості автоматичного оброблення великого обсягу даних та виявлення прихованих закономірностей без необхідності в ручному налаштуванні моделі, забезпечуючи високу точність при мінімальних обчислювальних витратах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Національна економічна стратегія 2030 / Платформа Центру економічного відновлення. URL: <https://nes2030.org.ua/> (Дата звернення: 30.05.2024).
2. Патон Б.Є., Долінський А.А., Геєць В.М., Кухар В.П., Басок Б.І., Базєєв Є.Т., Подолець Р.З. Пріоритети Національної стратегії теплозабезпечення населених пунктів України. *Вісник НАН України*. 2014. № 9. С. 29-47.

3. Harish Satyavada, Simone Baldi Monitoring energy efficiency of condensing boilers via hybrid first-principle modelling and estimation. *Energy*, vol. 142, 2018, pp. 121-129. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.124> (Дата звернення: 30.05.2024).
4. João Barros, Condenser boiler modeling. URL: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395144950949/resumo.pdf> (Дата звернення: 30.05.2024)
5. Куделя П. П., Барабаш П. А. Тепловой баланс конденсационных котлов. *Энергетика*. 2014. № 1. С. 51-59. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eete_2014_1_9 (Дата звернення: 30.05.2024)
6. Malakuti Somayeh, Van Schalkwyk Pieter, Boss Birgit, Sastry Chellury, Runkana Venkataramana, Lin Shi-Wan, Rix Simon, Green Gavin, Baechle Kilian, Nath Shyam. Digital Twins for Industrial Applications. Definition, Business Values, Design Aspects, Standards and Use Cases. *An Industrial Internet Consortium White Paper. Version 1.0*. 2020. URL: https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_Digital_Twins_Industrial_Apps_White_Paper_2020-02-18.pdf (Дата звернення: 30.05.2024).
7. Harish Satyavada, Simone Baldi. A Novel Modelling Approach for Condensing Boilers Based on Hybrid Dynamical Systems. Delft Center for Systems and Control. *Delft University of Technology*. 2016. vol. 4(2), no. 10. URL: <https://doi.org/10.3390/machines4020010> (Дата звернення: 22.04.2024).
8. Dan Teodor Bălănescu, Vlad Mario. Homutescu Experimental investigation on performance of a condensing boiler and economic evaluation in real operating conditions. *Applied Thermal Engineering*. 2018. Volume 143. p. 48-58. URL: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.07.082> (Дата звернення: 30.05.2024).
9. Hanby, V. I. Modelling the performance of condensing boilers. *Journal of the Energy Inst.* 2007. № 80. p. 229-231.
10. Дубовой В. М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2012. 308 с.
11. Кубрак А. І., Жученко А. І., Кваско М. З. Комп'ютерне моделювання та ідентифікація автоматичних систем. Київ: Політехніка, 2004. 424 с.
12. Жученко А. І. Ідентифікація динамічних характеристик. Комп'ютерні методи. Київ, 2000. 182 с. URL: http://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000066839&local_base=KPI01 (Дата звернення: 22.04.2024).
13. Юзвак С.В., Шемчук В.В., Самарін С.В., Косулько А.Г., Лахно В.Г. Модульні котельні установки системи «УКРІНТЕРМ». Довідковий посібник (12-е вид.). УКРІНТЕРМ. Біла Церква, 2019. 171 с.
14. Machine learning regression algorithms to predict emissions from steam boilers / B. D. Ross-Veitia та ін. *Heliyon*. 2024. e26892. URL: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26892> (дата звернення: 02.06.2024).
15. Afyouni S., Smith S. M., Nichols T. E. Effective degrees of freedom of the Pearson's correlation coefficient under autocorrelation. *NeuroImage*. 2019. vol. 199. pp. 609–625. URL: <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.011> (дата звернення: 02.06.2024).
16. Chou P. A. Optimal partitioning for classification and regression trees. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*. 1991. Vol. 13, no. 4. pp. 340–354. URL: <https://doi.org/10.1109/34.88569> (дата звернення: 02.06.2024).
17. Carnegie Mellon University, Department of Statistics & Data Science. "Statistics 36-350: Data Mining, Fall 2006." Lecture notes. 2006. Lecture 10 – Regressive trees. URL: <https://www.stat.cmu.edu/~cshalizi/350-2006/lecture-10.pdf> дата звернення: 30.05.2024).
18. Liapis C. M., Karanikola A., Kotsiantis S. Data-Efficient software defect prediction: a comparative analysis of active learning-enhanced models and voting ensembles. *Information sciences*. 2024. no. 120786. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ins.2024.120786> (дата звернення: 02.06.2024).

REFERENCES:

1. Platforma Tsentru ekonomichnoho vidnovlennya (n.d.). *Natsionalna ekonomichna stratehiya 2030* [National Economic Strategy 2030]. Retrieved from: <https://nes2030.org.ua/> (accessed 30 May 2024).
2. Paton B.E., Dolinskyi A.A., Heyets V.M., Kukhar V.P., Basok B.I., Bazyeyev Y.T., Podolets R.Z. (2014) Priorytety Natsionalnoyi stratehiyi teplozabezpechennya naselenykh punktiv Ukrainy [Target reference points of the national strategy for heating supplies of settlements of Ukraine]. *Visnyk NAN Ukrainy*, no. 9. pp. 29-47.
3. Harish Satyavada, Simone Baldi (2018) Monitoring energy efficiency of condensing boilers via hybrid firstprinciple modelling and estimation. *Energy*, vol. 142, pp. 121-129. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.09.124>
4. João Barros (n.d.). *Condenser boiler modeling*. Retrieved from: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395144950949/resumo.pdf> (accessed 30 May 2024).
5. Kudelya P. P., Barabash P. A. (2014) Teplovoy balans kondensatsionnykh kotlov [Thermal balance for condensing boilers]. *Enerhetyka*, no. 1. pp. 51-59. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eete_2014_1_9 (accessed 30 May 2024)
6. Malakuti Somayeh, Van Schalkwyk Pieter, Boss Birgit, Sastry Chellury, Runkana Venkataramana, Lin Shi-Wan, Rix Simon, Green Gavin, Baechle Kilian, Nath Shyam (2020) Digital Twins for Industrial Applications. Definition, Business Values, Design Aspects, Standards and Use Cases. *An Industrial Internet Consortium White Paper: Version 1.0*. Retrieved from: https://www.iiconsortium.org/pdf/IIC_Digital_Twins_Industrial_Apps_White_Paper_2020-02-18.pdf (accessed 30 May 2024).
7. Harish Satyavada, Simone Baldi (2016) A Novel Modelling Approach for Condensing Boilers Based on Hybrid Dynamical Systems. Delft Center for Systems and Control. *Delft University of Technology*, vol. 4(2), no. 10. <https://doi.org/10.3390/machines4020010>
8. Dan Teodor Bălănescu, Vlad Mario. Homutescu (2018) Experimental investigation on performance of a condensing boiler and economic evaluation in real operating conditions. *Applied Thermal Engineering*. vol. 143. pp. 48-58. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2018.07.082>
9. Hanby V. I. (2007) Modelling the performance of condensing boilers. *Journal of the Energy Inst*, no. 80, pp. 229-231.
10. Dubovoy V. M. (2012) *Identyfikatsiya ta modelyuvannya tekhnologichnykh ob'ektiv i system keruvannya : navchalnyy posibnyk* [Identification and modeling of technological objects and control systems: a study guide]. Vinnytsya: VNTU. (in Ukrainian)
11. Kubrak A.I., Zhuchenko A. I., Kvasko M. Z. (2004) *Kompyuterne modelyuvannya ta identyfikatsiya avtomatichnykh system* [Computer modeling and identification of automatic systems]. Kyiv: Politekhnyka. (in Ukrainian)
12. Zhuchenko A. I., Kvasko M. Z., Kubrak A. I. (2000) *Identyfikatsiya dynamichnykh kharakterystyk. Kompyuterni metody* [Identification of dynamic characteristics. Computer methods]. Kyiv: VIPOL. (in Ukrainian)
13. Yuzvak S.V., Shemchuk V.V., Samarin S.V., Kosulko A.H., Lakhno V.H. (2019) *Modulni kotelni ustanovky systemy «UKRINTERM». Dovidkovyy posibnyk (12-e vyd.)* [Modular boiler installations of the "UKRINTERM" system. Reference Manual (12th ed.)]. Bila Tserkva: UKRINTERM. (in Ukrainian)
14. B. D. Ross-Veitia, R. Arias-Gilart, R. E. Conde-García, A. Espinel-Hernández, J. R. Nuñez-Alvarez, H. Hernández-Herrera, Y. E. Llosas-Albuérne (2024) Machine learning regression algorithms to predict emissions from steam boilers. *Heliyon*, vol. 10, issue5, e26892. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26892>
15. Afyouni S., Smith S. M., Nichols T. E. (2019) Effective degrees of freedom of the Pearson's correlation coefficient under autocorrelation. *NeuroImage*, vol. 199. pp. 609–625. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.011>

16. Chou P. A. (1991) Optimal partitioning for classification and regression trees. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, vol. 13, no. 4. pp. 340–354. <https://doi.org/10.1109/34.88569>
 17. Carnegie Mellon University, Department of Statistics & Data Science (2006) Lecture 10 – Regressive trees. 36-350: Data Mining. Retrieved from: <https://www.stat.cmu.edu/~cshalizi/350-2006/lecture-10.pdf> (accessed 30 May 2024).
 18. Liapis C. M., Karanikola A., Kotsiantis S. (2024) Data-Efficient software defect prediction: a comparative analysis of active learning-enhanced models and voting ensembles. *Information sciences*, no. 120786. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2024.120786>.
-

УДК 303.064

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.4>

ОГЛЯД ХОРЕОГРАФІЇ ВЕБ-СЕРВІСІВ WSMO ДЛЯ ВИКОНАННЯ СИНХРОННИХ ТА АСИНХРОННИХ ЗАПИТІВ

Касьянчук І. В. – аспірант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ORCID ID: 0009-0000-2215-149X

Популярність Інтернету зумовлює стрімке зростання обсягів його інформаційного наповнення. Дані, які надають веб-ресурси орієнтовані здебільшого на розуміння людиною, і лише невелика їх частина придатна для обробки програмними агентами. Через це виникає складність у пошуку потрібної інформації, послуг або сервісів тощо.

Це зумовило потребу у стандартизації ресурсів, а саме – уніфікації обміну даними між різними сервісами, чи інтегрування об'єктів реального світу в мережу Інтернет. Концепція семантичного Web (Semantic Web) дає можливість пов'язувати сервіси за допомогою опису взаємодії, включаючи пошук потрібних сервісів за запитом (Service Discovery). Таким чином досягається «розуміння» інформації не лише людиною, а й системами для подальшої автоматичної обробки програмами інших виробників, після чого вона передається користувачу.

Другою концепцією, яка доповнює Семантичний Web є теоретичне уявлення про моделі предметних областей, або онтологію. Стандартом мови опису консорціумом W3C визначено XML (eXtensible Markup Language), що являє собою документ з переліком тегів та атрибутів, визначених певним протоколом або специфікацією. Для онтологій однією з таких специфікацій визначено RDF (Resource Definition Framework) – абстрактна мова метаданих, сформованих у вигляді графу. Консорціумом рекомендовано багато фреймворків для здійснення безпосереднього опису семантичної моделі, одним з прикладів є OWL (Web Ontology Language), що визначає мережу понять та відносини між ними. Іншою важливою адаптацією до програмування сервісних додатків є WSMO. Цей фреймворк підтримує безпосереднє виконання Service Discovery – викриття потрібних сервісів для виклику за запитом користувача, а також хореографію разом з оркестрацією, що робить його більш досконалим та повним рішенням у порівнянні з OWL-S.

У статті розглядаються підходи, запропоновані фреймворком WSMO для оркестровки та хореографії веб-сервісів, а також недоліки цього рішення у контексті обробки нескінченних потоків даних (data streams).

Ключові слова: сервіс-орієнтована архітектура, онтологія, WSMO, семантичний опис веб-сервісів.

Kasianchuk I. V. Review of the web service choreography concept in WSMO for executing synchronous and asynchronous requests

The popularity of the Internet has led to a rapid increase in its informational content. However, much of the data provided by web resources is primarily oriented towards human understanding, with only a small portion suitable for processing by software agents. This complexity poses challenges in finding the necessary information, services, or resources.

To address this, there is a need for standardization of resources, specifically the unification of data exchange between different services, or the integration of real-world objects into the Internet. The concept of the Semantic Web enables the linking of services through interaction descriptions, including service discovery. This facilitates the "understanding" of information not only by humans but also by systems for further automated processing by other programs, before being transmitted to the user.

The Semantic Web is complemented by the theoretical concept of domain models, or ontologies. The W3C consortium has defined XML (eXtensible Markup Language) as the standard language for describing documents with a list of tags and attributes defined by a specific protocol or specification. For ontologies, one of the specifications defined is RDF (Resource Description Framework) – an abstract language of metadata formed as a graph. The consortium recommends many frameworks for directly describing the semantic model, one example being OWL (Web Ontology Language), which defines a network of concepts and relations between them.

Another important adaptation for programming service applications is WSMO (Web Service Modeling Ontology). This framework supports direct execution of service discovery – the exposure of necessary services for invocation by user request, as well as choreography and orchestration, making it a more comprehensive solution compared to OWL-S.

The article discusses approaches proposed by the WSMO framework for the orchestration and choreography of web services, as well as the drawbacks of this solution in the context of processing infinite data streams.

Key words: service-oriented architecture, ontology, WSMO, semantic description of web services.

Вступ. Процеси створення програмних продуктів вимагають залучення спеціалістів в галузі інформаційних технологій. Стрімкий розвиток системного проектування, що підтримує найрізноманітніші протоколи та мови для опису вимог, дозволяє звести цю залежність від постачальників програмного забезпечення до мінімуму.

Важливим кроком для цього є перенесення об'єктів реального світу у всесвітню мережу Інтернет, та відповідна стандартизація для взаємодії з ними за допомогою веб-сервісів. Метою є створення сервісів загального призначення, які, за описом моделі запиту та відповіді, надають необхідну для користувача інформацію.

Дослідження останніх тенденцій серед фреймворків для опису предметної області сервісів (онтологій) вказують на декілька великих концептуальних рішень, серед яких варто виділити OWL та WSMO. Обидва фреймворки працюють за «об'єктно-орієнтованою» моделлю програмування, тобто концепції, при якій програма розглядається як множина об'єктів, які взаємодіють між собою. Підхід побудований на використанні типів даних, класів, атрибутів та відношень між ними.

Постановка проблеми. Незважаючи на переваги, здебільшого пов'язані з схожістю подання сутностей об'єктно-орієнтованого програмування з реальним світом, цей підхід не виключає складностей та помилок при реалізації. Один з недоліків впливає з обсягів сучасного користування мережею Інтернет: при надмірному навантаженні на сервіс, неправильне архітектурне планування може призвести до його виходу з ладу. Причиною цього є використання багатопотоковості, через нехтування якою виникають проблеми: стан гонитви (*race conditions*), взаємні блокування (*deadlocks*) тощо.

Основна частина. Семантичні веб-сервіси дозволяють оперувати логікою за допомогою розуміння сенсу запиту. Використання синтаксичних каркасів, таких як XML, дозволило представляти та публікувати машинночитаемі, декларативні специфікації, які можуть бути використані як розробниками, так і додатками. Цей підхід на основі стандартів загалом вважається одним із найкращих способів реалізації повного потенціалу Вебу та його пов'язаних технологій. Шляхом розробки відкритих протоколів та рекомендацій програмні компоненти можуть легко взаємодіяти один з одним на різних платформах та різних мовах стандартизованим способом.

WSMO є одним з найбільш значущих фреймворків семантичних веб-сервісів, запропонованих до цього часу. Він доповнює існуючі синтаксичні стандарти веб-сервісів, надаючи концептуальну модель і мову для семантичного маркування всіх відповідних аспектів загальних веб-сервісів. Характеристики сервісу визначаються через опис, статичної семантики та динамічної семантики у кількох документах з урахуванням метамоделі WSMO.

WSMO виступає в якості метамоделі для таких сервісів на основі мета-об'єктного механізму (*meta-object facility*). Семантичні описи сервісів, згідно

з метамоделлю WSMO (рис. 1), можуть бути визначені за допомогою однієї з кількох формальних мов, визначених як WSML (*Web Service Modelling Language*), і складаються з чотирьох основних елементів, які вважаються необхідними для підтримки семантичних веб-сервісів, а саме: онтології (*ontology*), цілі (*goal*), веб-сервіси (*web service*) та посередники (*mediator*).

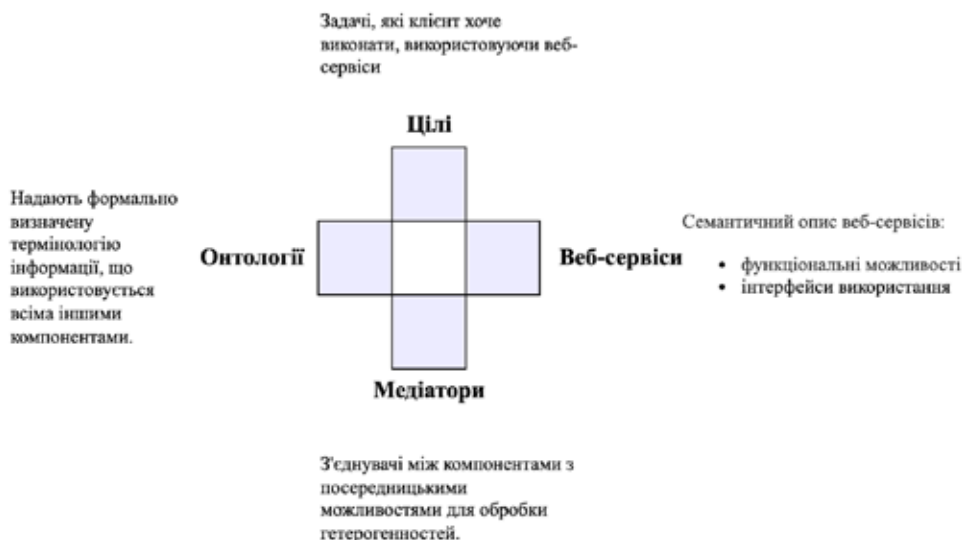


Рис. 1. Структура WSMO

Онтології описуються у WSMO на мета-рівні. Мета-онтологія підтримує опис всіх аспектів онтологій, які надають термінологію для інших елементів WSMO. Типова онтологія складається з нефункціональних властивостей (з існуючого набору попередньо визначених основних властивостей), імпортованих онтологій та визначення понять, відносин, аксіом, функцій та екземплярів онтології. Крім того, вона вказує oo-посередники (*ooMediators*), які використовуються для імпорту онтологій, які вирішують проблеми підлаштування, злиття або перетворення [1].

У WSMO визначаються **цільі**, які можуть бути у клієнта при взаємодії з веб-сервісом. Вони складаються з нефункціональних властивостей, імпортованих онтологій, використаних посередників, післяумов та ефектів. Післяумови та ефекти описують стан інформаційного середовища, що потребується замовником. Онтології можуть бути безпосередньо імпортовані як термінологія для визначення цілі, коли не потрібно вирішувати конфлікти (наприклад, неспівпадіння схеми відповіді тощо). Однак, якщо необхідне вирівнювання, злиття або вирішення конфліктів, вони імпортуються через посередників типу *ooMediators*.

Описи **веб-сервісів** у WSMO надають семантичний опис самостійних веб-сервісів з анотаціями, включаючи їх функціональні та нефункціональні властивості, а також інші аспекти, необхідні для взаємодії з ними. Необхідна термінологія, як і для цілей, може бути імпортована безпосередньо або через посередників типу *ooMediators*, коли потрібно вирішити конфлікти. Крім того, описується можливість (*capabilities*) та інтерфейси (*interfaces*) сервісу: можливість визначає

функціональні аспекти запропонованого сервісу, моделювані в термінах передумов (*preconditions*), припущень (*assumptions*), післяумов (*postconditions*) та ефектів (*effects*); тоді як інтерфейси представляють інтерфейси, орієнтовані на дані, сервісу (наприклад, ті, що визначені за допомогою WSDL), та надають деталі щодо його функціонування з точки зору його *хореографії* та *оркестрації* [1].

Поняття **Посередників** було введено WSMO з метою вирішення проблем гетерогенності, і вони є спеціальними елементами, що використовуються для зв'язку гетерогенних компонентів, що беруть участь у моделюванні веб-сервісу. Вони визначають необхідні відображення, трансформації або зведення між зв'язаними елементами. Чотири різновиди посередників визначені як *ggMediators*, *ooMediators*, *wgMediators* і *wwMediators*:

- *ggMediators*: ці посередники з'єднують дві *цільі*, виражаючи зведення джерела цілі до цілі призначення. Вони можуть використовувати *ooMediators* для обходу відмінностей в термінології, що використовується для визначення цих цілей. Крім того, WSMO дозволяє зв'язувати не лише цілі, але й цілі з *ggMediators*, що дозволяє перевикористовувати кілька цілей для визначення нової;
- *ooMediators*: ці посередники імпортують онтології та вирішують можливі неузгодженості у представленні між ними, такі як різниці у мовах представлення або у концептуалізації того ж домену;
- *wgMediators*: вони зв'язують веб-сервіс з ціллю. Цей зв'язок представляє (повне або часткове) виконання цілі веб-сервісом. *wgMediators* можуть використовувати *ooMediators* для вирішення проблем гетерогенності між веб-сервісом та ціллю;
- *wwMediators*: ці посередники зв'язують два веб-сервіси, містять *ooMediators*, необхідні для подолання проблем гетерогенності, які можуть виникати в разі, коли сервіси використовують різні словники.

WSMO використовує F-Logic як основний семантичний фреймворк для опису концепцій та описів сервісів [1].

Опис веб-сервісів у WSMO визначається через можливості (*capabilities*) та інтерфейси (*interfaces*), які в свою чергу діляться на оркестровку (*orchestration*) та хореографію (*choreography*).

Веб-сервіс повинен мати точно одну **можливість**, яка визначає функціональність сервісу. Можливість веб-сервісу визначається за допомогою вказівки *передумови*, *післяумови*, *припущення* та *ефекту*, кожне з яких є набором виразів. Можливість веб-сервісу також оголошує набір змінних, які спільно використовуються між виразами. Терміни, використані в цих виразах, повинні бути формально визначені в деяких онтологіях, які мають бути імпортовані або безпосередньо, або через посередників типу *ooMediators*. Можливість, а отже, і веб-сервіс можуть бути пов'язані з певними цілями, які вирішуються веб-сервісом за допомогою спеціальних типів посередників, що називаються *wgMediators*.

Інтерфейс описує, як функціональність веб-сервісу може бути досягнута з хореографічного та оркестрального погляду. Вони визначають, як використовується інтерфейс при приєднанні до кількох інших сервісів.

Оркестрація – це декларативна специфікація, яка описує робочий процес для підтримки виконання конкретного бізнес-процесу, операції або сервісу. Мови, такі як BPEL4WS, описують як потік даних, так і потік процесу через робочий процес; тобто, патерн взаємодій, який агент веб-сервісу повинен виконати, а також поняття, такі як транзакції та відкат (у випадку невдачі сервісу).

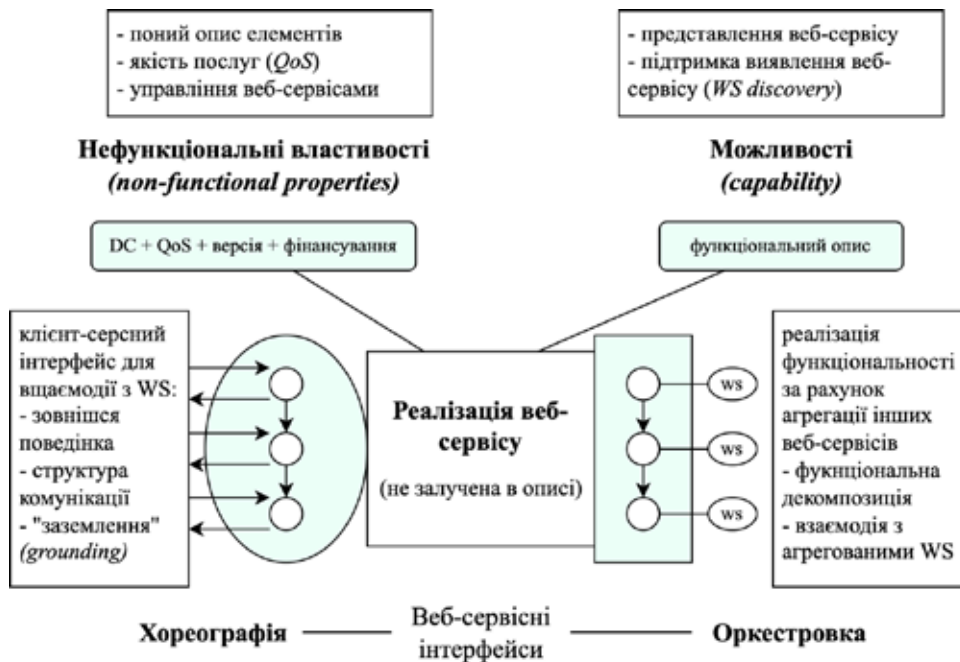


Рис. 2. WSMO опис веб-сервісу

Наприклад, оркестрація процесу ланцюга постачання продуктів може описувати бізнес-протокол, який формалізує: 1) інформаційні елементи, які може містити замовлення продукту; 2) порядок (та посилання на інтерфейси, визначені у WSDL), яким ці елементи повинні бути надані; та 3) які винятки можуть бути оброблені. Оркестрації зазвичай виконуються одним рушієм робочого процесу, який відповідає за керування комунікацією та потоком даних між сервісами. Роль оркестрації була значним чинником у розвитку як електронних бізнес-процесів, так і робочих процесів у сфері електронної науки, і багато напівавтоматизованих інструментів та робочих станцій виникли для сприяння побудові цих робочих процесів.

Хореографія визначає послідовність та умови, за яких кілька співпрацюючих, незалежних агентів обмінюються повідомленнями для виконання завдання з досягненням цільового стану. Мови, такі як WS-Choreography (яка базується на Pi-Calculus), описують взаємодії зі сповіщаючою стороною (якою можуть бути інші веб-сервіси, додатки або люди) та можуть складатися з кількох окремих взаємодій, чие поєднання становить повну транзакцію. Це поєднання, разом з її протоколами повідомлень, інтерфейсами, послідовностями та пов'язаною логікою, розглядається як хореографія (рис. 2).

Таким чином, для узагальнення, хореографія описує зразок комунікації, який дозволяє користуватися функціональністю веб-сервісу іншими клієнтами, у той час як оркестровка описує, як різні веб-сервіси повинні взаємодіяти для досягнення загальної функціональності веб-сервісу. Отже, інтерфейс хореографії в цьому прикладі має три правила переходу з урахуванням визначень термінології.

Наступний приклад описує хореографію системи мовою WSMO для бронювання квитків на літак. З метою спрощення, ми припускаємо наступну поведінку:

спочатку сервіс очікує запит на бронювання квитка на поїздку поїздом, яка починається в Австрії. Якщо це так, він створює тимчасову бронь для цього квитка. Наступним кроком є очікування інформації про кредитну картку для оплати: якщо кредитна картка, надана клієнтом, є дійсною, створюється бронювання, інакше бронювання скасовується [2].

```
choreography BookTicketServiceChoreographyInterface
importsOntology{ _"http://example.org/tripReservationOntology",
  _"http://example.org/purchaseOntology"}

vocabulary_in hasValue
  {tr#reservationRequest, tr#tripFromAustria, tr#ticket}
vocabulary_out hasValue
  {tr#reservation, tr#negativeAcknowledgement}
vocabulary_shared hasValue
  {tr#temporaryReservation, po#creditCard}

guardedTransitions BookTicketChoreographyTransitionRules

if (reservationRequestInstance [
  reservationItem hasValue ?trip,
  reservationHolder hasValue ?reservationHolder
] memberOf tr#reservationRequest and
?trip memberOf tr#tripFromAustria and ticketInstance [
  trip hasValue ?trip,
  recordLocatorNumber hasValue ?rln
] memberOf tr#ticket
then
temporaryReservationInstance[
  reservationItem hasValue ticketInstance,
  reservationHolder hasValue ?reservationHolder
] memberOf tr#temporaryReservation
...
```

Як видно з опису концепцій взаємодії, сервіси повинні мають бути централізовано зареєстровані, тобто мати певну базу знань, яка містить описи всіх сервісів: онтологію запитів, перед- та післяумов, ефектів тощо. Хореографія вимагає чітко визначеного запиту від клієнта для подальшого виконання бізнес-логіки. Сучасні додатки, які оброблюють потоки даних великого обсягу працюють за асинхронною моделлю, наприклад використовуючи чергу повідомлень (рис. 3). Сервіси, залучені для хореографії виступають споживачами (*subscribers*) даних, які очікують на нове повідомлення з черги від постачальника (*publishers*). Подальша оркестровка дозволяє обробити ці дані, та помістити відповідь до іншої відповідної черги, зберегти її до своєї бази даних тощо.

Крайня версія специфікації WSMO-Lite опублікованої у 2010 році містить елементи для опису хореографії притаманні для синхронної взаємодії веб-сервісів. Гнучкість специфікації обмежується посередниками типу *wwMediators*, які адаптують виклики між двома сервісами, але не здатні аналізувати фрейми даних або дані з брокера повідомлень у вигляді черги.

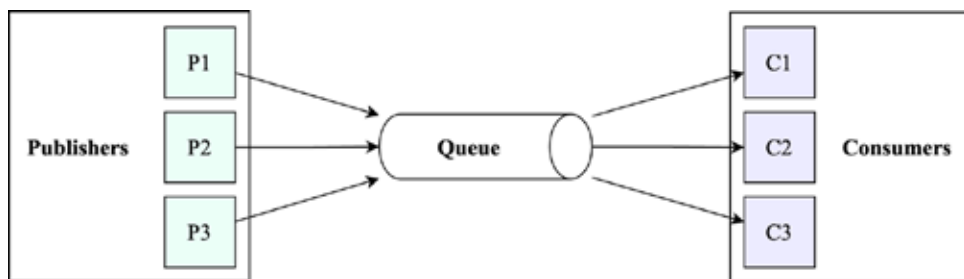


Рис. 3. Хореографія веб-сервісів за допомогою черги

Оскільки WSMO є одним з повноцінних доробок у сфері семантичних описів веб-сервісів, можна дійти висновку що інші фреймворки так само не мають здатності адаптації свого опису до реактивних систем або потоків даних.

Висновки. У роботі було розглянуто можливості семантичних фреймворку для опису онтології веб-сервісів. Використовуючи онтології як модель даних і на основі вичерпних семантичних описових можливостей, фреймворки автоматично виконують виявлення, композицію, конвертацію та виконання веб-сервісів.

Було розглянуто принципи дизайну та мотивацію для Онтологій, Веб-сервісів, Цілей та Посередників як чотирьох основних елементів Семантичних веб-сервісів, а також їх визначення та моделювання в рамках WSMO.

Порушено питання подальшого вдосконалення фреймворків для асинхронної обробки запитів. У сучасному WEB широко використовується обробка великих потоків даних, що зумовлює доповнення специфікації WSMO та інших доробок даної сфери.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Wang H. A Formal Model of the Semantic Web Service Ontology (WSMO) [Електронний ресурс] / H. Wang, N. Gibbins // 13th IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems. Режим доступу до ресурсу: <https://core.ac.uk/download/pdf/287750875.pdf>.
2. Semantic Web Services – Concepts and Technology [Електронний ресурс] / M. Stollberg, C. Feier, D. Roman, D. Fensel // Digital Enterprise Research Institute. Режим доступу до ресурсу: <https://michael-stollberg.de/publications/wsmo-bookchapter.pdf>.
3. WSMO-Lite: Lightweight Semantic Descriptions for Services on the Web [Електронний ресурс] // W3C Member Submission. 2010. Режим доступу до ресурсу: <https://www.w3.org/submissions/2010/SUBM-WSMO-Lite-20100823/>.

REFERENCES:

1. Wang, H., & Gibbins, N. (n.d.). A formal model of Semantic Web Service Ontology (WSMO). Retrieved from <https://core.ac.uk/download/pdf/287750875.pdf>
2. Stollberg, M., Feier, C., & Roman, D. (n.d.). Semantic Web Services – Concepts and Technology. Retrieved from <https://michael-stollberg.de/publications/wsmo-bookchapter.pdf>
3. WSMO-lite: Lightweight semantic descriptions for services on the web. (2010). Retrieved from <https://www.w3.org/submissions/2010/SUBM-WSMO-Lite-20100823/>

УДК 004.9

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.5>

ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛЕЙ, МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАСТОСУНКУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МОБІЛЬНИМ БУДІВНИЦТВОМ

Кирийчук Д. Л. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри програмних засобів і технологій
Херсонського національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0002-4905-6932
Scopus-Author ID: 57205506126

Комаров А. А. – студент кафедри програмних засобів і технологій
Херсонського національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0002-5678-8345

Ляшенко О. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри програмних засобів і технологій
Херсонського національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0002-5429-8389
Scopus-Author ID: 57205500930

Фролова М. Е. – старший викладач кафедри філософії,
політології та українознавства
Херсонського національного технічного університету
ORCID ID: 0000-0002-6650-053X

В роботі проведено дослідження моделей, методів та технологій розроблення програмного застосунку для управління мобільним будівництвом. Запропоновано програмний застосунок, який призначено для керування важливими елементами проєкту з будівництва за допомогою закладок на мобільному телефоні. Користувач має змогу додавати в закладки такі елементи: події щодо змін у планах будівництва, зобов'язання підрядників, фото виконання проєкту з будівництва, запити на одержання дозвільних документів, заявки на контрольні-вимірювальні прилади, проведення інспекцій, виявлення недоліків.

Програмний застосунок допомагає користувачам керувати будівництвом за допомогою мобільного пристрою та надає користувачам інструменти, необхідні для виконання будівельних робіт в режимі реального часу.

За допомогою меню програмного застосунку користувач має змогу переглядати плани будівництва та їх модифікації, навіть в автономному режимі, відстежувати кожну деталь будівництва, включаючи види робіт, зв'язок, обладнання, матеріали та події на робочому місці щоденно, відстежувати запити на одержання дозвільних документів будівництва, структурувати запити за датою, органами виконання та швидко реагувати на зміни під час будівництва, робити знімки ходу виконання проєкту будівництва з мобільного пристрою та зв'язувати їх із кресленнями проєкту за місцем розташування, використовувати мобільний пристрій для створення та призначення елементів списку зауважень та недоліків безпосередньо на місці будівництва, де, швидше за все, буде виявлено більшість проблем.

Для проєктування, моделювання та розроблення бази даних програмного застосунку було обрано DB BROWSER FOR SQLITE (DB4S) – високоякісний візуальний інструмент із відкритим кодом для сумісних із SQLite баз даних.

Для розроблення програмного застосунку було використано середовище розробки AndroidStudio та мову Java.

Ключові слова: програмний застосунок, мобільне будівництво, база даних, SQLite, AndroidStudio, мова Java.

Kyryichuk D. L., Komarov A. A., Liashenko O. M., Frolova M. E. Research of models, methods and technologies of software development for mobile construction management

The study of models, methods and technologies for developing a software for mobile construction management was carried out. A software has been proposed that is designed to manage important elements of a construction project using bookmarks on a mobile phone. The user can bookmark the following elements: events regarding changes in construction plans, obligations of contractors, photos of the construction project, requests for permits, applications for instrumentation, inspections, identification of shortcomings. The software helps users manage construction using a mobile device and provides users with the tools they need to perform construction work in real time. Using the program application menu, the user can view construction plans and their modifications, even offline, track every detail of construction, including types of work, communication, equipment, materials and events at the workplace on a daily basis, track requests for construction permits, structure requests by date, execution authorities and respond quickly to changes during construction, take pictures of the progress of the construction project from a mobile device and link them to the project drawings at the location, use a mobile device to create and assign items to a list of comments and shortcomings directly at the construction site, where most problems are likely to be identified. DB BROWSER FOR SQLITE (DB4S), a high-quality open source visual tool for SQLite compatible databases, was chosen for designing, modeling and developing the software database. The AndroidStudio development environment and the Java language were used to develop the software application.

Key words: software application, mobile construction, database, SQLite, AndroidStudio, Java language.

Постановка проблеми. Нині практично відсутній огляд сучасних теоретико-методологічних підходів до проєктування та розроблення програмних застосунків для управління мобільним будівництвом, а також шляхів подальшого розвитку таких програм.

Таким чином, проєктування та моделювання програмного застосунку є актуальною науково-прикладною задачею, а його побудова потребує виявлення та аналізу сучасних тенденцій розвитку та застосування таких програм, насамперед, на основі провідних наукових публікацій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В роботі [1] обговорюється поточний стан застосунків для смартфонів, доступних для будівельної галузі, і розглядаються функції застосунків. Очікується, що правильний вибір і розгортання застосунків для смартфонів для завдань, пов'язаних із будівництвом, покращить зв'язок, покращить робочий процес за допомогою інформації в реальному часі та підвищить продуктивність.

В роботі [2] проведено дослідження з метою виявлення, узагальнення, аналізу та класифікації застосунків для мобільних пристроїв (Apps), що стосуються будівельної галузі, а також для вивчення їх використання та рівнів впливу. Програми були класифіковані на основі подібності їх використання. Виявлені 136 застосунків узагальнено, проаналізовано та розділено на 11 груп різних будівельних операцій і завдань, зокрема «Програми для проєктування та креслення», «Програми для вимірювання та оцінки», «Програми для керування», «Універсальні програми» та «Програми для будівельних майданчиків».

В роботі [3] проведено теоретичне дослідження з використанням контент-аналізу та емпіричне дослідження із залученням інтерв'ю з розробниками мобільних застосунків для визначення елементів юзабіліті мобільних застосунків для будівельної галузі.

В роботі [4] проведено дослідження впливу і ефективності мобільних застосунків у покращенні внутрішньої та зовнішньої комунікації та співпраці в будівельній галузі.

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення програмного застосунку для управління мобільним будівництвом із застосуванням об'єктно-орієнтованої методології.

Об'єктом дослідження є процеси управління мобільним будівництвом.

Предметом дослідження є моделі, методи та технології розроблення програмного застосунку для управління мобільним будівництвом.

Виклад основного матеріалу. Програмний застосунок (ПЗ) призначено для керування важливими елементами проєкту з будівництва.

Меню програмного застосунку містить такі пункти (рис. 1–3):

1. «Плани будівництва». Перегляд планів будівництва та їх модифікацій від початку до кінця, навіть в автономному режимі.

2. «Журнал». Відстеження кожної деталі будівництва, включаючи роботу, зв'язок, обладнання, матеріали та події на робочому місці щодня.

3. «Список зауважень та недоліків». Використання мобільного пристрою для створення та призначення елементів списку зауважень та недоліків безпосередньо на місці будівництва, де, швидше за все, буде виявлено більшість проблем.

4. «Запити». Відстеження запитів на одержання дозвільних документів будівництва. Дозволяє структурувати запити за датою, органами виконання та швидко реагувати на зміни під час будівництва.

5. «Заявки». Заявки на контрольно-вимірювальні прилади, проведення інспекцій, виявлення недоліків. Дозволяє структурувати заявки за датою, органами виконання та швидко реагувати на зміни під час будівництва.

6. «Документи». Різні зобов'язання підрядників, співробітників або команди для всіх проєктів з будівництва.

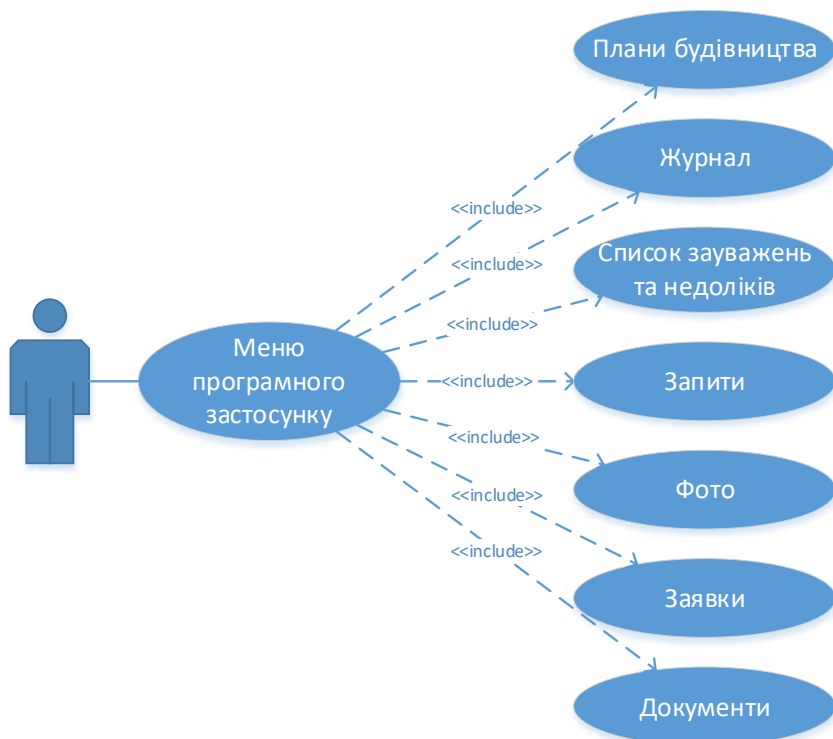


Рис. 1. Діаграма варіантів використання програмного застосунку

Меню «Плани будівництва» дозволяє отримувати доступ до специфікацій та планів за допомогою мобільного пристрою, робити позначки та розробляти заявки безпосередньо за допомогою програмного застосунку, а також здійснювати розроблення календарного плану будівництва, редагувати та ділитися ним із підрядниками (рис. 2).



Рис. 2. Діаграма варіантів використання. Меню «Плани будівництва»

Меню «Список зауважень та недоліків» призначено для управління якістю та безпекою та допомагає користувачу дотримуватись правил техніки безпеки та специфікації якості на будівництві (рис. 3).



Рис. 3. Діаграма варіантів використання. Меню «Список зауважень та недоліків»

Елемент меню «Спостереження» дозволяє створювати спостереження на будівництві в міру їх появи або створювати спостереження на основі попередньої запланованої перевірки.

Елемент меню «Інциденти» дозволяє створювати записи про травми або захворювання, нещасні випадки, пошкодження навколишнього середовища та майна та використовувати дані про інциденти для виявлення ризиків та вживання превентивних заходів.

Елемент меню «Інспекції» дозволяє завчасно виявляти небезпеку та допомагає завчасно виявляти проблеми безпеки. Також елемент меню дозволяє керувати,

встановлювати базові параметри та покращувати процеси забезпечення якості будівництва з мобільного пристрою.

Для проектування, моделювання та розроблення бази даних ПЗ було використано реляційну модель та середовище DB4S. Схему бази даних ПЗ подано на рис. 4.

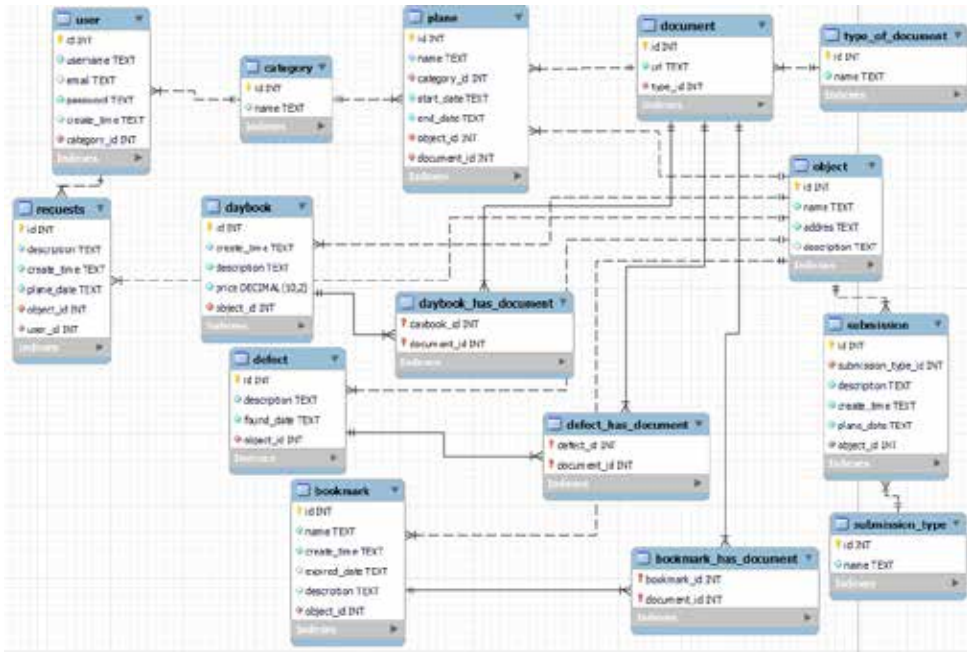


Рис. 4. Схема бази даних програмного застосунку

Реляційна модель є фактичним стандартом, на який орієнтуються практично всі сучасні комерційні системи керування базами даних (СКБД). У реляційній моделі досягається більш високий рівень абстракції даних, ніж в ієрархічній або мережевій. Тому реляційну модель було обрано для розроблення бази даних ПЗ.

В результаті аналізу предметної області були виділені наступні об'єкти:

- 1) Користувач (user);
- 2) Категорія (category);
- 3) План (plan);
- 4) Документ (document);
- 5) Тип_документа (type_of_document);
- 6) Об'єкт будівництва (object);
- 7) Запит (request);
- 8) Заявка (submission);
- 9) Тип_заявки (submission_type);
- 10) Журнал (daybook);
- 11) Зауваження (defect);
- 12) Закладка (bookmark).

Ступінь зв'язку між об'єктами:

- 1) User – Category (1 до N);
- 2) Plan – Category (1 до N);
- 3) Document – Type_of_document (1 до N);
- 4) Plan – Object (1 до N);
- 5) Daybook – Object (1 до N);
- 6) Requests – Object (1 до N);
- 7) Defect – Object (1 до N);
- 8) Bookmark – Object (1 до N);
- 9) Submission – Submission_type (1 до N).

Таблиці для забезпечення зв'язку N до M (daybook_has_document, defect_has_document, bookmark_has_document):

- 1) Daybook – Document (N до M);
- 2) Defect – Document (N до M);
- 3) Bookmark – Document (N до M).

Структуру БД у середовищі DB4S подано на рис. 5.

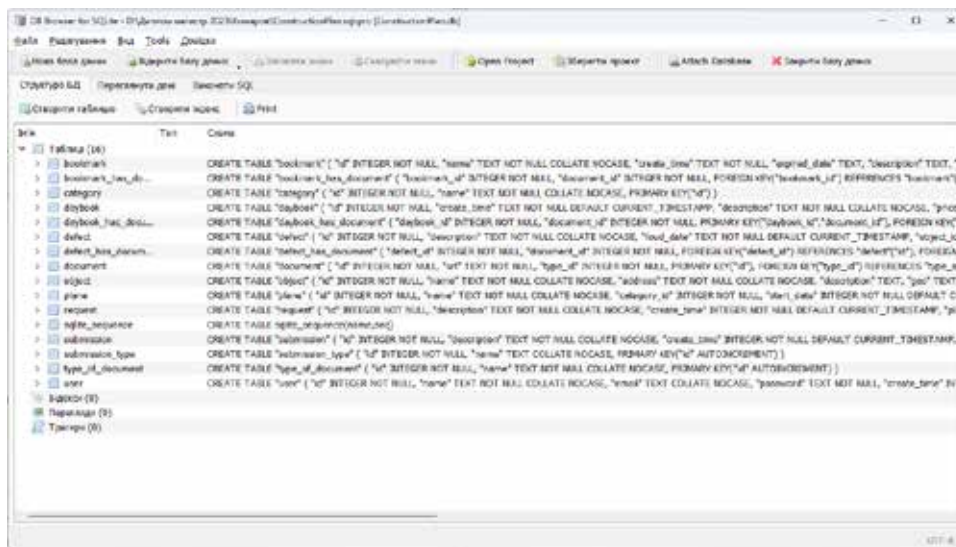


Рис. 5. Структура БД у середовищі DB4S

Для розроблення програмного застосунку було обрано нативний технологічний стек для програм Android, що включає мову програмування Java, а також такі набори інструментів, як Android Studio та Android Developer Services [5].

Головним компонентом мобільного застосунку в AndroidStudio є Activity. Створені під час роботи програмного застосунку Activity можуть знаходитися в одному з трьох станів [5]:

1. Resumed: Activity видно на екрані мобільного пристрою, воно знаходиться у фокусі, користувач може з ним взаємодіяти. Цей стан має назву Running.

2. Paused: Activity не у фокусі, користувач не може з ним взаємодіяти, але його видно на екрані мобільного пристрою (воно перекрито іншим Activity, яке займає не весь екран чи є напівпрозорим).

3. Stopped: Activity не видно на екрані мобільного пристрою (повністю перекривається іншим Activity), відповідно воно не у фокусі та користувач не може з ним взаємодіяти. Коли Activity переходить з одного стану до іншого, система Android автоматично викликає відповідні методи, до яких можна додавати код. Методи Activity, які викликає система подано на рис. 6.

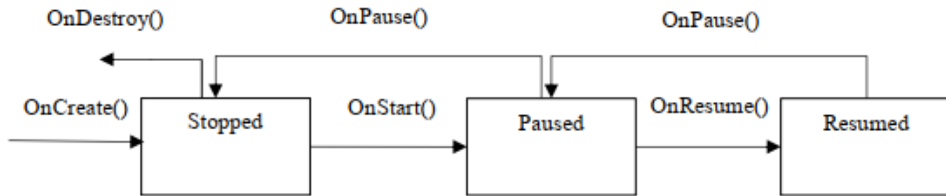


Рис. 6. Методи Activity

Метод `onCreate()` викликається під час першого створення Activity, метод `onStart()` – перед тим, як Activity буде видно користувачеві, метод `onResume()` – перед тим як Activity буде доступна для користувача, метод `onPause()` – перед тим, як буде показано інше Activity, метод `onStop()` викликається коли Activity не видно користувачеві, а метод `onDestroy()` – перед тим, як Activity буде знищено [5, 6].

Мобільний застосунок містить вісім Activity та реалізує перехід між ними з передачею даних за потреби. Створити нову Activity можна вручну або скористатися вбудованою функцією додавання нового компонента Activity в існуючий проект. При розробленні програми було використано обидва способи.

Алгоритм створення нового Activity вручну включає такі кроки [5]:

1. Створення нового xml-файлу розмітки (наприклад, `activity_constructionplans.xml`).
2. Створення нового java-класу Activity (наприклад, `ConstructionplansActivity.java`).
3. Додавання логіки `ConstructionplansActivity.java` (застосовується принцип успадкування від суперкласу, підключається графічна розмітка).
4. Реєстрація нової Activity в маніфест-файлі.

Програмний спосіб додавання нового компонента до Android-застосунку реалізується за допомогою меню `File → New`. Далі необхідно заповнити форму кастомізації нового Activity із зазначенням імен java-файлу, xml-файлу за аналогією зі створенням Activity у новому проекті. Запис у файлі маніфесту буде створено автоматично [6].

Наступний крок після створення нової Activity – виклик Activity (наприклад, у відповідь на натискання на кнопку). Для того, щоб з одного Activity викликати інше, існує два способи: явний та неявний виклик. В роботі було застосовано механізм явного виклику нового Activity [6]:

```
Intent intent = new Intent(this, Constructionplans.class);
startActivity(intent);
```

За допомогою класу `Intent` явно треба вказати, яку Activity необхідно показати на екрані мобільного пристрою [6]:

```
Intent (Context packageContext, Class cls);
```

Context – це об'єкт, який забезпечує доступ до основних функцій програми.

Class – це назва класу, зазначеного у файлі маніфесту. Оскільки при створенні запису Activity назву класу було вказано в маніфесті, то таке саме ім'я повинно бути вказане у другому параметрі Intent. Переглянувши файл маніфесту, система знайде відповідність та покаже відповідну Activity.

Приклад роботи програмного застосунку наведено на рис. 7.

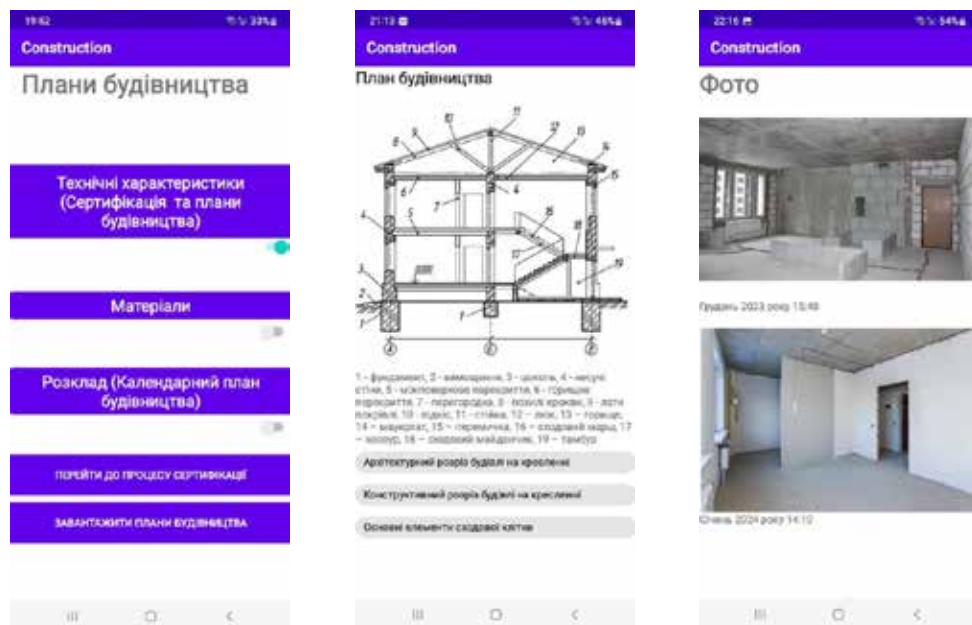


Рис. 7. Приклад роботи програмного застосунку

Висновки. Розроблено ПЗ для управління мобільним будівництвом. Описано функціональні можливості та побудовано діаграми варіантів використання ПЗ. Розроблено БД програмного застосунку. В результаті аналізу предметної області були виділені наступні об'єкти: Користувач (user); Категорія (category); План (plan); Документ (document); Тип_документа (type_of_document); Об'єкт будівництва (object); Запит (request); Заявка (submission); Тип_заявки (submission_type); Журнал (daybook); Зауваження (defect); Закладка (bookmark). Розроблено інтерфейс користувача ПЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bahadir Barbarosoglu, David Ardit. Mobile applications for the construction industry. Proceedings of International Structural Engineering and Construction. 3(1), 2016. С. 545–553.
2. Jonas Yankah, Divine Novieto, Emmanuel Davies, Kofi Owusu Adjei. Panorama of mobile device applications (Apps) for the construction industry. Frontiers in Engineering and Built Environment. 2(6), 2022. С. 205–217.
3. Norleyza Jailani. Usability guidelines for developing mobile application in the construction industry. The 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics, 2015. С. 466–471.

4. Yankah J.E., Adjei K.O., Bonney S.O, Kotey S., Tieru C.K. Appraisal of Mobile Apps for Communication and Collaboration among Construction Project Teams. *African journal of applied research*. 9(2), 2023. C. 144–170.

5. Clifton Craig, Adam Gerber. *Learn Android Studio: Build Android Apps Quickly and Effectively*. Apress, 2015. 511 c.

6. Neil Smyth. *Android Studio Chipmunk Essentials – Java Edition: Developing Android Apps Using Android Studio 2021.2.1 and Java*. Payload Media, 2022. 815 c.

REFERENCES:

1. Bahadir, Barbarosoglu, David, Arditi (2016). Mobile applications for the construction industry. *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*. 3(1). pp. 545–553 [in English].

2. Jonas, Yankah, Divine, Novieto, Emmanuel, Davies, Kofi, Owusu Adjei (2022) Panorama of mobile device applications (Apps) for the construction industry. *Frontiers in Engineering and Built Environment*. 2(6). pp. 205–217 [in English].

3. Norleyza, Jailani (2015). Usability guidelines for developing mobile application in the construction industry. *The 5th International Conference on Electrical Engineering and Informatics*. pp.466–471 [in English].

4. Yankah, J.E., Adjei, K.O., Bonney, S.O, Kotey, S., Tieru, C.K (2023). Appraisal of Mobile Apps for Communication and Collaboration among Construction Project Teams. *African journal of applied research*. 9(2). pp. 144–170 [in English].

5. Clifton, Craig, Adam, Gerber (2015). *Learn Android Studio: Build Android Apps Quickly and Effectively*. Apress, 511 p [in English].

6. Neil, Smyth (2022). *Android Studio Chipmunk Essentials – Java Edition: Developing Android Apps Using Android Studio 2021.2.1 and Java*. Payload Media, 815 p [in English].

УДК 004.8

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.6>

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИЙОМУ КОМУНАЛЬНИХ ПЛАТЕЖІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Козачок Ю. А. – магістр спеціальності «Комп'ютерна інженерія»

Чорноморського національного університету імені Петра Могили

ORCID ID: 0009-0005-6430-3961

Автоматизація проєктування архітектури програмного забезпечення за допомогою генеративного штучного інтелекту забезпечує ефективне вирішення проблем, які виникають у сучасній розробці програмного забезпечення. У цій статті подано дослідження використання генеративного штучного інтелекту під час проєктування архітектури програмного забезпечення для покращення процесів шляхом використання єдиного стандарту. За допомогою генеративного штучного інтелекту архітектори програмного забезпечення можуть оптимізувати проєкти архітектури відповідно до підвищених вимог до складності та якості сучасних інформаційних систем. Під час роботи були вивчені сучасні дослідження, присвячені використанню нотації проєктування архітектури інформаційної системи. Було проаналізовано нотацію C4, висвітлено та описано основні компоненти даної нотації, які дають змогу привести до єдиного стандарту побудову архітектури інформаційної системи. Окрім того, було досліджено застосування інструментів штучного інтелекту в формуванні архітектури системи. В результаті проведеного аналізу було виконано практичне дослідження, а саме побудована архітектура інформаційної системи прийому комунальних платежів, яка побудована в нотації C4 і складається з чотирьох рівнів: контекст, контейнери, компоненти, код. Кожен рівень було побудовано за допомогою згенерованого коду з використанням інструменту штучного інтелекту ChatGPT в нотації PlantUML та, використовуючи графічний редактор з генерацією діаграм з коду draw.io, відображено у вигляді чотирьох діаграм: діаграма контексту, діаграма контейнерів, діаграма компонентів, діаграма коду (класів). В результаті практичного дослідження було проаналізовано побудовану архітектуру інформаційної системи прийому комунальних платежів та надано практичних рекомендацій для покращення якості згенерованих діаграм. Виділено основні переваги застосування ChatGPT та нотації C4 архітекторами для побудови архітектури інформаційної системи та визначено основні недоліки, які потребують подальшої оптимізації.

Ключові слова: проєктування архітектури програмного забезпечення, штучний інтелект, ChatGPT, автоматизація, стандарти побудови архітектури програмного забезпечення, нотація C4.

Kozachok Yu. A. Automation of architectural design for an information system for utility payments using artificial intelligence

Automation of software architecture design using generative artificial intelligence provides an effective solution to problems that arise in modern software development. This article presents a study of the use of generative artificial intelligence during the design of software architecture to improve processes through the use of a single standard. With the help of generative artificial intelligence, software architects can optimize architectural projects in accordance with the increased requirements for the complexity and quality of modern information systems. During the work, modern studies devoted to the use of information system architecture design notation were studied. The C4 notation was analyzed, the main components of this notation were highlighted and described, which make it possible to bring the construction of the information system architecture to a single standard. In addition, the use of artificial intelligence tools in the formation of the system architecture was investigated. As a result of the analysis, a practical study was carried out, namely, the architecture of the information system for receiving utility payments was built, which is built in C4 notation and consists of four levels: context, containers, components, code. Each layer was built using generated code using the ChatGPT artificial intelligence tool in PlantUML notation and, using a graphical editor with diagram generation from draw.io code, displayed as four diagrams: context diagram, container diagram, component diagram, code diagram (classes). As a result of the practical study, the constructed architecture of the information system for receiving utility payments was analyzed and practical recommendations were given to improve the quality of the generated diagrams. The main advantages of using ChatGPT and C4 notation

by architects to build the architecture of the information system are highlighted, and the main shortcomings that require further optimization are identified.

Key words: *software architecture design, artificial intelligence, ChatGPT, automation, software architecture construction standards, C4 notation.*

Постановка проблеми. Сучасні інновації в області програмної архітектури докорінно змінили панораму цієї галузі, наповнивши її надзвичайною кількістю передових технологій, які обіцяють ряд переваг: від підвищення ефективності та автоматизації процесів до поліпшення якості продукції, зниження витрат і забезпечення гнучкості та швидкості адаптації до змін на ринку. Технології, такі як великі дані (Big Data), штучний інтелект (Artificial Intelligence – AI) та інші, істотно розширили наявні технічні можливості та забезпечили архітекторам програмного забезпечення необхідні інструменти для вирішення складних бізнес-задач. Внаслідок цього сам процес проєктування стає складнішим і вимагає великих зусиль у вигляді часу та ресурсів. У таких умовах виникає необхідність в пошуку та дослідженні способів часткової автоматизації певних підпроцесів побудови архітектури інформаційних систем з метою оптимізації та підвищення ефективності розробки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження розглядають різні підходи до автоматизованого проєктування архітектури програмного забезпечення, використовуючи інструменти штучного інтелекту. По-перше, методи, що ґрунтуються на обширних базах знань, широко використовуються в цій галузі [1]. Дослідження рекомендує автоматизувати рутинні завдання розробки програмного забезпечення за допомогою моделей Generative AI.

Додатковою сферою досліджень є технологія автоматичного створення альтернативних рішень у процесі архітектурного проєктування [3]. Ці дослідження підкреслюють важливість охоплення початкових етапів архітектурного проєктування. Також проведено дослідження у сфері інженерії програмного забезпечення, що може автоматизувати синтез та складання архітектур програмного забезпечення, наприклад, за допомогою генетичних алгоритмів [5]. Вони можуть використовуватися для створення архітектур програмного забезпечення з використанням різноманітних проєктних шаблонів. Крім того, використання інструментів штучного інтелекту для генерації шаблонів архітектури програмного забезпечення дозволяє створити гнучку та адаптивну систему для задоволення постійнозмінних потреб у розробці програмного забезпечення.

В області проєктування архітектури також проводились дослідження з використання штучного інтелекту. В результаті аналізу було встановлено, що інструменти штучного інтелекту, такі як ChatGPT, сприяють формуванню архітектурного дизайну, який може гнучко реагувати на технологічні виклики зростання та потребу в масштабованості, що можуть виникнути у майбутньому [6].

Отже, ці останні дослідження вказують на те, що інтерес науковців розширюється у напрямку покращення автоматизованого проєктування архітектури програмного забезпечення шляхом використання генеративного штучного інтелекту.

Формулювання мети дослідження. Мета цієї статті полягає в дослідженні потенціалу штучного інтелекту для автоматизації процесу проєктування архітектури програмного забезпечення та побудові архітектури інформаційної системи прийому платежів на оплату комунальних послуг з використанням інструменту штучного інтелекту ChatGPT.

Основні задачі, які вирішуються для досягнення заявленої мети:

1) провести аналіз сучасних методологій і нещодавніх досліджень націлених на автоматизацію проєктування архітектури, зокрема використовуючи генеративний штучний інтелект (Generative AI);

2) спроектувати частину архітектури програмного забезпечення за допомогою інструментів штучного інтелекту для демонстрації його можливостей;

3) проаналізувати якість побудованої архітектури інформаційної системи та зробити висновки щодо можливості інтеграції штучного інтелекту в процеси проектування архітектури програмного забезпечення.

Виклад основного матеріалу. Проектування архітектури програмного забезпечення є ключовим етапом у процесі розробки програмного продукту, що включає вирішення важливих високорівневих завдань, таких як інтеграція системи або її частини у загальну екосистему та забезпечення її функціональності відповідно до технічних та експлуатаційних вимог. Популярні нотації для візуалізації схем архітектури: C4, ArchiMate, SysML, 4+1, AADL. У цій статті сфокусуємось на нотації моделювання архітектури C4. Моя мета – детально розглянути нотацію моделювання архітектури C4 і надати практичні приклади її застосування, що можуть слугувати в якості орієнтира у моделюванні архітектури різноманітних інформаційних систем.

Нотація моделювання C4 – це метод візуалізації архітектури програмного забезпечення, розроблений Саймоном Брауном [8]. Ця нотація використовується для створення діаграм, які ілюструють архітектурну структуру системи. C4 вирішує проблему складності та незрозумілості традиційних архітектурних діаграм. Метою Саймона Брауна було спростити розуміння архітектури для всіх членів команди. Назва “C4” розшифровується як:

- Context – Контекст,
- Containers – Контейнери,
- Components – Компоненти,
- Code – Код.

Ці чотири “С” представляють чотири рівні абстракції (уявлення), які використовуються в цій нотації для візуалізації архітектури (рис. 1).

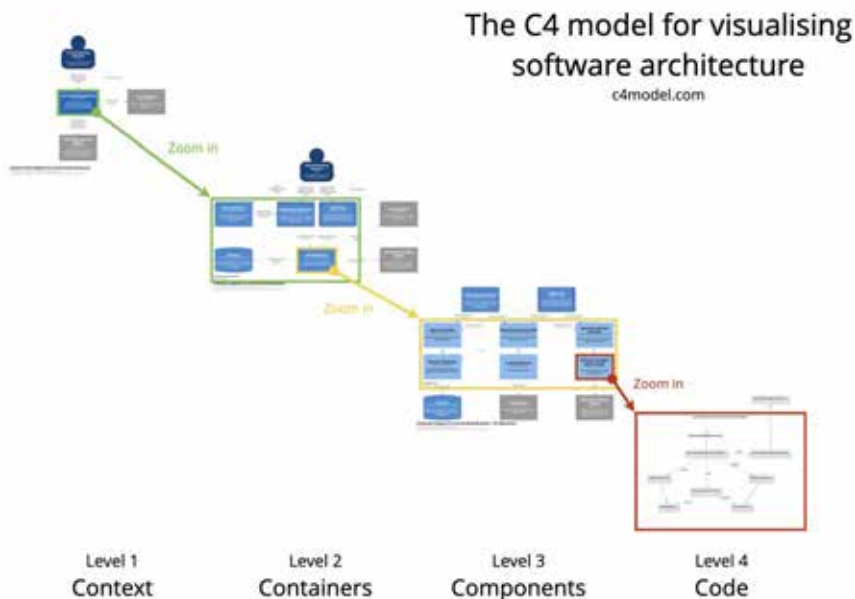


Рис. 1. Рівні абстракції, які використовуються в нотації C4

Рівень 1. Діаграма контексту

Відображає, як система взаємодіє із зовнішніми сутностями (користувачами, зовнішніми системами). Зазвичай використовують на початкових етапах проектування для розуміння загального контексту. Елементи, які використовуються: системи, користувачі, взаємозв'язки.

Рівень 2. Діаграма контейнерів

Описує верхньорівневу архітектуру та технології. Використовується для розуміння технологічного стеку та поділу зон відповідальності.

Елементи, які використовуються: контейнери (наприклад, веб-додатки, бази даних), взаємозв'язки, технології.

Рівень 3. Діаграма компонентів

Деталізує структуру всередині контейнера системи. Тобто детальніше описує лише один контейнер з попереднього рівня. Використовується для проектування та документування внутрішньої структури компонентів системи.

Елементи, які використовуються: компоненти, взаємозв'язки, технології, залежності.

Рівень 4. Діаграма коду

Використовується для низькорівневої деталізації системи. На офіційній сторінці моделі C4 рекомендовано використовувати UML Class diagram/Entity relationship diagram або схожі нотації.

Елементи, які використовуються: класи, інтерфейси, відносини між ними.

Розглянемо процес проектування архітектури на прикладі інформаційної системи прийому комунальних платежів. Для створення діаграм у нотації C4 можна використовувати:

- графічні інструменти,
- інструменти візуалізації через код з використанням штучного інтелекту.

Метою нашого дослідження є використання інструментів, які дозволяють описувати C4 через код з метою прискорення процесу проектування за рахунок використання штучного інтелекту – ChatGPT. В якості інструменту візуалізації через код було обрано PlantUML.

Роботу за проектування системи слід розпочати із створення діаграми контексту.

Крок 1. Моделювання діаграми контексту

Для створення діаграми контексту необхідно в ChatGPT написати запит з вказанням інформаційної системи для генерації PlantUML коду (рис. 2).

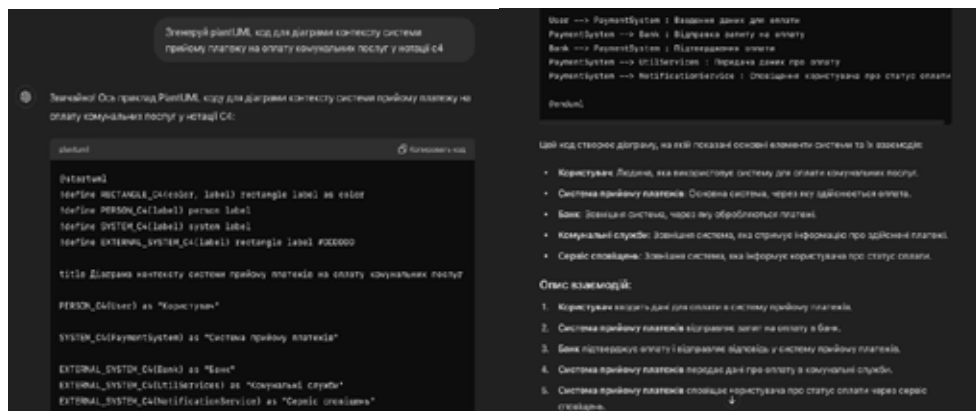


Рис. 2. Генерація PlantUML коду за допомогою ChatGPT

Для побудови діаграми контексту використаємо інструмент візуалізації через код draw.io. Для цього додаємо PlantUML код в конструктор (рис. 3) і генеруємо діаграму контексту (рис. 4).

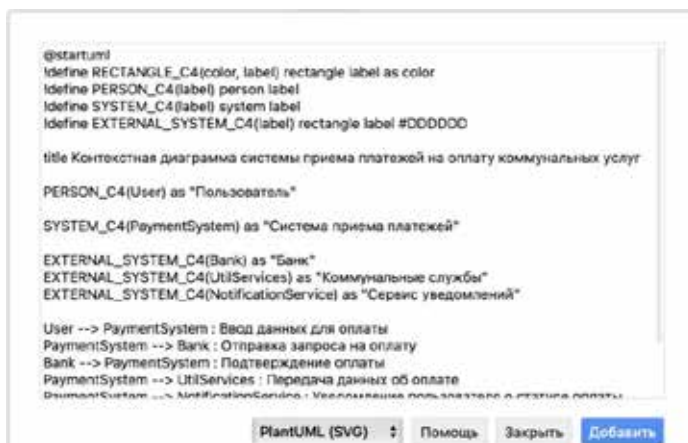


Рис. 3. Конструктор діаграм за допомогою PlantUML коду

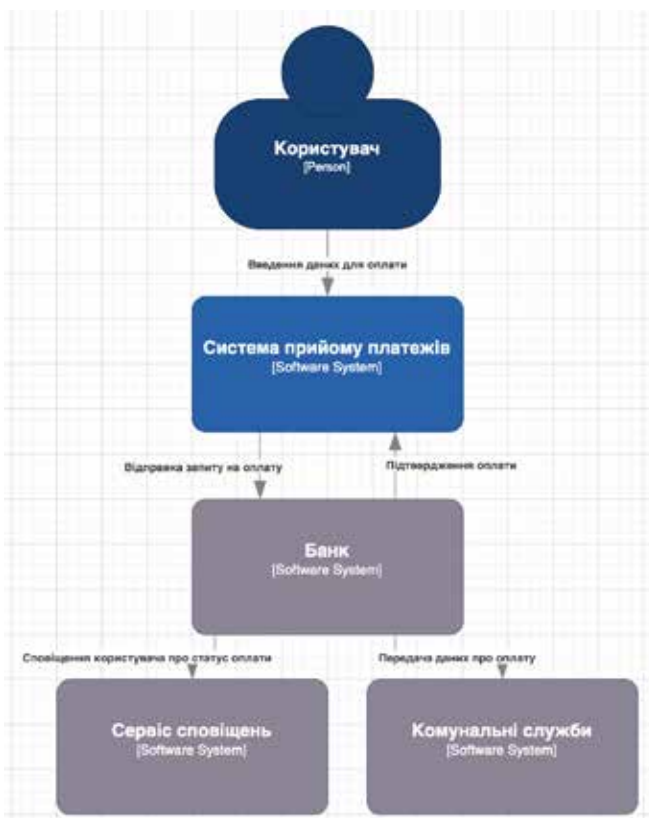


Рис. 4. Згенерована діаграма контексту

Крок 2. Моделювання діаграми контейнерів

Наступним рівнем деталізації в нотації є побудова діаграми контейнерів. Аналогічно першому кроку використаємо ChatGPT для генерації PlantUML коду (рис. 5).

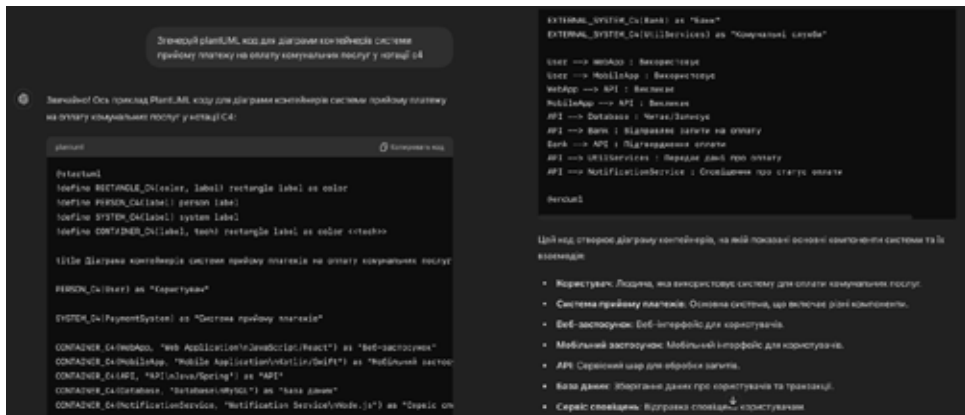


Рис. 5. Генерація PlantUML коду за допомогою ChatGPT

Для побудови діаграми контексту переходимо в draw.io, додаємо PlantUML код в конструктор і генеруємо діаграму контейнерів (рис. 6).

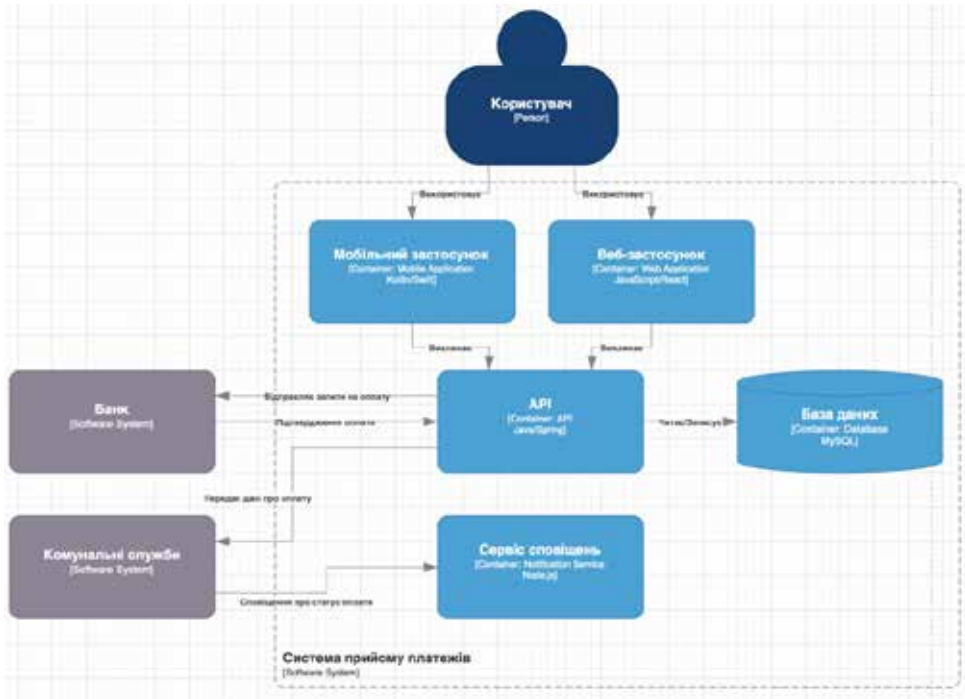
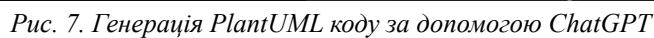


Рис. 6. Згенерована діаграма контейнерів

Діаграма компонентів є деталізацією всіх контейнерів з попередньої моделі (діаграми контейнерів). В якості прикладу розглянемо побудову діаграми компонентів з деталізацією контейнера “API”. Згенеруємо PlantUML код в ChatGPT (рис. 7, 8), перейдемо в draw.io, додаємо PlantUML код в конструктор і генеруємо діаграму контейнерів (рис. 9).



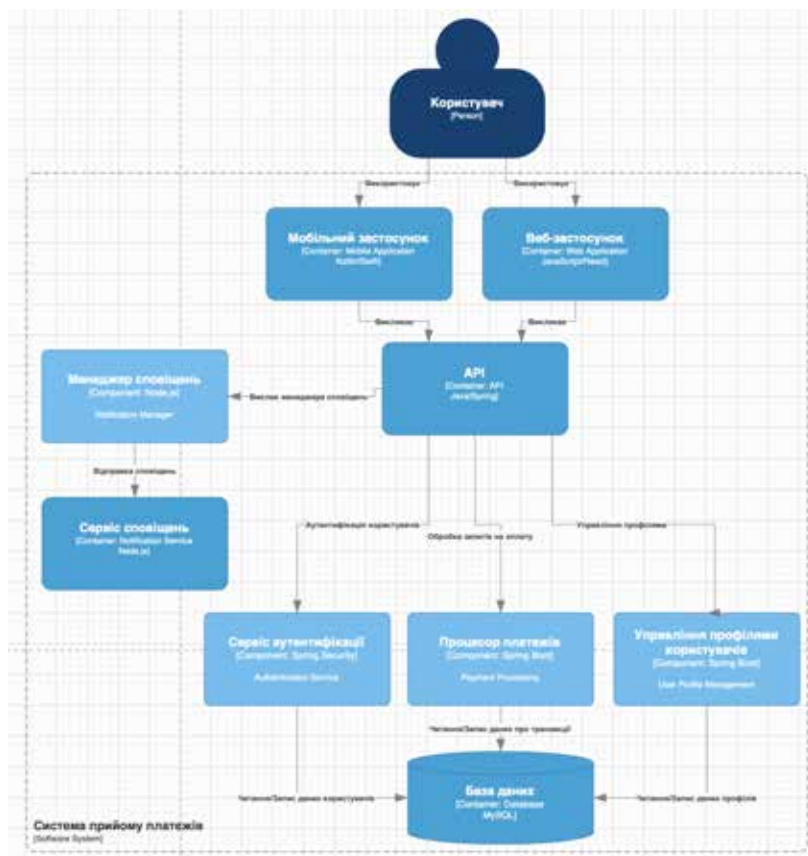


Рис. 9. Згенерована діаграма компонентів

Крок 4. Моделювання діаграми коду

Завершальним етапом проектування архітектури інформаційної системи в нотації C4 є побудова діаграми коду. Це необов'язковий рівень деталізації, який часто доступний за запитом. В ідеалі цю діаграму було б автоматично створено за допомогою середі програмного забезпечення, але якості повноти проектування розглянемо на прикладі найважливіших і складних компонентів інформаційної системи прийому комунальних платежів. Як і в попередніх кроках згенеруємо PlantUML код в ChatGPT (рис. 10, 11), перейдемо в draw.io, додаємо PlantUML код в конструктор і генеруємо діаграму контейнерів (рис. 12).

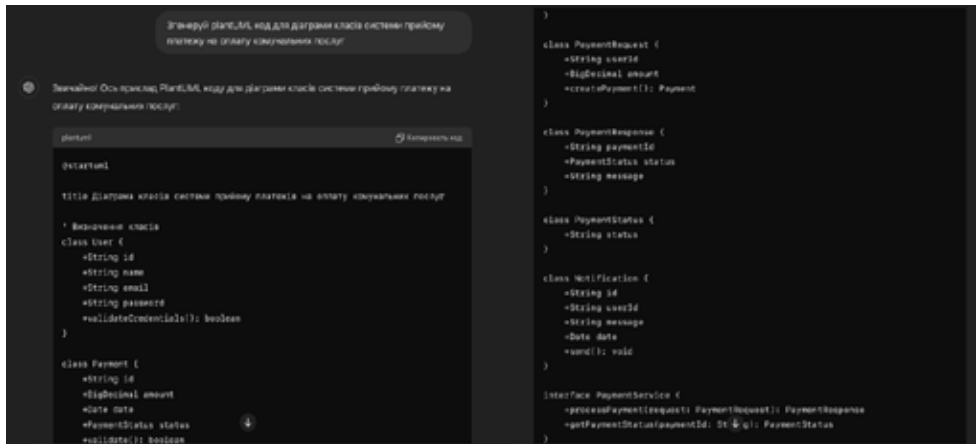


Рис. 10. Генерація PlantUML коду за допомогою ChatGPT

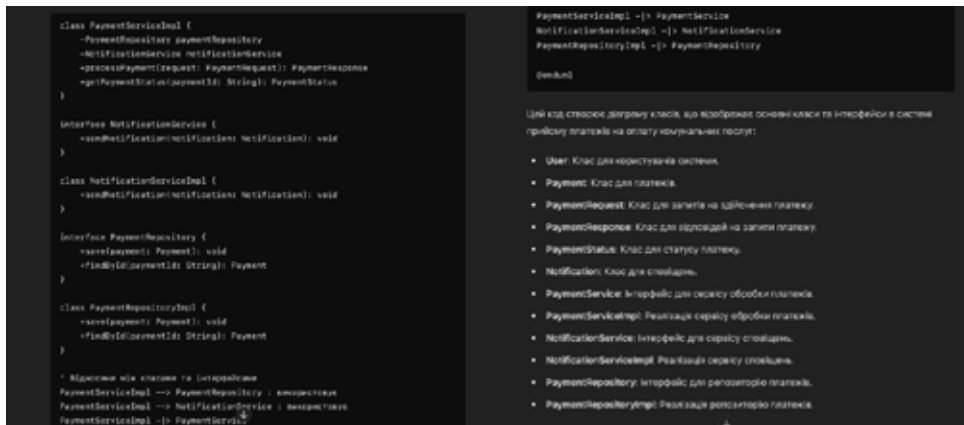


Рис. 11. Генерація PlantUML коду за допомогою ChatGPT

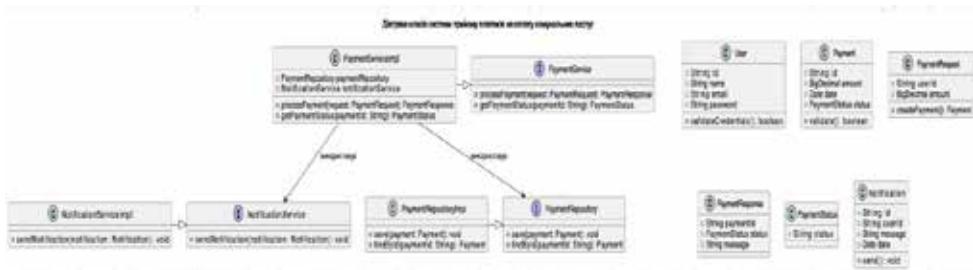


Рис. 12. Згенерована діаграма коду

Проаналізувавши згенеровані діаграми є необхідність втручання в процес архітектора, адже ChatGPT не може повністю врахувати всі особливості інформаційної системи. Також, для зручності користування діаграмами було сформовано ряд правил:

- використання однакового розташування елементів;
- генерація невеликих діаграми (при необхідності можна розбити на декілька та деталізувати);
- діаграма має бути розміром не більше А4, тобто повністю поміщатись на екран монітора або могла бути роздрукована для обговорення;
- якщо в діаграмі занадто багато елементів, об'єднувати подібні елементи і деталізувати в окремих діаграмах.

Не зважаючи на недоліки, отримані діаграми можна використовувати в подальшому проектуванні інформаційної системи прийому комунальних платежів та використовувати ChatGPT для деталізації інших модулів інформаційної системи.

Висновки. В рамках даної роботи було:

- 1) проведено аналіз сучасних методологій, які використовуються в автоматизації проектування архітектури, зокрема інструмент генеративного штучного інтелекту ChatGPT;
- 2) спроектовано частину архітектури інформаційної системи прийому комунальних платежів в нотатії С4 за допомогою ChatGPT та draw.io;
- 3) проаналізовано якість побудованої архітектури інформаційної системи. В рамках цього завдання було виконано аналіз згенерованих діаграм та виявлено недоліки, які враховано в подальшому проектуванні.

Загалом, в ході дослідження було виявлено, що С4 є понятною та доступною нотатією моделювання архітектури. Діаграми легко читаються всіма учасниками за рахунок того, що містить обмежений позначений набір елементів. Використання інструменту штучного інтелекту ChatGPT значно спрощує архітектору задачу побудови якісної архітектури програмного забезпечення та дозволяє автоматизувати частину процесу. Графічний редактор draw.io, підтримуючи інтеграцію з PlantUML, надає змогу за допомогою текстового опису згенерувати графічне зображення та в подальшому інтегрувати з іншими рішеннями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Bengio Y., Courville A., Vincent P. Representation learning: a review and new perspectives. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2013. Vol. 35, no. 8. P. 1798–1828.
2. Lee Y.-G. A Study on The Development of Automatic Design Alternatives Generation Technology Used in the Early Stages of Architectural Design. *Asia-Pacific Journal of Convergent Research Interchange*. 2021. Vol. 7, no. 3. P. 123–132.
3. Li Z., Liang P., Avgeriou P. Application of knowledge-based approaches in software architecture: A systematic mapping study. *Information and Software Technology*. 2013. Vol. 55, no. 5. P. 777–794.
4. Nascimento N., Cowan R., Alencar P. Artificial intelligence versus software engineers: an evidence-based assessment focusing on non- functional requirements. 2023. P. 1–21.
5. Model Checking Software Architecture Design. *Home Page*. URL: <https://doi.org/10.1109/hase.2012.12>
6. Vathsavayi S., Hadaytullah H., Koskimies K. Interleaving human and search-based software architecture design. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*. 2013. Vol. 62, no. 1. P. 16.
7. Harman M., Mansouri S. A., Zhang Y. Search-based software engineering. *ACM Computing Surveys*. 2012. Vol. 45, no. 1. P. 1–61. URL: <https://doi.org/10.1145/2379776.2379787>.

8. The C4 model for visualising software architecture. *The C4 model for visualising software architecture*. URL: <https://c4model.com/#SystemContextDiagram> (дата звернення: 25.05.2024).

REFERENCES:

1. Bengio Y., Courville A., Vincent P. (2013). Representation learning: a review and new perspectives. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 35(8).
 2. Lee Y.-G. (2021) A study on the development of automatic design alternatives generation technology used in the early stages of architectural design. *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, 7(3), 123–132. <https://doi.org/10.47116/apjcri.2021.03.11>
 3. Li Z., Liang P., Avgeriou P. (2013) Application of knowledge-based approaches in software architecture: a systematic mapping study. *Information and Software Technology*, 55(5), 777–794. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2012.11.005>
 4. Nascimento N., Cowan R., Alencar P. (2023) Artificial intelligence versus software engineers: an evidence-based assessment focusing on non- functional requirements. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3126005/v1>
 5. Model checking software architecture design. (2012) <https://doi.org/10.1109/hase.2012.12>
 6. Vathsavayi S., Hadaytullah H., Koskimies K. (2013) Interleaving human and search-based software architecture design. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, 62(1), 16. <https://doi.org/10.3176/proc.2013.1.03>
 7. Harman M., Mansouri S. A., Zhang Y. (2012) Search-based software engineering. *ACM Computing Surveys*. 45(1), 1–61. <https://doi.org/10.1145/2379776.2379787>ted :24.04.2024 p.
 8. *The C4 model for visualising software architecture*. (б. д.). The C4 model for visualising software architecture. <https://c4model.com/#SystemContextDiagram>
-

УДК 628.1:681.518:004.5

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.7>

АВТОМАТИЗОВАНА ІОТ СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ СЕЛИЩА ТЕПЛИК

Легойда Ю. В. – студентка кафедри інформаційних систем та технологій
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
ORCID ID: 0009-0006-2464-2835

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

Інтернет речей (IoT) – це мережа пристроїв, даних та інших технологічних функцій для здійснення будь-якої операції більш інтуїтивно з мінімальним втручанням людини. IoT поступово проникає в повсякденне життя та комерційну сферу. Концепція четвертої промислової революції (Промисловість 4.0) в значній мірі базується на інтуїтивній адаптації IoT та інтелектуальній автоматизації в кожній промисловій діяльності. У останні кілька років IoT також увійшов у сферу управління водою та стічними водами. Погіршення якості води, зниження рівня води, моделі споживання води та брак резервних ресурсів – це кілька проблем, з якими зараз стикаються водопровідні промислові підприємства, а необхідне використання води негативно вплинуло на біорізноманіття та природні середовища проживання до такого рівня, що його стало замало в основних регіонах України та у світі в цілому. Технологія IoT надає рішення для моніторингу в режимі реального часу для промисловості водопостачання та інших секторів, які використовують воду як основний ресурс, допомагаючи пом'якшити вплив дефіциту. Традиційно спеціалісти в різних галузях використовували ваги для вимірювання рівня води та записували все вручну. Це створило проблеми, головною з яких були неточності вимірювання, що впливало на рівень запасів і порушувало весь процес. Технологія IoT є революційною концепцією, яка процвітає завдяки швидкому промислому визнанню. У даній роботі було розглянуто розробку та впровадження автоматизованої системи IoT для управління насосною станцією водопостачання селища Теплик. Основним завданням є створення системи, що забезпечить стабільний рівень води та оперативно реагуватиме на зміни у водопостачанні, забезпечуючи надійні умови життя для мешканців. Завдяки цьому оператори можуть віддалено спостерігати, контролювати та оптимізувати зміни відповідно до умов навколишнього середовища або інших викликів під час військового стану. В ході дослідження було проведено розрахунки оптимального рівня баку для конкретної категорії користувачів та визначено час пік, коли попит на воду найвищий. Розроблена система відображає практичний приклад застосування Інтернету речей для вирішення актуальних проблем водопостачання та демонструє можливості автоматизації та оптимізації ресурсів у сучасних умовах.

Ключові слова: автоматизація, насосна станція, водопостачання, посухи, IoT-технології, Blynk, Arduino, мікроконтролер, архітектура IoT.

Lehoida Yu. V., Kravchenko O. V. Automated IoT system for managing the water supply pump station of Tepyk village

Internet of Things (IoT) is a network of devices, data, and other technological functions designed to perform any operation more intuitively with minimal human intervention. IoT is gradually permeating everyday life and the commercial sphere. The concept of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0) is largely based on the intuitive adaptation of IoT and intelligent automation in every industrial activity. In recent years, IoT has also entered the field of water and wastewater management. The deterioration of water quality, decreasing water levels, water consumption patterns, and lack of backup resources are some of the problems currently faced by water supply industries. Reckless water use has negatively impacted biodiversity and natural habitats to such an extent that it has become scarce in key regions of Ukraine and globally. IoT technology provides real-time monitoring solutions for the water supply industry and other sectors that use water as a primary resource, helping to mitigate the impact of scarcity. Traditionally,

specialists in various fields used scales to measure water levels and recorded everything manually. This created problems, the main one being measurement inaccuracies, which affected stock levels and disrupted the entire process. IoT technology is a revolutionary concept that thrives on rapid industrial recognition. This work discusses the development and implementation of an automated IoT system for managing the water supply pump station in the village of Teplyk. The main task is to create a system that ensures a stable water level and promptly responds to changes in water supply, providing reliable living conditions for residents. This allows operators to remotely monitor, control, and optimize changes according to environmental conditions or other challenges during wartime. During the research, calculations were made to determine the optimal tank level for specific user categories and to identify peak times when water demand is highest. The developed system represents a practical example of using the Internet of Things to solve current water supply problems and demonstrates the potential for automation and resource optimization in modern conditions.

Key words: automation, pump station, water supply, drought, IoT technologies, Blynk, Arduino, microcontroller, IoT architecture.

Вступ. Зростаючі потреби сучасного суспільства в ефективному управлінні ресурсами та забезпеченні комфортних умов життя стимулюють впровадження новітніх технологій у різноманітні сфери життєдіяльності. Однією з таких технологій, яка набуває все більшої актуальності, є Інтернет речей (IoT). Ця концепція полягає в зв'язку між фізичними пристроями та їхніми можливостями з мережею Інтернет [1], що дозволяє здійснювати автоматизацію, збір та обмін даними без прямого втручання людини.

Однією з актуальних областей застосування IoT є управління водопостачанням та контроль рівня води у водонапірних баштах. Зокрема, в контексті сучасного селища, така система набуває великого значення для забезпечення надійного та ефективного водопостачання мешканців. В умовах постійних змін, пов'язаних зі зростанням населення, кліматичними змінами та інфраструктурними викликами, автоматизована система управління водопостачанням стає невід'ємною складовою інфраструктури міста чи селища.

Основним компонентом системи водопостачання є насосні станції, які забезпечують подачу води в мережу та підтримують необхідний тиск у системі. Автоматизована система управління насосними станціями, базована на IoT, може забезпечити постійний рівень води та оперативно повідомляти про недостачу води, що є критичним для життєвих потреб населення.

Завдяки технологіям Інтернету речей (IoT), пристрої, такі як датчики рівня води, мікроконтролери, насоси та інші ключові компоненти, можуть бути з'єднані в мережу для взаємодії між собою. Це дозволяє створювати розумні системи управління, які можуть автоматично приймати рішення щодо контролю насосів для підтримки оптимального рівня води, отримувати інформацію про стан системи, здійснювати дистанційний моніторинг і контроль, а також знижувати витрати води, усуваючи недоліки ручного управління [2].

Забезпечення водних ресурсів є критично важливим не лише для споживання людьми, але й для підтримання родючості ґрунтів. Сучасні методи ведення війни завдають значної шкоди навколишньому середовищу. Переміщення важкої техніки, спорудження фортифікацій, навмисне затоплення територій, як у випадку з підривом Каховської ГЕС, а також бойові дії, переважно пошкоджують ґрунтовий покрив, роблячи його непридатним для використання. Воєнні конфлікти можуть також призвести до суттєвих змін у кліматі, таких як зменшення кількості опадів, що може спричинити посуху, як це зараз спостерігається в східних регіонах України. Важливо усвідомлювати, що аграрний сектор відіграє ключову роль у забезпеченні продовольством населення країни та в експорті продукції на зовнішні ринки.

Саме тому актуальність теми також полягає у можливості забезпечення сталого та надійного водопостачання для сільськогосподарських культур навіть у випадках обмеженості ресурсів та непередбачуваних умовах, які можуть виникнути через російське вторгнення в Україну, що призводить до посушливого клімату. Дана система дозволяє зменшити присутність людини на полях, що стає небезпечним через військову агресію та знижує ризик помилок чи недоліків у процесі управління.

Моніторинг води в сільському господарстві – це не лише питання ефективного вирощування культур. Оскільки сільське господарство використовує значну кількість води, критично важливо, щоб її використання було якнайточнішим для забезпечення його сталості.

Селище Теплик, розташоване в Гайсинському районі Вінницької області [3], з точки зору постачання води в сільському господарстві, відіграє ключову роль у забезпеченні різноманітних вирощувань та тваринництва. Враховуючи асортимент вирощуваних культур, таких як пшениця, буряк цукровий, соя, кукурудза, горох, ріпак, люцерна, суданка, ячмінь двох сортів (ярий та озимий) та соняшник, а також вирощування тварин, необхідність у водопостачанні стає особливо важливою, особливо під час вегетаційного періоду.

Для вирощування таких культур необхідно постійне та надійне забезпечення водою для поливу полів. Водонапірна башта та системи насосів можуть використовуватися для підтримки потрібного рівня вологості ґрунту в умовах недостатнього опадів або забезпечення води в періоди засухи.

Крім того, важливо враховувати оптимальне використання води для поливу, щоб уникнути її надмірного витрату та забезпечити ефективне використання ресурсів. Використання сучасних технологій водопостачання, таких як автоматичні системи поливу та інтеграція IoT-датчиків для моніторингу вологості ґрунту, може допомогти забезпечити оптимальне використання водних ресурсів у вирощуванні культур у селищі Теплик.



Рис. 1. Цех із виготовлення ковбас від «М'ясолека» що на Тепличчині

Також, не менш важливо, враховувати водопостачання для тваринництва, таке як поїлки для худоби та птиці, для забезпечення необхідної кількості питної води та забезпечення стабільних умов утримання тварин. У селищі появляються м'ясні цехи та магазини такі як «М'ясотека» (рис. 1) [4], де подача води також є головним пріоритетом.

Водонапірна башта як об'єкт автоматизації

Як наслідок військової агресії Російської Федерації Україна стикається з серйозною екологічною кризою. На території країни відбувається забруднення ґрунтів внаслідок військових дій, мінування, пожеж лісів і забруднення повітря [5]. Також забруднюються і водні ресурси. Це може мати серйозні наслідки, включаючи різноманітні захворювання бактеріологічного та хімічного впливу.

Однак люди бажають використовувати чисту та якісну воду. Саме тому, більшість споживачів обирають підземні джерела. Вода з підземних джерел, таких як артезіанські криниці або колодязі, часто вважається чистішою та менш забрудненою порівняно з водою з поверхневих джерел, таких як річки або озера. Це через те, що вода проникає вглиб і зберігається в глибоких шарах ґрунту де менше піддається забрудненню від людської діяльності та зовнішніх факторів. А водонапірні башти виступають як ключові елементи інфраструктури для забезпечення доступу до чистої води для населення.

Водонапірна башта [6] – це споруда, яка використовується в системі водопостачання для регулювання тиску і розходу води в водопровідній мережі, створення її запасу та вирівнювання графіка роботи насосних станцій. Водонапірна башта, крім своєї основної функції забезпечення регулювання тиску та розходу води, є також важливим елементом інфраструктури водопостачання, який забезпечує безперебійне постачання води в систему навіть у випадках перебоїв у роботі насосних станцій чи інших технічних неполадок.

Водонапірна башта (рис. 2) також використовується для зберігання запасів води, що може бути особливо важливим у випадках пікового навантаження системи або аварійних ситуацій. Її наявність дозволяє забезпечити надійність та стабільність роботи системи водопостачання, а також економію енергії шляхом оптимізації графіка роботи насосних станцій.

Водонапірна башта включає резервуар для води, зазвичай циліндричної форми, який розташовується на опорній конструкції. Основна функція водонапірної башти полягає в регулюванні подачі води: у періоди зниженого споживання надлишок води, яку постачає насосна станція, накопичується в башті, а потім використовується під час підвищеного споживання. Висота водонапірної башти, від землі до нижньої частини резервуара, зазвичай не перевищує 25 метрів, і лише іноді сягає 30 метрів. Об'єм резервуара варіюється від кількох десятків до кількох тисяч кубічних метрів, залежно від розмірів водопроводу. Опорні конструкції виготовляють переважно зі сталі або залізобетону, рідше з цегли, тоді як резервуари зазвичай роблять з залізобетону або сталі.

Водонапірні башти оснащені трубопроводами для подачі та відведення води, переливними пристроями для запобігання переповненню резервуара, а також системою вимірювання рівня води з можливістю телекомунікаційної передачі сигналів до диспетчерського пункту [7].

Водонапірна башта будується так високо для забезпечення необхідного тиску води у водопровідній системі. Висота башти створює різницю в рівнях, яка є причиною тиску. Чим вище розташована башта, тим більший тиск води може бути забезпечений у водопровідній мережі. Високий тиск дозволяє воді подолати

опори, такі як опір труб, та досягти вищих точок, таких як вищі поверхи будівель або віддалені райони.



Рис. 2. Водонапірні башти розташовані в селищі Теплик, Гайсинського р-ну, Вінницької обл.

Крім того, велика висота водонапірної башти дозволяє накопичувати більші об'єми води, що може бути важливим у випадках пікового навантаження системи або в разі аварійних ситуацій, коли потрібно забезпечити безперебійне водопостачання. Таким чином, висока водонапірна башта є важливим елементом для забезпечення надійності та ефективності системи постачання води.

Одна з найпоширеніших систем водонапірних башт – «Башта Рожновського», використовується для регулювання витрати та тиску води у водопровідній мережі, створення запасів води та вирівнювання графіка роботи насосних станцій.

Найчастіше водонапірні башти в комплектації мають [8]:

- сходи з огороженням;
- відвідну трубу;
- петлі для підйому і установки башти;
- внутрішню сходи;
- верхній і нижній оглядові люки;
- скоби-льодоутримувачі;
- 4 розтяжки, що мають товщину 12 мм.

Вартість водонапірної башти Рожновського залежить від висоти опори і обсягу бака. Для цього необхідно розрахувати споживання, щоб вибрати підходящий варіант споруди. Чим більше води витрачається населенням, тим більше її запас повинен міститися в установці [9].

Таблиця 1

Конфігурації водонапірної башти

Найменування	10м ³	15м ³	25м ³	50м ³	160м ³
Об'єм баку	10 куб. метрів	15 куб. метрів	25 куб. метрів	50 куб. метрів	160 куб. метрів
Діаметр баку, мм	2400	3020	3020	3020	3020
Загальна висота, м	11.5 м	15.5 м	21.5 м	26.6 м	26 м
Вага, кг	2500	3100	5500	12000	26600

Для того, аби дізнатися тиск у водонапірній башті, спочатку потрібно визначити висоту підйому води, використовуючи формулу:

$$h = n * h_e,$$

де n – число поверхів у будівлі, а h_e – висота поверху.

Далі скористаємося формулою Паскаля [10] визначення тиску лише на рівні Землі.

$$P = p * g * H,$$

де p – густина води, g – прискорення вільного падіння тіла [11], піднятого над землею, а H – висота водонапірної вежі.

Застосувавши ці дві нескладні формули, можна дізнатися який тиск у водонапірній вежі на певному поверсі будівлі.

Зазвичай резервуар водонапірної башти виготовляється прямокутної або круглої форми, співвідношення між діаметром і висотою якого залежить від індивідуальних архітектурно-будівельних і технологічних параметрів. Об'єм резервуара, так само як і висота опори, визначається відповідно до результатів розрахунків водорозподільної мережі. Для захисту водного запасу від забруднення та замерзання резервуар башти оточений спеціальним захистом. Подача води до башти здійснюється за допомогою насосів.

Багато водонапірних башт, розташованих на залізничних станціях і депо, спочатку забезпечували водою ремонтні майстерні та водозаправні колонки для паровозів, проте до 60-х років XX століття вони втратили свою значимість у зв'язку з переходом станцій і депо на центральну систему водопостачання. Наразі більшість з цих башт використовується у приміських та сільських місцевостях для надання води у конкретних районах [12].

Також не слід забувати й про закон сполучених посуд, оскільки дана система чудово проглядається як приклад.

Суть закону в тому, що посудини, які мають з'єднання трубопроводом та розташовані на різних рівнях, називаються сполученими, рівень рідини у цих посудинах визначається зовнішнім тиском і масовими силами, що діють на неї, а не формою посудини. Використання сполучених посудин в повсякденному житті відоме ще з давніх часів і має свої корені у стародавніх практиках, таких як будівництво пірамід в Стародавньому Єгипті, де вони використовувалися, наприклад, для монтажу рівня.

Закон сполучених посудин [13] – закон гідростатики [14], який встановлює співвідношеннями між рівнями рідин у сполучених посудинах.

Рівень рідини в посудинах, сполучених між собою – однаковий.

Якщо різні коліна сполучених посудин заповнені різною рідиною, то висоти стовпів рідини співвідносяться обернено пропорційно до їхніх густин

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{p_2}{p_1},$$

де літерою h позначені висоти в різних колінах, а літерою p – густини рідин. Закон сполучених посудин є наслідком закону Паскаля і виводиться із рівності тисків в каналі, який сполучає посудини.

Рівновага тисків в сполучених каналах записується у формі

$$P_i + p_i g h_i = \text{const},$$

де P – тиск на поверхні стовпа рідини, g – прискорення вільного падіння.

У випадку однакових тисків це рівняння зводиться до

$$p_i h_i = \text{const}$$

Даний закон чудово проглядається у побуті, а саме у водонапірній башті.

Необхідні розрахунки

Вплив конфлікту на водні ресурси відчутний в усіх галузях економіки та вже виходить за межі національних кордонів. В Україні є значне скорочення водозаборів та зростанням скидів забруднених стічних вод. Помітна нерівномірність у розвитку систем водопостачання та каналізації. Військові дії внаслідок повномасштабного вторгнення спричинили серйозний негативний вплив, особливо в найбільш вразливих східних та південних регіонах.

У 2024 році в Україні найбільше водних ресурсів вимагає сільське господарство. Основні галузі, які використовують значні обсяги води в сільському господарстві, включають зрошувальне землеробство, вирощування рослин і тваринництво.

Для нашої системи контролю подачі води, потрібно визначити максимальний об'єм баку водонапірної башти та найкращий час для запуску насоса. Було проведено опитування серед звичайних мешканців, що дає розуміння того, скільки споживає води одна сучасна людина в приватному будинку та у квартирі.

Для однієї людини що проживає у приватному будинку:

- Щоденний прийом душа та особиста гігієна: 20–30 л;
- Змив води в унітазі один раз: 5 л (в середньому за день одна людина наживає на змив 6 разів);
- Прання: 20 л;
- Приготування їжі: 5 л;
- Миття посуду: 10 л;
- Господарство (залежить від одиниці голів тварин): 20–40 л.

Отож, на основі списку, що представлений вище, у середньому загальна сума використання водних ресурсів для однієї людини, нараховується приблизно 95–135 л використаної води на день. Однак загальний показник збільшується коли кількість людей, відповідно, збільшується чи змінюється клімат. У посушливі періоди використання води на власні потреби збільшується майже у 1.5 рази. Тому сума може варіюватися від 202,5–210 л води на одну особу. Нехай врахуємо, що середньостатистична українська сім'я нараховує 4 особи у будинку, то кількість води буде нараховуватись приблизно 75–105 л/день, оскільки деяка діяльність відбувається спільно. Тобто за день усього сім'я з 4 людини використовує 360–540 л води.

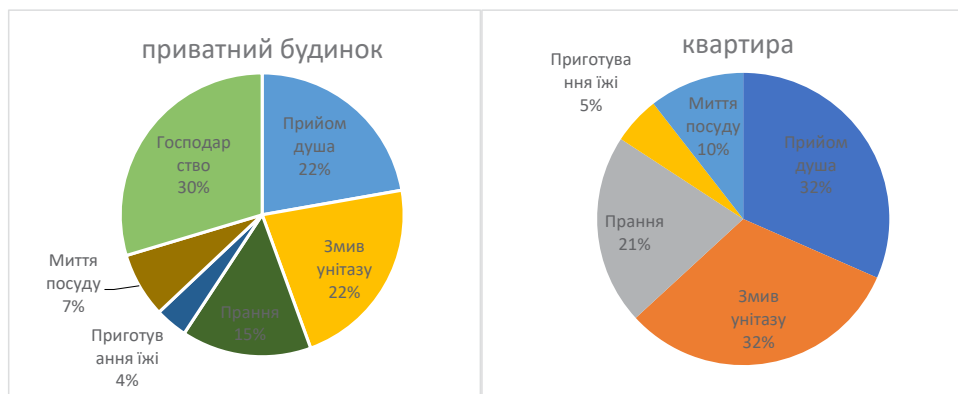


Рис. 3. Графіки показу використання водних ресурсів залежно від місця проживання: а – у приватному будинку; б – у квартирі

Більшість приватних будинків мають власні ділянки з городом, садом, теплицею і т. п. Для такої діяльності теж потрібна вода, однак українці загалом використовують не питну воду, що тече з крану, а використовують системи зберігання дощових вод для подальшого використання. Наприклад, воду можна збирати у спеціальних резервуарах під землею чи у спеціальних ємностях на поверхні.

На півдні України, де клімат є спекотним і сухим, дощові води можуть бути менш доступним ресурсом для зрошення городів та сільськогосподарських угідь порівняно з північними регіонами. Однак, це не означає, що дощові води не використовуються загалом. У південних областях для зрошення городів і сільськогосподарських культур можуть використовуватися інші джерела води, такі як річки, ставки, артезіанські свердловини та штучні водосховища.

Щодо людей які проживають у квартирах, кількість споживання води значно менша, оскільки не включають у себе підпункт господарство, що було присутнє для приватного будинку.

Для однієї людини що проживає у квартирі:

- Щоденний прийом душа та особиста гігієна: 20–30 л;
- Змив води в унітазі один раз: 5 л (в середньому за день одна людина нажимає на змив 6 разів);
- Прання: 30–40 л;
- Приготування їжі: 10 л;
- Миття посуду: 5 л.

В середньому, загальна кількість літрів що використовується однією сучасною людиною, яка проживає у квартирі становить 65–95 л/день. Якщо враховувати посушливий клімат, то 142,5–150 л/день, розподілити квартиру на 4 людини, то на одну людину буде припадати (якщо не враховувати діяльність, що може зробити лише одна людина по типу помити посуд чи прання) 60–75 л/день. Усього на 4 людини 275–380 л/день.

Розрахунок споживання води на тиждень на одну особу:

Для приватного будинку: $7 \cdot 135 \text{ л} = 945 \text{ л}$ використаної води (1470 л з урахуванням зміни клімату);

Для квартири: $7 \cdot 95 \text{ л} = 665 \text{ л}$ використаної води (1050 л з урахуванням зміни клімату).

Розрахунок використання води щомісячно на одну особу:

Для приватного будинку: $31 \cdot 135 \text{ л} = 4185 \text{ л}$ використаної води (6510 л з урахуванням зміни клімату);

Для квартири: $31 \cdot 95 \text{ л} = 2945 \text{ л}$ використаної води (4650 л з урахуванням зміни клімату).

Розрахунок використання води щорічно на одну особу(у високосному році):

Для приватного будинку: $366 \cdot 135 \text{ л} = 49\,410 \text{ л}$ використаної води (76\,860 л з урахуванням зміни клімату);

Для квартири: $366 \cdot 95 \text{ л} = 34\,770 \text{ л}$ використаної води (54\,900 л з урахуванням зміни клімату).

**Для розрахунку загальної кількості споживання води у разі зміни клімату використовувалися максимальні значення*.*

Отже, порівнявши вищенаведені графіки (рис. 3) та цифри, можна зробити висновок, що тип місця проживання та кількість людей у будинку, дійсно впливає на використання водних ресурсів. Також на дану статистику впливають і зовнішні чинники, такі як клімат та опади.

Було також здійснено аналіз щодо пікового споживання електроенергії (рис. 4) для того, аби визначити найкращий час запуску насосів для заповнення резервуарів з найменшим навантаженням на електроенергію в умовах енергетичної кризи під час військового конфлікту.

За допомогою Інтернет джерел та опитування типових мешканців, можна прийти до висновку, що графік споживання електроенергії взимку та влітку майже однакові, відрізняються лише кількість споживання. Влітку в основному найбільше використовується електроенергія з 16:00–19:00 через спеку, оскільки збільшується використання кондиціонерів.

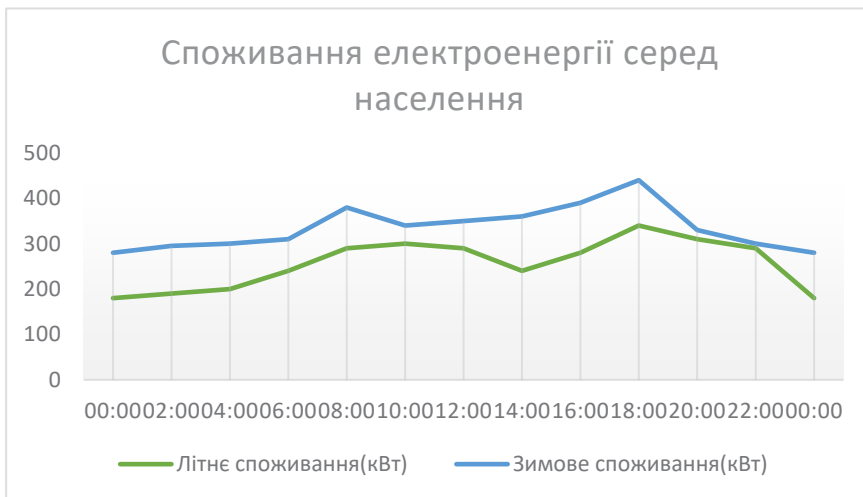


Рис. 4. Графіки споживання електроенергії влітку та взимку серед населення

Зимовий графік електроспоживання має дещо інший вигляд. Перш за все, кількість споживання зросло – бо в денні години електроенергію використовують для обігріву, а через короткий світловий день люди раніше вмикають освітлення. Таким чином пік споживання зараз змістився на 17:00. Найкращим часом

для запуску системи припадає на нічний час (з 23:00 до 07:00): Вночі споживання електроенергії загалом нижче через те, що багато виробничих підприємств припиняють роботу або працюють на мінімальному рівні. Таким чином, вночі може бути оптимальним часом для запуску насоса для водонапірної башти.

Запуск насоса для водонапірної башти у періоди з меншим навантаженням на енергосистему допоможе уникнути пікового навантаження електроенергії, знизити витрати на тарифи за електроенергію та уникнути небажаного дефіциту водопостачання.

Матеріали та методи

Для відтворення автоматизованої IoT системи управління насосної станції, варто визначитись із його IoT архітектурою (рис. 5) та алгоритмом спрацювання за допомогою блок-схеми (рис. 6).

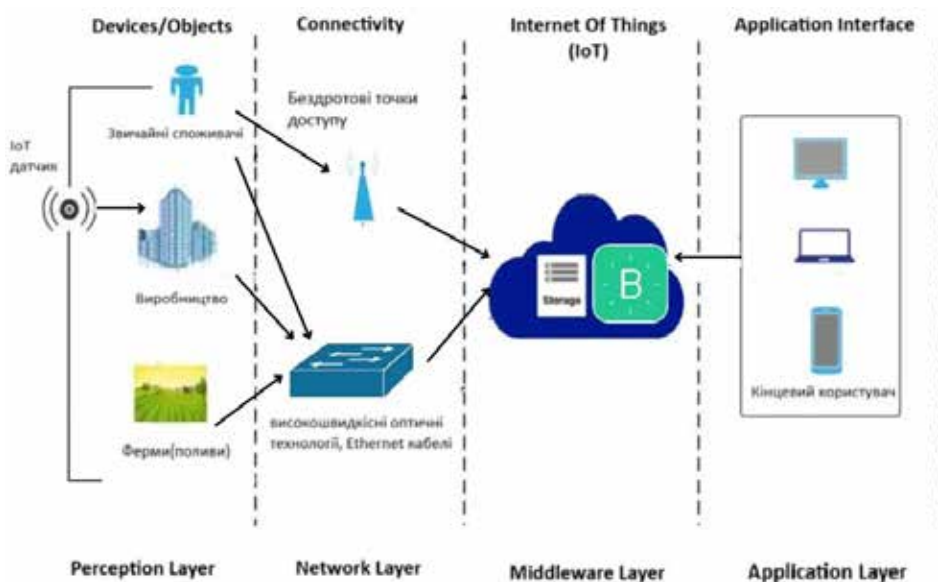


Рис. 5. Архітектура IoT системи

Згідно архітектури ми отримуємо інформацію про стан датчиків, датчики читають про рівень води у водонапірній башті, що використовується на виробництві, полях, на утримання тварин (фермах) або для використання звичайними мешканцями, що використовують воду на власні потреби. Оператор, у свою чергу, має доступ до бази даних, інформацію яких, зібрали із датчиків що пройшли через системи зв'язку такі як бездротові мережі (Wi-Fi (802.11), Bluetooth, Zigbee, Z-Wave тощо) та оптоволоконні медіаконвертери.

Щодо відтворення апаратної частини проєкту було обрано платформу Arduino. Arduino (Ардуіно) [21] – апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++.



Рис. 6. Блок-схема алгоритму спрацювання автоматизованої IoT системи управління насосної станції водопостачання

Ми здійснили закупівлю плати Arduino Uno та мікроконтролер з вбудованим модулем Wi-Fi ESP32. Є подібний мікроконтролер – ESP8266 однак він є менш потужним та економічним варіантом, тоді як ESP32 має більше ресурсів та може працювати з більшим набором функцій. Такі плати мають вбудовані аналогові та цифрові піни, можуть комунікувати за допомогою різних інтерфейсів, таких як UART, I2C, SPI, і мають підтримку широкого спектру датчиків та актуаторів.

Для нашої автоматизованої системи були використані наступні компоненти: плати Arduino Uno, ESP32, ультразвуковий датчик, рідинно-кристалічний дисплей, I2C модуль, реле модуль, світлодіоди, резистори 180 Ом, монтажна дошка, стрижні для монтажу, насос для води та трубка.



Рис. 7. Інтегровані у систему плати: а – Arduino Uno;
б – Мікроконтролер ESP32 Development Board WiFi

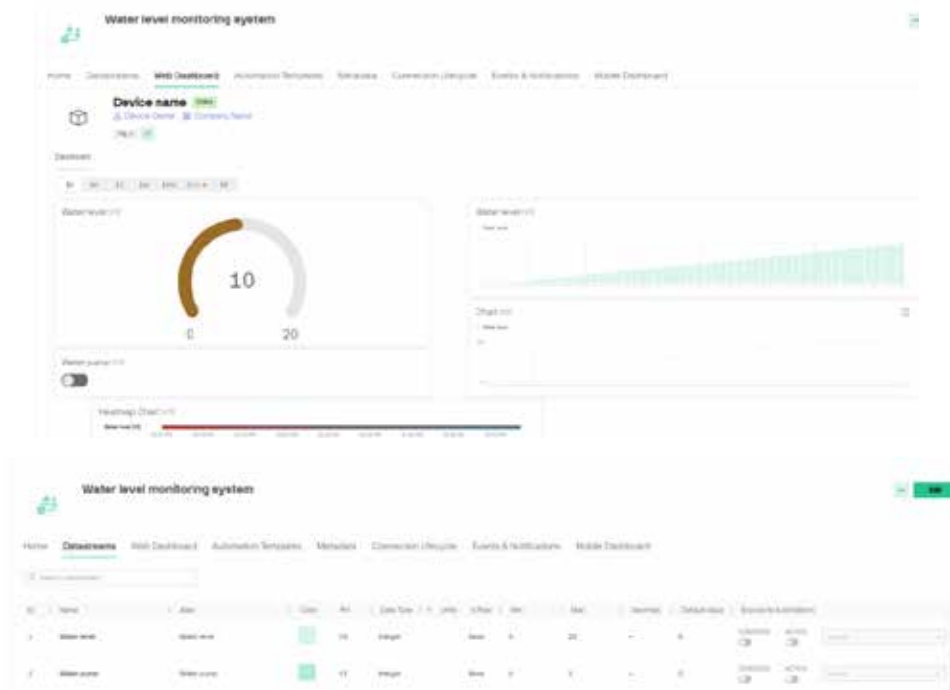


Рис. 8. а – Інтерфейс автоматизованої IoT системи управління
насосної станції водопостачання на платформі Blynk;
б – Вигляд інтегрованої бази даних на платформі

Головним елементом в IoT є комунікаційний модуль, що присутній у ESP32. За допомогою нього можна забезпечити зв'язок та передачу даних між різними компонентами, як Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa, NB-IoT, GSM/GPRS забезпечують широкі можливості для зв'язку із центральним контролером або хмарною платформою, що дозволяє віддалено контролювати та керувати нашою системою. Інтернет речей (IoT) передбачає використання різноманітних платформ для збору,

збереження та аналізу даних, керування пристроями та реалізації функцій зв'язку в мережі. Ми оглянули надзвичайно чудову платформу Blynk [23] від американської технологічної компанії Blynk Technologies Inc (рис. 8). Також у цій платформі можна швидко та легко налаштувати повідомлення у разі аварійних ситуацій чи для звичайного сповіщення для користувачів, що буде приходити як на електронну пошту користувача, так і на пристрій у вигляді екстреного повідомлення.



Рис. 9. Підключення системи до ємності. Тестування системи

Отож, підключивши та протестувавши нашу автоматизовану IoT систему управління насосної станції водопостачання (рис. 9) ми можемо проаналізувати результати роботи та зробити **висновки**:

- Система є ефективною у контролі та подачі водопостачанням та управлінням насосної станції. За допомогою даної системи оператор має можливість отримати інформацію про рівень води у водонапірній башті, графіки зміни тенденції споживання води, отримати повідомлення у разі аварійних ситуацій;
- Система, яка надає звіт та статистичні дані, дозволяє ефективно використовувати насосну станцію для подачі води;
- Система дозволяє автоматично наповнювати башту водою на основі прийнятих рішень про пік споживання електроенергії та рівня води на основі вже розрахованих даних про тип будинку, місце проживання та типу користувачів;
- Дана система є досить простою у користуванні, її інтерфейс є інтуїтивно зрозумілим для користувачів;
- Система є актуальною в умовах енергетичної кризи під час військового стану в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vinod, G.; Peter, A.V.; Rao, I.S.; Sailaja, S.; Babu, Y.S. IoT based Water Quality Monitoring System Using WSN. Indian J. PublicHealth Res. 2018, 410 p.
2. Priya, S.K.; Shenbaga, L.G.; Revathi, T. Design of smart sensors for real time drinking water quality monitoring and contamination detection in water distributed mains. Int. J. Eng. Technol. 2017, 47 p.
3. Теплик [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://teplyk-biblioteka.edukit.vn.ua/krayeznavstvo/istoriya_nazvi_teplika/, 2023
4. Vita Channel TV [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.instagram.com/vita.channel.tv/>, 2023
5. Вплив воєнних дій в Україні на водні ресурси та стан довкілля [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://firtka.if.ua/blog/view/vpliv-voienikh-diyi-v-ukrayini-na-vodni-resursi-ta-stan-dovkillia>, 2023

6. Водонапірна вежа [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Terminolohichniy_slovnyk-dovidnyk_z_budivnytstva_ta_arkhitektury.pdf, 2016
7. Водонапірна башта [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://newhohol.com.ua/articles/vodonapornaya-bashnya.html>, 2024
8. Як працюють водонапірні башти: водонапірна башта Рожновського [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://poradumo.com.ua/39525-iak-pracuut-vodonapirni-bashti-vodonapirna-bashta-rojnovskogo/>, 2015
9. Водонапірна башта Рожновського (ВБР-25) [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.promstan.com.ua/ua/production/vbr-25>, 2024
10. Закон Паскаля [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=355&chapterid=1142>, 2019
11. Прискорення вільного падіння [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/10322>, 2024
12. Опис водонапірної башти [Електронний ресурс] // <https://> Режим доступу: <https://gazvodakiev.com.ua/ua/p827307753-vodonapornaya-bashnya-rozhnovskogo.html>, 2024
13. Закон сполучених посудин [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://naurok.com.ua/zakon-paskalya-spolucheni-posudini-163694.html>, 2024
14. Гідростатика [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://web.posibnyku.vntu.edu.ua/fbteg/tkachenko_gidro_gazo_dunamika/page14.html, 2021
15. Як розрахувати норму водоспоживання для підприємства [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://expertcentr.com.ua/uk/yak-rozrahuvati-normu-dlya-pidpriemstva-vodospozhyvannya/>, 2021
16. Норми споживання води для населення в Україні [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://poverka.org.ua/normi-spozhyvannja-vodi-dlja-naselennja-v-ukraini/>, 2024
17. Стало відомо, які норми витрат води на одного українця, і в яких містах найдорожчі тарифи [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://finance.today.ua/stalo-vidomo-yaki-normy-vytrat-vody-na-odnogo-ukrayintsya-i-de-najdorozhchitaryfy/>, 2023
18. Тарифи на водопостачання та водовідведення [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/>, 2024
19. Тариф на електроенергію: скільки платитимуть українці за світло 2024 року [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://tsn.ua/groshti/tarif-na-elektroenergiyu-skilki-platitimut-ukrayinci-za-svitlo-2024-roku-2488111.html>, 2024
20. Споживання електроенергії в минулий осінньо-зимовий період зросло на 16% [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://ua-energy.org/uk/posts/spozhyvannia-elektroenerhii-v-mynulyi-osinno-zymovyi-period-zroslo-na-16>, 2024
21. Arduino. Вікіпедія [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino>, 2023
22. Arduino IDE [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://itmaster.biz.ua/electronics/arduino/arduino-ide.html>, 2024
23. Blynk: a low-code IoT software platform. [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://blynk.io/>, 2024

REFERENCES:

1. Vinod, G.; Peter, A.V.; Rao, I.S.; Sailaja, S.; Babu, Y.S. IoT based Water Quality Monitoring System Using WSN. *Indian J. Public Health Res.* 2018, 410 p.
2. Priya, S.K.; Shenbaga, L.G.; Revathi, T. Design of smart sensors for real time drinking water quality monitoring and contamination detection in water distribution mains. *Int. J. Eng. Technol.* 2017, 47 p.
3. Teplyk [Electronic resource] // Access mode: http://teplyk-biblioteka.edukit.vn.ua/krayeznavstvo/istoriya_nazvi_teplika/, 2023

4. Vita Channel TV [Electronic resource] // Access mode: <https://www.instagram.com/vita.channel.tv/>, 2023
5. The impact of military actions in Ukraine on water resources and the state of the environment [Electronic resource] // Access mode: <https://firtka.if.ua/blog/view/vpliv-voienikh-diyi-v-ukrayini-na-vodni-resursi-ta-stan-dovkillia>, 2023
6. Water tower [Electronic resource] // Access mode: https://shron1.chtyvo.org.ua/Shmyh_Roman/Terminolohichniy_slovnyk-dovidnyk_z_budivnytstva_ta_arkhitektury.pdf, 2016
7. Water tower [Electronic resource] // Access mode: <http://newhohol.com/ua/articles/vodonapornaya-bashnya.html>, 2024
8. How water towers work: Rozhnovsky water tower [Electronic resource] // Access mode: <https://poradumo.com.ua/39525-iaak-pracuut-vodonapirni-bashti-vodonapirna-bashta-rojnovskogo/>, 2015
9. Rozhnovsky water tower (VBR-25) [Electronic resource] // Access mode: <https://www.promstan.com.ua/ua/production/vbr-25>, 2024
10. Pascal's law [Electronic resource] // Access mode: <http://physics.zfftt.kpi.ua/mod/book/view.php?id=355&chapterid=1142>, 2019
11. Acceleration of free fall [Electronic resource] // Access mode: <https://disted.edu.vn.ua/courses/learn/10322>, 2024
12. Description of the water tower [Electronic resource] // Access mode: <https://gazvodakiev.com.ua/ua/p827307753-vodonapornaya-bashnya-rozhnovskogo.html>, 2024
13. Law of communicating vessels [Electronic resource] // Access mode: <https://naurok.com.ua/zakon-paskalya-spolucheni-posudini-163694.html>, 2024
14. Hydrostatics [Electronic resource] // Access mode: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fbteg/tkachenko_gidro_gazo_dunamika/page14.html, 2021
15. How to calculate water consumption standards for an enterprise [Electronic resource] // Access mode: <https://expertcentr.com.ua/uk/yak-rozrahuvati-normu-dlya-pidpriemstva-vodospozhyvannya/>, 2021
16. Water consumption standards for the population in Ukraine [Electronic resource] // Access mode: <https://poverka.org.ua/normi-spozhyvannja-vodi-dlja-naselennja-v-ukraini/>, 2024
17. It became known what are the water consumption standards per Ukrainian, and in which cities the most expensive tariffs [Electronic resource] // Access mode: <https://finance.today.ua/stalo-vidomo-yaki-normy-vytrat-vody-na-odnogo-ukrayintsyia-i-de-najdorozhchi-taryfy/>, 2023
18. Water supply and sewerage tariffs [Electronic resource] // Access mode: <https://index.minfin.com.ua/ua/tariff/water/>, 2024
19. Electricity tariff: how much Ukrainians will pay for electricity in 2024 [Electronic resource] // Access mode: <https://tsn.ua/groshi/tarif-na-elektroenergiyu-skilki-platitimet-ukrayinci-za-svitlo-2024-roku-2488111.html>, 2024
20. Electricity consumption increased by 16% last autumn-winter period [Electronic resource] // Access mode: <https://ua-energy.org/uk/posts/spozhyvannia-elektroenerhii-v-mynulyi-osinno-zymovyi-period-zroslo-na-16>, 2024
21. Arduino. Wikipedia [Electronic resource] // Access mode: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Arduino>, 2023
22. Arduino IDE [Electronic resource] // Access mode: <https://itmaster.biz.ua/electronics/arduino/arduino-ide.html>, 2024
23. Blynk: a low-code IoT software platform. [Electronic resource] // Access mode: <https://blynk.io/>, 2024

УДК 004.89

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.8>

СТРАТЕГІЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Примиська С. О. – кандидат технічних наук, старший викладач
кафедри технічних та програмних засобів автоматизації
інженерно-хімічного факультету
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-5832-0686

Кримська А. О. – кандидат технічних наук, старший викладач
кафедри менеджменту, маркетингу і міжнародної логістики
Чернівецького торговельно-економічного інституту
Державного торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0001-6410-9476

Супрун О. М. – кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління
Національного авіаційного університету
ORCID ID: 0000-0002-1196-5655

У статті розглядаються комплексні підходи до захисту інформації в умовах швидкого розвитку технологій штучного інтелекту (ШІ). Аналізуються потенційні загрози, що виникають при використанні ШІ в різних сферах – від кібербезпеки до етичних дилем. Важливість безпеки даних у системах ШІ постійно зростає відповідно до популярності використання інтелектуальних технологій при розробці різного роду інформаційних систем. Основна увага приділяється не лише технічним аспектам безпеки, а й соціальним та правовим вимірам, що передбачають регулювання й контроль за діяльністю систем ШІ. Окремо в статті підкреслюється важливість міжнародної співпраці й обміну знаннями для створення глобальної системи безпеки в галузі ШІ.

Мета даного дослідження полягає в розробці стратегій забезпечення безпеки даних у контексті ШІ та їхнього впливу на загальну безпеку інформаційних систем.

У межах дослідження було розглянуто методи аналізу наявних моделей захисту даних, синтезу нових рішень та оцінки їх ефективності в тестових умовах. Запропоновано низку стратегій, які містять розробку надійних алгоритмів, створення стандартів безпеки даних та впровадження систем моніторингу для запобігання зловисному використанню ШІ.

Основні результати дозволяють зробити висновки, згідно з якими створення єдиних стандартів безпеки даних не лише допоможе підвищити рівень захисту конфіденційної інформації в системах ШІ, але й сприятиме зростанню довіри громадськості до їх використання. Це може мати значний вплив на розвиток нових технологій, економічний розвиток та захист прав і свобод людини в цифровому світі. Результати дослідження мають практичну значущість, оскільки пропонують рекомендації щодо впровадження розроблених стратегій у реальних системах ШІ, а це може слугувати основою для подальшого законодавчого регулювання в цій сфері.

Ключові слова: штучний інтелект, інтелектуальні інформаційні технології, захист інформації, кібербезпека.

Prymyska S. O., Krymska A. O., Suprun O. M. Strategies for ensuring data security in artificial intelligence systems

This article explores comprehensive approaches to information protection in the context of rapid advancements in artificial intelligence (AI) technologies. It analyzes potential threats that appear when people use AI across different areas from cybersecurity to ethical dilemmas.

The relevance of data security in AI constantly increases according to the popularity of smart technologies using in the development of different types of information systems. The main focus is not only on the technical aspects of security, but also on the social and legal dimensions, including regulation and control over the activities of AI systems. The article also touches upon the importance of international cooperation and knowledge exchange to establish a global security framework in the field of AI.

The purpose of this research is developing of strategies for ensuring data security in the context of AI and their influence on the general safety of information systems.

As a part of research, there are considered analysis methods of existing data protection models, synthesis of new solutions and evaluation of their efficiency in the test conditions. Also, there are proposed a number of strategies that include the development of the reliable algorithms, the establishment of data security standards and the implementation of monitoring systems to prevent malicious use of AI.

The main results allow us to conclude that the creation of unified data security standards will help not only the level of protection of confidential information in AI systems, but also will contribute to increasing public trust in the use of these systems. This can have a significant impact on the development of new technologies, economic evolution and the protection of human rights and freedoms in the digital world. The research results have practical significance as they offer recommendations for the developed strategies implementation in the real AI systems, which, in turn, can serve as a basis for further legislative regulation in this area.

Key words: artificial intelligence, intelligent information technologies, information security, cybersecurity.

Вступ. В умовах стрімкого розвитку технологій ШІ забезпечення безпеки даних набуває особливої актуальності. У сучасному світі, де кількість цифрових даних зростає експоненційно, захист інформації стає надзвичайно важливим завданням. За останні роки значний прогрес у сфері ШІ зумовив впровадження інтелектуальних технологій в різні галузі людської діяльності. Популярність систем ШІ призвела до того, що вони стали необхідним елементом бізнес-процесів та повсякденного життя. Інтелектуальні системи використовуються у фінансах, медицині, виробництві, транспорті та багатьох інших сферах. ШІ дозволяє автоматизувати процеси й аналізувати великі обсяги даних, що робить його необхідним інструментом в сучасному світі.

Проте активне використання інтелектуальних технологій супроводжується ризиками з погляду захисту даних. Інформація, яка зберігається й обробляється різними інформаційними системами, може містити особисті дані, комерційну таємницю чи іншу конфіденційну інформацію. Недостатній захист цих даних може призвести до серйозних наслідків. Саме розвиток ШІ відкриває нові можливості для захисту даних, зокрема йдеться про автоматизоване виявлення загроз та реагування на них. Разом із тим ШІ також може бути використаний для створення більш складних кібератак, що підвищує ризики для безпеки даних. Впровадження інтелектуальних технологій вимагає розробки нових методів захисту даних, але враховувати при цьому треба не тільки технічні, а й правові, етичні та соціальні аспекти.

З огляду на це розробка ефективних стратегій захисту даних у системах ШІ стає надзвичайно важливим завданням. Крім того, розвиток законодавства щодо захисту даних стає невід'ємною частиною цього процесу. Забезпечення ефективного захисту даних у системах ШІ має важливе значення для довіри громадськості до цих технологій. Особливу увагу слід приділяти спільним зусиллям науковців, виробників програмного забезпечення та регулювальних органів для забезпечення безпеки даних у нову епоху цифрового розвитку.

Отже, стрімкий розвиток ШІ має значний вплив на сучасні стратегії захисту даних. Традиційні методи кібербезпеки можуть виявитися неефективними в контексті інтелектуальних систем, які можуть використовувати складні алгоритми й методи аналізу, що ускладнює виявлення потенційних загроз та реагування на

них. Розвиток ІІІ вимагає від компаній та організацій перегляду своїх політик конфіденційності та захисту даних.

Метою роботи є аналіз і розробка ефективних стратегій захисту даних у системах ІІІ, зокрема створення нових технологій та підходів до забезпечення безпеки, враховуючи специфіку роботи інтелектуальних систем та їх вплив на сучасні підходи до кібербезпеки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тема ІІІ за останні декілька років набула неабиякої популярності, що підтверджується значною кількістю наукових робіт із цієї галузі. Дослідженню впровадження систем ІІІ в різні сфери людської діяльності присвятили свої наукові роботи такі вітчизняні вчені, як Н. І. Черненко [1], К. О. Черевко [2], О. В. Цеслів [3], С. О. Лебеденко [4], І. С. Гулько [5] та інші.

Окрім напрямів впровадження систем ІІІ, предметом наукового інтересу таких дослідників, як В. І. Богом'я, А. С. Гудзь [6], Д. П. Пчелянський, С. А. Воїнова [7], є питання перспектив майбутнього їх розвитку. О. В. Добровольська, В. І. Штанько [8] розглядають філософські аспекти розвитку інтелектуальних комп'ютерних технологій.

У сфері захисту даних в інформаційних системах останні дослідження й публікації відображають широкий спектр стратегій та методологій, спрямованих на зміцнення безпеки в умовах активізації кіберзагроз.

У роботі П. В. Діхтієвського [9] аналізуються напрями захисту персональних даних в умовах воєнного стану, де особлива увага приділяється гібридним війнам та «викраденню» персональних даних.

М. А. Мірошник [10], В. Б. Дудикевич, Б. П. Томашевський, Р. В. Сергієнко [11] вивчають методи інформаційної безпеки й захисту даних у комп'ютерних системах та мережах. Дослідження в цій галузі дають уявлення про моделі загроз інформації та описують основні механізми й протоколи захисту, включаючи криптографічне перетворення даних.

Одним із ключових напрямів досліджень є вивчення правового регулювання ІІІ, зокрема співвідношення права й моралі в контексті захисту даних. І. І. Онищук [12] робить акцент на необхідності формування міждисциплінарного підходу, який би враховував економічні, правові, етичні, політичні й соціальні аспекти використання ІІІ. Дослідник наголошує на необхідності розробки відповідного законодавства та нормативно-правових рамок, які б забезпечували ефективний захист даних, збереження приватності й етичну обробку інформації.

Ю. І. Тюря [13] зазначає, що Європейський Союз виступає з «європейським підходом» до регулювання ІІІ, який базується на принципах «орієнтованого на людину» підходу. Цей підхід містить «екосистему досконалості» та «екосистему довіри», що передбачає контроль, технічну надійність, конфіденційність даних, прозорість, недискримінацію та підзвітність.

Такі науковці, як О. О. Посикалюк [14], К. С. Токарева та Н. О. Савліва [15] підкреслюють необхідність заохочення розробок нових форм регулювання, які б сприяли прозорості й дотриманню етичних принципів у сфері захисту даних. Вони закликають до створення державно-правових гарантій, які б забезпечували захист прав, свобод і безпеки людини в контексті використання ІІІ.

Загалом, аналіз останніх досліджень і публікацій демонструє, що питання захисту даних у системах ІІІ є предметом активного наукового діалогу. Ці дослідження й публікації відіграють важливу роль у формуванні стратегій захисту даних, надаючи фахівцям та організаціям необхідні знання для розробки ефективних заходів безпеки в інформаційних системах.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сфері ІІІ стратегії захисту даних відіграють ключову роль у забезпеченні конфіденційності й безпеки інформації. Розробка ефективних стратегій вимагає глибокого розуміння потенційних загроз та вразливостей, які можуть виникнути в результаті використання ІІІ.

Насамперед важливо здійснити глибокий аналіз практик використання ІІІ провідними компаніями в галузі інформаційних технологій з особливим акцентом на методи захисту даних в їхніх інформаційних системах [16–18]. Такий аналіз дозволяє виявити ключові тенденції й найкращі практики, які можуть бути застосовані для підвищення рівня безпеки. Результати такого аналітичного дослідження були узагальнені та представлені у формі порівняльної таблиці, що включає опис напрямів використання ІІІ кожною компанією, а також методи, за допомогою яких вони забезпечують захист інформації у своїх системах. Ця таблиця має на меті допомогти зрозуміти поточний стан захисту даних та основні тенденції у сфері ІІІ, виокремити провідні стратегії забезпечення захисту даних в системах ІІІ.

Таблиця 1

Результати аналітичного дослідження використання технологій ІІІ провідними компаніями в галузі інформаційних технологій

Компанія	Напрями використання ІІІ	Захист інформації
Google	Пошук, реклама, аналітика даних, мовний переклад, розробка програмного забезпечення, автономні транспортні засоби, кібербезпека	Захист конфіденційної інформації користувачів, шифрування даних, аудит безпеки
Microsoft	Хмарні сервіси, операційні системи, офісні програми, машинне навчання, комп'ютерний зір, обробка природної мови	Захист корпоративних даних, мережева безпека, захист від кіберзагроз
Amazon	Електронна комерція, хмарні сервіси, голосові помічники, роботизована доставка товарів, прогнозування попиту, персоналізація	Шифрування даних, безпека від кібератак, захист особистих даних користувачів
Facebook	Соціальні мережі, реклама, аналітика даних, віртуальна реальність, розпізнавання облич, генерація тексту	Захист конфіденційної інформації користувачів, контроль доступу, криптографія
Apple	Мобільні пристрої, операційні системи, голосові помічники, комп'ютерний зір, персоналізація, розробка програмного забезпечення	Захист особистих даних, шифрування даних, безпека від кіберзагроз

Отже, як бачимо, ІІІ стає все більш важливою технологією в ІТ-галузі. Провідні ІТ-компанії постійно інвестують у дослідження й розробку інтелектуальних технологій, а також використовують ІІІ для покращення своїх продуктів і послуг.

До ключових тенденцій у використанні ІІІ в ІТ-галузі належать[18]:

- автоматизація: ІІІ використовується для автоматизації завдань, які раніше виконувалися людьми. Це може призвести до підвищення продуктивності та зниження витрат;

- персоналізація: ІІІ використовується для персоналізації продуктів і послуг для користувачів. Це може покращити досвід користувачів і підвищити їх лояльність;

– нові продукти та послуги: ІІІ використовується для розробки нових продуктів і послуг, які раніше неможливо було уявити. Це може зумовити появу нових ринків і можливостей для бізнесу.

Очікується, що використання ІІІ в ІТ-галузі буде активізуватися найближчими роками. При цьому захист інформації стає все більш важливою проблемою, оскільки компанії все більше покладаються на ІІІ, системи якого можуть бути вразливими до кібератак та використовуватися для крадіжки даних або зловживання ними.

Основними ризиками, пов'язаними з використанням ІІІ та захистом інформації, є [19]:

– кібератаки: ІІІ-системи можуть бути вразливими до кібератак, таких як DDoS-атаки, атаки на ланцюжок постачання та атаки на ІІІ;

– витік даних: ІІІ-системи можуть використовуватися для крадіжки даних або зловживання ними, йдеться про особисту чи фінансову інформацію, а також комерційну таємницю;

– упередженість: ІІІ-системи можуть бути упередженими, що може призвести до дискримінації або несправедливого ставлення до певних груп людей.

Для захисту своїх даних та систем від зазначених вище ризиків ІТ-компанії, які використовують ІІІ, вживають таких заходів [20]:

– шифрування даних: може допомогти захистити їх від крадіжки або несанкціонованого доступу;

– контроль доступу: може допомогти гарантувати, що доступ до ІІІ-систем мають лише авторизовані користувачі;

– моніторинг безпеки: може допомогти виявити кібератаки або інші інциденти безпеки;

– аналіз даних про кібербезпеку: може допомогти компаніям краще зрозуміти ризики й розробити більш ефективні заходи захисту.

Після здійснення аналізу напрямів забезпечення безпеки даних у системах ІІІ, які використовують провідні ІТ-компанії, вбачається доцільним чітко визначити перелік стратегій захисту даних в інформаційних системах [10, 11].

Аналіз ризиків є першим кроком у формуванні стратегій захисту даних. Це передбачає ідентифікацію та оцінку потенційно слабких місць у системах, які можуть бути використані для несанкціонованого доступу або витоку даних. Проте для успішного аналізу необхідно враховувати широкий спектр загроз, зокрема зовнішні й внутрішні загрози, загрози з боку сторонніх агентів та вразливості в програмному забезпеченні.

Розробка політик безпеки та їх постійне оновлення є важливими для адаптації до змінюваних умов та нових загроз. Політики повинні передбачити процедури відповіді на інциденти, що дозволяє швидко реагувати на будь-які порушення безпеки. Забезпечення наявності механізмів негайного реагування й відновлення в разі інцидентів є критично важливим для запобігання серйозним наслідкам у разі виникнення проблем.

Освітні програми для співробітників можуть значно знизити ризик внутрішніх загроз. Навчання персоналу основам кібербезпеки й формування навичок розпізнавання фішингових атак є критично важливим. Проведення систематичних тренінгів та організація внутрішніх навчальних заходів сприяє формуванню культури безпеки серед персоналу, що підвищує загальний рівень захищеності компанії від кіберзагроз.

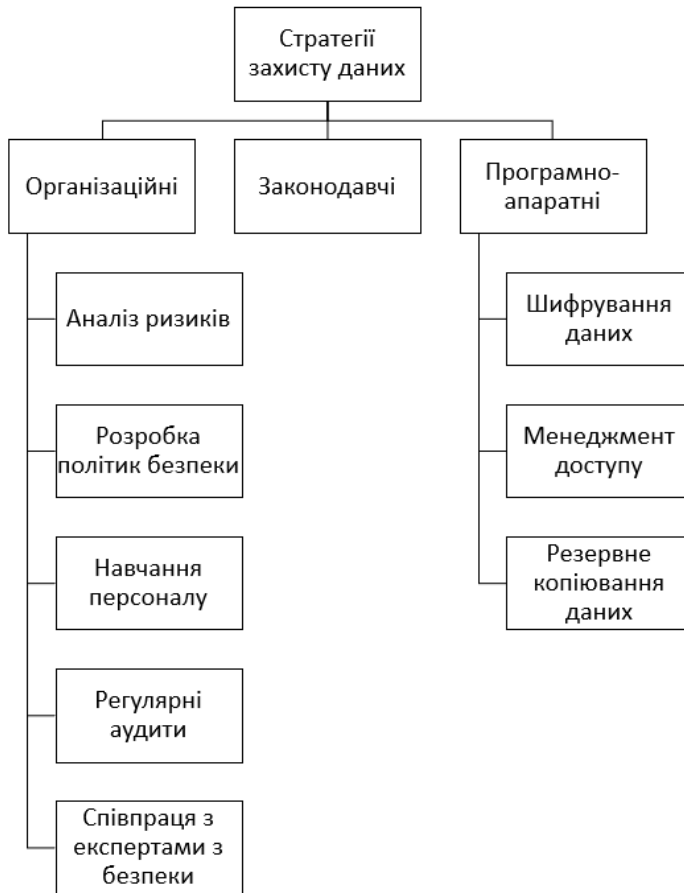


Рис. 1. Стратегії захисту даних

Джерело: власна розробка авторів

Регулярні аудити безпеки допомагають виявляти й усувати потенційні вразливості. Йдеться про перевірку систем на предмет останніх оновлень безпеки та виправлення будь-яких виявлених проблем. Додатково аудит може включати аналіз ризиків та виявлення слабких місць, що дозволяє компанії ефективно вдосконалювати свої заходи захисту.

Співпраця з експертами з безпеки дозволяє використовувати зовнішній досвід для підвищення рівня захисту систем. Експерти можуть допомогти в ідентифікації слабких місць та розробці спеціалізованих рішень. Встановлення довгострокових партнерських відносин із провідними компаніями з кібербезпеки дозволяє вирішувати складні завдання щодо захисту даних та ефективно реагувати на зміни в загрозах.

Шифрування даних є однією з найважливіших стратегій захисту. Використання сучасних алгоритмів шифрування дозволяє забезпечити недоступність даних для неавторизованих осіб навіть у випадку їх витоку. Крім того, шифрування може передбачати застосування складних алгоритмів обміну ключами й регулярне оновлення шифрувальних методів для забезпечення максимального рівня безпеки.

Менеджмент доступу встановлює суворі правила для контролю тих, хто має доступ до важливих даних. Це означає впровадження багаторівневої системи автентифікації для забезпечення додаткового рівня захисту, застосування правильного рівня доступу для кожного користувача та постійний моніторинг ідентифікаційних даних, що дозволяє запобігати несанкціонованому доступу й зловживанню.

Резервне копіювання даних надзвичайно допомагає в їх захисті. Забезпечення резервних копій даних для відновлення в разі втрати є важливою стратегією. Планування регулярного резервного копіювання, а також забезпечення географічного розподілу копій даних для запобігання одночасній втраті важливої інформації є критичними аспектами безпеки даних.

Законодавча підтримка є необхідною для створення правової основи, яка регулює збір, обробку й захист даних. Це також передбачає міжнародну співпрацю для боротьби з кіберзлочинністю на глобальному рівні. Закони, що стосуються захисту даних, повинні бути гнучкими й адаптивними, щоб враховувати швидкий розвиток технологій та зміну характеру кіберзагроз. До того ж важливо забезпечити взаємодію між країнами для обміну найкращими практиками та спільного реагування на кібератаки й інші загрози.

Крім визначення загальних стратегій захисту даних в інформаційних системах, необхідно окреслити стратегії використання ШІ для захисту даних, які повинні включати розробку систем, здатних автоматично виявляти та блокувати підозрілу активність, що є важливим кроком у протидії кібератакам. ШІ може стати потужним інструментом для протидії цим атакам. Завдяки своїй швидкості, точності й масштабованості системи ШІ можуть допомогти організаціям краще захищати свої дані та системи.



Рис. 2. Стратегії захисту даних з використанням систем ШІ

Джерело: власна розробка авторів

Отже, використання ШІ передбачає насамперед аналіз наявних даних для подальшого виявлення аномалій. Проаналізувавши записи в системних журналах, можна виявити нетипові шаблони, які можуть свідчити про кібератаку. Наприклад, раптове збільшення кількості невдалих входів або несанкціонований доступ до файлів. Також можна за допомогою ШІ аналізувати мережевий трафік для виявлення підозрілої активності. Наприклад, сканування портів або DDoS-атаки. Крім того, сучасні системи ШІ дозволяють здійснювати аналіз поведінки користувачів і виявляти підозрілу активність.

Проаналізувавши наявні дані, можна створювати різноманітні інтелектуальні моделі:

- моделі прогнозування ймовірних атак;
- моделі поведінки для розпізнавання нормальної та аномальної активності;
- моделі прогнозування інцидентів та порядку дій реагування на них;
- моделі для класифікації кібератак, що дозволяють автоматично реагувати на них. Наприклад, блокувати IP-адресу або ізолювати заражений пристрій.

Також системи ШІ можуть допомогти покращити кібергігієну інформаційної системи загалом. Для цього можна делегувати ШІ автоматизацію завдань із кібербезпеки. Наприклад, оновлення програмного забезпечення та патчів.

Крім того, ШІ можна використати для навчання користувачів основам кібербезпеки та кращого захисту своїх даних. ШІ чудово працює в системах підтримки прийняття рішень, відповідно інтелектуальні технології можуть бути використані для надання рекомендацій щодо кібербезпеки та допомоги в прийнятті ефективних рішень.

До переваг використання ШІ для протидії кібератакам належать:

- швидкість: ШІ може аналізувати великі обсяги даних значно швидше, ніж люди, тому може виявляти кібератаки на ранній стадії;
- точність: ШІ може бути навчений на великих наборах даних для точного виявлення кібератак, зменшуючи кількість помилкових спрацювань;
- масштабованість: ШІ може бути масштабований для захисту великих мереж і систем із мінімальними людськими ресурсами.

Необхідно зазначити, що на особливу увагу заслуговують також аспекти законодавчих стратегій захисту даних в інформаційних системах, що використовують інтелектуальні технології. У сучасному світі, де ШІ застосовується в усіх сферах нашого життя, проблема законодавчого регулювання його використання є надзвичайно важливою.

Закони, що регулюють ШІ, мають важливе значення для захисту прав людини, забезпечення соціальної справедливості й дотримання етичних норм. Правове регулювання ШІ вимагає глибокого розуміння технологій та їх потенційного впливу на суспільство. Воно повинно враховувати не тільки технічні аспекти, але й соціальні наслідки використання ШІ, такі як втручання в приватне життя, дискримінація та зловживання владою.

У всьому світі спостерігається посилення уваги до правових, соціальних та етичних аспектів використання ШІ. Європейський Союз, наприклад, розробляє регуляції, що мають на меті забезпечити безпечне й етичне використання ШІ, у той час, як інші країни запроваджують національні стратегії. Законодавче регулювання ШІ має балансувати між заохоченням інновацій та захистом суспільства від потенційних ризиків. Це передбачає розробку стандартів для прозорості алгоритмів, відповідальності за прийняті ШІ рішення та захисту від упередженості й дискримінації.

Таким чином, розробка законодавчих безпекових стратегій у системах ШІ на сьогодні є актуальним завданням, розв'язання якого вимагає постійного діалогу між законодавцями, технічними експертами, етичними комісіями та громадськістю.

Висновки. Таким чином, розвиток ШІ зумовлює значні ризики для безпеки даних, адже системи ШІ можуть використовуватися для збору, зберігання та обробки великих обсягів персональних та конфіденційних даних. Зловмисне використання цих даних може призвести до їх крадіжки, шахрайства, шантажу, дискримінації та інших злочинів. Забезпечення безпеки даних в умовах розвитку ШІ стає все більш нагальною проблемою, що потребує комплексного підходу.

Захист даних в контексті ШІ вимагає застосування заходів технічного, соціального та правового характеру. З цієї метою необхідно розробити етичні норми використання ШІ, вдосконалити законодавство про захист даних, створити міжнародні норми й стандарти безпеки ШІ. Жодна країна не може самостійно розв'язати проблему захисту даних в умовах розвитку ШІ. Необхідно об'єднати зусилля на міжнародному рівні для створення глобальної системи безпеки ШІ й розробки спільних стандартів та протоколів захисту даних.

Розроблені стратегії безпеки даних у системах ШІ пропонують створення надійних алгоритмів ШІ, які мінімізують ризики витоків даних та зловживань, забезпечать прозорість і підзвітність систем ШІ. Крім того, впровадження даних стратегій передбачає розробку єдиних стандартів безпеки даних для систем ШІ, що може значно підвищити довіру користувачів до них. У підсумку це зумовить більш широке використання ШІ в різних сферах життя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Черненко Н. І. Штучний інтелект в управлінні персоналом. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*. 2022. № 12. С. 76–83. URL: <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.11> (дата звернення 08.04.2024).
2. Черевко К. О. Штучний інтелект як інструмент протидії злочинності. *Вісник Кримінологічної асоціації України*. 2023. Т. 28. № 1. С. 124–133. URL: <https://doi.org/10.32631/vsa.2023.1.10> (дата звернення 08.04.2024).
3. Цеслів О. Штучний інтелект в економіці. *Наука і техніка сьогодні*. 2022. № 6(6). С. 70–78. URL: [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-6\(6\)-70-78](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-6(6)-70-78) (дата звернення 08.04.2024).
4. Лебеденко С. О. Штучний інтелект в маркетингу. *Ефективна економіка*. 2023. № 4. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.4.38> (дата звернення 08.04.2024).
5. Гунько І. Тестування програмного забезпечення у 2023 році: нові тенденції та проблеми. *Herald of Kiev Institute of Business and Technology*. 2023. Вип. 49. № 1–2. С. 25–36. URL: <https://doi.org/10.37203/kibit.2023.49.03> (дата звернення 08.04.2024).
6. Богом'я В., Гудзь А. Штучний інтелект: сучасний стан і перспективи застосування. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*. 2023. Т. 46. № 1. С. 13–17. URL: <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2023-46-1-13-17> (дата звернення 10.04.2024).
7. Пчелянський Д. П., Воїнова С. А. Штучний інтелект: перспективи та тенденції розвитку. *Automation of technological and business processes*. 2019. Т. 11. № 3. С. 59–64. URL: <https://doi.org/10.15673/atbp.v11i3.1500> (дата звернення 08.04.2024).
8. Добровольська О. В., Штанько В. І. Філософський аналіз еволюції штучного інтелекту. *Studies in history and philosophy of science and technology*. 2019. Т. 28. № 1. С. 10–19. URL: <https://doi.org/10.15421/271902> (дата звернення 12.04.2024).

9. Діхтєвський П. В. Адміністративно-правове забезпечення захисту персональних даних громадян в умовах воєнного стану. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: право, публічне управління та адміністрування*. 2023. № 10. URL: <https://doi.org/10.54929/2786-5746-2023-10-01-15> (дата звернення 08.04.2024).

10. Мірошник М. А. Розробка засобів захисту інформації в розподілених комп'ютерних системах та мережах. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2015. № 1. С. 18–25. URL: <https://doi.org/10.18664/ikszt.v0i1.51555> (дата звернення 08.04.2024).

11. Дудикевич В. Б., Томашевський Б. П., Сергієнко Р. В. Протоколи і механізми безпеки інформації в комп'ютерних системах і мережах. *Ukrainian information security research journal*. 2009. Т. 11. № 2(43). URL: <https://doi.org/10.18372/2410-7840.11.4043> (дата звернення 15.04.2024).

12. Онищук І. І. Правове регулювання технологій штучного інтелекту: теоретико-прикладні та етичні засади. *Scientific Papers of the Legislation Institute of the Verkhovna Rada of Ukraine*. 2020. № 3. С. 50–57. URL: <https://doi.org/10.32886/instzak.2020.03.06> (дата звернення 08.04.2024).

13. Тюря Ю. І. Правове регулювання використання штучного інтелекту на основі європейського підходу. *Знання європейського права*. 2022. № 2. С. 141–145. URL: <https://doi.org/10.32837/chern.v0i2.362> (дата звернення 08.04.2024).

14. Посикалюк О. Правове регулювання відносин щодо використання штучного інтелекту: перспективи з точки зору порівняльного права. *Право України*. 2021. № 10. С. 202–210. URL: <https://doi.org/10.33498/loiu-2021-10-202> (дата звернення 15.04.2024).

15. Токарева К., Савліва Н. Особливості правового регулювання штучного інтелекту в Україні. *Scientific works of National Aviation University. Series: Law Journal «Air and Space Law»*. 2021. № 60 (3), С. 148–153. URL: <https://doi.org/10.18372/2307-9061.60.15967> (дата звернення 08.04.2024).

16. Даниленко Ю. Від Ш до І: що таке штучний інтелект та як він трансформує світ. *SPEKA*. 2022. URL: <https://speka.media/ai/vid-s-do-i-shho-take-stuchnii-intelekt-ta-yak-vin-transformuje-svit-xv7039> (дата звернення 08.04.2024).

17. Тартачний О. Чому Google зосереджується на штучному інтелекті? Офіційне пояснення компанії. *SPEKA*. 2023. URL: <https://speka.media/comu-google-zoseredzujetsya-na-stuchnomu-intelekti-oficiine-roziasnennya-kompaniyi-9x5mwp>. (дата звернення 08.04.2024).

18. 50 найперспективніших компаній, які будують бізнес на основі штучного інтелекту. Список Forbes. *Forbes*. 2023. URL: <https://forbes.ua/innovations/spisok-naiperspektivnishikh-privatnikh-kompaniy-yaki-buduyut-biznes-na-osnovi-shtuchnogo-intelektu-20042023-13200> (дата звернення 08.04.2024).

19. Голубенко О. І., Лемешко А. В., Поліщук А. Р., Кузьменко М. В., Дегтярьов Є. О. Дослідження застосування штучного інтелекту у кібербезпеці. *ITSynergy*. 2023. № 2. С. 71–78. URL: <https://doi.org/10.53920/its-2023-2-5> (дата звернення 08.04.2024).

20. Савченко В.А., Шаповаленко О.Д. Основні напрями застосування технологій штучного інтелекту у кібербезпеці. *Сучасний захист інформації*. 2020. № 4. С. 6–11. URL: <https://doi.org/10.31673/2409-7292.2020.040611> (дата звернення 08.04.2024).

REFERENCES:

1. Chernenko, N. I. (2022). Shtuchnyi intelekt v upravlinni personalom [Artificial intelligence in personnel management]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Ekonomika – Tavria Scientific Herald. Series: Economics*, 12, 76–83. Retrieved from <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.11> [in Ukrainian].

2. Cherevko, K. O. (2023). Shtuchnyi intelekt yak instrument protydii zlochynnosti [Artificial intelligence as a tool to combat crime]. *Visnyk Kryminolohichnoi asotsiatsii Ukrainy – Bulletin of the Criminological Association of Ukraine*, 28 (1), 124–133. Retrieved from <https://doi.org/10.32631/vca.2023.1.10> [in Ukrainian].
3. Tseliv, O. (2022). Shtuchnyi intelekt v ekonomitsi [Artificial intelligence in economics]. *Nauka i tekhnika sohodni – Science and Technology Today*, 6(6), 70–78. Retrieved from [https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-6\(6\)-70-78](https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-6(6)-70-78) [in Ukrainian].
4. Lebedenko, S. O. (2023). Shtuchnyi intelekt v marketynhu [Artificial intelligence in marketing]. *Efektivna ekonomika – Effective Economics*, 4. Retrieved from <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2023.4.38> [in Ukrainian].
5. Hunko, I. (2023). Testuvannia prohramnoho zabezpechennia u 2023 rotsi [Software testing in 2023: new trends and challenges]. *Visnyk: Kyivskyi instytut biznesu ta tekhnologii – Herald of Kyiv Institute of Business and Technology*, 49(1–2), 25–36. Retrieved from <https://doi.org/10.37203/kibit.2023.49.03> [in Ukrainian].
6. Bohomia, V., & Hudz, A. (2023). Shtuchnyi intelekt: suchasnyi stan i perspektyvy zastosuvannia [Artificial intelligence: Current state and prospects of application]. *Suchasni informatsiini tekhnologii u sferi bezpeky ta oborony – Modern Information Technologies in Security and Defense Sphere*, 46(1), 13–17. Retrieved from <https://doi.org/10.33099/2311-7249/2023-46-1-13-17> [in Ukrainian].
7. Pchelianskyi, D. P., & Voinova, S. A. (2019). Shtuchnyi intelekt: perspektyvy ta tendentsii rozvytku [Artificial intelligence: Prospects and development trends]. *Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh i biznes-protsesiv – Automation of Technological and Business Processes*, 11(3), 59–64. Retrieved from <https://doi.org/10.15673/atbp.v11i3.1500> [in Ukrainian].
8. Dobrovolska, O. V., & Shtanko, V. I. (2019). Filosofskyi analiz evoliutsii shtuchnoho intelektu [Philosophical analysis of the evolution of artificial intelligence]. *Doslidzhennia z istorii i filosofii nauky i tekhniki – Studies in History and Philosophy of Science and Technology*, 28(1), 10–19. Retrieved from <https://doi.org/10.15421/271902> [in Ukrainian].
9. Dikhtiievsky, P. V. (2023). Administratyvno-pravove zabezpechennia zakhystu personalnykh danykh hromadian v umovakh voiennoho stanu [Administrative-legal support for the protection of citizens' personal data in conditions of martial law]. *Problemy suchasnykh transformatsii. Serii: pravo, publichne upravlinnia ta administruvannia – Problems of Modern Transformations. Series: Law, Public Administration, and Administration*, 10. Retrieved from <https://doi.org/10.54929/2786-5746-2023-10-01-15> [in Ukrainian].
10. Myroshnyk, M. A. (2015). Rozrobka zasobiv zakhystu informatsii v rozpodilenykh kompiuternykh systemakh ta merezhakh [Development of information protection tools in distributed computer systems and networks]. *Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti – Information and Control Systems in Railway Transport*, 1, 18–25. Retrieved from <https://doi.org/10.18664/ikszt.v0i1.51555> [in Ukrainian].
11. Dudikevich, V. B., Tomashovsky, B. P., & Serhienko, R. V. (2009). Protokoly i mekhanizmy bezpeky informatsii v kompiuternykh systemakh i merezhakh [Information security protocols and mechanisms in computer systems and networks]. *Ukrainian Information Security Research Journal*, 11(2(43)). Retrieved from <https://doi.org/10.18372/2410-7840.11.4043> [in Ukrainian].
12. Onyshchuk, I. I. (2020). Pravove rehuliuвання tekhnologii shtuchnoho intelektu: teoretyko-prykladni ta etychni zasady [Legal regulation of artificial intelligence technologies: Theoretical, applied, and ethical foundations]. *Naukovi zapysky Instytutu zakonodavstva Verkhovnoi Rady Ukrainy – Scientific Papers of the Legislation Institute of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 3, 50–57. Retrieved from <https://doi.org/10.32886/instzak.2020.03.06> [in Ukrainian].

13. Tyuria, Y. I. (2022). Pravove rehuliuвання vykorystannia shtuchnoho intelektu na osnovi yevropeiskoho pidkhodu [Legal regulation of the use of artificial intelligence based on the European approach]. *Znannia yevropeiskoho prava – Knowledge of European Law*, 2, 141–145. Retrieved from <https://doi.org/10.32837/chern.v0i2.362> [in Ukrainian].

14. Posikalyuk, O. (2021). Pravove rehuliuвання vidnosyn shchodo vykorystannia shtuchnoho intelektu: perspektyvy z tochky zoru porivnialnoho prava [Legal regulation of relations regarding the use of artificial intelligence: Prospects from the perspective of comparative law]. *Pravo Ukrainy – Law of Ukraine*, 10, 202–210. Retrieved from <https://doi.org/10.33498/louu-2021-10-202> [in Ukrainian].

15. Tokareva, K., & Savlyva, N. (2021). Osoblyvosti pravovoho rehuliuвання shtuchnoho intelektu v Ukraini [Features of legal regulation of artificial intelligence in Ukraine]. *Scientific Works of National Aviation University. Series: Law Journal «Air and Space Law»*, 3(60), 148–153. Retrieved from <https://doi.org/10.18372/2307-9061.60.15967> [in Ukrainian].

16. Danilenko, Yu. (2022). Vid Sh do I: shcho take shtuchnyi intelekt ta yak vin transformuie svit [From Z to I: what is artificial intelligence and how it transforms the world]. *SPEKA*. Retrieved from <https://speka.media/ai/vid-s-do-i-shho-take-stucnii-intelekt-ta-yak-vin-transformuje-svit-xv7039> [in Ukrainian].

17. Tartachny, O. (2023). Chomu Google zoseredzhuetsia na shtuchnomu intelekti? Ofitsiine poiasnennia kompanii [Why is Google focusing on artificial intelligence? Official explanation of the company]. *SPEKA*. Retrieved from <https://speka.media/comu-google-zoseredzujetsya-na-stucnomu-intelekti-oficiine-poyasnennya-kompaniyi-9x5mwp>. [in Ukrainian].

18. 50 naiperspektyvnishykh kompanii, yaki buduut biznes na osnovi shtuchnoho intelektu. Spysok Forbes [Forbes magazine website. 50 most promising companies that build business on the basis of artificial intelligence. Forbes list]. *Forbes*. Retrieved from <https://forbes.ua/innovations/spisok-nayperspektivnishikh-privatnikh-kompaniy-yaki-buduyut-biznes-na-osnovi-shtuchnogo-intelektu-20042023-13200>. [in Ukrainian].

19. Golubenko, O. I., Lemeshko, A. V., Polishchuk, A. R., Kuzmenko, M. V., Degtyarev, E. O. (2023) Doslidzhennia zastosuvannia shtuchnoho intelektu u kiberbezpeti [Research on the use of artificial intelligence in cyber security]. *ITSynergy*, 2, 71–78. Retrieved from <https://doi.org/10.53920/its-2023-2-5> [in Ukrainian].

20. Savchenko, V.A., & Shapovalenko, O.D. (2020) Osnovni napriamy zastosuvannia tekhnolohii shtuchnoho intelektu u kiberbezpeti [The main areas of application of artificial intelligence technologies in cyber security]. *Suchasnyi zakhyst informatsii – Modern information protection*, 4, 6–11. Retrieved from <https://doi.org/10.31673/2409-7292.2020.040611> [in Ukrainian].

УДК 004.85

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.9>

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В РОЗРОБЦІ ANDROID ЗАСТОСУНКІВ

Антіпова К. О. – доктор філософії,
старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення
Чорноморського національного університету імені Петра Могили
ORCID ID: 0000-0002-9012-5290
Scopus-Author ID: 57212609599

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

У даній роботі розглянуто використання бібліотеки машинного навчання WEKA в Android-застосунках через її портування на цю платформу. Основна увага приділяється можливостям використання WEKA у контексті визначення настрою тексту на мобільних пристроях Android. Визначення настрою тексту є важливою задачею в області обробки природної мови, яка має широкий спектр застосувань, включаючи аналіз соціальних медіа, відгуки клієнтів та багато іншого. У рамках цього дослідження було розроблено власну методологію для використання WEKA для визначення настрою тексту. Ця методологія базується на використанні датасету *twitter_emotion*, який був розділений на навчальні та тестові вибірки для експериментального порівняння різних бібліотек. Результати дослідження демонструють, що найкращий відсоток точності досягнуто за допомогою бібліотеки WEKA. Це може бути пов'язано з актуальністю реалізації алгоритму та оптимізацією коду, що використовується в даній бібліотеці. Крім того, проведено порівняння швидкодії алгоритму на різних пристроях Android. Було виявлено різницю в часі виконання, що може бути пов'язано з архітектурними особливостями мобільних пристроїв та рівнем адаптації Android для них. Отримані результати сприятимуть оптимальному вибору бібліотеки та методів для вирішення завдань визначення настрою тексту на мобільних пристроях. Ця робота спрямована на покращення розуміння можливостей та обмежень використання машинного навчання в мобільних застосунках з огляду на специфіку платформи Android. Вона також сприяє розробці нових стратегій та технологій для ефективного використання машинного навчання в мобільних застосунках. Важливо зазначити, що використання бібліотеки WEKA в Android-застосунках не обмежується лише визначенням настрою тексту. WEKA може бути використана для різноманітних завдань машинного навчання, включаючи класифікацію, регресію, кластеризацію та інше. Таким чином, ця робота може слугувати основою для подальших досліджень використання WEKA в Android-застосунках.

Ключові слова: штучний інтелект, Android, настрій тексту.

Antipova K. O., Ralenko V. S. Use of artificial intelligence in the development of android applications

This paper examines the use of the WEKA machine learning library in Android applications through its porting to this platform. The main focus is on the possibilities of using WEKA in the context of emotion recognition of text on Android mobile devices. Sentiment analysis of text is an important task in the field of natural language processing, which has a wide range of applications, including social media analysis, customer feedback, and more. As part of this study, a proprietary methodology was developed for using WEKA to determine the mood of a text. This methodology is based on the use of the *twitter_emotion* dataset, which was divided into training and test samples for experimental comparison of different libraries. The results of the study demonstrate that the best percentage of accuracy is achieved using the WEKA library. This may be related to the relevance of the algorithm implementation and optimization of the code used in this library. In addition, a comparison of the speed of the algorithm on different Android devices was made. A difference in execution time was found, which may be due to the architectural features of mobile

devices and the level of adaptation of Android for them. The obtained results will contribute to the optimal selection of the library and methods for solving the tasks of determining text sentiment on mobile devices. This work is aimed at improving the understanding of the possibilities and limitations of using machine learning in mobile applications, given the specifics of the Android platform. It also contributes to the development of new strategies and technologies for the effective use of machine learning in mobile applications. It is important to note that the use of the WEKA library in Android applications is not limited to emotion recognition of the text. WEKA can be used for a variety of machine learning tasks, including classification, regression, clustering, and more. Thus, this work can serve as a basis for further research on the use of WEKA in Android applications.

Key words: artificial intelligence, Android, text mood.

Постановка проблеми. Штучний інтелект (AI) відкриває нові можливості для розробки Android-застосунків, проте його використання все ще стикається з рядом викликів.

Перш за все, AI вимагає значних обчислювальних ресурсів. Це може бути проблемою для мобільних пристроїв, які мають обмежені ресурси. Розробники стикаються з викликами оптимізації алгоритмів та моделей штучного інтелекту так, щоб вони працювали ефективно на мобільних пристроях з обмеженими обчислювальними ресурсами та батареєю. Це вимагає розробки спеціалізованих методів оптимізації та управління ресурсами, щоб забезпечити оптимальну продуктивність без значного збільшення споживання енергії та обсягу пам'яті. Однак, з розвитком хмарних технологій, ця проблема може бути частково вирішена [1].

Другим викликом є складність інтеграції AI в Android-застосунки. AI вимагає спеціальних знань і навичок, які можуть бути недоступними для багатьох розробників. Однак, з появою нових інструментів та платформ, таких як TensorFlow Lite [2] та ML Kit [3] від Google, процес інтеграції AI стає все простішим.

Третім викликом є відсутність чітких стандартів та методологій для розробки Android-застосунків з AI. Це може ускладнити процес розробки та тестування застосунків, оскільки розробники часто стикаються з відсутністю узгоджених нормативних рамок та кращих практик у цій області, що може призводити до різноманітних підходів до реалізації AI та важкостей у співпраці та обміні досвідом між розробниками [4].

Незважаючи на ці виклики, AI відкриває нові можливості для розробки Android-застосунків. Він може допомогти автоматизувати рутинні задачі розробки, покращити взаємодію користувача з застосунком, а також аналізувати та оптимізувати роботу застосунку. З цієї точки зору, використання AI в розробці Android-застосунків є перспективним напрямком, який заслуговує подальшого дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні дослідження та публікації в області використання штучного інтелекту в розробці Android-застосунків включають наступні ключові моменти:

- Gemini – нова модель AI від Google [5]: Google представив Gemini, свою найбільш потужну модель AI. Gemini був спроектований для гнучкості, тому він може працювати на всьому, від дата-центрів до мобільних пристроїв. Gemini Nano, найефективніша модель, створена для завдань, що виконуються на пристрої, працює безпосередньо на мобільних прискорювачах, відкриваючи підтримку для ряду важливих сценаріїв використання.

- Android AICore – новий системний сервіс для моделей AI [6]: Android AICore – це новий системний сервіс в Android 14, який надає легкий доступ до Gemini Nano. AICore керує управлінням моделей, рантаймами, функціями безпеки та багато іншим, спрощуючи роботу з AI в ваших застосунках.

– Google AI Studio [7]: Google AI Studio надає спрощений спосіб для розробників застосунків інтегрувати модель Gemini Pro, яка працює в дата-центрах Google. Крім того, Google полегшує використання Gemini API безпосередньо з останньої версії попереднього перегляду Android Studio за допомогою нового шаблону проекту AI та Google AI SDK для Android [8].

– Використання генеративного AI в розробці мобільних застосунків: Згідно з новим дослідженням Kobiton, більшість розробників мобільних застосунків використовують генеративний AI для розробки та тестування мобільних застосунків через потенційні переваги в продуктивності, незважаючи на стурбованість щодо якості програмного забезпечення та кар'єрних можливостей розробників/тестувальників [9].

– AI App Development for Beginners A Step-by-Step Guide to Creating Intelligent Android Apps: Ця стаття надає початкове керівництво для розробки Android-застосунків з AI, включаючи розуміння AI та його ролі в розробці Android-застосунків, дослідження застосувань AI в різних галузях, початок роботи з Appsgeyser: платформою без коду для розробки Android-застосунків, та інтеграцію AI в ваш Android-застосунок: покроковий практичний посібник.

Ці останні дослідження та публікації свідчать про активне використання AI в розробці Android-застосунків та постійне прагнення до поліпшення технологій та інструментів для розробників. Зокрема, вони показують, як AI може бути використаний для автоматизації рутинних задач розробки, покращення взаємодії користувача з застосунком, а також для аналізу та оптимізації роботи застосунку.

Метою дослідження є порівняння ефективності використання різних моделей та методів штучного інтелекту з точки зору швидкодії на різних Android пристроях та з використанням різних бібліотек, ефективність яких буде порівнюватись у завданнях розпізнавання настрою тексту. Для того, щоб оцінити швидкість, будуть використовуватись пристрої Android різного типу. В якості вхідних даних виступає набір з речень англійською.

Виклад основного матеріалу. Розпізнавання настрою тексту, також відоме як аналіз настрою, є важливим аспектом обробки природної мови (NLP). Це процес визначення емоційного тону за допомогою тексту, що дозволяє системам штучного інтелекту (AI) розуміти, які емоції виражаються в письмовому контенті.

Розпізнавання настрою тексту використовується в таких завданнях як:

– Покращення взаємодії з користувачами: Розпізнавання настрою може допомогти AI краще розуміти настрій користувача, що може вплинути на відповідь AI. Наприклад, якщо користувач виражає негативний настрій, AI може намагатися відповісти більш співчутливо.

– Аналіз відгуків: Розпізнавання настрою може бути використано для аналізу відгуків користувачів про продукти або послуги. Це може допомогти компаніям краще розуміти, як їх продукти або послуги сприймаються користувачами.

– Моніторинг соціальних медіа: Розпізнавання настрою може бути використано для моніторингу настрою в соціальних медіа. Це може допомогти компаніям виявляти зміни настрою щодо їх бренду або продуктів.

Для порівняння будуть використовуватись такі моделі та бібліотеки для них як:

– TensorFlow Lite [10]: TensorFlow Lite дозволяє запускати моделі машинного навчання TensorFlow в Android-застосунках. Він надає готові та настроювані середовища виконання для швидкого та ефективного запуску моделей на Android, включаючи опції для апаратного прискорення.

– Gemini Models [11]: 3 Gemini Models ви можете використовувати потужність генеративного AI для генерації тексту та зображень, відповідей на питання, узагальнення документів, підписів зображень та багато іншого – в хмарі або на пристрої.

– ML Kit [12]: ML Kit надає готові рішення для загальних проблем і не вимагає знань з ML. Моделі вбудовані та оптимізовані для мобільних пристроїв. ML Kit легко використовувати і дозволяє вам зосередитися на розробці функцій, а не на навчанні та оптимізації моделей [12].

– Neural Networks API [13]: NNAPI призначений для виклику бібліотек машинного навчання, фреймворків та інструментів, які дозволяють розробникам навчати свої моделі поза пристроєм і розгортати їх на Android-пристроях [13].

– WEKA Explorer – це інтерфейс відкритого програмного забезпечення для машинного навчання та дата майнінгу, написаного на Java [14]. WEKA Explorer надає можливість виконувати різноманітні завдання, такі як візуалізація даних, кластерний аналіз, асоціативне правило майнінгу та багато іншого [15].

WEKA Explorer автоматично обчислює описові статистики для числових атрибутів [9]. Він містить різні алгоритми для виконання аналізу кластерів, такі як FarthestFirst, FilteredCluster, HierarchicalCluster та інші. Для виконання асоціативного правила майнінгу використовується алгоритм Apriori [16].

Використання WEKA в Android-застосунках може бути трохи складним, але можливим. Найкорисніший спосіб використання бібліотеки машинного навчання WEKA на пристроях Android – це портування бібліотеки на Android. Це завдання не є простим, але після його завершення файл Weka.jar для Android може бути використаний для легкої інтеграції машинного навчання в Android-застосунки [2].

Щоб провести експериментальне порівняння даних бібліотек для роботи з завданням визначення настрою тексту, було використано розділення даних на навчальні та тестові для тестового датасету. Розподілення відбувалось з однаковим відсотком даних в датасеті.

Вхідні дані представлені датасетом twitter_emotion, який складається з 25457 речень та відповідних настроїв [17]. Після розділення датасету на вибірки отрималось 20000 та 5457 пар речень/настроїв відповідно.

Процес розділення вхідних даних на навчальні та тестові відбувався за допомогою відбору випадкових пар даних за заданою кількістю.

Розроблене програмне забезпечення створене на мові програмування Kotlin, та зібране для Android пристроїв від 11 до 14 версій. Всі бібліотеки, окрім WEKA, отримані за допомогою останніх версій, які розміщені в Maven. WEKA додана за допомогою зібраного власноруч JAR файлу з останньої версії бібліотеки для збірника Maven. Приклад структури даних в датасеті показаний в таблиці 1.

Таблиця 1

Структура даних датасету

ID	sentiment	content
1452	sadness	So sleepy again and it is not even that late. I fail once again.
1475	worry	I need skott right now
1674	empty	I need to be sleeping. But im not even tired.
1985	neutral	where u at?

В якості пристроїв для тестування були взяті Google Pixel 6a, Google Pixel 2, Xiaomi Redmi Note 8T, та ПК з встановленим Android з процесором AMD Ryzen 5700X. Результати точності виконання ПЗ з різними бібліотеками наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Точність визначення настрою в залежності від бібліотеки

Алгоритми класифікатору	Tensorflow Lite	Gemini Models	ML Kit	Neural Networks	WEKA
K-найближчих сусідів	67,7%	68%	64,3%	66%	67,2%
SMOClassifier	54,2%	46,6%	52,2%	51,6%	53,1%
Apriori	71,1%	73,9%	74%	68,2%	72,1%
J48	54,5%	48,4%	53,6%	54,4%	53,6%
MultilayerPerceptron	89%	88,8%	87,3	90,2	91%

Найкращий відсоток точності показала бібліотека WEKA з алгоритмом MultilayerPerceptron. Це може бути пов'язане з тим, що дана бібліотека містить в собі найактуальнішу реалізацію даного алгоритму, а також пов'язане з особливостями внутрішньої швидкодії та оптимізації коду бібліотеки. На базі найточнішого коду було виконано порівняння швидкодії на різних пристроях. Результати порівняння наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Результати тесту на швидкодію (в секундах)

№ Спроби	Google Pixel 6a	Google Pixel 2	Xiaomi Redmi Note 8T	PC
1	320175	360145	405638	339417
2	323867	363681	437584	336290
3	330521	373562	485627	338685
Середнє	324854	365796	442949	338130

Найменше часу на виконання коду було витрачене у пристрою Google Pixel 6a, незважаючи на менш потужний процесор та меншу кількість оперативної пам'яті, ніж у ПК. Це може бути пов'язане з різницею архітектур мобільного пристрою та персонального комп'ютера, а також через те, що під персональні комп'ютери з процесорами архітектури x86 Android все ще не адаптований повністю.

Висновки. В роботі досліджено вплив бібліотек та пристроїв Android на точність та швидкість виконання завдання з передбачення настрою тексту. Для виконання цього завдання, були використані дані з датасету з готовими парами текст-настрій та пристрої Android з різними характеристиками. Виконано порівняння різних бібліотек на точність отримання даних про настрій тексту, а також порівняна швидкодія найточнішого алгоритму на різних пристроях. Отримані результати підкреслюють універсальність та кросплатформовість бібліотек, які надають методи та моделі штучного інтелекту в різних пристроях, в тому числі мобільних пристроях Android. Також отримані результати сприятимуть оптимальному вибору бібліотеки та її методів в завданнях визначення настроїв тексту.

REFERENCES:

1. Medium. (2024). Leveraging AI for Effective User Experience in Mobile Apps. <https://medium.com/nerd-for-tech/leveraging-ai-for-effective-user-experience-in-mobile-apps-c924fed07f8>
 2. Medium. (2024). AI for Sentiment Analysis: The AI-Powered Future of Opinion Mining. <https://medium.com/nerd-for-tech/ai-for-sentiment-analysis-the-ai-powered-future-of-opinion-mining-c924fed07f8>
 3. Springer. (2023). Sentiment Analysis and Opinion Mining: A Survey. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13278-021-00776-6>
 4. Google AI Blog. (2024). Exploring the Future of AI in Mobile App Development. <https://ai.googleblog.com/2024/04/exploring-future-of-ai-in-mobile-app-development.html>
 5. MDPI. (2023). Sentiment Analysis and Opinion Mining: Special Issue. https://www.mdpi.com/journal/ai/special_issues/sentiment_analysis_and_opinion_mining
 6. Kobiton. (2023). Understanding the Impact of AI on Mobile Testing. <https://www.kobiton.com/blog/understanding-impact-of-ai-on-mobile-testing/>
 7. Wankhade M., Rao A.C., Kulkarni C. (2022). A survey on sentiment analysis methods, applications, and challenges. Artificial Intelligence Review. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10462-022-10144-1>
 8. Ligthart A., Catal C., Tekinerdogan B. (2021). Systematic reviews in sentiment analysis: a tertiary study. Artificial Intelligence Review. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13278-021-00776-6>
 9. (2022). Understanding public opinions on social media for financial sentiment analysis using AI-based techniques. Information Processing & Management. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306457320305074>
 10. (2023). AI | Special Issue: Sentiment Analysis and Opinion Mining. MDPI. https://www.mdpi.com/journal/ai/special_issues/sentiment_analysis_and_opinion_mining
 11. (2024). Sentiment Analysis: How AI Deciphers Public Opinion on Social Media. Medium. <https://medium.com/nerd-for-tech/ai-for-sentiment-analysis-the-ai-powered-future-of-opinion-mining-c924fed07f8>
 12. (2024). AI on Android. Android Developers. <https://developer.android.com/guide/topics/ui/look-and-feel>
 13. (2023). A new foundation for AI on Android. Android Developers. <https://developer.android.com/guide/topics/ui/look-and-feel>
 14. (2024). Majority of mobile app developers are using Generative AI. Intelligent CIO. <https://www.intelligentcio.com/2024/04/01/majority-of-mobile-app-developers-are-using-generative-ai/>
 15. (2021). What's new for Android developers at Google I/O. Android Developers. <https://developer.android.com/guide/topics/ui/look-and-feel>
 16. (2024). How Can AI be Integrated with Android App Development in 2024. Mobile App Daily. <https://www.mobileappdaily.com/2024/04/01/how-can-ai-be-integrated-with-android-app-development-in-2024>
 17. Kaggle. (n.d.). <https://www.kaggle.com/code/alexanderbader/tweets-emotion-knn/data>
-

UDC 519.172

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.10>

IC PACKAGES TOPOMETRIC MODEL DATABASE WITH PRODUCTION RULES

Sgadov S. O. – Senior Lecturer at the Department of Computer Systems and Networks
of the National University “Zaporizhzhia Polytechnic”

ORCID ID: 0000-0002-7994-6530

Printed circuit board (PCB) design plays a vital role in the production of radio-electronic devices. While there are several CAD systems available to automate the process, they often fail to consider the scheme topology. To address this, a high-quality automatic system for tracing printed circuit boards is needed. This involves several steps, including the placement of components on the board, the creation of topometric lines, determining the intersection of graph edges with topometric lines, and tracing connections through crosspoints. The creation of topometric lines involves adding additional edges to the graph that connect the outputs of neighboring components. This results in a model consisting of a topological part (connections graph and topometric lines) and a geometrical part (footprints). To facilitate the integration of these parts, a topometric model of a component is introduced. The implementation of a database to store these models is crucial for CAD systems. The database should include information about the package type, geometrical size, conductors' drawing, topology, production rules, and setup scripts for topological lines. Storing production rules in conjunctive-disjunctive form allows for efficient processing and smaller data volume. The topometric database should contain records for each type of IC package, including the package type, footprint image, cycle of the graph, geometrical bindings, production rules, and initialization script for additional poles. To use the IC package topometric models database, the user selects the package type for each element of the circuit. The corresponding record is loaded from the database, including the geometrical and topometric model, which is then copied into the local project base. Additional cases can be initialized and rules for forming conductors under the package can be edited. The application of these rules determines the ability to carry out connections under the package. The author suggests that this approach, utilizing an expert system, can be used for automatic routing of printed circuit boards using a topological approach

Key words: topometric model, production rules, PCB design, planar graph.

Сгадов С. О. База даних топометричних моделей пакетів ІС із правилами виводу

Дизайн друкованих плат (PCB) відіграє важливу роль у виробництві радіоелектронних пристроїв. Хоча існує декілька систем САПР для автоматизації процесу, вони часто не враховують топологію схеми. Для вирішення цієї проблеми необхідна якісна автоматична система трасування друкованих плат. Це включає кілька кроків, зокрема розміщення компонентів на дошці, створення топометричних ліній, визначення перетину ребер графа з топометричними лініями та відстеження з'єднань через точки перетину. Створення топометричних ліній передбачає додавання додаткових ребер до графіка, які з'єднують виходи сусідніх компонентів. Це призводить до того, що модель складається з топологічної частини (графік зв'язків та топометричні лінії) і геометричної частини. Щоб полегшити інтеграцію цих частин, вводиться топометрична модель компонента. Реалізація бази даних для зберігання цих моделей має вирішальне значення для систем САПР. База даних повинна містити інформацію про тип упаковки, геометричні розміри, креслення провідників, топологію, правила виводу та сценарії налаштування топологічних ліній. Зберігання правил виводу у кон'юнктивно-диз'юнктивній формі забезпечує ефективну обробку та менший обсяг даних. Топометрична база даних має містити записи для кожного типу упаковки ІС, включаючи тип упаковки, зображення відбитка, цикл графіка, геометричні прив'язки, правила виводу та сценарії ініціалізації для додаткових полюсів. Щоб використовувати базу даних топометричних моделей упаковки ІС, користувач вибирає тип упаковки для кожного елемента схеми. Відповідний запис завантажується з бази даних, включаючи геометричну та топометричну модель, яка потім копіюється в локальну базу проекту. Можна ініціалізувати додаткові кейси та редагувати правила формування провідників під пакет. Застосування цих правил визначає можливість виконання з'єднань під пакетом. Автор припускає, що цей підхід, що використовує експертну систему, може

бути використаний для автоматичної маршрутизації друкованих плат з використанням топологічного підходу

Ключові слова: топометрична модель, правила виводу, проектування друкованої плати, планарний граф.

Introduction. An important role at production of radio-electronic devices plays the design of printed circuit boards. There is a lot of CAD systems for such purpose allowing to automate the process (Altium Designer [1], Eagle [2] OrCAD, TopoR [3], Proteus[4], and others[5]), however all of them still badly consider scheme topology, even TopoR, so the problem of development of qualitative automatic system of trace of printed circuit boards still requires attention. For the purposes of synthesis of the drawing of conducting tracks of printed circuit boards approach with use of the topological drawing of the graph corresponding to connections in the scheme can be applied. At the same time it is important to know how edges of flat parts of the graph in the drawing will pass. Thus the following actions should be made for carrying out connections of flat constructs (for example, radio components) [5, 6]:

- placing of elements on the printed circuit board;
- building of so-called topometric lines;
- determination of intersection of edges of the graph with topometric lines;
- actually tracing connections through crosspoints.

The stage of building of topometric lines includes creation of the additional edges of the graph connecting outputs of the next radio components [7]. Therefore as a result we will receive the model consisting of a topological part (connections graph + topometric lines) and a geometrical part (footprints). For approval of those parts it is necessary to introduce the interface named as topometric model of a component. Now we will consider as it is possible to define a concept of topometric model. For this purpose author introduce such assumptions:

For any electronic component one can draw around its area in which there will be geometrical drawing of conductors of a component, and outside – the topological drawing of the electrical circuit graph.

Places of intersection by conductors of this area will serve as poles – junctions with the graph of schemes. In most cases poles match signal connect pads of a component.

These poles on the one hand are connected in a cycle of the graph; on the other hand have a binding to coordinates concerning a component and form topometric model of a component.

Let's notice that in terms of topology the form of a cycle is not something essential, but it is possible to select a rectangular form which will allow to appropriate to poles of topometric model attributes of position of South, North, West, East concerning the center and to simplify an algorithm of carrying out topometric lines to the "opposite" party in a cycle, and between components. Also it is necessary to notice that it is not always correct to reduce topometric model to a projection of contacts on perimeter. For example in case of passing of tracks between outputs of the large-scale integrated circuit it is necessary to enter additional poles in places of intersection of perimeter.

Types of packages of the base construct

The base types of package used in electronics are:

– **DIP package.** Construction of DIP package means through hole mounting. That is its outputs are present at all layers of the printed circuit board. As a rule, lead spacing allows at least one track between next.

– **SOIC package.** Buildings of SOIC are used for superficial mounting, i.e. they and their conductors are present at one layer of the printed circuit board. The distance between side outputs most often a little will also not allow to carry out tracks between signal connect pads. But it is possible to bring conductors on top or from below payments and also on other layers.

– **LQFT package.** LQFT packages are also used for superficial mounting. Lead spacing usually does not allow to carry out between them tracks, however on other layers of a payment of a track it is possible to carry out freely.

– **3rd lead packages of through mounting.** It's widespread kind of the building including for transistors, mounting allows leading of the conductor from any party to contact.

– **SMD resistors, condensers, etc.** This type of the package is used for a wide number of the two-output components having the different geometrical sizes, what influences mainly that how many it is possible to carry out lines in an interval between contacts from mounting. To avoid loops in the graph, surely one can introduce additional poles.

From the above-stated classification one can see that at a stage of building of topometric model there are two problems: a problem of creation of an algorithm and a problem of carrying out connections under the package of construct. And these two problems are connected and for each class of constructs there can be the algorithm which, in turn, depends on external parameters – such as thickness of the conductor, minimum admissible conductor spacing, topology of the graph, package geometry. Thus, the author comes to a conclusion about necessity of matching of the construct package type to an algorithm of creation of topological model and a way of trace within.

Implementation of storage of set of constructs is important aspect of creation of CAD for distributing of payments. Here at implementation of model of the database there will be a need, first, to store including, topologic model of construct, i.e. a cycle of the graph, secondly, information on an algorithm of processing of the model. At first sight can seem that one can rigidly record in the program a certain set of algorithms on connection of poles building for different topometric models, but it is not quite right approach – databases of radio-electronic components are open systems which are actively complemented and thus it will be ever possible to come it is impossible to add new type of the package to a situation or to interfere with processing already entered to base.

Record of the database may contain the following information:

- package type
- geometrical size
- drawing of a seat
- topology and its geometrical bindings
- production rules of carrying out contact lines
- script of setup of topological lines

Here production rules concerns how do connections under the package of the large-scale integrated circuit proceeding from already carried out. They are in the form of a set of Boolean functions

$$R_{ij} = f_{ij}(\vec{v}) \quad (1)$$

Where R_{ij} = true, if poles i and j can be conduct and R_{ij} = false otherwise. $\vec{v}$ is a vector of poles such that v_k =true, if the pole has a connection. It is obvious that if more than two contacts connect, then it is possible to apply consistently production rules for

these couples in the form of logical connection. It makes sense to store these rules R_{ij} in the database in conjunctive-disjunctive form. It will allow to store them not as line expression, but numerical matrixes of the table of conjunctives and the table of conjunctives in a binary look that occupies smaller data volume and can be processed quicker.

Topometric database of models content

Records in the database related to each type of an IC package should contain:

Package type;

Image of footprint;

A cycle of the graph on vertices (automation is possible);

Geometrical binding of the cycle's vertices;

Production rules (1) of the conductors overcrossing prohibiting to carry out in topometric model. It can be made as directly and is automated proceeding from an opportunity to calculate intersections of edges of the graph on its connectivity matrix;

The script initializing the provision of additional poles proceeding from external parameters.

The item 5 could gain further development, for example, it can be possible to add the additional text box containing a script of automation of creation of rules. This script implies its execution during manual editing record of the database. It is also possible to implement automatic generation of rules for typical cases of packages.

Usage of IC package topometric models database. As it was specified by the author earlier it is going to use further the base of models of cases described above for obtaining the drawing of printed circuit boards, using the procedure of laying of flat sugraph of connections. At the same time several options of the most flat parts of the graph of connections from which the most suitable is selected at trace along sugraph edges turn out. It is necessary to take into account and geometry of cases of construct. Therefore the typical operation algorithm with such database looks as follows:

- The user's selection of the kind of package for an element of the electric circuit.
- Loading record about this package from the database, including geometrical and about topometric model of the package, copying it in local base of the project.
- Initialization of additional cases put of execution of a script.
- Editing by the user rules of forming of conductors under the case.
- Application of rules at a trace stage for definition of a possibility of carrying out tracks under the package (if rules are not set, then it is supposed what under the package of connection cannot be carried out).

Thus the approach to creation of the database assumed by the author using an element of expert system can be used in application to automatic routing of printed circuit boards using topological approach.

BIBLIOGRAPHY:

1. Mayer E.A. Developing Undergraduate FPGA Curriculum Using Altium Software and Hardware. *2012 ASEE Annual Conference & Exposition*, San Antonio, Texas, 2012, June, San Antonio, 2012. URL: <https://peer.asee.org/21196> (дата звернення: 27.03.2024)
2. Scarpino M. Designing Circuit Boards with EAGLE : Make High-Quality PCBs at Low Cost. USA : Prentice Hall, 2014. P. 383.
3. Базилевич Р.П. Декомпозиційні та топологічні методи автоматизованого конструювання електронних пристроїв. Львів : Вища школа, 1981. 168 с.
4. Konstantinos A. Tarabanis. Path planning in the Proteus rapid prototyping system. *Rapid Prototyping Journal*, 2001. Vol. 7. № 5, P. 241–252.

5. Kurapov V.S. Chechenja V.S. Mathematical Model of Connection Tracing in the Area of BGAA Components. *Radio Electron. Comput. Sci. Control*. 2016. № 3. P. 7–17.
6. 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, № 1, P. 90–102. DOI : 10.26583/sv.12.1.08
7. Курапов С.В., Сгадов С.О. Алгебраїчні методи побудови топологічного малюнка планарного графа. *Вісник ЗНУ Фізико-математичні науки*, 2018. № 1. С. 60–71.

REFERENCES:

1. Mayer, E. A. (2012, June), Developing Undergraduate FPGA Curriculum Using Altium Software and Hardware Paper presented at 2012 ASEE Annual Conference & Exposition, San Antonio, Texas. 10.18260/1-2--21196
2. Scarpino, M. (2014). Designing Circuit Boards with EAGLE: Make High-Quality PCBs at Low Cost. Prentice Hall.
3. Bazilevich, R.P. (1981). Decomposition-based and Topological Methods of Computer-aided Design of Electronic Devices. Lviv: Vishcha Shkola.
4. Konstantinos, A. Tarabanis. (2001) Path planning in the Proteus rapid prototyping system. «Rapid Prototyping Journal». (Vols. 7), (pp. 241-252) № 5.
5. Kurapov, V.S., & Chechenja, V.S. (2016). Mathematical Model of Connection Tracing in the Area of BGAA Components. «Radio Electron. Comput. Sci. Control». № 3, (pp. 7-17).
6. 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
7. Kurapov, S.V., & Sgadov, S.A. (2018). Algebraic methods for the construction of the topological drawing of nonplanaric graph. «Visnyk of Zaporizhzhya National University. Physical and Mathematical Scincies». (No. 1), (pp. 60-71).

УДК 519.1:004.2

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.11>

ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНАТОРИКИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Соловей Л. Я. – старший викладач кафедри інформаційних систем
та обчислювальних методів

Приватного вищого навчального закладу

«Міжнародний економіко-гуманітарний університет

імені академіка Степана Дем'янчука»

ORCID ID: 0009-0001-2832-1741

Лотюк Ю. Г. – кандидат педагогічних наук,

доцент кафедри математичного моделювання

Приватного вищого навчального закладу

«Міжнародний економіко-гуманітарний університет

імені академіка Степана Дем'янчука»

ORCID ID: 0000-0001-6696-5583

В сучасному світі інформаційних технологій ефективність та надійність мережевої інфраструктури є критичними для функціонування будь-якої організації. Оптимізація мережевої інфраструктури дозволяє зменшити витрати на обладнання, підвищити швидкість передачі даних та забезпечити надійність і стійкість до збоїв.

Однією з ключових задач в проектуванні та оптимізації мережевої інфраструктури є ефективне розташування вузлів, маршрутизаторів і комутаторів з урахуванням вимог до пропускної здатності, надійності та мінімізації затрат на побудову мережі. Це включає в себе рішення проблеми вибору найкращих маршрутів для передачі даних та розподілу навантаження.

Комбінаторні методи та алгоритми використовуються для оптимізації мережевої інфраструктури, дозволяють досягти балансу між вартістю обладнання, ефективністю використання ресурсів та надійністю мережі. В статті означено основні напрями класичного використання теорії графів при розв'язуванні типових задач оптимізації мережевої інфраструктури. Визначені актуальні напрями застосування комбінаторики та теорії графів у дослідженнях, які дозволяють мінімізувати витрати на побудову мережі.

Проаналізовано існуючі підходи до оптимізації мережевої інфраструктури та виявлені їх недоліки. Розглянуто тестування розроблених методів на реальних та симуляційних даних для оцінки їх ефективності. Наукова новизна статті полягає у застосуванні комбінаторних моделей для оптимізації пропускної здатності, надійності та вартості мережевої інфраструктури.

Із аналізу отриманих результатів визначено що застосування алгоритму Крускала для побудови мінімального кістякового дерева значно підвищує ефективність мережевих рішень, зменшуючи загальні витрати на встановлення та обслуговування мережі, а дослідження моделі оптимізованої комп'ютерної мережі у Cisco Packet Tracer підтвердило практичну доцільність даного підходу, забезпечуючи надійність і масштабованість мережевої інфраструктури.

Показано приклад використання комбінаторики для вирішення задачі оптимізації мережевої інфраструктури, зокрема розміщення серверів з метою мінімізації затримок передачі даних. Сформульована математична модель цієї задачі на написана програма мовою Python для розрахунків.

Розробка нових моделей і алгоритмів, проведення емпіричних досліджень та впровадження практичних рекомендацій сприятимуть прогресу у проектуванні та управлінні сучасними мережами.

Ключові слова: комбінаторика, оптимізація мережевої інфраструктури, алгоритм Крускала, мінімальне кістякове дерево, теорія графів, Cisco Packet Tracer, мережеве моделювання, мережеві топології, оптимізація витрат, продуктивність мережі, мережева інфраструктура, оптимальне розміщення серверів, мінімізація затримок передачі даних.

Solovei L. Ya., Lotiuk Yu. H. Application of combinatorics for optimization of the network infrastructure

In today's world of information technology, the efficiency and reliability of the network infrastructure are critical to the functioning of any organization. Optimizing network infrastructure allows you to reduce equipment costs, increase data transfer rates, and ensure reliability and resilience to failures.

One of the key tasks in the design and optimization of the network infrastructure is the effective location of nodes, routers and switches, taking into account the requirements for bandwidth, reliability and minimizing the costs of network construction. This includes solving the problem of choosing the best routes for data transmission and load sharing.

Combinatorial methods and algorithms are used to optimize the network infrastructure, will allow to achieve a balance between the cost of the equipment, the efficiency of the use of resources and the reliability of the network. The article defines the main directions of the classical use of graph theory in solving typical network infrastructure optimization problems. Current areas of application of combinatorics and graph theory in research, which allow to minimize the costs of building a network, are determined.

An example of the use of combinatorics to solve the problem of network infrastructure optimization, in particular the placement of servers to minimize data transmission delays, is shown. The mathematical model of this problem is formulated using a program written in the Python language for calculations.

The development of new models and algorithms, the conduct of empirical research and the implementation of practical recommendations will contribute to progress in the design and management of modern networks.

Key words: *combinatorics, network infrastructure optimization, Kruskal's algorithm, minimum spanning tree, graph theory, Cisco Packet Tracer, network modeling, network topologies, cost optimization, network performance, network infrastructure, optimal placement of servers, minimization of data transmission delays.*

Вступ. Комбінаторика, як розділ математики, що вивчає кінцеві або злічені дискретні структури, відіграє ключову роль в оптимізації мережевої інфраструктури. Вона надає інструменти та методи для вирішення складних задач, пов'язаних з проектуванням, управлінням та покращенням продуктивності мереж.

Аналіз актуальних досліджень. В роботі [1] розглядаються комбінаторні алгоритми для задачі потоку мінімальних витрат на мережах з одиничною пропускною здатністю та окремі випадки задачі.

Робота Niklas McKeown [2] демонструє, що застосування комбінаторних алгоритмів може суттєво покращити продуктивність та ефективність комп'ютерних мереж. Впровадження таких методів дозволяє не тільки підвищити пропускну здатність і знизити затримки, але й оптимізувати використання ресурсів мережі. Ці досягнення мають великий потенціал для покращення роботи сучасних мережевих систем та інфраструктур.

Дослідженню особливостей використання графів для оптимізації функціонування комп'ютерних мереж присвячені такі роботи [3] обґрунтовано фундаментальні теоретичні засади побудови комп'ютерних мереж, перспективи технологій локальних і глобальних мереж, способи створення і керування ними.

У дослідженні [4] подано системний опис мережевої архітектури маршрутизації: проведено класифікацію алгоритмів маршрутизації; введено метрики алгоритмів та їх порівняння.

Аналіз досліджень свідчить, що застосування графів в інформаційних технологіях має великий потенціал та дає можливість оптимізувати процеси проектування, аналізу та організації комп'ютерних мереж, що позитивно впливає на якість та продуктивність роботи мережі [5].

Мережу можна уявити як граф, де вузли представляють мережеві пристрої, а дуги відображають з'єднання між ними, тоді завдання оптимізації полягає

в пошуку оптимального шляху для передачі даних між двома вузлами. Ця задача вирішується за допомогою різних алгоритмів, таких як алгоритм Дейкстри або алгоритм Беллмана-Форда [6].

Методи та результати дослідження. Незважаючи на низку наукових досліджень у галузі теорії графів, питання візуалізації мережевих структур залишаються недостатньо вивченими.

Покажемо на конкретних прикладах роль комбінаторики для оптимізації мережевої інфраструктури. Для цього застосуємо мінімальне кістякове дерево (MST). Воно дозволяє мінімізувати витрати на побудову мережі, забезпечуючи при цьому з'єднання всіх вузлів. Досліджували проблему мінімального кістякового дерева Otakar Boruvka, Robert C. Prim, Joseph Kruskal, Edsger W. Dijkstra.

Оптимальне розміщення серверів, маршрутизаторів та інших мережевих пристроїв є критичним для забезпечення ефективної роботи мережі. Комбінаторні задачі, такі як задача розміщення центрів обслуговування або задача покриття, допомагають визначити найкращі місця для розташування цих елементів з урахуванням різних критеріїв, таких як мінімізація затримок або витрат.

Розглянемо оптимізацію локальної комп'ютерної мережі, яка з'єднує кілька роутерів, розташованих у різних будівлях. Мета – мінімізувати загальну довжину кабелів, необхідних для з'єднання всіх роутерів.

В якості вхідних даних матимемо набір роутерів, на Рис. 1 позначені як Router A, Router B, Router C, Router D, Router E та задану довжину кабелів між роутерами.

Для вирішення цієї задачі використовуємо алгоритм Крускала для знаходження мінімального кістякового дерева.

Етапи розв'язання задачі розділимо на дві частини:

1. **Модель графу:** Представляємо кожен роутер як вузол графу. З'єднання між роутерами представляємо як ребра графу, де вага ребра відповідає вартості прокладання кабелю між двома роутерами.

2. **Застосування алгоритму Крускала:** Сортують всі ребра графу за зростанням їх ваги. Починаємо з найменшого ребра і додаємо його до MST, якщо його додавання не створює циклу. Повторюємо, поки не додамо всі вузли до MST.

Розглянемо мережу з п'ятьма роутерами (A, B, C, D, E) і наступними відстанями між ними: A – B: 10 м, A – C: 30 м, B – C: 10 м, B – D: 60 м, C – D: 20 м, C – E: 40 м, D – E: 50 м.

Розв'язання з використанням алгоритму Крускала:

– Сортують ребра: (A-B, 10), (B-C, 10), (C-D, 20), (A-C, 30), (C-E, 40), (D-E, 50), (B-D, 60).

– Починаємо з найменших ребер, додаємо їх до MST: A-B (10), B-C (10), C-D (20), C-E (40).

Оскільки всі роутери з'єднані, отримуємо MST з ребрами: (A-B, 10), (B-C, 10), (C-D, 20), (C-E, 40). В даному випадку, мінімальне кістякове дерево має загальну довжину 80 м.

Наступний приклад демонструє використання комбінаторики для вирішення задачі оптимізації мережевої інфраструктури, зокрема розміщення серверів з метою мінімізації затримок передачі даних.

У комп'ютерній мережі з визначеними вузлами необхідно розташувати певну кількість серверів так, щоб мінімізувати затримку передачі даних між клієнтами та серверами.

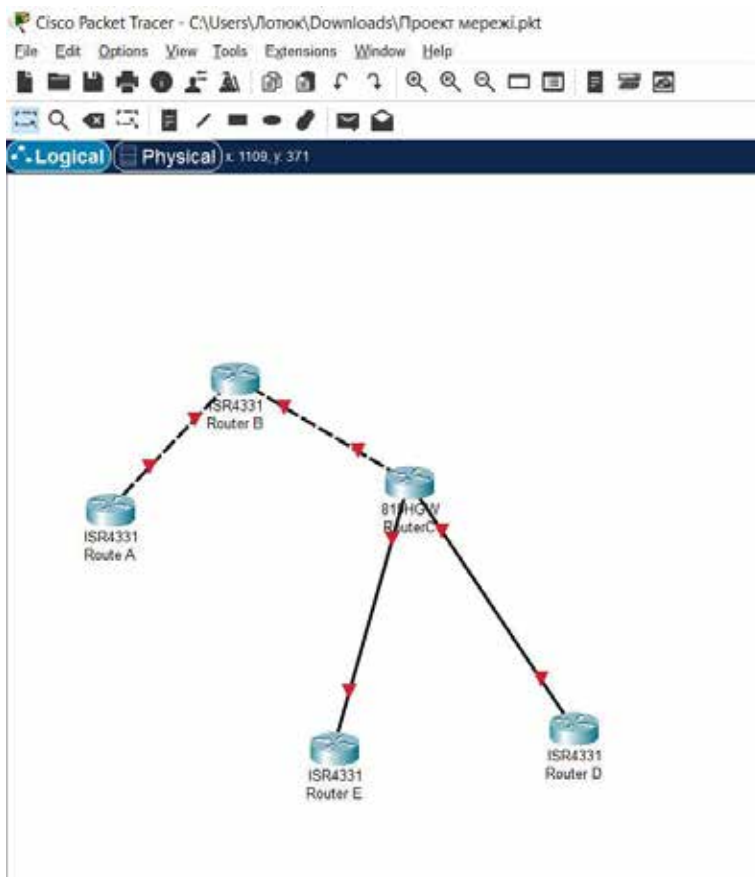


Рис. 1. Емуляція у Cisco Packet Tracer створеної оптимальної мережі [7]

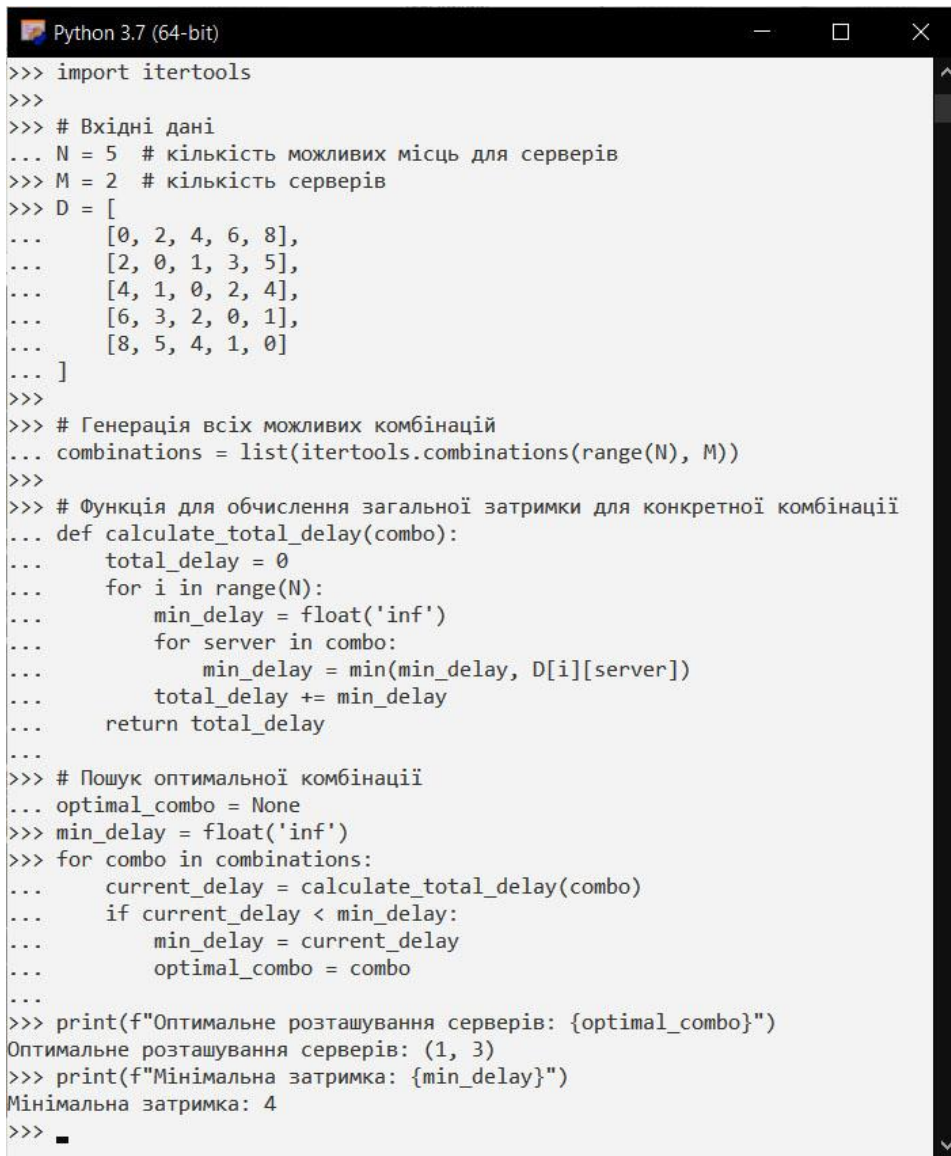
Сформулюємо задачу у поняттях комбінаторики: N – кількість можливих місць для серверів, M – кількість серверів, які потрібно розмістити. Визначимо матрицю затримок таким чином: $D[i, j]$ – затримка передачі даних між вузлами i та j . Потрібно розташувати M серверів так, щоб мінімізувати загальну затримку передачі сигналів.

Для розв'язування цієї задачі використаємо комбінаторний підхід таким чином – всі можливі розташування M серверів серед N можливих місць можуть бути представлені як комбінація без повторень. Кількість можливих комбінацій визначається за формулою комбінаторики:

$$C(N, M) = \frac{N!}{M!(N - M)!}$$

Для кожної комбінації розміщення серверів обчислюємо сумарну затримку, використовуючи матрицю затримок $D[i, j]$. Знайдемо мовою Python ту комбінацію, яка має найменшу загальну затримку Рис. 2.

Таким чином знайдено оптимальне розміщення серверів та мінімальна затримка передачі сигналу.



```
>>> import itertools
>>>
>>> # Вхідні дані
... N = 5 # кількість можливих місць для серверів
>>> M = 2 # кількість серверів
>>> D = [
...     [0, 2, 4, 6, 8],
...     [2, 0, 1, 3, 5],
...     [4, 1, 0, 2, 4],
...     [6, 3, 2, 0, 1],
...     [8, 5, 4, 1, 0]
... ]
>>>
>>> # Генерація всіх можливих комбінацій
... combinations = list(itertools.combinations(range(N), M))
>>>
>>> # Функція для обчислення загальної затримки для конкретної комбінації
... def calculate_total_delay(combo):
...     total_delay = 0
...     for i in range(N):
...         min_delay = float('inf')
...         for server in combo:
...             min_delay = min(min_delay, D[i][server])
...         total_delay += min_delay
...     return total_delay
...
>>> # Пошук оптимальної комбінації
... optimal_combo = None
>>> min_delay = float('inf')
>>> for combo in combinations:
...     current_delay = calculate_total_delay(combo)
...     if current_delay < min_delay:
...         min_delay = current_delay
...         optimal_combo = combo
...
>>> print(f"Оптимальне розташування серверів: {optimal_combo}")
Оптимальне розташування серверів: (1, 3)
>>> print(f"Мінімальна затримка: {min_delay}")
Мінімальна затримка: 4
>>> ■
```

Рис. 2. Програма мовою Python, яка шукає комбінацію серверів з найменшою загальною затримкою

Висновок. Оптимізація мережевої інфраструктури, є важливою для забезпечення ефективності та надійності сучасних комп'ютерних мереж. Розглянуті підходи включають використання алгоритмів побудови мінімального кістякового дерева, таких як алгоритм Крускала, а також моделювання мережевих конфігурацій за допомогою інструментів, таких як Cisco Packet Tracer.

Математичні методи дозволяють значно підвищити ефективність планування та керування мережами, знижують загальні витрати та покращують продуктивність.

Зокрема, алгоритм Крускала для побудови мінімального кістякового дерева забезпечує мінімізацію витрат на з'єднання вузлів мережі.

Завдяки моделюванню різних конфігурацій і використанню алгоритмів оптимізації, можна досягти високої якості обслуговування мережі, що є критично важливим для стабільної роботи в сучасних умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Goldberg, Andrew V., et al. "Minimum-cost flows in unit-capacity networks." *Theory of Computing Systems* 61 (2017): 987-1010.
2. N. McKeown, "Optimizing Network Traffic with Combinatorial Algorithms," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 2024.
3. Жураковський. Б. Ю., Зенів І. О. Комп'ютерні мережі : навчальний посібник. Частина 1. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 336 с.
4. Теоретичні основи телекомунікаційних мереж : навч. посіб. /М.М. Климаш, Б.М. Стрихалюк, М.В. Кайдан. Львів : вид-во УАД, 2011. 496 с.
5. Gross, J. L., & Yellen, J. (2013). *Handbook of graph theory*. CRC press, 2013. 1630 p.
6. Golumbic, M. C. *Algorithmic graph theory and perfect graphs*. Elsevier. 2004. 340 p.
7. Cisco Networking Academy. *CCNA Routing and Switching: Introduction to Networks*. Cisco Press, 2013. 720 p.

REFERENCES:

1. Goldberg, Andrew V., et al. "Minimum-cost flows in unit-capacity networks." *Theory of Computing Systems* 61 (2017): 987-1010.
 2. N. McKeown, "Optimizing Network Traffic with Combinatorial Algorithms," *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 2024.
 3. Zhurakovskiy. B. Yu., Zeniv I. O. *Komp'yuterni merezhi : navchalnyi posibnyk. Chastyna 1*. Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2020. 336 s.
 4. *Teoretychni osnovy telekomunikatsiinykh merezh : navch. posib.* /M.M. Klymash, B.M. Strykhaliuk, M.V. Kaidan. Lviv : vyd-vo UAD, 2011. 496 s.
 5. Gross, J. L., & Yellen, J. (2013). *Handbook of graph theory*. CRC press, 2013. 1630 r.
 6. Golumbic, M. C. *Algorithmic graph theory and perfect graphs*. Elsevier. 2004. 340 r.
 7. Cisco Networking Academy. *CCNA Routing and Switching: Introduction to Networks*. Cisco Press, 2013. 720 p.
-

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEM ANALYSIS

УДК 371.147

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.12>

РОЗРОБКА БАГАТОФАКТОРНИХ ПЛАНІВ ЕКСПЕРИМЕНТІВ З ВИСОКОЮ ТОЧНІСТЮ ЇХ АНАЛІТИЧНОГО ОПISY ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАННЯХ

Чепок Р. В. – кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри соціальних та поведінкових наук
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-9063-3244

На сучасному етапі прискореного бурхливого розвитку різних галузей науки і техніки, збагачення духовної культури людства, стрімкого соціального і політичного життя України ставляться відповідні вимоги до всебічного розвитку особистості в суспільстві розвинутої країни. Не мало важливим фактором в цьому аспекті постає навчальний процес у вищих закладах освіти.

Данна наукова стаття присвячена розробці ефективних методів планування багатофакторних експериментів з метою отримання високоякісних результатів у лабораторних умовах. Вона розглядає важливість точного опису планів експериментів для забезпечення оперативного та ефективного використання під час проведення лабораторних випробувань і написання випускних робіт у вищих закладах освіти.

В статті досліджуються методи вибору факторів та їх рівнів, а також планування експериментів. Для аналітичного опису планів експериментів розглянуті статистичні методи та моделі, які дозволяють визначити вплив окремих факторів та їх взаємодію на результати досліджень.

Автор статті пропонує практичні рекомендації з вибору оптимальних планів експериментів з високою точністю, що сприяє підвищенню ефективності лабораторних досліджень та прискоренню процесу прийняття рішень у наукових та промислових галузях.

Ця стаття має значний внесок у розвиток методів планування експериментів та забезпечення їхнього оперативного використання у лабораторних умовах та використанні їх під час написання наукових і випускних робіт, а також деякою мірою ліквідує відсутність навчальної літератури з математичного моделювання систем і процесів для здобувачів закладів вищої освіти України різних технічних спеціальностей. Сучасний інженер повинен використовувати математику не тільки як метод розрахунку, а й як метод мислення, формалізації та формування інформаційних понять. Доповнюючи досвід інженера та його інтуїцію, багатофакторні плани експериментів з високою точністю їх аналітичного опису для оперативного використання створюють фундаментальну базу для розробки та експлуатації технічних систем і значно підвищують якісний рівень підготовки інженерів, інженерів-дослідників та наукових співробітників.

Ключові слова: багатфакторні плани експерименти, поліном, експериментальні значення, аналітичний опис, статистичні критерії, математичне поняття, план, значення фактору, комбінація плану.

Chepok R. V. Development of multifactorial plans of experiments with high accuracy of their analytical description for operational use in laboratory tests

At the current stage of accelerated rapid development of various fields of science and technology, enrichment of the spiritual culture of humanity, rapid social and political life of Ukraine, corresponding requirements are placed on comprehensive development of personality in the society of a developed country. The educational process in higher education institutions is a very important factor in this aspect.

This scientific article is devoted to the development of effective methods of planning multivariate experiments in order to obtain high-quality results in laboratory conditions. It examines the importance of accurately describing plans of experiments to ensure prompt and efficient use during laboratory testing and thesis writing in higher education institutions.

The author of the article offers practical recommendations for choosing optimal plans of experiments with high accuracy, which contributes to increasing the efficiency of laboratory research and accelerating the decision-making process in scientific and industrial fields.

This article has a significant contribution to the development of methods of planning experiments and ensuring their operational use in laboratory conditions and their use during the writing of scientific and graduation theses, as well as to some extent eliminates the lack of educational literature on mathematical modeling of systems and processes for students of higher education institutions of Ukraine of various technical specialties. A modern engineer should use mathematics not only as a method of calculation, but also as a method of thinking, formalization and formation of information concepts. Complementing the experience of the engineer and his intuition, multifactorial plans of experiments with high accuracy of their analytical description for operational use create a fundamental basis for the development and operation of technical systems and significantly increase the quality level of training of engineers, research engineers and scientific employees.

Key words: multifactorial plans of experiments, polynomial, experimental values, analytical description, statistical criteria, mathematical concept, plan, factor value, plan combination.

Постановка проблеми. Політехнічність освіти у закладах вищої освіти потребує надавати здобувачам освіти знання в галузі економіки і управління технологічними процесами виробництва. Найважливіша задача управління є оптимізація технологічних процесів для чого треба знати відповідні методи оптимізації.

Розробка багатфакторних планів експериментів з високою точністю для оперативного використання при лабораторних випробуваннях – це важлива задача, особливо у сферах науки і промисловості. Такі плани дозволяють ефективно вивчати вплив різних факторів на результати експерименту і оптимізувати процеси. Ось кілька кроків, які можна виконати для їх розробки: визначення цілей експерименту, вибір факторів і рівнів, планування досліджень, запуск експерименту, аналіз результатів, підтвердження та оптимізація.

У випадках, коли не має аналітичної теорії процесу, оптимізація можлива лише на основі аналітичного опису експериментів над технологічним процесом виробництва.

Опанувати цим методом оптимізації здобувачі вищої освіти можуть у навчальному процесі при виконанні лабораторних експериментів.

Для опису експериментів зараз використовується статистична теорія планування експериментів.

Існуюча теорія планування має суттєвий недолік. Він виникає при оцінюванні точності цього опису, тобто при вирішуванні питання про рівень відхилення експериментальних значень від розрахункових із аналітичного опису цих експериментів.

В теорії, що розглядається, вирішують це питання за допомогою статистичних критеріїв розподілу відхилень. Аналіз опису в цьому напрямку є досить складна задача для здобувачів вищої освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У роботах сучасних дослідників викладено теоретичні та практичні основи математичного моделювання сучасних систем і процесів. Представлено узагальнену методику математичного моделювання для формалізованого опису, аналізу та різного способу організації математичного моделювання систем і процесів. Особливу увагу приділено можливостям сучасних інформаційних технологій з моделювання, аналізу, синтезу та оптимізації процесів і систем. Наведено приклади та розглянуто особливості використання базового математичного апарату для моделювання технічних систем (Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтак В. В., Лапач С. М.). Висвітлено основні питання методики та організації науково-дослідної діяльності. Викладено поняття, принципи, особливості планування, методи, структуру і технології теоретичних та експериментальних досліджень. Акцентовано на системному підході як напрямі наукового пізнання (Баласанян Г. А.). Викладено поняття, принципи, особливості планування, методи, структуру і технології теоретичних та експериментальних досліджень. Акцентовано на системному підході як напрямі наукового пізнання і соціальної практики. Значну увагу приділено питанням психології наукової діяльності, етики наукових досліджень, розвитку науково-творчого потенціалу особистості. Докладно охарактеризовано вимоги до написання та захисту магістерських кваліфікаційних робіт, узагальнено понятійний апарат науковця-початківця (Важинський С. Е., Щербак Т. І.).

Мета статті – розкрити теоретичні засади розробки багатofакторних планів експериментів з високою точністю їх аналітичного опису для оперативного використання при лабораторних випробуваннях, які не потребують статистичного аналізу опису, бо експериментальні і розрахункові дані співпадають точно при значеннях факторів з плану експеримента.

Виклад основного матеріалу. Створення та експлуатація сучасних комп'ютеризованих виробництв, технологій, приладів та систем на промислових підприємствах і їх експлуатація є не тільки функцією фахівців з економічного управління та фахівців з інформаційних технологій. Вони потребують різних форм участі практично всіх груп інженерно-технічного та адміністративно-управлінського персоналу підприємств та організацій. Сучасний інженер, який працює як дослідник чи проектувальник технічних систем, об'єктів і процесів або працює як користувач автоматизованих та інформаційних систем повинен мати глибокі теоретичні й практичні знання з математичного моделювання. Використання сучасних інформаційних технологій для моделювання технічних об'єктів, систем і процесів ґрунтується на математичних методах моделювання, які дозволяють моделювати виробничі ситуації, аналізувати наявні види інформації та виробляти оптимальні рекомендації щодо дій, які забезпечують найефективніше досягнення мети. Підготовка фахівців на межі двох наук – прикладної інженерії та розділів прикладної математики – надає майбутнім інженерам-економістам можливість ухвалювати оптимальні рішення, підвищувати ефективність їх обґрунтувань та бути провідниками ефективних засобів вирішення сучасних наукових і виробничих завдань. Впровадження математичних методів у різні інженерні дисципліни надає можливість користуватися новими, як правило, дуже ефективними засобами досліджень, розробки, виробництва та експлуатації технічних систем. Разом з тим, наукова та виробнича практика доводить, що

самих математичних знань, на жаль, не достатньо для вирішення того чи іншого наукового або прикладного завдання [1].

У закладах вищої освіти ще обов'язково потрібно отримати теоретичні і практичні навички з формалізації конкретного завдання, математичного опису необхідної інформації, послідовності математичного моделювання, що потребує освоєння методики математичного моделювання та використання отриманих моделей для аналізу, синтезу, розрахунку та оптимізації технічних систем [2, 3].

Сьогодні в науково-технічній та навчальній літературі здобувачам вищої освіти і фахівцям доводиться часто зустрічатися з різною інтерпретацією таких фундаментальних понять, як система, модель, моделювання. Подібна неоднозначність не свідчить про помилковість одних і правильність інших визначень термінів, а відображає залежність предмета розгляду як від галузі функціонування об'єкта, так і від службового призначення та його цілей [4, 5, 6].

В процесі опису та обґрунтування експериментів на сучасному етапі використовується статистична теорія планування експериментів, така теорія планування не досконала. Недолік виникає при оцінюванні точності цього опису, а значить, при вирішуванні питання про рівень відхилення експериментальних значень від розрахункових із аналітичного опису цих експериментів. Вирішують це питання за допомогою статистичних критеріїв розподілу відхилень.

У зв'язку з цим розроблені плани теорії планування, які не потребують статистичного аналізу опису, бо експериментальні і розрахункові дані співпадають точно при значеннях факторів з плану експеримента. Також в цьому нам допоможе таке математичне поняття як поліном. Поліном – це вираз або функція, яка складається зі змінної (або змінних) та коефіцієнтів, які множаться між собою та додаються або віднімаються. Кожен член поліному містить змінну, піднесену до цілого не від'ємного степеня. Поліноми використовуються в математиці для моделювання різних фізичних, економічних та інших явищ. Вони є важливою складовою алгебри та математичного аналізу.

Покажемо це на прикладі плану з двома кодovаними факторами x_1 та x_2 , які змінюють на трьох рівнях, що дорівнює (+1); 0; (-1) завдяки переходу від натуральних значень z_1 та z_2 за формулами:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{2z_1 - (z_{1\max} + z_{1\min})}{(z_{1\max} + z_{1\min})} \\ x_2 &= \frac{2z_2 - (z_{2\max} + z_{2\min})}{(z_{2\max} + z_{2\min})} \end{aligned} \quad (1)$$

де $z_{\max}$ та $z_{\min}$ – максимальне та мінімальне значення фактора z в інтервалі його змінювання.

При $z = z_{\max}$ із (1) одержуємо (+1) при $z = z_{\min}$ маємо (-1), а при середньому значенні

$$z = \frac{z_{\max} + z_{\min}}{2}$$

маємо (0).

Якщо формули (1) повернути відносно натуральних факторів, то знаючи кодovані фактори x можна перейти до натуральних z .

Тоді маємо план, що наведений у табл. 1.

Таблиця 1

№	1	2	3	4	5
x_1	+1	-1	+3	-1	0
x_2	+1	+1	-1	-1	0
y	y_1	y_2	y_3	y_4	y_0

Аналітичний опис для цього плану має вигляд поліному:

$$y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{12} X_1 X_2 \quad (2)$$

коефіцієнти котрого знаходять за формулами:

$$\begin{aligned} B_0 &= y_0; \\ B_1 &= 1/4(y_1 - y_2 + y_3 - y_4); \\ B_2 &= 1/4(y_1 + y_2 - y_3 - y_4); \\ B_{11} &= B_{22} = 1/8(y_1 + y_2 + y_3 + y_4) - 1/2 y_0; \\ B_{12} &= 1/4(y_1 - y_2 - y_3 + y_4), \end{aligned} \quad (3)$$

де $y_0, y_1, \dots, y_4$ – експериментальні значення величини (функції) що вивчається. Легко бачити, що при $x_1 = 0; x_2 = 0$ поліном дає значення $y = y_0$.

При $x_1 = +1; x_2 = +1$ із (2) і (3) маємо $y = B_0 + B_1 + B_2 + B_{11} + B_{22} + B_{12} = y_0 + 1/4(y_1 - y_2 + y_3 - y_4) + 1/4(y_1 + y_2 - y_3 - y_4) + 2(1/8(y_1 + y_2 + y_3 + y_4) - 1/2 y_0) + 1/4(y_1 - y_2 - y_3 + y_4) = y_1$

якщо $x_1 = -1; x_2 = -1$ маємо $y = y_4$,

також маємо $y = y_2$ при $x_1 = -1; x_2 = +1$ та $y = y_3$ при $x_1 = +1; x_2 = -1$.

Таблиця 2

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x_1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	0
x_2	+1	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	0
x_3	+1	+1	+1	+1	-1	-1	-1	-1	0
y	y_1	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_0

Таким чином, запропонований план експерименту може мати точний опис даних на рівнях плану і тому не потребує статистичного аналізу відхилень експериментальних і розрахункових значень.

Для випадку експериментів з трьома факторами $x_1; x_2; x_3$ розроблено план, наведений у таблиці 2.

Поліном точного опису цього плану має вигляд:

$$y = B_0 + B_1 x_1 + B_2 x_2 + B_3 x_3 + B_{11} x_1^2 + B_{22} x_2^2 + B_{33} x_3^2 + B_{12} x_1 x_2 + B_{13} x_1 x_3 + B_{23} x_2 x_3 + B_{123} x_1 x_2 x_3.$$

Коефіцієнт цього поліному слід визначити за формулами:

$$\begin{aligned} B_0 &= y_0; \\ B_1 &= 3/24(y_1 - y_2 + y_3 - y_4 + y_5 - y_6 + y_7 - y_8); \\ B_2 &= 3/24(y_1 + y_2 - y_3 - y_4 + y_5 + y_6 - y_7 - y_8); \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B_3 &= 3/24(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 - y_5 - y_6 - y_7 - y_8); \\
B_{11} = B_{22} = B_{33} &= 1/24(y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - 1/3y_0; \\
B_{12} &= 3/24(y_1 - y_2 - y_3 + y_4 + y_5 - y_6 - y_7 + y_8), \\
B_{13} &= 3/24(y_1 - y_2 + y_3 - y_4 - y_5 + y_6 - y_7 + y_8), \\
B_{23} &= 3/24(y_1 - y_2 - y_3 + y_4 - y_5 + y_6 + y_7 - y_8).
\end{aligned}$$

Перевірка опису і плану показує, що при $x_1 = x_2 = x_3 = 0$ маємо $y = y_0$, при $x_1 = x_2 = x_3 = +1$ маємо $y = y_1$, і при $x_1 = x_2 = x_3 = -1$ маємо $y = y_8$.

Решта значень $x_1; x_2; x_3$, які відповідають комбінаціям плану, дає експеримент також точний збіг результатів з опису і з плану.

У випадку чотирьох факторів $x_1; x_2; x_3; x_4$ план експериментів має вигляд висвітлений в таблиці 3.

Поліном точного опису цього плану має вигляд:

$$\begin{aligned}
y &= B_0 + B_1x_1 + B_2x_2 + B_3x_3 + B_4x_4 + B_{11}x_1^2 + B_{22}x_2^2 + B_{33}x_3^2 + B_{44}x_4^2 + B_{12}x_1x_2 + \\
&+ B_{13}x_1x_3 + B_{14}x_1x_4 + B_{23}x_2x_3 + B_{24}x_2x_4 + B_{34}x_3x_4 + B_{1234}x_1x_2x_3x_4.
\end{aligned}$$

Таблиця 3

№	x_1	x_2	x_3	x_4	y	№	x_1	x_2	x_3	x_4	y
1	+1	+1	+1	+1	y_1	9	+1	+1	+1	-1	y_9
2	-1	+1	+1	+1	y_2	10	-1	+1	+1	-1	y_{10}
3	+1	-1	+1	+1	y_3	11	+1	-1	+1	-1	y_{11}
4	-1	-1	+1	+1	y_4	12	-1	-1	+1	-1	y_{12}
5	+1	+1	-1	+1	y_5	13	+1	+1	-1	-1	y_{13}
6	-1	+1	-1	+1	y_6	14	-1	+1	-1	-1	y_{14}
7	+1	-1	-1	+1	y_7	15	+1	-1	-1	-1	y_{15}
8	-1	-1	-1	+1	y_8	16	-1	-1	-1	-1	y_{16}
						17	0	0	0	0	y_{17}

Обчислювання коефіцієнтів поліному тут можливо виконувати за аналогічними формулами, що наведені для попередніх планів.

Висновки. Перед майбутніми спеціалістами різних спеціальностей все частіше постають завдання, які вимагають, окрім фахової кваліфікації, знання методів опрацювання результатів спостережень, планування експериментів, математичних методів моделювання та оптимізації процесів дослідження. Отже, сучасний фахівець повинен мати не тільки глибоку професійну підготовку, а й певний обсяг знань у галузі наукових досліджень, що передбачає засвоєння методологічних засад наукової праці, уміння збирати і опрацьовувати інформацію, розробляти програми наукових досліджень, аналізувати одержані результати та оформляти їх у вигляді наукового звіту.

Запропонований план експерименту може мати точний опис даних на рівнях плану і тому не потребує статистичного аналізу відхилень експериментальних і розрахункових значень.

Наведені у таблиці 1 і таблиці 2 плани можливо використовувати в процесі виконання лабораторних робіт з технічної механіки, деталей машин, інженерної та комп'ютерної графіки, а план з таблиці 3 під час виконання випускних робіт де досліджуються вплив різних пластифікаторів на рухомість бетонних сумішів та міцність бетону і т.ін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Баласанян Г.А. Організація та проведення наукових досліджень: Конспект лекцій з дисципліни для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня освіти по спеціальності – 144 Теплоенергетика. Одеса: ДУ «Одеська політехніка», 2021. 85 с.
2. . Вазинський С. Е., Щербак Т. І. Методика та організація наукових досліджень: навч. посіб. Суми: СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2016. 260 с.
3. Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. М34 Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. Київ: НАУ, 2017. 392 с.
4. Лапач С.М. Теорія планування експериментів: Виконання розрахунково-графічної роботи: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технологія машинобудування»: КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2020. С 86. URL: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/e80b3665-5324-4155-a675-a1f0a11f9bdb/content>
5. Law A. M. W. D. Kelton. Simulation Modeling and Analysis. New York : McGraw-Hill Publishing Co, 2000. 3-rd edit. 560 p.
6. Hay D. C. Requirments Analysis: From Business Views to Architecture: Prentice Hall, 2003. 596 p.

REFERENCES:

1. Balasanyan G.A. (2021) *Orhanizatsiya ta provedennya naukovykh doslidzhen': Konspekt lektsiy z dystsypliny dlya zdobuvachiv tret'oho (osvitn'o-naukovoho) rivnya osvity po spetsial'nosti – 144 Teploenerhetyka*. [Synopsis of lectures on the discipline "Organization and conduct of scientific research" for students of the third (educational and scientific) level of education in the specialty. – 144 Thermal power engineering]. Odessa: State University Odessa Polytechnic. (In Ukrainian)
2. Vazhynskyi S. E., Shcherbak T. I. (2016) *Metodyka ta orhanizatsiya naukovykh doslidzhen'* [Methodology and organization of scientific research]. Sumy: A.S. Makarenko Sumy DPU. (In Ukrainian)
3. Pavlenko P. M., Filonenko S. F., Cherednikov O. M., Tretyak V. V. (2017) *Matematychnе modelyuvannya system i protsesiv* [Mathematical modeling of systems and processes]. Kyiv: teaching. manual NAU. (In Ukrainian)
4. Lapach S.M. (2020) *Teoriya planuvannya eksperymentiv: Vykonannya rozrakhunkovo-hrafichnoyi roboty: navch. posib. dlya stud. spetsial'nosti 131 «Prykladna mekhanika», spetsializatsiyi «Tekhnolohiya mashynobuduvannya»* [Theory of experiment planning: Performing calculation and graphic work teaching. manual for students specialty 131 "Applied Mechanics", specialization "Mechanical Engineering Technology"]. Kyiv: KPI named after Igor Sikorsky. Retrieved from: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/e80b3665-5324-4155-a675-a1f0a11f9bdb/content>
5. Law A. M., Kelton W. D. (2000) Simulation Modeling and Analysis. New York : McGraw-Hill Publishing Co., 3-rd edit. 560 p. (USA)
6. Hay D. C. (2003) Requirments Analysis: From Business Views to Architecture. NJ: Prentice Hall. 596 p. (UK)

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.681.2

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.13>

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЯГІДНИХ КОМПОНЕНТІВ НА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БІСКВІТНОГО НАПІВФАБРИКАТУ

Дзюндзя О. В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-1996-7065

Восєвода Н. В. – кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

Мальчевська К. В. – магістрант I курсу біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0003-6695-0367

У статті розглянуто питання зміни якісних характеристик бісквітного напівфабрикату внаслідок використання нетрадиційних компонентів, а саме натуральних барвників на основі ягідної сировини. Показано необхідність попереднього моделювання, з метою прогнозування очікуваного позитивного результату.

На початку досліджень узагальнено та зазначено стандартні показники якості, які визначено вітчизняною нормативною документацією: органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні та токсикологічні. Проаналізовано які саме позиції можуть змінитись, а саме вид у розрізі, смак, запах, масова частка вологи та цукру, а також усі нормовані мікробіологічні та токсикологічні показники. Варто відзначити, що якісні характеристики напівфабрикату залежать від способу введення інгредієнтів до рецептури та їх властивостей. Зроблений висновок, що це пов'язано з умовами вирощування, переробки ягідної сировини та обраними технологічними параметрами вироблення бісквітного напівфабрикату. Найкращим варіантом є створення сухих барвників, які не вплинуть на технологічні параметри, проте альтернативно розглянута можливість використання підварок на основі ягідної сировини.

Виокремлені шляхи поліпшення якісних характеристик за допомогою проведення ряду експериментальних досліджень: визначення часу та інтенсивності змішування компонентів рецептури; визначення тривалості, температури та відносної вологості повітря під час випікання; оцінювання впливу кількості барвника на лужність середовища; дослідження параметрів вироблення відвару для виключення потрапляння патогенної мікрофлори у харчову продукцію. Це дозволить визначити оптимальні технологічні

параметри розроблюваного асортименту кондитерських виробів. Рекомендовано у процесі проведення тестувань застосовувати сучасні методики визначення структурно-механічних властивостей бісквітного напівфабрикату та аналізувати результати з порівнянням сучасного досвіду вчених у використанні пюре та порошків з рослинної сировини у такому виді продукції.

Ключові слова: кондитерські вироби, барвник, ягідна сировина.

Dzyundzya O. V., Voievoda N. V., Malchevska K. V. Modern technological features of biscuit confectionery products production

The article examines the issue of changing the quality characteristics of semi-finished biscuits due to the use of non-traditional components, namely natural dyes based on berry raw materials. The need for preliminary modeling is shown in order to predict the expected positive result.

At the beginning of the research, the standard quality indicators defined by the national regulatory documentation are summarized and indicated: organoleptic, physicochemical, microbiological and toxicological. It was analyzed which positions could change, namely the cross-sectional view, taste, smell, mass fraction of moisture and sugar, as well as all normalized microbiological and toxicological indicators. It is worth noting that the quality characteristics of the semi-finished product depend on the method of introducing the ingredients to the recipe and their properties. It was concluded that this is related to the conditions of cultivation, processing of berry raw materials and the selected technological parameters for the production of semi-finished biscuit. The best option is the creation of dry dyes that will not affect the technological parameters, but alternatively, the possibility of using concoctions based on berry raw materials is considered.

Ways to improve quality characteristics have been singled out by conducting a number of experimental studies: determining the time and intensity of mixing the components of the recipe; determining the duration, temperature and relative humidity of the air during baking; assessment of the influence of the amount of dye on the alkalinity of the medium; study of the parameters of decoction production to exclude the entry of pathogenic microflora into food products. This will allow to determine the optimal technological parameters of the developed range of confectionery products. It is recommended to use modern methods of determining the structural and mechanical properties of the biscuit semi-finished product in the process of testing and to analyze the results with a comparison of the modern experience of scientists in the use of purees and powders from vegetable raw materials in this type of product.

Key words: confectionery products, dye, berry raw materials.

Вступ. Технологія бісквітних кондитерських виробів включає широкий асортимент класичних рецептур, успіх яких доведено роками. Проте сучасні тенденції у цій галузі більш направлені на здорове харчування і досить часто є рушійною силою до удосконалення та впровадження новітніх технологічних процесів та прийомів, що пов'язано з впливом нової сировини на якісні характеристики кінцевого продукту. Відповідно, актуальним є вивчення можливих напрямів з покращення класичних технологій за рахунок введення до складу бісквітних напівфабрикатів інгредієнтів, що покращують як зовнішній вигляд так і нутрієнтний склад виробів.

Постановка проблеми. У виробництві бісквітних кондитерських виробів досить часто застосовують барвники, оскільки яскравість наразі визначає популярність товару. Проте окрім надання естетичної складової продукції, вони впливають на якісні показники. Тому перед розробкою нових асортиментів, що ґрунтуються на використанні натуральних компонентів, необхідно визначити на які показники можуть вплинути натуральні барвники, що вироблені з ягідної сировини.

Мета дослідження. Метою статті є визначення якісних характеристик бісквітних кондитерських виробів, які можуть погіршитись за рахунок використання барвників з ягідної сировини, та шляхів їх поліпшення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання ролі та важливості харчових добавок у виробництві бісквітних напівфабрикатів і кондитерській продукції

в цілому розглядалось багатьма вченими. Зокрема Бишловець Л.Г. показала вагомість використання натуральних компонентів у формуванні споживчих властивостей, тим не менш вказала на знижену популярність природних барвників у порівнянні з синтетичними серед фахівців галузі [1]. Науковці НУХТ (Доценко В.Ф., Мирошник Ю.А.) також переймаються цим питанням та вивчають досвід використання порошків з нетрадиційної рослинної сировини в технології борошняних кондитерських виробів [2]. Шульгою О.С. та Калакурою М.М. досліджувалось питання використання порошків з яблук [3–4]. Коротич О.М. розробила спосіб отримання антоціанових барвників із винограду, смородини та сорго, що може бути використано у закладах ресторанного господарства під час вироблення десертів та страв із функціональними властивостями [5]. Науковцями КНТЕУ та ІТТФ запропоновано використовувати в якості натурального барвника порошок з субтропічних рослин, що позитивно впливає на сенсорні показники та підвищує вміст нутрієнтів [6–8].

Отже, аналізуючи літературні джерела виявлено, що використання сублімованих харчових порошків є актуальним питанням, однак є ряд не вирішених питань які потребуються більш детального вивчення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим початковим етапом є моделювання основних характеристик, що висуваються до проектного продукту. При розробці нових асортиментів першочергово визначимо стандартні якісні характеристики бісквітного напівфабрикату, які визначено державними нормами згідно ДСТУ 4460:2018 [9]. Відповідно, узагальненні зведенні показники проектного бісквітного напівфабрикату, з урахуванням нормативних вимог наводимо у таблиці 1.

Варто відзначити, що рослинні порошки до складу кондитерських виробів вводяться в сухому, відновленому вигляді або як підварки. Відповідно до наведених даних робимо висновок, що використання у рецептурі барвників з ягідної сировини або відварів як поліпшувачів кольору можуть впливати як на органолептичні так і фізико-хімічні властивості бісквітного напівфабрикату. Відповідно від кількості і способу внесення додаткового інгредієнту залежить як зовнішній вигляд виробів так і інші показники якості продукту. Отже, неправильне співвідношення інгредієнтів може призвести до ряду дефектів: втрата пористості, щільна або гливка структура, сліди непромісу, погіршення смаку або запаху. Відповідно, важливо враховувати і контролювати всі показники якості, зокрема вологість та лужність напівфабрикату.

Цього можна досягти за допомогою оптимізації технологічних параметрів виробництва напівфабрикатів. Пористість напівфабрикату можна визначати за розробленою методикою автоматичного визначення структурно-механічних властивостей харчових продуктів, що розроблена Миколенком С.Ю. у ДДАЕУ [10].

Вивчення мікробіологічних та токсикологічних параметрів є головними при визначенні безпечності розроблених бісквітних напівфабрикатів. Дані параметри важливі, адже від якості і безпечності рослинних інгредієнтів залежить безпечність готового продукту. Це пов'язано з умовами вирощування та переробки сировини у закладах ресторанного типу та пекарнях. Ці ризики можна нівелювати за рахунок лабораторного контролю кожної партії сировини на вміст шкідливих та отруйних речовин, а також контролю технологічного процесу вироблення барвників з ягідної сировини.

Таблиця 1

**Якісні показники проектного бісквітного напівфабрикату
згідно ДСТУ 4460:2018**

Показник		Нормовані межі
Органолептичні		
Зовнішній вигляд: – форма – поверхня	Правильна, без пошкоджень, з рівними зрізами. Відповідає формі, у якій проводили випікання. Шорсткувата, дещо бугриста (для прямокутної та круглої форми), рифлена (для форм зрізаного конуса).	
Вид у розрізі	Рівномірний за товщиною, добре пропечений, без слідів непромісу. Колір рівномірний	
Смак	Властивий бісквітам певної назви, без стороннього присмаку, з ледь відчутним відтінком введеного рослинного інгредієнта	
Запах	Властивий бісквітам певної назви, без стороннього запаху.	
Фізико-хімічні		
Масова частка вологи,%		Відповідно до рецептур з урахуванням допустимих відхилів
Масова частка загального цукру (за сахарозою) в перерахунку на суху речовину,%		Відповідно до розрахункового вмісту за рецептурою з допустимими відхилами -2,5 та +3,0
Масова частка жиру в перерахунку на суху речовину, %		Відповідно до розрахункового вмісту за рецептурою з допустимими відхилами-2,5 та +3,0
Лужність у градусах, не більше ніж		2,5
Масова частка золи, нерозчинної в розчині з масовою часткою соляної кислоти 10 %, %, не більше ніж		0,1
Мікробіологічні		
Мезофільні аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми, КУО в 1 г, не більше ніж		5 x10 ⁴
Плісеневі гриби, КУО в 1 г, не більше ніж		100
Дріжджі, КУО в 1 г, не більше ніж		50
Маса продукту (г), в якій не допустимі:		
– бактерії групи кишкових паличок (коліформи)		0,01
– коагулазопозитивні стафілококи		0,01
– патогенні мікроорганізми, зокрема бактерії роду Salmonella		25,0
Токсикологічні, мг/кг, не більше		
Свинець		0,5
Кадмій		0,1
Миш'як		0,3
Ртуть		0,02
Мідь		10,0
Цинк		30,0
Афлатоксин В ₁		0,005

Тепер запропонуємо шляхи покращення вищезазначених характеристик під час технологічного процесу. Аналізуючи літературні джерела, виявлено декілька перспективних напрямів введення рослинних інгредієнтів в якості барвників. Варті уваги технології запропоновані Дейниченко Л.Г., Рогова А.Л. та Буднік Є.О. [11–13], а саме введення у вигляді пюре, або заміна частини борошна на фрукто-вий або ягідний порошок за технологією розробленою науковцями кафедри харчових технологій ХДАЕУ [14–15].

Проведення попередніх проробок з виробництва бісквітного напівфабрикату вказала, що найкращим варіантом є використання сухих барвників з ягідної сировини. Однак було розглянуто можливість використання підварок. Для отримання напівфабрикату із заданими якісними характеристиками було визначено основні технологічні параметри, а саме:

- час та інтенсивність змішування компонентів рецептури;
- тривалість, температуру та відносну вологість повітря під час випікання;
- вплив кількості барвника на лужність середовища;
- параметри вироблення підварки для виключення потрапляння патогенної мікрофлори у харчову продукцію.

Додатково варто зазначити про необхідність перевірки кожної партії сировини на вміст шкідливих речовин та тяжких металів.

Висновки і пропозиції. У статті визначено основні якісні характеристики бісквітного напівфабрикату, на які може вплинути використання харчових натуральних барвників з ягідної сировини: вид у розрізі, смак, запах, масова частка води та цукру, а також усі нормовані мікробіологічні та токсикологічні показники. Також виокремлені шляхи їх поліпшення за допомогою проведення ряду експериментальних досліджень, що дозволять визначити оптимальні технологічні параметри конкретного асортименту кондитерських виробів. В результаті було визначено основні технологічні параметри та рекомендовані способи введення барвників з рослинної сировини до складу бісквітного напівфабрикату. Перспективою подальшого дослідження є більш детальне дослідження мікробіологічних показників, порівняння структурно-механічних характеристик бісквіту при різних способах введення рослинних барвників (порошок, пюре, підварка).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Троян Т.С., Бишовець Л.Г. Особливості застосування харчових добавок у виробництві кондитерських виробів. *Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання*: матер. IX міжнар. наук.-практ. конф., м. Черкаси, 22–23 березня 2018 року. Черкаси. С. 763–766.
2. Myroshnyk Y.A., Dotsenko V.F. Experience of the use of powder from non-traditional plant raw materials in pastry technology. *Modern Engineering and Innovative Technologies*. 2019. № 8(2). Р. 65–71.
3. Шульга О.С., Каменчук Т.В., Шульга С.І. Яблучний порошок як добавка для підвищення харчової цінності карамелі. *Ukrainian food journal*. 2019. № 2. С. 59–61.
4. Калакура М.М., Ратушенко А.Т., Бублик Г.А. Оптимізація якості кондитерських виробів із використанням яблучного порошку. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2019. № 3. С. 12–17.
5. Коротич О.М. Отримання натуральних барвників для продукції ресторанного господарства. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві*: матеріали IV міжнар. наук.-практ. конф., м. Київ, 17 листопада 2020 р. Київ. С. 108–109.
6. ТУ У 15.3-05417118-037:2009 Сухофрукти та харчовий порошок з хурми.

7. Дзюндзя О.В., Петрова Ж.О. Порошок з хурми – продукт функціонального харчування. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2010. № 25. С. 100–106.
8. Дзюндзя О.В., Маринець М.В. Удосконалення технології кексів за рахунок використання місцевої сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2020. Вип. 20, т. 3. С. 208–217.
9. ДСТУ 4460:2018 Вироби бісквітні. Загальні технічні умови Київ: Технічний комітет стандартизації «Продукція кондитерська та харчоконцентратна», 2019. 18 с.
10. Миколенко С. Ю., Алієв Е. Б., Алієва О. Ю., Долгіх Д. О. Структурно механічні характеристики хлібних виробів із різним вмістом борошна амаранту. *Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН*. 2022. № 32. С. 1–11.
11. Дейниченко Л.Г., Філіппова А.Ю. Технологія бісквіту з використанням пюре гарбуза та борошна з насіння соняшника. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2020. № 41(2). С. 5–11.
12. Рогова А.Л., Чоні І.В., Медведь Л.М. Вплив порошку шипшини на показники якості бісквітного напівфабрикату. *Інноваційні технології в готельно-ресторанному бізнесі*: матер. IX Всеукр. наук.-практ. конф., м. Київ, 19–20 травня 2020 р. Київ. С. 178–179.
13. Буднік Є.О., Волохата Л.В., Руснак Р.А., Олексієнко В.О., Алексеєнко В.А. Вплив яблучного порошку на властивість і якість бісквітних напівфабрикатів. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., м. Мелітополь, 24 листопада 2020 р. С. 153–155.
14. Dzyundzha, O., Burak, V., Averchev, A., Novikova, N., Ryapolova, I., Antonenko, A. et. al. Obtaining the powder-like raw materials with the further research into properties of eggplant powders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, Vol. 5 Issue 11 (95), p.14–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143407>
15. Аверчев О.В., Воевода Н.В. Перспективи створення нових видів органічних консервів із гарбуза великоплідного. *Аграрна політика Європейського Союзу: виклики та перспективи*: колективна монографія. Київ: «Центр учбової літератури». 2019. С. 411–421.

REFERENCES:

1. Troyan T.S. & Byshovets L.G. (2018) Peculiarities of the use of food additives in the production of confectionery products. *Tourism and hotel and restaurant business in Ukraine: problems of development and regulation*: materials of the international science and practice conference, Cherkasy, March 22–23. 763–766. [in Ukrainian]
2. Myroshnyk Y.A. & Dotsenko V.F. (2019) Experience of the use of powder from non-traditional plant raw materials in pastry technology. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 8(2), 65–71. [in English]
3. Shulga O.S., Kamenchuk T.V. & Shulga S.I. (2019) Apple powder as an additive to increase the nutritional value of caramel. *Ukrainian food journal*, 2, 59–61. [in Ukrainian]
4. Kalakura M.M., Ratushenko A.T. & Bublyk G.A. (2019) Optimizing the quality of confectionery products using apple powder. *Technological audit and production reserves*, 3, 12–17. [in Ukrainian]
5. Korotych O.M. (2020) Obtaining natural dyes for restaurant products. *Innovative technologies in bakery production*: materials of the 4th international science and practice conference, Kyiv, November 17, 108–109. [in Ukrainian]
6. TU U 15.3-05417118-037:2009 Dried fruits and food powder from persimmons. [in Ukrainian]
7. Dzyundzha O.V. & Petrova Zh.O. (2010) Persimmon powder is a product of functional nutrition. *Equipment and technologies of food production*, 25, 100–106. [in Ukrainian]

8. Dzyundzha O.V. & Marynets M.V. (2020) Improvement of cupcake technology due to the use of local raw materials. *Proceedings of the Tavri State Agro-Technological University*, issue 20, vol. 3, 208–217. [in Ukrainian]
 9. DSTU 4460:2018 (2019) Biscuit products. General technical conditions. Kyiv: Technical standardization committee "Confectionery and food concentrate products". 18 p. [in Ukrainian]
 10. Mykolenko S.Yu., Aliev E.B., Alieva O.Yu. & Dolgikh D.O. (2022) Structural and mechanical characteristics of bread products with different amaranth flour content. *Scientific and technical bulletin of the Institute of Oil Crops of the National Academy of Sciences*, 32, 1–11. [in Ukrainian]
 11. Deynychenko L.G. & Filippova A.Yu. (2020) Biscuit technology using pumpkin puree and sunflower seed flour. *Equipment and technologies of food production*, 41(2), 5–11. [in Ukrainian]
 12. Rogova A.L., Choni I.V. & Medved L.M. (2020) The effect of rosehip powder on the quality indicators of the biscuit semi-finished product. *Innovative technologies in the hotel and restaurant business: mater. IX All-Ukrainian science and practice conference*, Kyiv, May 19–20, 2020, 178–179. [in Ukrainian]
 13. Budnik E.O., Volohata L.V., Rusnak R.A., Oleksienko V.O. & Alekseenko V.A. (2020) The effect of apple powder on the properties and quality of biscuit semi-finished products. *Innovations in technology and equipment of hotel and restaurant, food and processing industries: international science and practice Internet conference*, Melitopol, November 24, 2020, 153–155. [in Ukrainian]
 14. Dzyundzha, O., Burak, V., Averchev, A., Novikova, N., Ryapolova, I., Antonenko, A. et. al. (2018). Obtaining the powder-like raw materials with the further research into properties of eggplant powders. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (11 (95)), 14–20. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.143407> [in Ukrainian]
 15. Averchev O.V. & Voievoda N.V. (2019) Prospects for the creation of new types of organic preserves from large-fruited pumpkin. *European Union Agrarian Policy: Challenges and Prospects: Collective Monograph*. Kyiv: "Center for educational literature". 411–421. [in Ukrainian]
-

УДК 664.849.006.83

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.14>

ШЛЯХИ ВИКОРИСТАННЯ ТОМАТНОЇ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЯХ ВИРОБНИЦТВА ОВОЧЕВИХ СНЕКІВ

Дущак О. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології консервування
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-9811-3286

Шутюк В. В. – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технології консервування
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-6480-5890

Рубанка К. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології консервування
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-9884-4214

Кіях Є. Б. – здобувач вищої освіти освітнього ступеню «Магістр»
кафедри технології консервування
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0009-5376-0875

Основним трендом на ринку снекової продукції є підвищення попиту споживачів на продукти здорового харчування. Саме тому альтернативу снекам із високим вмістом жирів і смакових добавок може становити сушена плодоовочева продукція, зокрема, сушені овочеві снеки. Сушіння як спосіб консервування забезпечує уповільнення біохімічних процесів в рослинній сировині і унеможливорює розвиток мікроорганізмів при дотриманні умов зберігання. Низький рівень надходження біологічно активних компонентів із їжі погіршує здоров'я і призводить до зростання захворювань, особливо у дітей. Природним джерелом цих речовин є плодоовочева сировина, яка здатна забезпечити споживачів максимальною кількістю необхідних фізіологічних і поживних речовин. Наука про правильне харчування кардинально змінила харчові уподобання людей та визначила овочі та фрукти пріоритетними продуктами в харчуванні. Страви з овочів і фруктів є основним джерелом мінеральних речовин, таких як солі кальцію і натрію, фосфору, заліза, а також вітамінів групи В, аскорбінової кислоти і каротину. Для виконання поставленої мети вирішувалися завдання з теоретичного обґрунтування доцільності створення пастильних виробів на основі томатної сировини. Було обґрунтовано вибір томатної сировини та додаткових компонентів, придатних за своїми біологічними й технологічними властивостями для конструювання пастили. Виконувалося завдання дослідження хімічного складу обраної сировини. Розроблено технологічну схему та рецептури томатних снеків. Досліджено хімічний склад томатної пастили з оздоровчими властивостями. Виробництво сушених снеків дозволить усунути сезонність споживання овочів та забезпечити потреби споживачів за рахунок максимального збереження якості при технологічних процесах виробництва.

Ключові слова: томати, снеки, харчові концентрати, сушіння, консервування.

Dushchak O. V., Shutyuk V. V., Rubanka K. V., Kiyakh E. B. Ways of using tomato raw materials in vegetable snacks production technologies

The main trend in the market of snack products is the increase in consumer demand for healthy food products. That is why an alternative to snacks with a high content of fats and flavorings can be dried fruit and vegetable products, in particular dried vegetable snacks. Drying as a

preservation method slows down biochemical processes in plant raw materials and prevents the development of microorganisms under storage conditions. A low level of intake of biologically active components from food worsens health and leads to an increase in diseases, especially in children. The natural source of these substances is fruit and vegetable raw materials, which are able to provide consumers with the maximum amount of necessary physiological and nutritional substances. The science of healthy eating has radically changed people's food preferences and brought vegetables and fruits to the top of the menu. Vegetable and fruit dishes are the main source of minerals, such as calcium and sodium salts, phosphorus, iron, as well as B vitamins, ascorbic acid and carotene. To fulfill the set goal, the tasks of theoretical substantiation of the feasibility of creating paste products based on tomato raw materials were solved. The selection of tomato raw materials and additional components, suitable for their biological and technological properties for the construction of pastille, was substantiated. The task of researching the chemical composition of the selected raw materials was carried out. A technological scheme and recipes for tomato snacks have been developed. The chemical composition of tomato paste with healing properties was studied. Production of dried snacks will make it possible to eliminate the seasonality of vegetable consumption and ensure the needs of consumers due to the maximum preservation of quality during technological production processes.

Key words: tomatoes, snacks, food concentrates, drying, canning.

Актуальність дослідження. Аналіз харчових уподобань сучасних споживачів показує, що все більше людей намагаються вести здоровий спосіб життя і переходять на здорове харчування. Враховуючи ці фактори, перспективним є розширення асортименту та вдосконалення технологій натуральних продуктів харчування. Кожного дня на ринок натуральних перекусів виводяться нові товарні категорії: сухофрукти, снеки, батончики, пастила з цукром і без, цукерки, мармелад та ін. За даними Global Health and Ingredient Insights, майже третина українців контролюють свою вагу, свідомо плануючи свій раціон, приділяючи особливу увагу продуктам з низьким вмістом цукру [1–4].

Низький рівень надходження біологічно активних компонентів із їжі погіршує здоров'я і призводить до збільшення кількості захворювань, особливо у людей молодого віку. Природним джерелом біологічно активних речовин є плодоовочева сировина, яка здатна забезпечити споживачів максимальною кількістю необхідних фізіологічних і поживних речовин [2]. Продути з овочів і фруктів є основним джерелом мінеральних речовин, таких як солі кальцію і натрію, фосфору, заліза, а також вітамінів групи В, аскорбінової кислоти і каротину. Органолептична складова овочів, збуджує апетит і урізноманітнює раціон. Диверсифікація овочевих культур сприяє збільшенню різноманітності та виробництва продукції вітчизняного рослинництва.

Сегмент снеків є одним з найбільш перспективних на ринку швидкого харчування. Цей ринок представлений продуктами, які можна вживати як в якості перекусу, так і у вигляді закусок до напоїв. В Україні ринок снеків з'явився не давно. У міру насичення вітчизняного ринку продукцією показники знизилися, але тенденція до зростання на сьогоднішній день продовжує зберігатися [5].

Сучасні світові тенденції розвитку ринку снеків показують, що висококалорійні та малопоживні снеки все частіше витісняються «натуральними» снеками. Компанії, що спеціалізуються на виробництві снеків, приносять своїм власникам мільйонні прибутки, а кількість реклами цих продуктів давно переважає в порівнянні з рекламою звичайних і поживних продуктів для вживання на сніданок, обід або вечерю. У сучасному світі, де дієти та контроль ваги стали постійним явищем, асортимент здорових перекусів все більше розширюється завдяки кашам, сухофруктам, овочам тощо. Зі збільшенням кількості конкурентів, які працюють на вітчизняному снековому ринку, їх здатність працювати ефективніше буде пов'язана з розширенням асортименту натуральних снеків із поступовою зміною споживчого ставлення до продукції снекової групи та формування культури

споживання. Підвищується роль фактору «здорового» характеру споживаної продукції при ухваленні рішення про покупку товару споживачем. Тому, виробники роблять акцент на якісні і корисні властивості продукції.

Сьогодні ринок снєків демонструє впевнене зростання, а в деяких сегментах – насичення. Так, в 2019 році обсяг ринку в натуральному вираженні склав близько 352,5 тисяч тонн, що на 3 % вище показника попереднього року. Експерти прогнозують, що середньорічний приріст зростання залишиться на даному рівні. На ринку снєків, так само як і в інших сегментах продовольчих товарів є сезонність. Український ринок снєків схильний до впливу сезонності в більшій мірі, ніж закордонні. Незважаючи на те, що витрата середнього споживання снєкової продукції в Україні нижче, ніж в інших країнах, темп зростання споживання вельми високий. За даними Euromonitor International, в наш час споживання снєків на одного жителя становить близько 2,5 кілограма, в Західній Європі – 4 кілограми, а в США – близько 11 кілограм. Тенденція прискорення темпу життя сприяє збільшенню зростання ринку снєків [6–8].

Враховуючи вищевикладене, актуальним є виробництво високоякісної продукції, збагаченої сировиною з корисними фізіологічними функціями, а саме: вітамінами, клітковиною та мінералами [9]. Фізико-хімічні та біологічні зміни, що відбуваються в харчовому ланцюгу, призводять до псування продукту, знижують його поживну, мікробіологічну та сенсорну якість. Тому, сушіння харчових продуктів є альтернативним варіантом, який зберігає первинні властивості продукту [10].

Метою дослідження було розроблення технології та рецептур томатно-фруктових пастильних виробів.

Матеріали та методи досліджень. Для виготовлення пастильних виробів та проведення експериментальних досліджень використовували свіжі томати та концентровані томатопродукти, пюре із гарбуза.

Для визначення фізико-хімічних показників сировини використовували загальноприйнятні стандартні методи та спеціальними методики досліджень. Відбір проб і виділення середньої проби сировини проводили згідно ДСТУ ISO 874:2002. Органолептичні показники готового продукту визначали за ДСТУ 8449:2015. Масову частку вологи визначали відповідно до ДСТУ ISO 5520:2007, титровану кислотність визначали за ДСТУ 4957:2008, активну кислотність визначали за допомогою електрометричного методу із застосуванням лабораторного рН-метра; масову частку редукувальних речовин визначали йодометричним методом Шорля, масову частку вітаміну С за ДСТУ 7803:2015.

Результати та їх обговорення. Поняття «снєк» об'єднує велику групу різної продукції – від шоколадних батончиків до в'яленого м'яса і горіхів. Окремо слід виділити пастильні вироби із фруктові та овочевої сировини, що отримали значну популярність у споживачів.

Пастила – продукт, отриманий висушуванням фруктових або овочевих пюре, з розподілом їх на тонкі однорідні шари і висушуванням до отримання 73–80 % сухих речовин. Нетривале зневоднення при невисоких температурах дозволяє уникнути пошкодження та втрати фізіологічних функціональних компонентів нативної сировини [4]. Склад пастили включає досить прості інгредієнти, але, незважаючи на це, вони високо цінуються за вміст вуглеводів, клітковини, вітамінів, мінералів, зокрема: калію, кальцію, магнію, заліза, йоду, сприяють відновленню енергії, покращують метаболізм і очищують травний тракт від шлаків і токсинів [11]. Огляд ринку пастили показує, що більшість рецептур є моно- чи діінгредієнтними. Істотним недоліком цих напівфабрикатів є низька кількість і однорідність

органічних кислот, вітамінів і мінеральних речовин. Крім того, органолептичні властивості, такі як колір, аромат і смак є недостатньо вираженими.

Шляхом вирішення цієї проблеми є розширення асортименту пастили за рахунок поєднання кількох видів рослинної сировини, що забезпечить фізіологічно-функціональними інгредієнтами у значних концентраціях для надання профілактичних властивостей розробленій снековій продукції [12].

На кафедрі технології консервування Національного університету харчових технологій запропоновано розглянути технологію створення снекових пастильних виробів із використанням томатної сировини як джерела вітамінів, антиоксидантів та клітковини. Для цього застосовували свіжі помідори, томатну пасту з масовою часткою сухих речовин 25 %, пюре із гарбуза, смако-ароматичні суміші спецій та прянощів. Запропоновано дослідити процес сушіння зразків пастили з наступним складом: 1 – виготовлений із свіжого томатного пюре із додаванням прянощів; 2 – зразок, що містив 50 % томатної пасту (25 %) та 50 % пюре гарбуза в якості джерела пектинових речовин; 3 – зразок, виготовлений із томатної пасту (25 %) із додаванням смако-ароматичні суміші спецій та прянощів. Конвективне зневоднення проводили в сушильній установці DHG-9000 при температурі сушильного агента 55 °C, оскільки, за підвищення температури сушіння зростає негативний вплив на біологічно активні нутрієнти, змінюється забарвлення внаслідок меланоїдиної реакції Майяра.

Для визначення динаміки зміни вологості та інтенсивності процесу сушіння було проведено експериментальні дослідження, в процесі яких відпрацьовували технологічні режими сушіння томатної пастили. Процес сушіння описується кривими сушіння (рис. 1), які характеризують зміну середньої (інтегральної) вологості матеріалу φ під час сушіння τ .

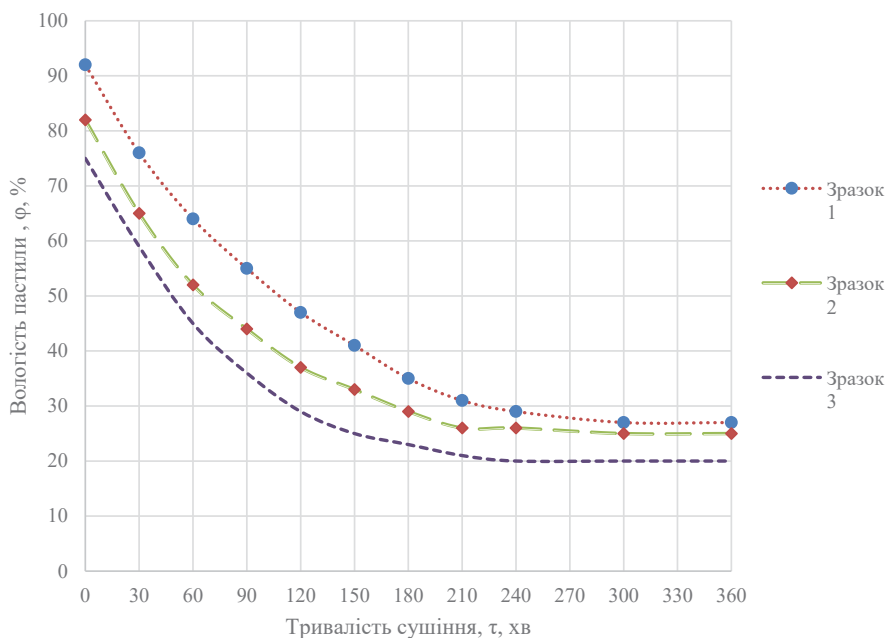


Рис. 1. Кінетика сушіння зразків томатної пастили

Аналіз кінетики змін масової частки вологи томатної пастили показує, що на початку процесу (в перші 30 хв) відбувається короткочасна стадія прогріву матеріалу (I період) та адіабатне випаровування вологи (II період). Тривалість цієї стадії залежить від товщини зразка. Випаровування вологи в цей період процес відбувається швидко за рахунок того, що є велика різниця між парціальним тиском водяної пари над поверхнею і в середовищі. Починаючи з 30-тої хв (перша критична точка) швидкість випаровування знижується (III період сушіння), ця точка відповідає початку випаровування з матеріалу зв'язаної (гігроскопічної) вологи. Наприкінці сушіння крива сушіння асимптотично наближається до лінії рівноважної вологості, причому рівноважна вологість відповідає вибраному режиму сушіння. За рівноважної вологості сушіння закінчується, його швидкість дорівнює нулю.

Процес зневоднення томатної пастили характеризується різною тривалістю до досягнення кінцевих показників вологості готового продукту. Зокрема, для зразків 1 та 2 значення рівноважного вологовмісту було досягнуто через 300 хвилин від початку процесу сушіння. При цьому кінцева вологість готового продукту становила 27 та 25 % відповідно. Для зразку 3 досягнуто вмісту вологи на рівні 20 % вже на 240 хвилину зневоднення, що характеризує особливість складу зразків пастили, та доцільність використання концентрованих томат-продуктів для виготовлення снекових виробів пастильного типу.

Процес сушіння можна інтенсифікувати за рахунок збільшення кінетичних коефіцієнтів, які залежать від фізико-хімічних властивостей матеріалів. Однак, слід врахувати, що за підвищення температури сушіння зменшується вміст біологічно активних речовин, змінюється забарвлення внаслідок реакції Майяра. Оскільки, нами пропонується використання томатної пастили в якості швидких перекусів оздоровчого призначення, підвищувати температуру зневоднення вище 50–60 °C не рекомендується.

Лікувально-профілактичні властивості томатної сировини залежать від вмісту каротиноїдів лікопину, нерксантину, віолаксантину, α -криптоксантину, зеаксантину, лютеїну, α -каротину, β -каротину, γ -каротину, δ -каротину, фітоєну та фітофлуєну [6]. Огляд науково-технічної літератури щодо обраної теми визначив основні напрями дослідження, а саме: антиоксидантні властивості томатів, зміна властивостей сировини при зневодненні; дослідження фізико-хімічних властивостей розроблених томатних снеків. Вміст основних фізико-хімічних компонентів в досліджуваних зразках томатної пастили наведено в таблиці 1.

Таблиця 1
Вміст основних хімічних речовин в досліджуваних зразках томатної пастили

	Сухі речовини, %	Сума цукрів, %	Кислотність, % (на лимонну кислоту)	Пектинових речовин, %	Аскорбінова кислота, мг/100 г
Зразок 1	27,0 $\pm$ 0,3	66,4 $\pm$ 0,2	1,3 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,02	58,6 $\pm$ 1,0
Зразок 2	25,2 $\pm$ 0,3	68,1 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,1	1,8 $\pm$ 0,02	47,6 $\pm$ 1,0
Зразок 3	20,1 $\pm$ 0,3	74,3 $\pm$ 0,2	1,9 $\pm$ 0,1	1,7 $\pm$ 0,02	62,3 $\pm$ 1,0

Встановлено, що в дослідних зразках пастили міститься значна кількість моноцукрів, найбільший вміст яких визначено в зразку № 3 – 74,3 %. Із органічних кислот домінує лимонна кислота, що є антиоксидантом, бере участь в обмінних реакціях організму людини, має гепатопротекторну, знижує утворення надлишкових

кількостей холестерину та запобігає втраті кальцію клітинами. Варто відзначити також значний вміст пектинових речовин у всіх зразках пастили, що дозволяє позиціонувати її як продукт із детокс-властивостями, спрямований на зміцнення здоров'я населення.

Висновки. Одержані результати свідчать, що використання томатної сировини для отримання пастильних виробів є перспективним напрямом в технології продуктів підвищеної фізіологічної цінності. Томати є цінною сировиною для забезпечення поживними та біологічно активними речовинами, тому їх використання дозволить розширити асортимент снекових виробів та уникнути сезонності виробництва за рахунок можливості використання концентрованих тоματοпродуктів. Оскільки, сушіння пастили відбувається при температурі сушильного агента 55 °С більшість корисних речовин зберігається та концентрується шляхом видалення вологи. Цей продукт має відразу багато переваг: низьку калорійність, приємний смак і ніжну консистенцію, тому здатен забезпечувати потреби споживачів різних вікових категорій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Аналіз ринку снеків в Україні. 2023 рік. Дослідження ринків. Режим доступу: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-snekov-v-ukraine-2023-god>
2. Kuzmenko I. Trends of the development of Ukrainian market of canned fruits and vegetables commodities and markets. *Technical Science*. 2012. Vol. 113, № 1. P. 30–36.
3. Bergougnoux V. The history of tomato: From domestication to biopharming. *Biotechnology Advances*. 2014. Vol. 32, № 1. P. 170–189 <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.11.003>
4. Бендерська О.В. Огляд ринку томатних соусів в Україні. *SWorld*. 2016. вип. 3. № 44. Т. 3.
5. Mogilnay O., Rud V., Terokhina L., Uriupina L. The zonal distribution of production of tomato in Ukraine. *Vegetable and Melon Growing*. 2020. № 67. P. 89–100. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-67-57-63>
6. Benderska O., Bessarab A., & Shutuyuk V. Study of the use of edible powders in tomato sauce technologies. *Journal of Food science and technology*. 2018. 12(2), 59–65. <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i1.837>
7. Biological value of by products of tomato processing. Benderska O., Bessarab O., Shutuyuk V., Iegorov B., Kashkano M. *Food science and technology*. 2021. Vol. 15, Is.1. P. 28–36. <https://doi.org/10.15673/fst.v15i1.1972>
8. The research of the amount of heavy metals and nitroso compounds in concentrated tomato products / V. Shutuyuk, S. Vasilenko, A. Bessarab, O. Benderska. *Food science and technology*. Volume No. 10. Pp. 56–60. <https://doi.org/10.15673/fst.v10i4.187>
9. Єщенко О, Салеба Л. В. Дослідження комплексної переробки томатів. Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості: зб. матеріалів доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф. Хмельницький: ХНУ, 2020. С. 221.
10. Шубіна Л.Ю., Костіна Н.Б. Аналізи та перспективи розвитку ринку томатної пасти в Україні. Наукові погляди на майбутнє. 2017. Вип. 4. С. 18–21. <https://doi.org/10.30888/2415-7538.2017-06-04-092>
11. Стоянова О.В., Зубкова К.В., Лук'янченко М.І. Сучасний спосіб виробництва томатного порошку. Наука, практика і теорія: зб. матеріалів доп. учасн. VI Міжнар. наук.-практ. конф. Токуо: Японія, 2022. С. 593.
12. Сучасні тенденції розвитку наукових досліджень в сушильних технологіях / В. В. Шутюк, С. М. Василенко, О. С. Бессараб, В. П. Василів // Науковий вісник НУБіП України. К., 2013. Вип. 185, Ч. 1. С. 278–287.

REFERENCES:

1. Analysis of the snack market in Ukraine. 2023 year. Market research. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-snekov-v-ukraine-2023-god>
2. Kuzmenko I. (2012) Trends of the development of Ukrainian market of canned fruits and vegetables commodities and markets. *Technical Science*. Vol. 113, № 1. P. 30–36.
3. Bergougnoux V. (2014) The history of tomato: From domestication to biopharming. *Biotechnology Advances*. Vol. 32, № 1. P. 170–189 <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.11.003>
4. Benderska O.V. (2016) Overview of the market of tomato sauces in Ukraine. *SWorld*. issue 3. № 44.
5. Mogilnay O., Rud V., Uriupina L. (2020) The zonal distribution of production of tomato in Ukraine. *Vegetable and Melon Growing*. № 67. P. 89–100. <https://doi.org/10.32717/0131-0062-2020-67-57-63>
6. Benderska O., Bessarab A., & Shutuyuk V. (2018) Study of the use of edible powders in tomato sauce technologies. *Journal of Food science and technology*. 12(2), 59–65. <http://dx.doi.org/10.15673/fst.v12i1.837>
7. Benderska O., Bessarab O., Shutuyuk V., Iegorov B., Kashkano M. Biological value of by products of tomato processing. (2021) *Food science and technology*. Vol. 15, Is. 1. P. 28–36. <https://doi.org/10.15673/fst.v15i1.1972>
8. Shutuyuk V., Vasilenko S., Bessarab O., Benderska O. (2016) The research of the amount of heavy metals and nitroso compounds in concentrated tomato products. *Food science and technology*. Volume N. 10. Pp. 56–60. <https://doi.org/10.15673/fst.v10i4.187>
9. Yeshchenko O. I., Saleba L. V. (2020) Study of complex processing of tomatoes. Resource-saving technologies of light, textile and food industry: coll. additional materials participation International science and practice conf. Khmelnytskyi: KhNU. P. 221.
10. Shubina L.Yu., Kostina N.B. (2017) Analyzes and prospects for the development of the tomato paste market in Ukraine. *Scientific views on the future*. Is. 4. P. 18–21. <https://doi.org/10.30888/2415-7538.2017-06-04-092>
11. Stoyanova O.V., Zubkova K.V., Lukyanchenko M.I. (2022) Modern method of production of tomato powder. Science, practice and theory: collection. Collection of materials of participants VI International science and practice conf. Tokuo: Japan, P. 593.
12. Shutuyuk V., Vasilenko S., Bessarab O., Vasylyv V. (2018) Modern trends in the development of scientific research in drying technologies Scientific Bulletin of NUBiP of Ukraine. Issue 185, Part 1. Pp. 278–287.

UDC 641.1 + 641.53

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.15>

FEATURES OF MECHANICAL DETAILING EQUIPMENT IN THE RESTAURANT BUSINESS AND FOOD INDUSTRY

Kryvoruchko M. Yu. – PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Design, Engineering and Land Surveying
of the State University of Trade and Economics
ORCID ID: 0000-0002-7378-1050

Antonenko A. V. – PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Standardization and Certification
of Agricultural Products
of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

Neilenko S. M. – PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Hotel, Restaurant, and Tourism Business
of the Kyiv National University of Culture and Arts
ORCID ID: 0000-0002-7282-2682

Mihailik V. S. – PhD in Technical Sciences,
Head of the Laboratory of Department of Restaurant and Craft Technologies
of the State University of Trade and Economics
ORCID ID: 0000-0001-7604-4403

Forostyana N. P. – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Design, Engineering and Land Surveying
of the State University of Trade and Economics
ORCID ID: 0000-0001-9443-0607

Tonkykh O. H. – PhD of Economic Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Tourism, Hotel and Restaurant Business
of the Kyiv National University of Technologies and Design
ORCID ID: 0000-0001-7823-4761

The article describes the features of mechanical grinding technological equipment. The paper examines the peculiarities of the interaction of mechanical technological equipment with food raw materials and food products and gives an overview of the application for various technological processes in the food industry and restaurant establishments. Despite the large number of scientific works devoted to the topic of technological equipment, in particular mechanical equipment, in Ukraine this is an insufficiently covered topic that needs research, given the current conditions in the national economy. The structure and principles of operation of machines for grinding coffee, grinding mechanisms and wiping machines for restaurants are considered. Depending on the nature of the forces acting on the product, the following types of crushing are distinguished: crushing, splitting, breaking, grinding, cutting, impact. The named methods have different degrees of compression and shear deformations. Grinding crushes hard and brittle materials. Crushing deforms the entire volume of the material, and when stress values that exceed the compressive strength limit are reached, the material breaks. Grinding is usually carried out under the influence of a combination of forces: crushing and abrasion, abrasion and impact, etc. The cutting process is divided into cutting and spraying. Cutting is used for

grinding semi-solid and plastic materials. During cutting, the parts of the product are given a given shape and size, that is, unlike crushing, the process is controlled. The use of technological mechanical equipment with other physical methods and energy carriers makes it possible to intensify technological processes, reduce the cost of finished products, as well as increase the nutritional and biological value of raw materials, semi-finished products and finished products. The course of the grinding process depends on the following factors: the structure and physical and mechanical properties of the products, structural and geometric indicators of the working bodies and the nature of their movement, kinematic and dynamic parameters of the grinding equipment. Each product has its own structure, which determines the method of grinding. The physical and mechanical properties of the product affect the nature of its destruction at the point of contact with the working body.

Key words: technological equipment, coffee grinding machines, grinding mechanisms, wiping machines, restaurants.

Криворучко М. Ю., Антоненко А. В., Неїленко С., М., Михайлик В. С., Форостяна Н. П., Тонких О. Г. Особливості механічного подрібнювального устаткування в ресторанному бізнесі та харчовій промисловості

У статті описано особливості механічного подрібнювального технологічного устаткування. У роботі розглянуто особливості взаємодії механічного технологічного устаткування з продовольчою сировиною та харчовими продуктами та дано огляд застосування для різних технологічних процесів у харчовій промисловості та закладах ресторанного господарства. Незважаючи на велику кількість наукових праць, присвячених темі технологічного обладнання, зокрема механічного устаткування, в Україні це недостатньо висвітлена тема, яка потребує дослідження, враховуючи сучасні умови в національній економіці. Розглянуто будову та принципи дії машин для подрібнення кави, розмелювальних механізмів та протиральних машин для закладів ресторанного господарства. Залежно від характеру діючих сил на продукт, розрізняють такі види дроблення: роздавлення, розколювання, розламування, розтирання, зріз, удар. Названі способи мають різну ступінь деформацій стискання та зсуву. Дробленням подрібнюють тверді та крихкі матеріали. Роздавлення деформує увесь об'єм матеріалу, і під час досягнення значень напружень, які перевищують межу міцності до стискання, відбувається руйнування матеріалу. Зазвичай подрібнювання здійснюється впливом комбінації зусиль: роздавлення і стирання, стирання і удар та ін. Процес різання поділяється на розрізання та розпилення. Розрізання застосовують для подрібнення напівтвердих і пластичних матеріалів. Під час розрізання частинам продукту надається задана форма та розміри, тобто, на відміну від дроблення, процес керований. Застосування технологічного механічного устаткування з іншими фізичними методами та енергоносіями дає змогу інтенсифікувати технологічні процеси, знизити собівартість готової продукції, а також підвищити харчову та біологічну цінність сировини, напівфабрикатів і готової продукції. Перебіг процесу подрібнення залежить від таких чинників: структура та фізико-механічні властивості продуктів, конструктивні та геометричні показники робочих органів і характер їх руху, кінематичні та динамічні параметри подрібнювального устаткування. Кожний продукт має свою структуру, яка визначає спосіб подрібнення. Фізико-механічні властивості продукту впливають на характер його руйнування в місці контакту з робочим органом.

Ключові слова: технологічне устаткування, машини для подрібнення кави, розмелювальні механізми, протиральні машини, заклади ресторанного господарства.

Introduction. Grinding is the process of dividing the product into particles of a given size under the action of mechanical forces due to deformation. Grinding is intended to speed up heat treatment processes, achieve the necessary technological effect, and facilitate dosing. There are two types of crushing: crushing without giving the crushed products a certain shape, and cutting, during which the crushed material is given the desired shape.

Depending on the nature of the forces acting on the product, the following types of crushing are distinguished: crushing, splitting, breaking, grinding, cutting, impact. The named methods have different degrees of compression and shear deformations. Grinding crushes hard and brittle materials. Crushing deforms the entire volume of the material, and when stress values that exceed the compressive strength limit are reached, the material breaks.

Formulation of the problem. The destruction of the material during splitting occurs at the point of greatest load under the influence of the wedge-shaped working body. Energy expenditure for splitting the body is less than during childbirth.

Breaking occurs as a result of bending forces. The transformation of the material into a dispersed state during abrasion is carried out under the action of compressive, tensile and shearing forces.

During the impact, the working body has a given initial speed before contact with the material and dynamic destruction of the material occurs. The dynamic load can be concentrated and distributed over the entire volume of the body and get a result similar to splitting and crushing.

Grinding is usually carried out under the influence of a combination of forces: crushing and abrasion, abrasion and impact, etc. The cutting process is divided into cutting and spraying. Cutting is used for grinding semi-solid and plastic materials. During cutting, the parts of the product are given a given shape and size, that is, unlike crushing, the process is controlled.

Solid materials are ground into a powder by spraying. The mentioned methods of grinding are widely used in the technologies of restaurant products: during the production of breadcrumbs, ground coffee, crushed nuts, puree-like masses from cooked vegetables, fruits, sour milk cheese, during cutting of raw vegetables, fruits, meat, fish, bread, cheese and other gastronomic products.

The aim of the study. The purpose of the work is a scientific study of the principles of operation of mechanical equipment for restaurant establishments.

The object of the study is mechanical grinding equipment and the principles of its operation.

The subject of research is coffee grinding machines, grinding mechanisms, wiping machines.

Analysis of recent research and publications. Scientific substantiation and development of competitive technological equipment is an urgent task, the solution of which will allow expanding the range of food products and obtaining products with specified properties.

The research of the following domestic and foreign scientists made a significant contribution to the solution of fundamental issues of technological equipment for the creation of food products: O.O. Grinchenko, A.B. Horalchuk, A.M. Dorokhovych, I.Yu. Zhigalenko, A.V. Ziolkovska, M.B. Kolesnykova, H.M. Lysyuk, L.P. Malyuk, L.M. Mostovoy, N.Ya. Orlova, M.I. Peresichny, P.P. Pivovarova, N.V. Prytulska, G.B. Rudavska, M.R. Ennis, J.C.F. Murray, G.O. Phillips, W.C. Welington, P.A. Williams et al. [1–10].

Presentation of the main research material. All grinding equipment used in restaurants can be classified according to the following basic features.

1) by functional purpose:

- for grinding solid food products (grinding machines and mechanisms);
- for grinding soft food products (wiping machines and mechanisms);
- for cutting food products (vegetable cutters, meat grinders, meat grinders, etc.);

2) according to the structure of the work cycle: periodic and continuous action; – according to the placement of working bodies: vertical and horizontal;

3) by type of drive: with individual drive and as variable mechanisms.

There are household and professional coffee grinders. In household machines, coffee grinding occurs due to the rapid rotation of a rotor with a knife, therefore, such coffee grinders are called rotary or knife grinders.

For better grinding of coffee, restaurant establishments install grinding coffee grinders. The principle of coffee grinding in them is different: the grains are compressed and ground between rotating and stationary relief surfaces (grinders).

Rotary (knife) coffee grinders are advisable to use in restaurants where coffee is brewed in Turks. If coffee is prepared using professional coffee machines, it is not recommended to use a rotary coffee grinder for grinding coffee.

As a result of the design features of rotary coffee grinders, the resulting powdery coffee mixture contains particles that are not uniform in size, which does not allow to fully reveal the taste properties of the finished drink.

Advantages of rotary coffee grinders:

- low price;
- reliability.

Disadvantages of rotary coffee grinders:

- uneven particle size after grinding;
- the degree of grinding is regulated by the duration of the process;
- small volume of the working chamber;
- heating of products due to the high speed of rotation of the knife;
- the grain structure is significantly damaged, which worsens the taste of the drink (bitter aftertaste);
- impossibility of dosing portions.

Rotary coffee grinders can be used to grind sugar, nuts, salt, pepper, breadcrumbs, etc. When choosing a rotary coffee grinder, take into account the following features:

- the presence of a timer;
- the capacity of the working chamber;
- material of working bodies;
- the material of the working chamber and the body of the machine;
- type of working chamber;
- power of the electric motor.

The degree of coffee grinding in rotary coffee grinders depends on the duration of the process. Sometimes manufacturers of such machines equip them with timers. However, with the help of a timer, it is difficult to achieve a constant degree of grinding of different portions.

The working bodies (knives) of rotary coffee grinders are made of stainless steel. Knives are single and double, straight and curved. Single straight knives do not stir the product while the machine is running. Curved knives mix the product and the degree of grinding is more uniform. In double curved knives, one blade can bend down and the other up, which ensures volumetric mixing of coffee.

It is not recommended to choose rotary coffee grinders with straight knives. The working chambers and housings of rotary coffee grinders are made of stainless steel or plastic. It is recommended to choose a rotary coffee grinder with a steel working chamber and body, as plastic particles can enter the product.

Additional features of rotary machines for grinding coffee:

- an inclined working chamber – according to the manufacturers of such machines, this creates conditions for more uniform grinding of coffee;
 - hopper for ground coffee – not often found in rotary coffee grinders, but it greatly facilitates the operation of the device;
 - fixing the switch – makes it easier to work with the device under the condition of regular use;
-

- blocking operation in the absence of a cover – prevents injury and uncontrolled spread of ground coffee from the working chamber to the room;
- portion dispenser – makes it easier to work with the device, but there is a high probability of clogging the dispenser with ground coffee;
- pulse mode – the speed of rotation of the knife depends on the pressure on the switch;
- silence – according to some manufacturers, their models of rotary coffee grinders create less noise during operation, but this is not always confirmed in practice;
- rubber feet;
- protection against engine overheating;
- protection against removing the cover during device operation.

In grinder coffee grinders, the grains are crushed as a result of crushing, splitting and abrasion during contact with the moving and stationary grinders. Unlike rotary coffee grinders, the power of splitting coffee is more important in millstones. The friction between the grinders and the coffee beans is negligible, so the coffee does not overheat. In grinding coffee grinders, the duration of operation does not affect the size of the particles in the mixture. The degree of grinding is regulated by changing the distance between the millstones.

Flat-parallel grinders are a classic variant of working organs for grinding coffee. By design, flat millstones are disks with a relief on one side. The upper millstone is immovably fixed to the body, and the lower one to the shaft of the electric motor. Coffee beans fall into the opening of the upper fixed grinder, are crushed into large particles by blades from the inner surface of the discs. Further, the centrifugal force pushes the particles to the edges of the discs, where they are crushed by a larger number of blades, but with smaller sizes. When the particle size becomes smaller than the space between the grinders, the particles flow outside the grinders to the ground coffee hopper.

Conical grinders are installed in newer models of coffee grinding machines. Conical working bodies consist of two cones: an outer stationary cone and an inner conical rotating one.

The material of the working organs affects the taste of the coffee, the uniformity of the coffee powder and the durability of the grinder. Millstones are made of the following materials: hardened steel; cast iron; ceramics (common in automatic espresso coffee machines); stone (devices for manual grinding of coffee).

To slow down the wear of the working surface, the millstones are covered with protective coatings, such as titanium. Advantages of cast iron millstones: strength, impact resistance, wear resistance, relatively low price. Disadvantages of cast-iron grinders are: cast-iron grindstones gradually grind, the shavings get into the coffee and cause a metallic aftertaste; the porous structure of cast iron determines the ability to absorb aromatic substances, so the taste and aroma characteristics of different types of coffee can be mixed. Advantages of millstones made of hardened steel: strength and relatively low price. The disadvantage of steel millstones is faster wear, compared to cast iron ones. To increase strength and wear resistance, steel millstones are manufactured with a titanium coating. The smooth surface of the titanium coating does not adsorb aromatic substances. The cost of machines with such mills is higher.

Ceramics are polycrystalline materials and products made from them, which consist of compounds of non-metals of III-VI groups with metals or with each other, and which are obtained by forming and firing the raw materials. The advantages of ceramic millstones are: the strength of ceramics is not inferior to diamonds, therefore the millstones are sharpened for a long time and the grinding quality is better,

compared to millstones made of other materials; ceramic millstones, unlike steel or cast iron, do not corrode from moisture; and ceramic grinders create less noise during operation. Disadvantages of ceramic grinders: ceramic grinders are strong, but fragile, and break when hit or hit with coffee by hard impurities, such as stones. In terms of cost, coffee grinders with ceramic grinders occupy an intermediate position between cast iron and steel ones with a coating. Stone millstones are an alloy of ceramics and corundum. They are resistant to impacts and abrasion, coffee has no extraneous aftertaste. With the help of these grinders, you can get coffee powder with ultra-fine grinding.

The approximate duration of normal operation of the grinder depends on the amount of ground coffee: steel grinders – 250...500 kg of coffee; ceramic grinders – up to 1000 kg of coffee.

Grinding mechanisms with a conical working body are designed for grinding crackers, spices and other solid food products. The mechanism is powered by the drive of a universal kitchen machine, and has the form of an aluminum cylindrical body with a loading funnel. Inside the case there is a working body, which consists of an auger, rotating and stationary millstones. The auger and millstone are fixed on the horizontal drive shaft.

The auger ensures a smooth flow of the product to the grinding surfaces of the millstones. Millstones are turned towards each other by conical surfaces with spiral protrusions of a triangular profile of variable height. From the center to the edge, the height of the protrusions decreases, and their number increases. Such a working surface allows you to increase the degree of grinding and ensure uninterrupted advancement of the crushed product. The degree of grinding depends on the gap between the grinding surfaces. The clearance can be changed by axial movement of the grinder using an adjusting nut that is screwed onto the cylindrical shank of the grinder.

In the adjusted position, the millstones are fixed with a union nut. The minimum gap between grinding surfaces is 0.2 mm. The mechanism is actuated by the drive, which is connected to it with the help of a shank. The discharge opening of the masses is the form of a vertical tray.

Rubbing is used to prepare puree-like products. The rubbing process consists in crushing or separating the mass of fruit and vegetable raw materials from ballast fabrics on sieves with holes up to 5 mm in diameter.

The following technological requirements are put forward to wiping machines: ensuring a homogeneous and sufficiently fine dispersed composition of the wiped product; minimum amount of waste; high productivity and low specific energy consumption, low metal content, simple structure; convenience in operation and maintenance; ensuring a stable mode of wiping; the possibility of selecting the rubbed semi-finished product by fractions.

Depending on the method of action on the product, machines are used for grinding cooked products, which are divided into three groups.

The first group includes machines in which the product is crushed due to high-frequency oscillations in combination with shear. The machines are designed for fine grinding of cooked products. Finely dispersed food pastes obtained after grinding from cheese, cooked vegetables, cereals, meat, and fish are mainly used in children's and dietary food.

The second group is machines in which the product is cut by the edges of the sieve and pushed through its holes. These machines are used to prepare puree from boiled potatoes, vegetables, meat and fish products, cheese and other products.

The third group is machines in which the product is crushed and mixed with a rotating blade. Machines of this group are used to prepare mashed potatoes directly in the digester.

Shovel wiping machines. These machines are used to obtain puree-like products from boiled vegetables, cereals, meat, fish products, sour milk cheese.

The grinding process consists in the fact that the product loaded into the working chamber is crushed on a flat screen with a rotating blade, and at the same time it is pushed through the holes of the screen, the edges of which additionally cut the product.

The working bodies of blade grinding machines have the same structure. They consist of a rotating blade (blade rotor) and a stationary screen (grid).

The machine consists of a body and a welded frame, in the middle of which there are a reversible electric motor, a V-belt transmission and a drive shaft.

The loading hopper is installed on the body and attached to it with two hinged bolts. The upper conical part of the hopper serves as a loading funnel for the product, the lower cylindrical part is a working chamber in which the rotor rotates. A hatch for unloading waste is located on the cylindrical part of the hopper. The hatch is closed with a lid with an eccentric clamp and a handle. A container is provided for waste collection. Replaceable rotors for processing various products are attached to the drive shaft.

Interchangeable grids are immovably installed in the housing and are prevented from rotating by the working chamber. The adjustment of the gap between the stationary grate (sieve) and the rotating rotor is carried out through an intermediate cup, which is fitted along the height of the shaft with a nut and fixed with a screw. On the same cup, below the grate, a discharger is fixed, which throws the ground product out of the body into the unloading hopper.

There are blades on the rotor, the angle of inclination of which during clockwise rotation ensures the pressing of the ground product against the sieve, and when rotating counterclockwise – the advancement of the ground residues up the cylindrical wall of the hopper to the waste disposal hatch.

Depending on the product being ground, the combination of working bodies may be different: a bladed rotor and a sieve with 3 mm holes or a bladed rotor and a sieve with 1.5 mm holes.

Let's consider machines for preparing mashed potatoes in digestive boilers. The machine includes a digester and a drive mounted on a three-wheeled cart. Two wheels are mounted on fixed axles, and the third can rotate, which ensures the maneuverability of this mechanism.

A special device fixes the drive relative to the boiler. A telescopic column consisting of two pipes is mounted on the cart. The inner pipe can be moved vertically using a lifting mechanism. In the upper part of the pipe, the drive is fixed on the stand, on the casing of which the control station and stop are installed. The outer pipe is fixed on the cart and has a handle for moving the cart and a flywheel of the lifting device.

The head of the beating mechanism has a bevel gear reducer, the horizontal shaft of which is connected to the drive shaft. On the vertical shaft there is a coupling for connecting the blade. Blade frames coincide with the contours of the boiler. The transverse plates of the frame are sharpened and bent at a certain angle. During the grinding of potatoes and whipping of mashed potatoes, the boiler is closed with a special lid that has clamps.

After the potatoes are boiled until ready, and the broth is drained, a cart with a manual drive is rolled up to the boiler. The drive is raised up to the stop with the help of a

flywheel, the beater blade is installed and lowered to the lowest position. The ready-to-use drive is turned on with the boiler cover closed. After 2.5 minutes, recipe components are poured into the boiler through a funnel. The total time for preparing mashed potatoes is 5 minutes. At the end of the work, the lid is removed from the boiler, and then the stirring blade. Next, disconnect the cart from the boiler by pressing the pedal.

The working body of the machine rotates only around its own axis. In some models, the blade simultaneously rotates around its own axis and around the axis of the boiler.

Conclusions. The grinding process is characterized by the degree of grinding – the ratio of the average size of a piece of product before and after grinding. According to the degree of grinding, this process is divided into five types. Coarse grinding is usually done by cutting. Simultaneous or sequential separation of the product in one or more planes may be applied. In medium grinding, crushing processes are involved, sometimes with the participation of cutting. Crushing is usually carried out by impact with the use of various shaped working bodies. If cutting is used, then the working organs have the form of disks, plates or knives in the shape of a sickle. Medium grinding can be carried out with the help of a pair of cutting working organs: a rotating cross-shaped knife and a fixed knife grid. Fine and fine types of grinding are carried out by crushing and cutting, as a result of which a homogeneous mass is obtained, which in terms of structural and mechanical properties is significantly different from the initial product. The working bodies for this process are high-speed rotating sickle-shaped knives, toothed discs, knife-grid sets. The course of the grinding process depends on the following factors: the structure and physical and mechanical properties of the products, structural and geometric indicators of the working bodies and the nature of their movement, kinematic and dynamic parameters of the grinding equipment. Each product has its own structure, which determines the method of grinding. The physical and mechanical properties of the product affect the nature of its destruction at the point of contact with the working body. Structural and geometric parameters of the working body, kinematic and dynamic characteristics of the machine determine a certain degree of grinding, quality and properties of the ground material.

BIBLIOGRAPHY:

1. Мазаракі А.А. Технологія харчових продуктів функціонального призначення. Київ: КНТЕУ. 2012. 1116 с.
2. Львович І.Я. Перспективні тренди розвитку науки: техніка и технології. Одеса: КУПРІЄНКО СВ. 2016. 197 с.
3. Antiushko, D., Bozhko, T., Shapovalova, Nutritional value of a dry soluble gerodietetic product for enteral nutrition. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. № 5. С. 35–42.
4. Черевко О.І. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення. Харків: ХДУХТ. 2017. 591 с.
5. 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.
6. Інноваційні технології в житті сучасної людини. Серія монографій / [авт. кол.: А. В. Антоненко, Т. В. Бровенко, Г. А. Толлок]. Одеса : КУПРІЄНКО СВ, 2020. 209 с.
7. Антоненко А. В. Стратегії сталого розвитку в туризмі та готельно-ресторанному бізнесі: можливості і проблеми запровадження в Україні : кол. монографія / за ред. д-ра іст. наук, проф. Чепурди Г. М.; Черкас. держ. технол. ун-т. – Черкаси : ЧДТУ, 2021. 189 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. Сучасна траєкторія розвитку науково-технічного прогресу в Україні та світі : колективна монографія / За заг. ред. Т. А. Ємел'янової. – Львів-Торунь : Ліга-Прес, 2021. 420 с.

10. Wissenschaft für den modernen Menschen: wirtschafts, management, marketing, tourismus, rechts und politikwissenschaften. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft» [Brovenko T.V., Antonenko A.V. and others] Buch 4., Teil 6. 2021.

REFERENCES:

1. Mazaraki A.A. (2012). Tekhnologiya harchovih produktiv funkcional'nogo pryznachennya. Kiiv: KNTEU. 1116 s.

2. L'vovich I.YA. (2016) Perspektivnye trendy razvitiya nauki: tekhnika i tekhnologii. Odesa: KUPRIENKO SV. 197 s.

3. Antiushko, D., Bozhko, T. (2021). Nutritional value of a dry soluble gerodietetic product for enteral nutrition. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, (5), 35–42.

4. Cherevko O.I. (2017). Innovacijni tekhnologii harchovoї produkciї funkcional'nogo pryznachennya. Harkiv: HDUHT. 591 s.

5. 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.

6. Gamayunova V.V. (2020) Innovacionnye tekhnologii v zhizni sovremennogo cheloveka. Odesa: KUPRIENKO SV. 209 s.

7. Chepurda H.M. (2021). Stratehii staloho rozvytku v turyzmi ta hotelno-restorannomu biznesi: mozhlyvosti i problemy zaprovadzhennia v Ukraini. Cherkasy. ChDTU, p. 189.

8. Rusavs'ka V.A. (2018). Teoretiko-praktichni pidhodi do efektyvnogo funkcionuvannya rynku gotel'no-restorannih poslug: stan, problemy, tendencii. Kiiv: Vidavnictvo Lira. 420 s.

9. T.A. Yemelianova. (2021). Suchasna traiektoriia rozvytku naukovo-tekhnichnoho prohresu v Ukraini ta sviti/ kolektyvna monohrafiia. Lviv-Torun. Liha-Pres, p. 420.

10. Wissenschaft für den modernen Menschen: wirtschafts, management, marketing, tourismus, rechts und politikwissenschaften. (2021). Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft» [Brovenko T.V., Antonenko A.V. and others] Buch 4., Teil 6.

УДК 637.05:637.552
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.16>

ВИКОРИСТАННЯ М'ЯСА НУТРІЙ У ВИРОБНИЦТВІ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ

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

Важливим аспектом розвитку м'ясної промисловості є удосконалення технологічних прийомів виробництва та підвищення якості готового продукту шляхом зміни його складу чи властивостей. Поєднання нових інгредієнтів разом з традиційними, як використання альтернативної сировини є головним принципом досягнення розвитку якості, повноцінності м'ясних виробів. Задоволення потреб в високоякісній м'ясній сировині та забезпечення виробничих потужностей можливе за рахунок використання м'яса нутрій у виробництві варених ковбасних виробів.

Метою статті є: обґрунтування доцільності використання м'яса нутрій в рецептурі варених ковбас, дослідження органолептичних показників нових продуктів і функціонально-технологічних властивостей готового фаршу. В роботі використовувалися стандартні методи досліджень. Для дослідження було виготовлено три зразки ковбаси вареної за класичною технологією. За контрольний зразок обрали ковбасу на основі традиційної сировини, для дослідних передбачалося додавання м'яса нутрій в різних пропорціях. Результати підтвердили високий рівень харчової цінності ковбасних виробів з додаванням м'яса нутрій. Додавання м'яса нутрій у фарш для виготовлення ковбасних виробів підвищує його вологозв'язуючу здатність та позитивно впливає на вихід готового продукту. Найвище значення вологозв'язуючої здатності фаршу та виходу готового продукту спостерігалося в II дослідному варіанті (72,6 % та 86,7 % відповідно). Це обумовлено раціональним співвідношенням усіх видів м'ясної сировини. Внесення м'яса нутрії в фарш для виробництва ковбасних виробів позитивно впливає на органолептичні властивості готового продукту, покращуючи його структуру, смак, консистенцію та вихід. Отримані результати комплексних досліджень дозволяють стверджувати, що м'ясо нутрій є відмінною альтернативою для заміни традиційної сировини ковбасного виробництва. М'ясо нутрій не поступається, а в деяких показниках переважає, смакові, кулінарні та поживні властивості яловичини, свинини і курятини. Додавання м'яса нутрій до основної сировини у процесі виготовлення ковбасних виробів дозволяє підвищити функціонально-технологічні та органолептичні властивості готового продукту.

Ключові слова: нутрії, ковбасні вироби, ковбаса, м'ясо, виробництво, переробка.

Levchenko M. V. Nutria meat for the production of sausage products

An important aspect of the development of the meat industry is the improvement of technological methods of production and the improvement of the quality of the finished product by changing its composition or properties. The combination of new ingredients together with traditional ones, as well as the use of alternative raw materials, is the main principle of achieving the development of quality and completeness of meat products. Meeting the needs for high-quality meat raw materials and ensuring production capacity is possible due to the use of nutria meat in the production of cooked sausage products.

The purpose of the article is: justification of the feasibility of using nutria meat in the recipe of sausages, research of organoleptic indicators of new products and functional and technological properties of finished minced meat. Standard research methods were used in the work. For the study, three samples of sausage were made according to the classical technology. Sausage based on traditional raw materials was chosen for the control sample, nutria meat was added in different proportions for the experimental ones. The results confirmed the high level of nutritional value of sausage products with the addition of nutria meat. Adding nutria meat to minced meat increases its moisture-binding capacity and has a positive effect on the output of the finished product. The highest value of the moisture-binding capacity of minced meat and the yield of the

finished product was observed in the II experimental variant (72.6 % and 86.7 %, respectively). This is due to the rational ratio of all types of meat raw materials. The introduction of nutria meat for the production of sausage products has a positive effect on the organoleptic properties of the finished product, improving its structure, taste, consistency and yield. The obtained results of comprehensive research allow us to state that nutria meat is an excellent alternative for replacing traditional raw materials for sausage production. Nutria meat is not inferior to, and in some respects superior to, the taste, culinary and nutritional properties of beef, pork and chicken. The addition of nutria meat to the main raw material in the process of making sausage products allows increasing the functional-technological and organoleptic properties of the finished product.

Key words: *nutria, sausage products, sausage, meat, production, is processing.*

Вступ. Важливим аспектом розвитку м'ясної промисловості є удосконалення технологічних прийомів виробництва та підвищення якості готового продукту шляхом зміни його складу чи властивостей. Поєднання нових інгредієнтів разом з традиційними, використання альтернативної сировини є головним принципом досягнення розвитку якості, повноцінності м'ясних виробів, зокрема ковбас [1].

Ковбасними називаються вироби, виготовлені з м'ясної сировини в натуральній або штучній оболонці, які піддаються термічній обробці. Ковбасні вироби характеризуються високою харчовою цінністю, оскільки при виробництві вдало поєднується високоякісна сировина та спосіб її обробки. Розрізняють ковбасні вироби варені, напівкопчені, вуджені, сиров'ялені, ліверні, фаршировані, сосиски та сардельки, кров'яні, тощо. Для виробництва варених ковбас найчастіше використовується м'ясо яловичина різної категорії, свинина жирна або напівжирна та м'ясо птиці, шпик свинячий. Вибір м'ясної сировини ґрунтується на його свіжості та якості, від чого залежить вихід готового продукту [2].

Постановка проблеми. Класична рецептура виготовлення варених ковбасних виробів вимагає забезпечення близько 90 % від загальної маси інгредієнтів м'яса різних видів сільськогосподарських тварин та птиці, білковомісткі препарати та жири натурального походження (тваринного або рослинного), свіжі яйця, борошно або крохмаль, спеції, прянощі. Сучасна технологія дозволяє вносити біля 50 % від загальної маси основної сировини м'ясо механічного дообвалювання птиці [1].

Сьогодні підприємства з виробництва ковбасних виробів відчують потребу в забезпеченні високоякісної м'ясної сировини. Задоволення потреб в високоякісній м'ясній сировині та забезпечення виробничих потужностей можливе за рахунок використання м'яса нутрій у виробництві варених ковбасних виробів [2]. М'ясо нутрій характеризується рівномірним розподілом жирової тканини в середині м'язових волокон («мармуровість»), має ніжну текстуру, приємне на смак. Таке м'ясо за кольором та кулінарними властивостями схоже до яловичини. Воно має тонковолокнисту структуру, ніжне та ароматне, тому характеризується високою здатністю утримувати вологу (соковитістю).

М'ясо нутрії містить близько 20 % білку, вітаміни (B₆, C, E, D), мінеральні речовини (залізо, фосфор, калій, фтор), амінокислоти (лізин, валін, триптофан, метіонін). М'ясо нутрії за масовою часткою білку переважає свинину напівжирну (на 6 %) та яловичину жиловану II сорту (близько 1,5 %) (рис. 1). Співвідношення жиру та білку в м'ясі нутрій є наближеним до оптимального значення, і становить 1,85:1. За рахунок низького вмісту жиру м'ясо нутрій відноситься до категорії дієтичних продуктів, що використовуються у лікувально-профілактичному чи оздоровчому харчуванні людям, які страждають на захворювання органів травлення, нирок, печінки та цукровий діабет [3, 4].

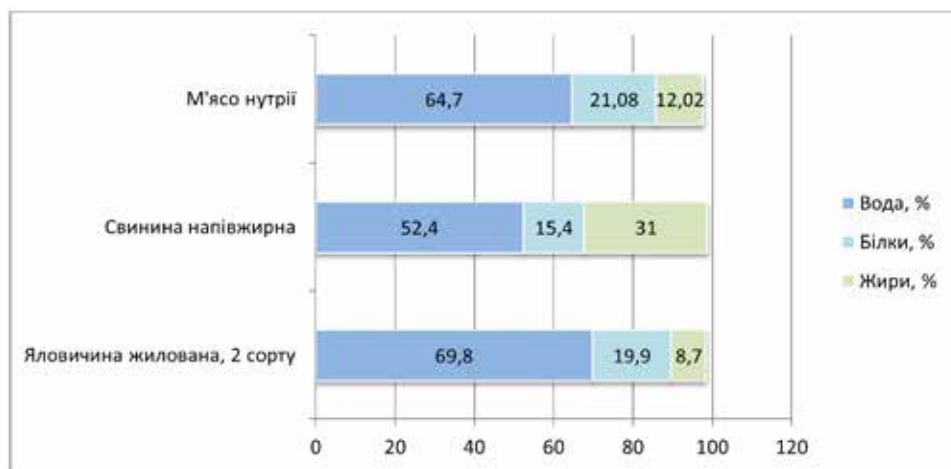


Рис. 1. Склад м'ясної сировини різних видів тварин

Метою дослідження є розробка рецептури і технології виготовлення варених ковбас з додаванням м'яса нутрій. Для досягнення поставленої мети варто вирішити такі завдання:

1. Дослідити якість поєднання м'яса нутрій з традиційною м'ясною сировиною для виготовлення варених ковбас.
2. Провести розрахунок виходу та вологозв'язуючої здатності фаршу розроблених м'ясомістких виробів.
3. Провести порівняльну характеристику органолептичних показників варених ковбас за обраними рецептурами.

Розрахунок потреб в основній та допоміжній сировині виконували відповідно до методики розрахунків продуктового балансу виготовлення ковбасних виробів з урахуванням запропонованої рецептури. Органолептичні дослідження проводилися з метою визначення зовнішнього вигляду, кольору продукту, смаку та запаху, консистенції і вигляд на розрізі. Вихід готового продукту визначали шляхом визначення співвідношення між масою вихідної сировини і масою готового продукту [4, 5].

Для визначення вологозв'язуючої здатності м'ясного фаршу за методикою Grau і Hamma [6] відбирали зразки, які розміщували на шматок фільтрувального паперу на скляній пластині. Зверху накривали іншою пластиною і ставили вантаж масою 1 кг. Тривалість такого пресування зразків не більше 10 хвилин. Після пресування зразки фаршу знімали, а фільтрувальний папір зважують і поміщають до сушильної шафи для висушування при температурі 105°C, після чого повторно зважують. Розмір вологої плями, що утворилася на папері визначається, як різниця між загальною площею та площею плями, утвореної фаршем. Встановлено, що 1 см² площі вологої плями фільтру дорівнює 8,4 мл води.

Виклад результатів. Дослідження проводили виходячи з класичної технології виготовлення варених ковбас. Було виготовлено три зразки за класичною технологією. Для приготування дослідних зразків ковбаси обрана наступна сировина: яловичина жилована 2 сорту, свинина жирна, м'ясо птиці, м'ясо нутрій, в різних пропорціях, сіль кухонна, цукор, борошно пшеничне, меланж яєчний, спеції (мускатний горіх та перець духмяний мелений), нітрит натрію. За контрольний

зразок обрали ковбасу, яка складається з яловичини жилованої II сорту – 35 %, свинина жилована жирна – 25 %, м'ясо курятини – 35 %, яєчного меланжу – 5 %, борошно пшеничне – 1 % та спеції.

При цьому I дослідний варіант мав наступні пропорції: яловичина жилована II сорту – 10 %, свинина жилована жирна – 25 %, м'ясо курятини – 25 %, м'ясо нутрій – 35 %, яєчний меланж – 5 %, борошно та спеції. II дослідний варіант складався з наступного виду сировини: яловичина жилована II сорту – 25 %, свинина жилована жирна – 25 %, м'ясо курятини – 10 %, м'ясо нутрій – 35 %, яєчний меланж – 5 %, борошно та спеції. Рецептатура наведена в таблиці 1.

Таблиця 1

Рецептура варених ковбас (з розрахунку на 100 кг)

Вид сировини	Контрольний зразок	I варіант	II варіант
Яловичина жилована II сорту	35	10	25
Свинина жилована жирна	25	25	25
М'ясо курятини	35	25	10
М'ясо нутрій	-	35	35
Яєчний меланж	5	5	5
Наповнювачі, г (на 100 кг несоленої сировини)			
Сіль кухонна	2100	2100	2100
Цукор	120	120	120
Борошно пшеничне	1000	1000	1000
Спеції	100	100	100
Нітрит натрію	0,007	0,007	0,007

Вибір рецептури ковбасних виробів із додаванням м'яса нутрії проводився з метою збереження загальних органолептичних властивостей, і, водночас, покращення функціонально-технологічних параметрів досліджуваних зразків. При цьому, обрана кількість м'яса нутрій, введена в рецептуру має забезпечувати вміст води та сухих речовин на рівні не нижчому, ніж прийнятний для даного виду ковбасних виробів. Обрана кількість м'яса нутрій, яка була введена в розроблену рецептуру ковбас, не впливала суттєво на собівартість готового продукту.

Технологія виготовлення ковбасних виробів включала наступні операції: підготовка сировини, подрібнення м'ясної сировини, приготування фаршу, наповнення ковбасних оболонок, осаджування ковбасних батонів, термічна обробка (обсмажування, варіння,) охолодження та контроль якості.

За смаковими і кулінарними властивостями м'ясо нутрій схоже до телятини та не поступається м'ясу кролів або птиці. Товщина м'язових волокон м'яса нутрій складає близько 40 мкм. М'ясо темного кольору, жировий прошарок – блідо-кремовий, не має специфічного смаку чи запаху. Чудово поєднується з іншими видами м'ясної сировини. Готовий фарш із додаванням м'яса нутрій має однорідну, щільну та пружну структуру, без сторонніх включень, приємний на запах.

М'ясо нутрій вводили в рецептуру в однаковому процентному співвідношенні (35 % з розрахунку на 100 кг несоленої сировини) з метою часткової заміни яловичини (I дослідний зразок) та м'яса курятини (II дослідний зразок). При цьому досліджували вплив такого поєднання на вологозв'язуючу здатність фаршу, органолептичні показники та вихід готового продукту.

Вологозв'язуюча здатність фаршу пов'язана з його ніжністю, щільністю та впливає на вихід готового продукту після термічної обробки. Вміст зв'язаної води визначає кількість виділеного соку, адже чим більше води в м'ясі, тим менші втрати після термічної обробки. Визначення зв'язку вологозв'язуючої здатності фаршу та виходу готового продукту наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вологозв'язуюча здатність фаршу та вихід готового продукту

Показники	Контрольний зразок	I варіант	II варіант
Вологозв'язуюча здатність, %	70,3	71,4	72,6
Вихід, %	79,1	83,2	86,7

Наведені дані свідчать, що додавання м'яса нутрій у фарш для виготовлення ковбасних виробів підвищує його вологозв'язуючу здатність та позитивно впливає на вихід готового продукту. Найвище значення вологозв'язуючої здатності фаршу та виходу готового продукту спостерігалось в II дослідному варіанті (72,6 % та 86,7 % відповідно). Це обумовлено раціональним співвідношенням усіх видів м'ясної сировини. Зміна показників вологозв'язуючої здатності та виходу продукту в дослідних зразках знаходиться в залежності від співвідношення кількості м'ясної сировини. Збільшення виходу готового продукту сприяє зменшенню втрат поживних речовин і води в процесі термічної обробки.

Встановлено, що м'ясо нутрій позитивно впливає на показники вологозв'язуючої здатності фаршу, а при подрібненні з іншими компонентами утворює в'язку пастоподібну масу, що дозволяє отримати високоякісний продукт із заданими функціонально-технологічними властивостями.

З метою обґрунтування доцільності введення обраної кількості м'яса нутрій в фарш проводили визначення органолептичних показників готових ковбасних виробів. Детальний опис органолептичних показників усіх зразків наведено в таблиці 3.

Провівши органолептичну оцінку усіх зразків продукту можна відмітити, що контрольний зразок був занадто щільним, твердим та злегка сухуватим, що вплинуло на загальне враження і смак. Відтак, за результатами органолептичної оцінки найкращим виявився II дослідний зразок. Виходячи з отриманих даних можна стверджувати, що внесення м'яса нутрій в фарш для виробництва ковбасних виробів позитивно впливає на органолептичні властивості готового продукту, покращуючи його структуру, смак, консистенцію та вихід. Таким чином, підтверджено можливість поєднання м'яса нутрій з іншими видами сировини для виробництва м'ясних та м'ясомістких виробів. Використання в м'ясному фарші м'яса нутрій при виробництві ковбасних виробів, дозволяє отримати високоякісний продукт, який можна віднести до групи дієтичних.

Отримані результати підтверджують, що композиційне поєднання усіх видів білків тваринного походження дозволяє отримати ковбасні вироби, які є високоякісними за технологічними характеристиками готової продукції. Включення до рецептури фаршу подрібненого м'яса нутрій дозволяє отримати продукцію із високими органолептичними властивостями, що підвищує її споживчу привабливість та цінність.

Таблиця 3

Характеристика органолептичних показників готових ковбасних виробів

Показники	Контрольний зразок	I зразок	II зразок
Зовнішній вигляд	Усі зразки мали однаково рівну, овальну форму, характерну для ковбасних батонів. Поверхня пружна, чиста, без вигинів та впадин		
Консистенція	Однорідна по всій товщі ковбасного батону, щільна, злегка сухувата	Однорідна по всій товщі ковбасного батону, соковита	Однорідна по всій товщі ковбасного батону, пружна, соковита
Колір	Блідо-рожевий	Золотистий	Золотистий
Запах	Приємний, аромат властивий ковбасам (м'ясний і спецій)	Приємний, властивий ковбасним виробам (м'ясний і спецій), має легкий аромат шоколаду	Приємний, (м'ясний та спецій), має легкий аромат шоколаду
Смак	Без сторонніх присмаків, в міру солоний	В міру солоний, має легкий солодкуватий присмак	В міру солоний, з легким солодкуватим присмаком
Загальне враження	Продукт був щільним, твердим, що вплинуло на смак	Продукт мав ніжну структуру, приємний аромат і смак	Продукт був соковитим, ніжним, в міру соленим, мав ніжну структуру, приємний аромат і вигляд

Висновки. Отримані результати комплексних досліджень дозволяють стверджувати, що м'ясо нутрій є відмінною альтернативою для заміни традиційної сировини ковбасного виробництва. Відтак, м'ясо нутрій не поступається, а в деяких показниках переважає смакові, кулінарні та поживні властивості яловичини, свинини і курятини. Додавання м'яса нутрій до основної сировини у процесі виготовлення ковбасних виробів дозволяє підвищити функціонально-технологічні та органолептичні властивості готового продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сморочинський О.М., Петрова О.В., Корж А.В., Юзюк Т.В., Машенко І.О. Сучасні технології виробництва варених ковбас різної рецептури. *Таврійський науковий вісник*, 2019. Вип. 105. С. 186–191.
2. ДСТУ 4436:2005: Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хліби м'ясні. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 31 с.
3. Левченко М. В. Розведення нутрій як перспективний напрямок галузі тваринництва. *Матеріали конференції «Продовольча безпека України в умовах війни і післявоєнного відновлення: глобальні та національні виміри»*. Миколаївський національний аграрний університет, 2023.
4. Кишенько І. І. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: навч. посібник. Київ : НУХТ, 2015. 370 с.

5. Страшинський І.М., Пасічний В. М., Дубковецький І.В., Фурсік О.П., Дослідження властивостей готових виробів з використанням функціональної харчової композиції. *Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. С.З. Гжицького*. Вип. 17, 4(64), с. 136–141.

6. Grau R, Hamm R, Baumann A. Water-binding capacity of dead mammal muscle. I. Effect of ph value on water-binding capacity of crushed cattle muscle. *Biochem*. 1953, 325(1), Pp. 1–11.

REFERENCES:

1. Smorochynskyj O.M., Petrova O.V., Korzh A.V., Juzjuk T.V, Mashhenko I.O. (2019) Suchasni tekhnologhiji vyrobnyctva varenykh kovbas riznoji receptury. *Tavrijskyj naukovyj visnyk*, Vo l. 105. Pp. 186–191 [in Ukrainian].

2. DSTU 4436:2005: Kovbasy vareni, sosysky, sardeljky, khliby m'jasni. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2006. 31 s. [in Ukrainian].

3. Levchenko M. V. Rozvedennja nutrij jak perspektyvnyj naprjamok ghaluzi tvarynnyctva. *Materialy konferenciji «Prodovoljcha bezpeka Ukrainy v umovakh vijny i pisljavojennogho vidnovlennja: ghlobaljni ta nacionaljni vymiry»*. Mykolajivskyj nacionalnyj aghrarnyj universytet, 2023 [in Ukrainian].

4. Kyshenjo I. I. Tekhnologhija m'jasa ta m'jasnykh produktiv: navch. posibnyk. Kyiv: NUKhT, 2015. 370 s [in Ukrainian].

5. Strashynskyi, I.M., Pasichnyi, V.M., Dubkovetskyi, I.V., Fursik, O.P. (2015). Doslidzhennia vlastyvostei hotovykh vyrobiv z vykorystanniam funksionalnoi kharchovoi kompozytsii. *Naukovyi visnyk LNUVMBT im S.Z. Hzhyskoho*. Vol. 17, 4(64) Pp. 136–141 [in Ukrainian].

6. Grau R, Hamm R, Baumann A. (1953) Water-binding capacity of dead mammal muscle. I. Effect of ph value on water-binding capacity of crushed cattle muscle. *Biochem*. 325(1), Pp. 1–11.

УДК 684:487

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.17>

АНАЛІЗ СИРОВИНИ ТА РОЗРОБКА ЯБЛУЧНОГО ДЖЕМА З ДОДАВАННЯМ ФУНДУКУ, КОРИЦІ ТА ЦЕДРИ ЛИМОНА

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 детально розглянуто важливі аспекти щодо яблучного джему, зокрема його хімічний склад та вплив на смак, аромат і користь для здоров'я. Вчені досліджували яблука, фундук, корицю та цедру лимона, а також їх вплив на яблучний джем, з метою розробки нової рецептури з покращеними характеристиками.

Перш за все, аналізувався хімічний склад цих інгредієнтів. Яблука багаті на вітаміни та антиоксиданти, що робить їх корисними для здоров'я. Фундук містить багато жирів, білків та вітамінів, які підтримують здоров'я серця та допомагають у роботі мозку. Кориця відома своїми антибактеріальними та протизапальними властивостями, а також здатна підтримувати нормальний рівень цукру в крові. Цедра лимона багата на вітамін С та флавоноїди, які сприяють імунітету та загальному здоров'ю.

Результатами досліджень визначено, що яблука повинні бути свіжі, стиглі, без пошкоджень та однорідні за розміром. Це гарантує однаковий смак і текстуру продукту. Норма встановлена на рівні не менше 95%, що забезпечує високу якість джему.

Фундук повинен бути очищеним, обсмаженим та подрібненим. Додавання фундуку в джем не лише розширює смакові відчуття, але і додає текстуру. Норма становить 5%, що забезпечує належний баланс інгредієнтів.

Цукор використовується білий кристалічний цукор без домішок. Це важливо для створення однорідної консистенції та запобігання кристалізації. Встановлена норма – 60%.

Вода має бути питною, яка є основою для виготовлення джему. Справедлива додаткова вимога до води може бути встановлена в процесі рецептури.

Кориця та цедра лимона дає унікальний аромат та смак яблучному джему. Норми додавання встановлені на рівнях 0,1% для кориці та 0,5% для цедри лимона, що забезпечує відмінну ароматичність продукту.

Ключові слова: яблучний джем, фундук, кориця, цедра лимона, хімічний склад, рецептура, оздоровчі властивості.

Novikova N. V., Protsenko H. Yu. Analysis of raw materials and development of apple jam with the addition of hazelnuts, cinnamon and lemon peel

The article examines in detail important aspects of apple jam, including its chemical composition and effect on taste, aroma and health benefits. Scientists have studied apples, hazelnuts, cinnamon and lemon peel, as well as their effect on apple jam, in order to develop a new formulation with improved characteristics.

First of all, the chemical composition of these ingredients was analyzed. Apples are rich in vitamins and antioxidants, which makes them useful for health. Hazelnuts contain a lot of fats, proteins and vitamins that support heart health and help with brain function. Cinnamon is known for its antibacterial and anti-inflammatory properties, as well as its ability to maintain normal blood sugar levels. Lemon peel is rich in vitamin C and flavonoids, which promote immunity and overall health.

The results of the research determined that the apples had to be fresh, ripe, undamaged and uniform in size. This guarantees the same taste and texture of the product. The norm is set at a level of at least 95%, which ensures high quality jam.

Hazelnuts must be peeled, roasted and chopped. Adding hazelnuts to jam not only expands the taste sensations, but also adds texture. The norm is 5%, which ensures a proper balance of ingredients.

The sugar used is white crystalline sugar without additives. This is important to create a uniform consistency and prevent crystallization. The established rate is 60%.

Water must be potable, which is the basis for making jam. A reasonable additional water requirement can be established during the formulation process.

Cinnamon and lemon peel give a unique aroma and taste to apple jam. The addition rates are set at 0.1% for cinnamon and 0.5% for lemon zest, which ensures an excellent aroma of the product.

Key words: *apple jam, hazelnut, cinnamon, lemon peel, chemical composition, recipe, health benefits.*

Вступ. Яблучний джем – це популярний десерт, який здавна вважається одним з найулюбленіших у багатьох країнах світу. Не лише за його приємний смак, а й за корисні властивості. Цей джем багатий на вітаміни, мікроелементи та пектин, що робить його цінним продуктом харчування.

Сьогодні у сучасному світі стає все більше попит на продукти, які поєднують у собі смак та користь для здоров'я. Саме тому розробка нових рецептів яблучного джему з покращеною рецептурою, з додаванням фундуку, кориці та цедри лимона, стає актуальною задачею для виробників та гурманів [1].

Фундук, кориця та цедра лимона – це інгредієнти, які не лише додають новий аромат та смак улюбленому десерту, але й мають корисні властивості для здоров'я. Фундук багатий на корисні жири, вітаміни та антиоксиданти, кориця має протизапальні та антибактеріальні властивості, а цедра лимона додає освіжаючий аромат та вітаміни.

Актуальність теми. Розробка яблучного джему з покращеною рецептурою є актуальною з кількох причин. Зростання попиту на натуральні та корисні продукти – споживачі все більше шукають продукти, які не містять штучних добавок та консервантів. Покращення рецептури джему за допомогою натуральних інгредієнтів, таких як фундук, кориця та цедра лимона, дозволить зробити його більш корисним та привабливим для споживачів. Розширення асортименту – розробка нових рецептів джемів з незвичайними смаками та поєднаннями інгредієнтів може допомогти виробникам розширити асортимент продукції та виділитися на конкурентному ринку. Покращення смакових якостей – додавання фундуку, кориці та цедри лимона збагатить смак джему, зробить його більш ароматним та цікавим [3].

Постановка проблеми. Яблучний джем – це популярний продукт харчування, який володіє приємним смаком та корисними властивостями. Проте, традиційна рецептура джема може бути покращена за рахунок додавання нових інгредієнтів, які збагатять його смак та поживну цінність. Основні проблеми, які потребують вирішення, включають обмежений асортимент на ринку. Наразі представлений широкий вибір яблучних джемів, але більшість з них мають схожий смак та склад, що робить їх менш привабливими для споживачів, які шукають щось нове та цікаве. Друга проблема полягає в недостатній кількості корисних речовин. Традиційна рецептура джему передбачає термічну обробку, яка може призвести до руйнування деяких вітамінів та мікроелементів, зменшуючи користь від споживання. Крім того, третя проблема полягає у використанні штучних добавок. Деякі виробники додають до джему штучні ароматизатори, барвники та консерванти, що можуть негативно впливати на здоров'я споживачів та зменшувати його природність [2]. Вирішення цих проблем через розробку яблучного джему з покращеною

рецептурою може стати кроком до створення більш здорового, різноманітного та привабливого продукту для споживачів.

Мета дослідження. Розробити рецептуру яблучного джема з покращеними смаковими, ароматичними та поживними властивостями за рахунок додавання фундука, кориці та цедри лимона.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідники з Університету штату Каліфорнія в Девісі провели цікаве дослідження у 2023 році, що виявилось дуже корисним для любителів яблучного джему. Вони з'ясували, що додавання фундука до цього джему може значно підвищити його корисні властивості. Додавання фундука допомагає збільшити вміст білка, клітковини, вітаміну Е та магнію. Це означає, що споживання такого яблучного джему може стати ще більш корисним для організму, оскільки ці речовини мають важливе значення для здоров'я.

Дослідженням у 2023 році підтвердило ідею, яку вже згадували у статті 2022 року, опублікованій в журналі "Food Science & Nutrition". Там автори обговорювали користь кориці для здоров'я, вказуючи на її антиоксидантні, протизапальні та антимікробні властивості. Тож, якщо врахувати додавання фундука та можливість використання кориці, якщо це доцільно, то яблучний джем може стати не лише смачним, а й дуже корисним для організму.

Згадана у книзі 2021 року "The Ultimate Jams and Jellies Cookbook" рекомендація використовувати цедру лимона також може бути важливою для покращення смаку та аромату яблучного джему. Цедра лимона додає свіжість і кислинку, що може чудово підійти до яблучного смаку та додати більше комплексності смаковим відчуттям [4].

Об'єднуючи всі ці рекомендації та відомості з різних джерел, можна скласти ідеальний рецепт для виготовлення дуже корисного та смачного яблучного джему. Додавання фундука збагатить його білком, клітковиною, вітаміном Е та магнієм, кориця принесе антиоксидантні, протизапальні та антимікробні властивості, а цедра лимона додасть свіжості та аромату.

Виклад основного матеріалу. Яблучний джем з покращеною рецептурою, в який входять фундук, кориця та цедра лимона, вимагає відповідних стандартів якості сировини для його виготовлення. Таблиця 1 презентує основні вимоги до якості сировини, необхідної для виготовлення цього продукту. Вона включає в себе характеристики сировини, методи випробування та встановлені норми, які дозволяють забезпечити високу якість та стабільність продукту.

Яблука повинні бути свіжі, стиглі, без пошкоджень та однорідні за розміром. Це гарантує однаковий смак і текстуру продукту. Норма встановлена на рівні не менше 95%, що забезпечує високу якість джему.

Фундук повинен бути очищеним, обсмаженим та подрібненим. Додавання фундуку в джем не лише розширює смакові відчуття, але і додає текстуру. Норма становить 5%, що забезпечує належний баланс інгредієнтів.

Цукор використовується білий кристалічний цукор без домішок. Це важливо для створення однорідної консистенції та запобігання кристалізації. Встановлена норма – 60%.

Вода має бути питною, яка є основою для виготовлення джему. Справедлива додаткова вимога до води може бути встановлена в процесі рецептури.

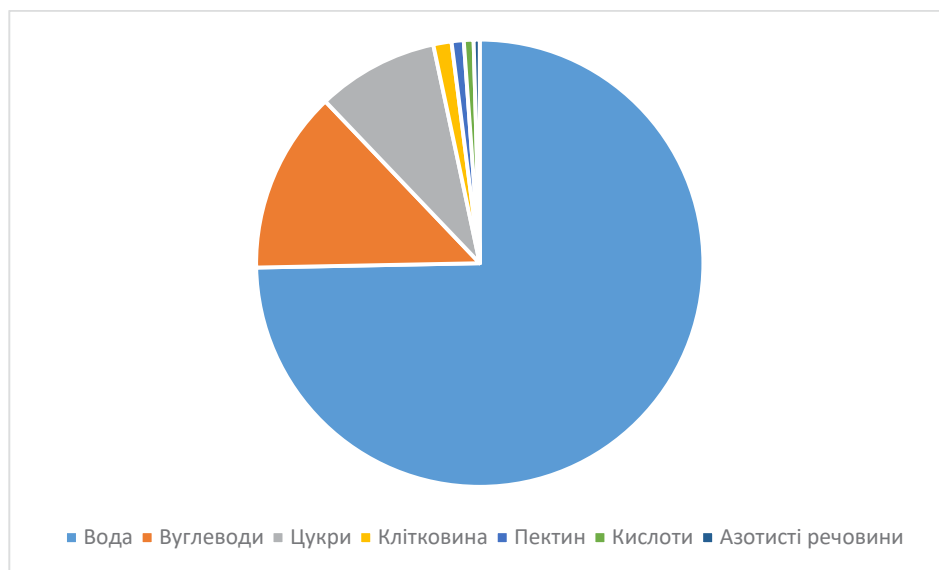
Кориця та цедра лимона дає унікальний аромат та смак яблучному джему. Норми додавання встановлені на рівнях 0,1% для кориці та 0,5% для цедри лимона, що забезпечує відмінну ароматичність продукту.

Таблиця 1

**Вимоги до якості сировини для виготовлення яблучного джему
(з додаванням фундуку, кориці та цедри лимона)**

Назва сировини	Характеристика	Метод випробування	Норма
Яблука	Свіжі, стиглі, без пошкоджень, однорідні за розміром	Візуальний огляд	Не менше 95%
Фундук	Очищений, обсмажений, подрібнений	Візуальний огляд	5%
Цукор	Білий кристалічний, без домішок	Органолептичний контроль	60%
Вода	Питна	ГОСТ 2874-82	-
Кориця	Палочки або мелена	Органолептичний контроль	0,1%
Цедра лимона	Свіжа, без білої частини	Візуальний огляд	0,5%

Яблука, як сировини, яка використовується у харчовій промисловості та приготуванні напоїв, має різноманітний хімічний склад, що робить її корисною та популярною серед виробників (Рис. 1).

*Рис. 1. Хімічний склад сировини яблук*

Основною складовою яблук є вода, що становить 85% їх вмісту. Це робить яблука відмінним джерелом вологи в харчуванні. Вуглеводи, включаючи цукри, складають 15% яблучної сировини, що робить їх важливим джерелом енергії.

Клітковина та пектин, які є важливими для здоров'я шлунково-кишкового тракту, присутні у відносно невеликих кількостях: 1.5% для клітковини та 1.0%

для пектину. Ці речовини сприяють здоровому травленню та роблять яблука корисними для тих, хто дотримується здорового способу життя.

Хімічний склад сировини фундуку є ключовою інформацією для розуміння його харчової цінності та можливих застосувань. Фундук є джерелом різних поживних речовин, таких як білки, жири, вуглеводи та клітковина. На рисунку 2 представлені пропорції цих харчових речовин у сировині фундуку.

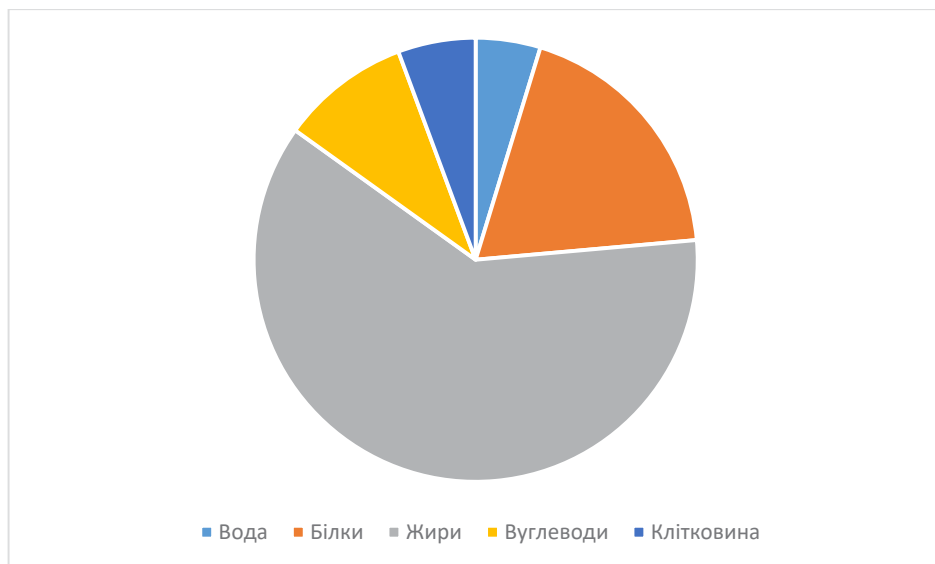


Рис. 2. Хімічний склад сировини фундуку

Низький вміст води (5%) в сировині фундуку робить його довготривалим продуктом з можливістю зберігання на тривалий час без швидкого псування.

Фундук є джерелом високоякісних рослинних білків, що робить його цінним продуктом для вегетаріанців та веганів. Білки необхідні для росту, відновлення та підтримки м'язової тканини.

Основною частиною жирів у фундуку є ненасичені жирні кислоти, такі як омега-3 та омега-6. Ці жирні кислоти корисні для здоров'я серця, мозку та загального здоров'я.

Низький вміст вуглеводів у фундуку робить його прийнятним для діабетиків та тих, хто дотримується дієти з обмеженням вуглеводів.

Фундук є джерелом клітковини, яка сприяє здоров'ю травної системи та допомагає в регулюванні рівня цукру в крові.

Кориця – це популярна спеція, яка використовується в кулінарії, медицині та парфумерії. Вона має виразний аромат і смак, які визначаються її хімічним складом.

Ефірна олія, коричний альдегід, евгенол, кумарин, ліналоол, бета-каріофілен, дубильні речовини та крохмаль – основні компоненти, які входять до складу

кориці. Кожен з них відіграє важливу роль у формуванні аромату, смаку та властивостей цієї спеції (Рис. 3).

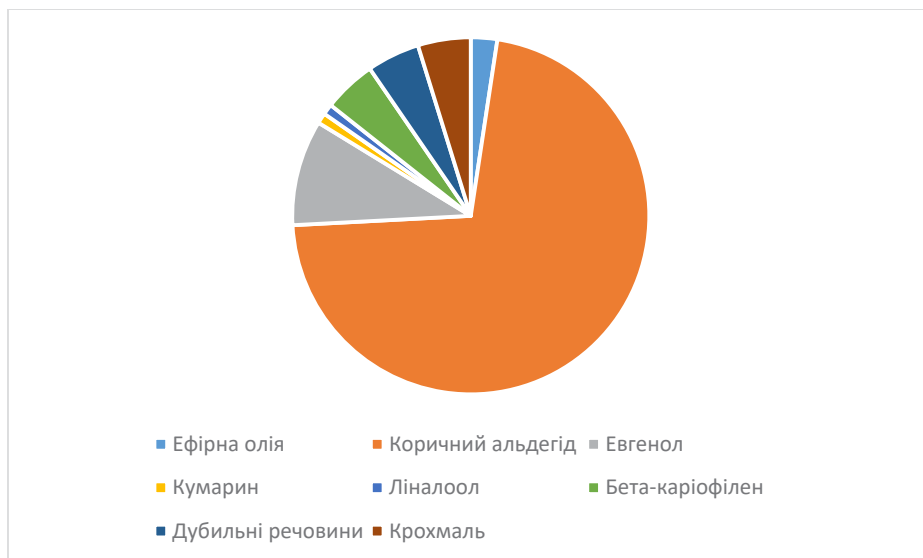


Рис. 3. Хімічний склад сировини кориця

Ефірна олія є важливим компонентом, який відповідає за аромат кориці. Вона використовується в парфумерії та ароматерапії, а також має антисептичні властивості.

Хімічний склад кориці включає в себе різноманітні сполуки, які надають їй виразний аромат і смак, а також мають корисні властивості для здоров'я. Розуміння цих компонентів дозволяє краще використовувати корицю в кулінарії, медицині та інших сферах. Ця таблиця є корисною для вивчення хімічного складу кориці та її властивостей.

З повсякденним використанням лимонної цедри пов'язують не лише приємний аромат, а й властивості, корисні для здоров'я. Цей продукт відомий своїм багатим хімічним складом, який включає в себе воду, ефірні олії, лімонен, цитраль, ліналоол, фелландрен, терпінен та пектинові речовини (Рис. 4).

Результатами досліджень встановлено, що найбільшою часткою цедри лимона є вода – 80%, ефірні олії складають 2,5% і включають у себе лімонен (90%), цитраль (10%), ліналоол (5%), фелландрен (4%) та терпінен (2%). Ці сполуки відповідають за основний аромат і корисні властивості лимонної цедри, пектинові речовини складають 3% і є важливим компонентом для структуризації та в'язкості.

Таким чином, лимонна цедра – це цінне джерело багатьох корисних сполук, які відіграють важливу роль як у кулінарії, так і в ароматерапії та для підтримки здоров'я.

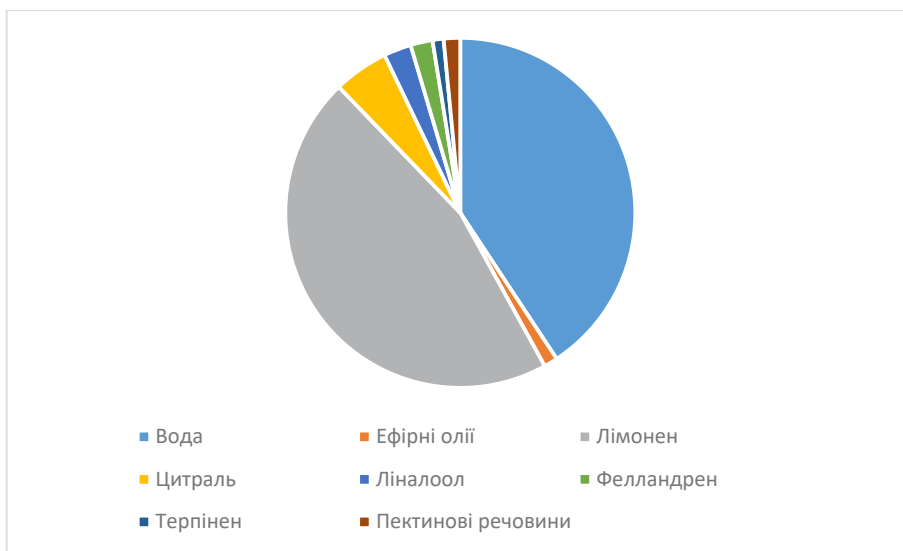


Рис. 4. Хімічний склад цедри лимона

Висновки. Яблучний джем з покращеною рецептурою, що включає фундук, корицю та цедру лимона, має ряд переваг: насичений та ароматний смак, додавання нових інгредієнтів робить джем більш цікавим та оригінальним; оздоровчі властивості, фундук, кориця та лимонна цедра багаті на вітаміни, мінерали та антиоксиданти; універсальність, джем можна використовувати як доповнення до чаю, кави, або для приготування десертів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дудкін М.С., Щелкунов Л.Ф. *Харчові волокна – нова галузь харчової хімії та технології*. Харчова промисловість, 2014. № 3. С. 42–43.
2. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: монографія / А. А. Мазаракі та ін. Київ: КНТЕУ, 2012. 1116 с.
3. Заморська І. Л. Теоретичне обґрунтування та розробка технологій зберігання та консервування: автореф. дисертації ... кандидата технічних наук : спец. 05.18.13 «Технологія консервованих та охолоджених харчових продуктів» / Заморська Ірина Леонідівна; НУХТ. К., 2018. 44 с.
4. Інноваційні технології продуктів функціонального харчування: монографія / за ред. Черевка О.І., Пересічних М.І. 4-е вид., перероб. і доп. Харків: ХДУХТ, 2017. 592 с.

REFERENCES:

1. Dudkin M.S. & Shchelkunov L.F. (2014) Dietary fibers are a new branch of food chemistry and technology. Food issue. No. 3. P. 42–43.
2. Technology of functional food products: monograph / A. A. Mazaraki et al. Kyiv: KNTEU, 2012. 1116 p.
3. Zamorska, I. L. (2012) Theoretical justification and development of storage and preservation technologies: autoref. thesis ... candidate technical Sciences: spec. 05.18.13 "Technology of canned and chilled food products" / Zamorska Iryna Leonidivna; NUKHT. K., 2018. 44 p.
4. Innovative technologies of functional food products: monograph / edited by Cherevka O.I., Peresichnyh M.I. 4th ed., revised. and added Kharkiv: KhDUHT, 2017. 592 p.

УДК 687:64

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.18>

АНАЛІЗ СИРОВИНИ ДЛЯ РОЗРОБКИ НОВІТНЬОГО УКРАЇНСЬКОГО ЖИТНЬОГО ХЛІБА З ПОКРАЩЕНОЮ РЕЦЕПТУРОЮ

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

Харченко К. В. – здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0009-1288-7757

У статті проведено аналіз сировини для розробки новітнього українського житнього хліба з покращеною рецептурою. У процесі вивчення рецептури виявлено можливість покращення якості хліба шляхом додавання сала та часнику під час випікання. Зазначено, що використання закваски є ключовим елементом у виготовленні хліба, пропонуючи новий підхід до традиційного процесу виробництва. Результати аналізу сировини вказують на можливість створення смачного та корисного хліба, який відповідає сучасним вимогам споживачів та сприяє покращенню харчової культури. Подальші дослідження у цьому напрямку можуть призвести до вдосконалення рецептури та створення інноваційних продуктів на ринку.

Стаття висвітлює важливість використання якісної сировини, такої як високоякісне житнє борошно та природні компоненти, щоб забезпечити високу якість та поживні властивості продукту. Автори акцентують увагу на використанні закваски як ключового елементу в технології виробництва хліба, що сприяє підвищенню смакових якостей та додатковим корисним властивостям продукту.

Сутність технології приготування рідкої закваски із заваркою полягає у приготуванні закваски вологістю 78–85% із внесенням біля половини борошна у вигляді заварки. У заквасці з такою високою вологістю недостатньо цукрів, водорозчинного азоту та інших поживних речовин, необхідних для активного розвитку дріжджів і молочнокислих бактерій. З метою поповнення живильного середовища поживними речовинами у процесі приготування закваски додають осолоджену заварку. Закваску виброджують при температурі 31–32°C, щоб забезпечити активний розвиток молочнокислих бактерій і накопичення кислот.

Особливий акцент робиться на вивченні впливу додавання сала в обмежених кількостях та часнику на характеристики тіста та якість готового хліба. Результати дослідження можуть мати значущий вплив на розробку нових рецептур та виробництво хлібобулочних виробів з удосконаленою рецептурою та покращеними органолептичними властивостями.

Ключові слова: український хліб, рецептура, сировина, закваска, сало, часник, технологія випічки, органолептичні властивості.

Novikova N. V., Protsenko H. Yu., Kharchenko K. V. Analysis of raw materials for the development of Ukrainian rye bread with an improved recipe

The article analyzes raw materials for the development of the newest Ukrainian rye bread with an improved recipe. In the process of studying the recipe, the possibility of improving the quality of bread by adding lard and garlic during baking was discovered. It is noted that the use of sourdough is a key element in bread making, offering a new approach to the traditional

production process. The results of the analysis of raw materials indicate the possibility of creating tasty and useful bread that meets the modern requirements of consumers and contributes to the improvement of food culture. Further research in this direction may lead to the improvement of the formulation and the creation of innovative products on the market.

The article highlights the importance of using quality raw materials such as high quality rye flour and natural ingredients to ensure high quality and nutritional properties of the product. The authors emphasize the use of sourdough as a key element in the technology of bread production, which contributes to the improvement of taste qualities and additional useful properties of the product.

The essence of the liquid sourdough preparation technology is to prepare sourdough with a moisture content of 78–85%, with the introduction of about half of the flour in the form of a sourdough. Sourdough with such high humidity does not contain enough sugars, water-soluble nitrogen and other nutrients necessary for the active development of yeast and lactic acid bacteria. In order to replenish the nutrient medium with nutrients during the preparation of the sourdough starter, sweetened brew is added. Sourdough is fermented at a temperature of 31–32°C to ensure the active development of lactic acid bacteria and the accumulation of acids.

Special emphasis is placed on studying the effect of adding lard in limited quantities and garlic on the characteristics of the dough and the quality of the finished bread. The results of the research can have a significant impact on the development of new recipes and the production of bakery products with an improved recipe and improved organoleptic properties.

Key words: *Ukrainian bread, recipe, raw material, sourdough, lard, garlic, baking technology, organoleptic properties.*

Актуальність. Розробка нових технологій та покращення рецептур продуктів відіграють важливу роль у сучасній харчовій промисловості, враховуючи зростаючий попит споживачів на якісні та функціональні харчові продукти. Розробка українського житнього хліба сприяє збереженню та просуванню традиційної української кухні, що має важливе значення для національної культурної спадщини.

Зростаючий інтерес споживачів до здорового харчування створює попит на продукти, які поєднують смакові якості з корисністю. Додавання сала та часнику може внести унікальний смак і додаткові корисні властивості до хліба. Закваска в хлібобулочній промисловості здобуває популярність через свій позитивний вплив на якість та смак хліба, а також через зростаючий інтерес споживачів до природних та традиційних методів виробництва.

Загальна тенденція сприяє не лише розширенню асортименту, але й покращенню харчових властивостей хліба, що відповідає сучасним уподобанням споживачів і може мати позитивний вплив на конкурентоспроможність продукту на ринку.

Постановка проблеми. У зв'язку зі зростанням вимог до якості та смакових характеристик хлібобулочних виробів на ринку, виникає необхідність вдосконалення рецептури та технології виробництва українського житнього хліба. Одним із підходів до покращення цих характеристик є внесення змін у склад рецептури, зокрема, додавання сала та часнику під час випікання. Відсутність достатньої кількості наукових досліджень у цьому напрямку та необхідність оптимізації рецептури створюють актуальну проблему, яку можна вирішити шляхом детального аналізу впливу цих складових на характеристики тіста та якість готового продукту. Такий аналіз є ключовим для розробки новітніх рецептур та поліпшення якості українського житнього хліба на ринку харчової продукції.

Мета статті полягає в проведенні детального дослідження та аналізу сировини, необхідної для виробництва українського житнього хліба. Зокрема, робота націлена на вдосконалення рецептури хліба шляхом введення нових інгредієнтів, таких як сало та часник, а також використання закваски.

Аналіз досліджень та публікацій. У результаті аналізу науково-методичної літератури з'ясовано, що досліджували вплив окремих компонентів на процеси

тістоутворення М. П. Гуліч, А. А. Дорош, В. І. Дробот, Н. М. Зубар, О. О. Дудкіна, описували технології хлібопекарського виробництва Ю. П. Коваль, О. А. Коваль, О. В. Кочубей-Литвиненко, аналізували виробництво житньо-пшеничного хліба збагаченого прянощами В. І. Кулініч, О. М. Онопрієнко, О. Д. Ольшевська, А. А. Павленко, А. О. Перець, Т. А. Сильчук, Г. О. Сімахіна, В. О. Сукманов та інші.

Виклад основного матеріалу дослідження. Порівняно з пшеничним хлібом житній має менший об'єм, темніше забарвлення, липку м'якушку, явно виражений кислуватий смак і специфічний аромат. Це пов'язано з особливостями хлібопекарських властивостей борошна, що обумовлюють технологію його приготування [7]. Технологія приготування тіста з житнього борошна базується на створенні високої кислотності тіста з метою зниження активності ферментів, поглиблення набухання білків, пентозанів, оболонкових частинок борошна. Тісто для хліба із житнього борошна готують на густих або рідких заквасках, виготовлених за різними технологічними схемами, а також прискореними способами.

Приготування тіста на густих заквасках. За традиційним способом у тісто вноситься порція закваски, що містить 25–33% маси борошна, передбаченого рецептурою. Бродіння тіста триває 1,5–2 год. (Табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад сировини

Нутрієнти	Сало	Часник	Закваска
Жири	53,0	0,5	0,75
Білок	9,3	6,5	3,96
Вуглеводи	-	29,9	26,7
Вітамін А	3,0	-	-
Вітамін Е	0,4	0,3	0,17
Вітамін В1	0,4	0,08	0,04
Вітамін В2	0,2	0,08	0,57
Вітамін В3	4,6	-	0,37
Вітамін В4	-	-	-
Вітамін В5	0,3	0,596	0,25
Вітамін В6	0,1	0,6	0,09
Вітамін В9	1,0	3	7
Вітамін В12	0,8	-	-
Вітамін С	0,3	10	0,06

Сутність способу приготування тіста на рідких заквасках без заварки полягає у приготуванні закваски вологістю 68–75%, зброджуванні її до 9–13 град (залежно від сорту борошна). Піднімальна сила закваски за методом кульки 25–35 хв. У разі замішування тіста на рідкій заквасці з останньою в нього вноситься 25–35% забродженого борошна від всього борошна, передбаченого рецептурою на приготування тіста.

Сутність технології приготування рідкої закваски із заваркою полягає у приготуванні закваски вологістю 78–85% із внесенням біля половини борошна у вигляді заварки. У заквасці з такою високою вологістю недостатньо цукрів, водорозчинного азоту та інших поживних речовин, необхідних для активного розвитку

дріжджів і молочнокислих бактерій. З метою поповнення живильного середовища поживними речовинами у процесі приготування закваски додають осолоджену заварку. Закваску виброджують при температурі 31–32°C, щоб забезпечити активний розвиток молочнокислих бактерій і накопичення кислот.

Часник
• Антимікробні властивості • Підвищення імунітету • Покращення смакових властивостей
Сало
• Покращення текстури • Надання смаку • Джерело енергії
Закваска
• Покращення текстури та структури • Підвищення терміну зберігання • Сприяння засвоєнню поживних речовин

Рис. 1. Корисні властивості обраних інгредієнтів

Сутність технологій приготування тіста на КМКЗ полягає у використанні закваски з високою кислотністю (18–24 град) і внесенні при замішуванні тіста для його розпушування пресованих або рідких дріжджів.

Тісто готують у дві (КМКЗ – тісто) або три стадії (КМКЗ – опара – тісто). Цей спосіб рекомендується застосовувати для виробництва хліба з житнього борошна при роботі з перервами. Завдяки високій кислотності закваска зберігає свої якості та не потребує консервування [8].

З розвитком пекарень виникла проблема виробництва житніх сортів хліба за прискореною технологією. Це викликане значними перервами в роботі, що не дає можливості підтримувати необхідний технологічний режим приготування заквасок, які застосовуються при традиційній технології приготування хліба з житнього борошна. Для забезпечення необхідної кислотності житнього тіста при прискорених технологіях його приготування використовують підкислюючі комплексні добавки, а також сухі чи пастоподібні закваски, що містять молочнокислі бактерії. Як підкислювачі, так і сухі чи пастоподібні закваски – це полікомпонентні суміші з різною кислотністю. До їх складу можуть входити органічні кислоти, висушені густі борошняні закваски, мінеральні солі, солод, ферментні препарати та інша сировина. Кислотність підкислювачів 200–500 град, залежно від їх рецептурного складу. Дозують закваски і підкислювачі в кількості від 1 до 4% до маси борошна, відповідно до рекомендацій по їх застосуванню.

Так, відомі підкислювачі: Форшріт (Німеччина), кислотність його 250 град, рекомендується у дозі 1,5–3,5% до маси борошна; ІБІС (Франція), рекомендується дозувати в кількості 1,0–1,5% до маси борошна; PS-2 (Бельгія) має кислотність 500 град, рекомендується у дозі 0,8–2,0% до маси борошна. В Національному університеті харчових технологій (Україна) розроблено поліпшувач «Ефективний», кислотність його – 200 град. Особливістю приготування тіста на цих підкислювачах є використання при його замішуванні активних пресованих, активних сушених або сушених інстантних дріжджів. Дріжджі додають у кількості 1,5–2,5% до маси борошна [3].

Тривалість замісу житнього і житньо-пшеничного тіста не має перевищувати 7–10 хв. у тихохідних і 3–5 хв. у швидкісних тістомісильних машинах. При використанні підкислювачів кислотність тіста обумовлюється кислотами і кислими солями, що вносяться з ними, а розпушення його здійснюється під час бродіння і вистоювання внесеними дріжджовими клітинами. Внесені кислоти сприяють набухання біополімерів борошна, стримують активність ферментних систем, що обумовлює утворення необхідної структури тіста, запобігає липкості м'якушки хліба.

При розробці новітнього українського житнього хліба, в якості ключових інгредієнтів використовуються високоякісне житнє борошно, сало та часник. Особливість полягає в тому, що при випіканні додається сало в малому обсязі та часник.

Сировина відіграє важливу роль у формуванні унікальних характеристик хліба. Високоякісне житнє борошно забезпечує основну структуру та текстуру хліба, надаючи йому традиційний смак та аромат [5].

Сало, введене у невеликій кількості, не лише додає хлібу певну ніжність та м'якість, але і приносить унікальний смаковий акцент, що відзначає цей продукт серед інших.

Часник, використаний під час випікання, доповнює ароматичний профіль хліба, надаючи йому виразний смак та запах. Крім того, часник додає корисних властивостей продукту, сприяючи загальному здоров'ю.

Цей підхід до приготування українського житнього хліба, з використанням сала та часнику, не лише зберігає традиційні рецептурні елементи, але і вносить новітні інгредієнти, що робить його смачним та унікальним продуктом на ринку.

Новітня технологія приготування українського житнього хліба з додаванням сала, часнику та використанням закваски передбачає комплексний підхід до процесу виробництва, з метою забезпечення вишуканого смаку, аромату та корисних властивостей продукту.

У першу чергу, використовується високо якісне житнє борошно, яке піддається попередній обробці для максимального збереження корисних речовин та забезпечення належного структурного складу тіста.

Сало під час приготування тіста може піддаватися попередньому обробленню, наприклад, тертися на дрібну терку чи пасуватися в порошок, щоб рівномірно розподілитися по тісту та не впливати на його консистенцію.

Часник додається на пізньому етапі приготування тіста або безпосередньо перед випіканням, забезпечуючи виразний аромат та смак. Може використовуватися часникова паста або часник, попередньо подрібнений чи пресований [7].

Основний етап – використання закваски для тіста. Закваска готується з води та житнього борошна та піддається ферментації для створення живого культурного середовища, що підсилює смак та текстуру хліба. Застосування закваски також сприяє покращенню засвоюваності харчових речовин та поліпшенню збереження продукту.

Така новітня технологія дозволяє створити хліб з багатим, насиченим смаком та ароматом, об'єднуючи традиції української кухні із сучасними підходами до хлібопекарського виробництва.

Висновки. Розробки новітнього українського житнього хліба з додаванням сала, часнику та використанням закваски демонструють важливі переваги цього інноваційного підходу у хлібопекарській галузі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гуліч М.П., Онопрієнко О.М, Ольшевська О.Д. *Харчування – вагомий фактор збереження здоров'я населення*. Інститут гігієни та медичної екології ім. О. М. Марзєєва АМН України, Київ. 2014. С. 56–58.
2. Куліні В. І. Актуальність використання поліпшувачів у технології виробництва житнього – пшеничного хліба. Здобутки, проблеми та перспективи розвитку готельно-ресторанного та туристичного бізнесу : матеріали II-ї Всеукраїнської науково-практичної конференції, 29 жовтня 2013 р. К.: НУХТ, 2013. С. 128–130.
3. Коваль, О. А. Хлібець пшенично-житній – продукт здорового харчування. Сучасні економічні системи: стан та перспективи розвитку : тези доповідей VII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 16–17 травня 2016 р. Хмельницький: ХКТЕІ, 2016. С. 467–470.
4. Летуґа Т. М., Черевична Н. І., Гапонцева О. В. Товарознавство продуктів функціонального призначення. Опорний конспект лекцій. Харків: ХДУХТ, 2012.
5. Дробот В.І. Технологія хлібопекарського виробництва. К.: Логос, 2006. 406 с.
6. Сильчук, Т. А. Використання не традиційної білковмісної сировини у виробництві хліба. *Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства*, 2014. Вип. 27. С. 274–277.
7. Коваль Ю. П. Виробництво житньо-пшеничного хліба збагаченого сумішшю прянощів. *Науковий журнал «АГОС. Мистецтво наукової думки»* №1. Грудень, 2018.
8. Дробот, В. І. Дослідження впливу добавок на процес черствіння хліба. *Харчова наука і технологія*. 2012. № 1. С. 56–58.

REFERENCES:

1. Gulich M.P., Onoprienko O.M. & (2014) Olshevska O.D. Nutrition is an important factor in maintaining the health of the population. Institute of Hygiene and Medical Ecology named after O. M. Marzeeva, Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv. P. 56–58.
2. Kulini V. I. (2013) Relevance of the use of improvers in the production technology of rye-wheat bread. Achievements, problems and prospects for the development of the hotel-restaurant and tourist business: materials of the II All-Ukrainian Scientific and Practical Conference, October 29. K.: NUHT, 2013. P. 128–130.
3. Koval, O. A. (2016) Wheatrye bread – a product of healthy nutrition. Modern economic systems: state and prospects for development: abstracts of reports of the VII International Scientific and Practical Internet Conference, May 16–17. Khmelnytskyi: HKTEI, 2016. P. 467–470.
4. Letuta T. M., Cherevichna N. I., & Gapontseva O. V. (2012) Merchandising of functional products. Reference summary of lectures. Kharkiv: KhDUHT.
5. Drobot V.I. (2006) Technology of bakery production. K.: Logos. 406 p.
6. Silchuk T.A. (2014) Use of non-traditional protein-containing raw materials in bread production. Bulletin of the Kharkiv State Technical University of Agriculture. Issue 27. P. 274–277.
7. Koval Y. P. (2018) Production of rye-wheat bread enriched with a mixture of spices. Scientific journal «АГОС. The art of scientific thought» No. 1. December.
8. Drobot V.I. (2012) Study of the influence of additives on the process of bread rancidity. Food science and technology. No. 1. P. 56–58.

УДК 636.4.084.421:636.33

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.19>

ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ЯКІСТЬ СОЇ ТА ПРОЦЕСИ ТРАВЛЕННЯ У СВИНЕЙ

Поліщук А. А. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри технології виробництва продукції тваринництва
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-3572-8491

Бірта Г. О. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувачка кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0000-0001-6952-7554

Усенко С. О. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий
співробітник, завідувачка кафедри біології продуктивності тварин
імені академіка О. В. Квасницького
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0001-9263-5625

Шостя А. М. – доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник,
професор кафедри технології виробництва продукції тваринництва
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-1475-2364

Шаферівський Б. С. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри біології продуктивності тварин
імені академіка О. В. Квасницького
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0001-5742-5016

Ільченко М. О. – кандидат сільськогосподарських наук,
старший дослідник, доцент кафедри біології продуктивності тварин
імені академіка О. В. Квасницького
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-0163-1384

Кузьменко Л. М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
професор кафедри біології продуктивності тварин
імені академіка О. В. Квасницького
Полтавського державного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-17760714

Проведені експерименти дають підставу стверджувати, що використання нативної сої є небезпечним через високу активність антипоживного ензиму – уреазу. Однак використання різних методів технологічної обробки даного зерна значно підвищує доступність поживних речовин. Зокрема встановлено, високу позитивну дію мікронізації (температура

обробки 125 °C), оскільки більш висока температура обробки зерна веде до зниження його біологічної повноцінності. Це відкриває перспективу використання обробленої сої при виробництві хліба, що дає можливість підвищити масову частку білка та зменшити частку вуглеводів, для забезпечення збалансованого харчування населення. При цьому продукти переробки сої перш за все білки мають добрі функціонально-технологічні властивості та сумісність з м'язовими білками широко застосовуються у виробництві м'ясопродуктів. Виявлено, що застосовані способи мікронізації, екструдювання і тостування зерна сої значно підвищили харчову цінність, оптимізували процеси травлення, сприяли високому засвоєнню поживних речовин дозволили уникати дискомфорту стану в органах травлення. При цьому додаткове використання в раціонах свиней екструдованого гороху і сої позитивно впливає на хімічний склад м'яса й печінки, що проявляється в підвищенні вмісту білка і тенденції до зниження вмісту жиру, збільшення маси парної туші свиней. Встановлено, що відносно сої нативної окремі методи технологічної обробки зерна цієї культури призводять до підвищення рівня вологості на 6,2% після екструдювання чи мікронізації та 4,3% соєва макуха. Методи технологічної обробки сої впливали на кислотність в хімії, де максимальний рівень спостерігався у нативних зернах, а мінімальний в екструдованих, а різниця між ними становила 29,1%. Використання методу екструдювання сої та тостованої форми сої стимулює збільшення секреції ліпази відповідно в 2,1 та 1,8 рази порівняно із його нативною формою.

Ключові слова: соя, шрот, процеси травлення, методи технологічної обробки.

Polishchuk A. A., Birta H. O., Usenko S. O., Shostia A. M., Shaferivskyi B. S., Ilchenko M. O., Kuzmenko L. M. The influence of technological processing on the quality of soy and digestive processes in pigs

The conducted experiments give reason to claim that the use of native soybeans is undesirable due to the high activity of the anti-nutritional enzyme urease. However, the use of various methods of technological processing of this grain significantly increases the availability of nutrients. In particular, a high positive effect of micronization (treatment temperature of 125 °C) was established, since a higher grain processing temperature leads to a decrease in its biological integrity. This opens up the prospect of using processed soybeans in the production of bread, which makes it possible to increase the mass share of protein and reduce the share of carbohydrates, to ensure a balanced diet of the population. At the same time, soy processing products, primarily proteins, have good functional and technological properties and are compatible with muscle proteins and are widely used in the production of meat products. It was found that the applied methods of micronization, extrusion and toasting of soybeans significantly increased the nutritional value, optimized digestion processes, promoted high assimilation of nutrients and allowed to avoid discomfort in the digestive organs. At the same time, the additional use of extruded peas and soybeans in the rations of pigs has a positive effect on the chemical composition of meat and liver; which is manifested in an increase in protein content and a tendency to decrease fat content, and an increase in the weight of paired pig carcasses. It was established that, in relation to native soybeans, certain methods of technological processing of the grain of this culture lead to an increase in the moisture level by 6.2% after extrusion or micronization and by 4.3% in the soybean meal. Soybean processing methods affected acidity in chyme, where the maximum level was observed in native grains, and the minimum in extruded ones, and the difference between them was 29.1%. The use of the soybean extrusion method and the toasted form of soybeans stimulate an increase in the secretion of lipase by 2.1 and 1.8 times, respectively, compared to its native form.

Key words: soybean, meal, digestion processes, technological processing methods.

Вступ. Враховуючи біологічні особливості та здатність до тривалого зберігання зерна сої відкриваються шляхи до широкого її використання як харчового та кормового інгредієнту. Це обумовлено тим, що у зерні цієї культури міститься 30–39% білка та 16–18% жиру [1, 2].

Широке використання соєвих бобів знижує спектр їх використання через наявність антипоживних речовин, що потребує технологічної обробки (екструдювання, експандування, тостування, мікронізації), а отримана повножирова соя, соєва макуха успішно використовуються на сировинному ринку. Проте, споживання повножирової сої інколи супроводжується зниженням синтезу білка у м'язовій тканині тварин, а також змінює активність протеаз (інгібіторів трипсину,

хімотрипсину; антивітамінів А, D, E, B₁₂) [3, 4]. Окремою характеристикою продуктів переробки сої є амінокислотний склад, зокрема значна кількість лізину, метіоніну та триптофану порівняно з іншими зерновими культурами [5, 6].

Постановка проблеми. Соева макуха і шрот містять комплекс життєвоважливих мікроелементів (ферум, манган, цинк) та відносно високий вміст макроелементів (калій, магній, сульфур, сірка), що потребує врахування наявності фітатних речовин [7, 8]. Даний вид рослинної сировини є найбільш доступним за ціною, а отже широко поширеним та застосовується, як наповнювач при виробництві комбінованих м'ясопродуктів. Це обумовлено структурою білкових речовин і смаковими якостями, які досягаються за рахунок високої емульгуючої, жиро-, вологоутримуючої здатності та засвоюваності у шлунково-кишковому тракті [9, 10, 11].

Для підвищення конверсії зерна сої використовують такі способи підготовки: механічні (подрібнення і плющення), термічні (прожарювання, тостування макухи, варіння), баротермічні (екструдювання, експандування), барогідротермічні (варіння в автоклавах), пророщування зерна та мікронізація зерна (обробка ГЧ-випромінюванням). Внаслідок обробки зерна сої знижується активність уреазу та втрачається до 15–20% лізину.

Метою роботи було встановити вплив технологічної обробки на якість сої та процеси травлення у свиней.

Виклад основного матеріалу. Перший експеримент було спрямовано на підвищення біологічної доступності компонентів зерна сої за використання різних методів технологічної обробки. Ефективність технологічної обробки оцінювали, шляхом визначення основних якісних показників, а саме: активності уреазу (од. рН) [12], коефіцієнтів руйнування олієвмісних клітин [13, 14] і розчинності білка [15].

Другий експеримент передбачав дослідження перебігу процесів травлення залежно від кількості зерна сої у раціоні обробленого різними методами. У досліді використано молодняк свиней, як модельних тварин, в яких більшість процесів, в тому числі і травлення, аналогічні людині. Експерименти були проведені на оперованих тваринах з фістулою шлунку дванадцятипалої кишки, яким згодовували в складі раціонів сою нативну, соєвий тостований шрот, сою мікронізовану при температурі 125°, 145°, 165°, сою екстродовану і сою екстродовану з домішкою селену і вітаміну Е. При цьому дію кожного раціону з соєпродуктом обґрунтовували фізіологічними дослідженнями, які характеризували функціональне травлення моно-гастричних, а саме: кислотність вмісту шлунку, активність травних ензимів – трипсину за методом Гросса [16], амілолітичних за Вольгемуттом і ліполітичних [16]. Крім того, вивчали консистенцію хімусу на наявність недостатньо перетравлених частин корму, його запах і колір, тобто фізичні візуальні показники.

Виявлено, що різні методи технологічної обробки змінюють якісні показники зерна сої (табл. 1). Вміст інгібіторів трипсину в нативній сої, визначених за активністю уреазу, був дуже високим, що робить цей продукт небезпечним для використання. Встановлено, що відносно сої нативної окремі методи обробки зерна цієї культури призводять до підвищення рівня вологи на 6,2% після екструдювання чи мікронізації, а також після приготування соєвої макухи на 4,3%. Обробка бобів цього виду рослин призводить до істотного зниження активності уреазу зокрема після процесів екструдювання в 10,4, мікронізації – 6,2 рази, тостування 10,4 рази. Однак, дані розчинності білка вказують на те, що даний показник знижується після екструдювання на 10,2%, мікронізації 10,2%, приготування шроту 7,3%, тостування – 18,3% та приготування макухи – 9,9%.

Виявлено, що обробка сої баротермічними методами сприяє руйнуванню олієвмістних клітин, робить соєву олію легкодоступною в організмі тварин та підтверджується даними Uerband Deutscher Olmuhlen E.U. [17, 18, 19]. Використання екструзії та мікронізації підвищує рівень руйнування олієвмістних клітин відповідно на 19,0% і 40,0%.

Таблиця 1

Показники якості сої за різних технологічних умов переробки

Метод обробки агрегатах	Температура на виході, °C	Вміст вологи до обробки, %	Вміст вологи після обробки, %	Вміст жиру, г	Активність уреаз, од. pH	Коефіцієнт руйнування олієвмістних клітин	Розчинність білка, %
Соя нативна (сира)	-	11,24	-	17,02	1,98	1,00	98,4
Соя екструдована – екструдер КМЗ-2М	145	12,30	6,18	15,13	0,19	1,19	88,4
Соя мікронізована – установка СРБ-Ф-2	125	12,80	6,20	17,32	0,32	1,40	88,4
Соєвий шрот – не тостований	-	11,25	-	1,52	1,57	-	91,2
Соєвий тостований шрот	-	13,40	-	1,20	0,19	-	80,4
Соєва макуха	145	14,67	4,27	8,42	0,32	-	88,7

Результати аналізу показали, що при короткочасній дії температур на рівні 125...145 °C змін в амінокислотному складі сої екструдованої і мікронізованої в порівнянні з сирим продуктом не встановлено.

Ростучий організм свині має велику здатність до інтенсивної асиміляції поживних речовин, синтезу і відкладання в тілі білків та жирів [20, 21, 22]. Введення до складу раціону 10% нативної сої за різних методів технологічної обробки у молодняку свиней істотно змінювало вигляд хімусу шлунку та дванадцятипалої кишки (табл. 2, 3). Це також проявлялося змінами загальної кислотності вмісту шлунку тварин контрольної групи, яка склала 38,6 титриметричних одиниць, в тому числі – кількість вільної форми склала 16,00, а зв'язаної 22,00 титриметричних одиниць.

Виявлено, що функціональна активність шлунку, щодо підтримки його кислотності, залежала, як від методу обробки сої так і температурного режиму. Встановлено, що у даного виду зерна у нативній формі кількість вільної соляної кислоти склала – 16, а зв'язаної – 22 титриметричних одиниці. Підвищення температури мікронізованої обробки сприяло істотному збільшенню надходження у шлунок вільної соляної кислоти на 62,5% (125 °C), 75,0% (145 °C), 87,5% (160 °C). Встановлено тенденцію до збільшення кількості загальної соляної кислоти за різних величин температурної обробки та підвищення її вмісту на 32,1% (125 °C), 24,4% (145 °C), 37,3% (160 °C).

Таблиця 2

Кислотність вмісту шлунку (титриметричних одиниць)

Вид корму	Кислотність		
	вільна соляна кислота	зв'язана соляна кислота	загальна соляна кислота
Соя нативна	16,00 ± 3,20	22,00 ± 4,26	38,60 ± 6,80
Соя мікронізована при t			
125° C	26,00 ± 1,76	25,00 ± 4,00	51,00 ± 5,45
145° C	28,00 ± 5,00	20,00 ± 8,00	48,00 ± 13,00
160° C	30,00 ± 4,15	23,00 ± 1,22	53,00 ± 3,17
Соя екструдована (без добавки до раціону селену та вітаміну Е)	37,00 ± 2,34	26,00 ± 2,73	63,00 ± 2,97
Соя екструдована (з добавкою до раціону селену та вітаміну Е)	37,00 ± 5,20	28,00 ± 7,87	65,00 ± 0,71
Соевий тостований шрот	32,00 ± 2,77	28,00 ± 6,20	60,00 ± 8,70

Таблиця 3

Активність травних ензимів дванадцятипалої кишки (одиниць активності)

Вид корму	Показники активності			
	pH	трипсину	амілази	ліпази
Соя нативна	5,97	577,5 ± 20,3	200,6 ± 15,5	240,6 ± 16,3
Соя мікронізована за температури				
125° C	4,93	454,6 ± 36,1	677,6 ± 45,8	654,3 ± 86,3
145° C	4,99	297,6 ± 60,3	225,0 ± 10,8	192,3 ± 17,1
160° C	5,46	370,0 ± 34,3	194,0 ± 64,0	253,0 ± 53,2
Соя екструдована	4,23	588,8 ± 75,2	401,8 ± 76,3	515 ± 23,6
Соя екструдована (з додаванням до раціону селену та вітаміну Е)	4,68	792,5 ± 140,5	760,2 ± 192,5	592,2 ± 93,3
Соевий тостований шрот	4,91	458,3 ± 82,0	490,0 ± 98,2	420,6 ± 139,3

Обробка зерна сої методом екструдування істотно збільшувало загальну кількість соляної кислоти у 1,6 рази, зв'язаної – 1,2 рази та вільної форми – 2,3 рази. У тостованому шроті рівень функціональної активності залоз шлунку був близьким до екструдованого. Встановлені особливості реакції шлункової стінки на наявність у кормі нативної сої свідчить про гальмування травлення, а використання різних технологічних методів обробки відкриває шлях до її інтенсивного використання в годівлі свиней.

Дані про рівень травних ензимів дванадцятипалої кишки, що наведені в таблиці 3, свідчать, про те що протеолітична активність ензимів хімусу знаходилася в межах фізіологічної норми. Це вказує на те, що на білок сої, до речі, як і на будь-який інший білок, який потрапляє в шлунок тварини, а потім в дванадцятипалу кишку, організм тварини відповідає фізіологічною реакцією виділенням відповідних ензимів для його розщеплення і активність їх на цьому етапі завжди

висока. Встановлено, що за різних методів обробки сої, при яких інактивується антипоживний фактор – уреаза, залежить швидкість розпаду білків до амінокислот.

Дані досліджень свідчать, про те, що методи технологічної обробки сої впливали на кислотність в хімусі, де максимальний її рівень спостерігався у нативних зернах, а мінімальний в екструдованих, а різниця між ними становила 29,1%. Спостерігалось істотне варіювання активності трипсину від 297,6 до 792,5 од. акт., де перший показник встановлено за використання мікронізованої сої обробленої за температури 145 °C, а другий при застосуванні методу екструдкування із подальшим додаванням селену та вітаміну Е.

Виявлено, що різні методи технологічної обробки сої позитивно впливали на активність амілази в напрямку переважання активності в 3,4 рази після мікронізації бобів (t 125 °C), 2,0 рази після екструдкування і 3,8 рази після екструдкування із подальшим додаванням селену та вітаміну Е порівняно із нативною формою бобів.

Встановлено коливання активності ліпази залежно від методу технологічної обробки сої. Зокрема, використання методу екструдкування зерна та введення до корму селену та вітаміну Е стимулювало збільшення секреції ліпази відповідно в 2,1 та 2,5 рази порівняно із його нативною формою. При цьому згодовування тостованої форми сої також суттєво в 1,8 рази підвищувало активність даного ензиму.

Необхідно відзначити, що оброблення сої шляхом мікронізування мало різнонаправлену дію за температурного режиму при 125 °C збільшувало активність ліпази у 2,7 рази, а при 145 °C незначно знижувало.

Висновки.

1. Встановлено, що відносно сої нативної окремі методи технологічної обробки зерна цієї культури призводять до підвищення рівня вологи на 6,2% після екструдкування чи мікронізації та 4,3% соєва макуха. При цьому обробка бобів цього виду рослин призводить до істотного зниження активності уреази зокрема після процесів екструдкування в 10,4, мікронізації – 6,2 рази, тостування 10,4 рази. Однак показник розчинності білка знижується після екструдкування на 10,2%, мікронізації 10,2%, тостування – 18,3%, приготування шроту 7,3%, та макухи – 9,9%.

2. Методи технологічної обробки сої впливали на кислотність в хімусі, де максимальний рівень спостерігався у нативних зернах, а мінімальний в екструдованих, а різниця між ними становила 29,1%. При цьому активність амілази переважає в 3,4 рази після мікронізації бобів (t 125 °C), 2,0 рази після екструдкування і 3,8 рази після екструдкування із подальшим додаванням селену та вітаміну Е порівняно із нативною формою бобів.

3. Використання методу екструдкування сої та тостованої форми сої стимулює збільшення секреції ліпази відповідно в 2,1 та 1,8 рази порівняно із його нативною формою. Оброблення зерна даної культури шляхом мікронізування за температурного режиму при 125 °C є найбільш оптимальним та збільшує активність ліпази у 2,7 рази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Арсеньєва, Л. Ю. Поширення можливості використання сої у хлібопекарському виробництві / Л. Ю. Арсеньєва, Н. П. Яценко, В. М. Махінко // Наукові праці НУХТ. Вип. 7. К., 2002. С. 55–56.

2. Бабич А.О., Бабич-Побережна А.А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ: Аграрна наука, 2011. 548 с.

3. Дяченко Л. Основи технології комбікормового виробництва: навч. посіб. / Л. Дяченко, В.С. Бомко, Т.Л. Сивик. Біла Церква, 2015. 305 с.
4. Супрун-Крестова О. Ю. Технологія кормових добавок з використанням нетрадиційної сировини: Автореф. дис.канд. техн. наук: 05.18.02 / О. Ю. Супрун-Крестова; Національний університет харчових технологій. К., 2005. 20 с.
5. Використання бобів сої в годівлі свиней, телят і птиці: рекомендації / [В.Ф. Петриченко, М.Ф. Кулик, Ю.Ю. Мельник та ін.]. Вінниця: Інститут кормів НААН України, 2010. 60 с.
6. Волощук О. В. Особливості обміну речовин чистопородного і помісного молодняка свиней. Наукові доповіді НУБіП України. 2018. № 1(71). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/10032> (дата звернення: 16.01.2024).
7. Рибалко В.П. Свинарство – національна галузь. / В.П. Рибалко // Пропозиція. 2010. № 1. С. 116–118.
8. Dale N.M., Araba M. Whittle E. Protein solubility as an indicator of optimum processing soybean meal // Georgia nutrition conf. for the feed industry. Atlanta, 1987. P. 88–95.
9. Бірта Г.О. Ріст і розвиток свиней різних напрямків продуктивності / Г.О. Бірта // Ефективне тваринництво. 2011. № 2. С. 12–16.
10. Ібатуллін І.І., Жуковський О.М. Методологія та організація наукових досліджень у тваринництві. Київ, Аграрна наука, 2017. 328 с.
11. Ібатуллін І.І., М.І. Башенко, О.М. Жуковський та ін. Довідник з повноцінної годівлі сільськогосподарських тварин. Київ: Аграрна наука, 2016. 300 с.
12. Лихач В.Я., Лихач А.В., Шебанін П.О. Інноваційні технології виробництва продукції тваринництва. Миколаїв 2015, 352 с.
13. Норми годівлі, раціони і поживність кормів для різних видів сільськогосподарських тварин: довідник / Г. В. Проваторов, В.І. Лади́ка, Л.В. Бондарчук, В.О. Проваторова та ін. Суми: Унів. кн., 2007. 488 с.
14. Світовий ринок сої: які тенденції і хто головний [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.td-sv.com/world-soya-market/FAOSTAT> (2018).
15. Сирохман І. В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення: навч. пос. [для студ. вищ. навч. закл.] / І. В. Сирохман, В. М. Завгородня. К.: Центр учбової літератури, 2009. 544 с.
16. Передера Ж.О. та інші. Визначення якості свинини при застосуванні різних систем годівлі /Ж. Передера, Н. Щербаков// Ефективні корми та годівля, № 2. 2014. С. 33–35.
17. Кулик М. Ф., Красносельська М. П. Забійні показники свиней при використанні в годівлі екструдованої сої в поєднанні з біологічно мінеральною добавкою на основі лізину і сапоніту. Аграрна наука та харчові технології. 2017. № 1. С. 51–59.
18. Притульська Н.В., Рудацька Г.Б. Продовольчі товари: лабораторний практикум. Київ: Нац. торг.-екон. ун-т., 2007. 505 с.
19. Волощук В.М. Ефективність сучасних технологій у галузі свинарства / В.М. Волощук, С.Ю. Смилов // Свинарство. Полтава, 2012. Вип. 60. С. 3–8.
20. Семенов С.О., Поліщук А.А., Булавкіна Т.П. Методика комплексного контролю якості соєпродуктів / Сучасні методики досліджень у свинарстві. 2005., Полтава С. 166–169.
21. Makarinska et al., 2018 Makarinska, A.V., Chernega, I.S., Oganessian, A.A. (2018). Advantages of using protein vegetable concentrates in the manufacture of compound feed products. J. Grain products and compound feeds. 18, I.3. 34–39.
22. Kessler A., Archontoulis S.V., Licht M.A., 2020. Soybean yield and crop stage response to planting date and cultivar maturity in Iowa, USA. Agron. J. 112(1), 382–394. <https://doi.org/10.1002/agj2.20053>

REFERENCES:

1. Arsenieva, L. Yu. (2002) *Poshyrennia mozhlyvosti vykorystannia soi u khlibopekarskomu vyrobnytstvi* / L. Yu. Arsenieva, N. P. Yatsenko, V. M. Makhynko. Naukovi pratsi NUKhT. K., Vyp. 7. S. 55–56.
2. Babych A.O., Babych-Poberezhna A.A. (2011) *Selektsiia, vyrobnytstvo, torhivlia i vykorystannia soi u sviti*. Kyiv: Ahrarna nauka, 548 s.
3. Diachenko L. (2015) *Osnovy tekhnolohii kombikormovoho vyrobnytstva: navch. posib.* / L. Diachenko, V.S. Bomko, T.L. Syvyk. Bila Tserkva.
4. Suprun-Krestova O. Yu. (2005) *Tekhnolohiia kormovykh dobavok z vykorystanniam netradytsiinoi syrovyny: Avtoref. dys.kand. tekhn. nauk: 05.18.02* / O. Yu. Suprun-Krestova; Natsionalnyi universytet kharchovykh tekhnolohii. Kyiv.
5. *Vykorystannia bobiv soi v hodivli svynei, teliat i ptytsi: rekomendatsii* / [V.F. Petrychenko, M.F. Kulyk, Yu.Iu. Melnyk ta in.]. Vinnytsia: Instytut kormiv NAAN Ukrainy, 2010. 60 s.
6. Voloshchuk O. V. (2018) *Osoblyvosti obminu rechovyn chystoporodnoho i pomisnoho molodniaku svynei*. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. № 1(71). URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/10032> (data zvernennia: 16.01.2024).
7. Rybalko V.P. (2010) *Svynarstvo – natsionalna haluz. Propozytsiia*. № 1. S. 116–118.
8. Dale N.M., Araba M. Whittle E. (1987) Protein solubility as an indicator of optimum processing soybean meal // Georgia nutrition conf. for the feed industry. Atlanta, P. 88–95.
9. Birta H.O. (2011) *Rist i rozvytok svynei riznykh napriamkiv produktyvnosti* / H.O. Birta // *Efektyvne tvarynnystvo*. № 2. S. 12–16.
10. Ibatullin I.I., Zhukorskyi O.M. (2017) *Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen u tvarynnystvi*. Kyiv, Ahrarna nauka, 328 s.
11. Ibatullin I.I., M.I. Bashchenko, O.M. Zhukorskyi ta in. (2016) *Dovidnyk z povnotsinnoi hodivli silskohospodarskykh tvaryn*. Kyiv: Ahrarna nauka, 300 s.
12. Lykhach V.Ia., Lykhach A.V., Shebanin P.O. (2015) *Innovatsiini tekhnolohii vyrobnytstva produktsii tvarynnystva*. Mykolaiv, 352 s.
13. *Normy hodivli, ratsiony i pozhyvnist kormiv dlia riznykh vydiv silskohospodarskykh tvaryn: dovidnyk* / H. V. Provatorov, V.I. Ladyka, L.V. Bondarchuk, V.O. Provatorova ta in. Sumy: Univ. kn., 2007. 488 s.
14. *Svitovyi rynek soi: yaki tendentsii i khto holovnyi* [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu: <https://www.td-sv.com/world-soya-market/FAOSTAT> (2018).
15. Syrokhman I. V. (2009) *Tovaroznavstvo kharchovykh produktiv funktsionalnoho pryznachennia: navch. pos. [dlia stud. vyshch. navch. zakl.]* / I. V. Syrokhman, V. M. Zavhorodnia. K.: Tsentr uchbovoi literatury, 544 s.
16. Peredera Zh.O. ta inshi. (2014) *Vyznachennia yakosti svynyny pry zastosuvanni riznykh system hodivli* / Zh. Peredera, N. Shcherbakov // *Efektivni kormy ta hodivlia*, № 2. S. 33–35.
17. Kulyk M. F., Krasnoselska M. P. (2017) *Zabiini pokaznyky svynei pry vykorystanni v hodivli ekstrudovanoi soi v poiednanni z biolohichno mineralnoi dobavkoiu na osnovi lizynu i saponitu*. Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohii. № 1. S. 51–59.
18. Prytulska N.V., Rudavska H.B. (2007) *Prodovolchi tovary: laboratornyi praktykum*. Kyiv: Nats. torh.-ekon. un-t., 505 s.
19. Voloshchuk V.M. (2012) *Efektivnist suchasnykh tekhnolohii u haluzi svynarstva* / V.M. Voloshchuk, S.Iu. Smyslov // *Svynarstvo*. Poltava, Vyp. 60. S. 3–8.
20. Semenov S.O., Polishchuk A.A., Bulavkina T.P. (2005) *Metodyka kompleksnoho kontroliu yakosti soiieproduktiv* / Suchasni metodyky doslidzhen u svynarstvi. Poltava S. 166–169.

21. Makarinska et al., 2018 Makarinska, A.V., Chernega, I.S., Oganessian, A.A. (2018). Advantages of using protein vegetable concentrates in the manufacture of compound feed products. J. Grain products and compound feeds. 18, I.3. 34–39.
 22. Kessler A., Archontoulis S.V., Licht M.A. (2020) Soybean yield and crop stage response to planting date and cultivar maturity in Iowa, USA. Agron. J.
-

УДК 637.146

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.20>

СИРНИЙ ДЕСЕРТ З КОЗИНОГО МОЛОКА З РОСЛИННИМ КОМПОНЕНТОМ

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

Кузьмінська І. М. – кандидат технічних наук, асистент кафедри
харчових технологій виробництва й стандартизації харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-4499-0910

Наведено результати досліджень з вивчення фізико-хімічні, мікробіологічні і технологічні властивості козиного молока-сировини, встановлені основні критерії оцінки, якості і безпеки та перспективність для використання в сироварінні. Встановлені і науково обгрунтовані технологічні параметри виробництва ферментованих молочних продуктів, здійснений вибір заквашувальних культур і рослинного компонента що забезпечують отримання продуктів високої якості. Молоко кіз характеризувалося вищим вмістом жиру, протеїну, лактози та сухих речовин, відповідно, на 3,2 %, 3,5 % і 9,1 % порівняно з коров'ячим. Такий вміст речовин забезпечив його доволі високу густину – 1,034 г/см³. Кислотність козиного молока була нижчою за цей показник коров'ячого молока і є наслідком його потужної буферності ємкості, завдяки високому вмісту білка, кальцію і солей фосфору. Кількість соматичних клітин у козиному молоці була дещо вищою, ніж у коров'ячому, що є наслідком як біологічних особливостей. Кислотність козиного молока була нижчою за цей показник коров'ячого молока і є наслідком його потужної буферної ємкості, завдяки високому вмісту білка, кальцію і солей фосфору. Кількість соматичних клітин у козиному молоці була дещо вищою, ніж у коров'ячому, що є наслідком як біологічних особливостей. Рослинним компонентом для виробництва сирного десерту з козячого молока була вибрана обліпиха. Підібрано рецептуру на «Сирний десерт з обліпихою», визначено співвідношення компонентів на 1000 кг продукції. На виробництво 600 кг сиру витрачається 3000 л молока-сировини. У ході проведення дегустації зроблено висновок, що сирний десерт, що розробляється, має досить виражений кисло-молочний, в міру солодкий, властивий наповнювачу смак і запах, кремоподібну консистенцію, ніжно-оранжевий колір. Також специфічний запах обліпихи допомагає нівелювати запах козячого сиру, що може привабити споживача. Відсутність нормативних документів (ДСТУ, ТУ У та технологічних інструкцій до них) на козине молоко, що заготовляється, заквасок, біопрепаратів та інноваційних технологій виробництва сичужних сирів і сиру з кисломолочного, на промисловій основі, викликає необхідність в розробці та у їх впровадженні у виробництво фермерських господарств та молокопереробних підприємств країни.

Ключові слова: консистенція, жир, смак, обліпиха, рослинний компонент, козяче молоко, сир.

Prylipko T. M., Kuzminska I. M. Cheesy dessert made from goat's milk with a vegetable component

The results of research on the study of physico-chemical, microbiological and technological properties of raw goat milk are presented, the main assessment, quality and safety criteria and prospects for use in cheese making. The technological parameters of the production of fermented dairy products have been established and scientifically based, the selection of fermentation crops and plant components has been made, which ensure the production of high-quality products. Goat milk was characterized by a higher content of fat, protein, lactose and solids, respectively, by 3.2%, 3.5% and 9.1% compared to cow's milk. This content of substances ensured its rather high density – 1.034 g/cm³. The acidity of goat's milk was lower than that of cow's milk and is a

consequence of its powerful buffering capacity, due to the high content of protein, calcium and phosphorus salts. The number of somatic cells in goat's milk was slightly higher than in cow's milk, which is a consequence of both biological features. The acidity of goat's milk was lower than that of cow's milk and is a consequence of its powerful buffering capacity, due to the high content of protein, calcium and phosphorus salts. The number of somatic cells in goat's milk was slightly higher than in cow's milk, which is a consequence of both biological features. Sea buckthorn was selected as a plant component for the production of goat's milk cheese dessert. The recipe for "Cheese dessert with sea buckthorn" was selected, the ratio of components per 1000 kg of products was determined. 3,000 liters of raw milk are used to produce 600 kg of cheese. In the course of the tasting, it was concluded that the cheese dessert being developed has a rather pronounced sour-milk, moderately sweet taste and smell characteristic of the filling, a creamy consistency, and a gentle orange color. Also, the specific smell of sea buckthorn helps to neutralize the smell of goat cheese, which can attract the consumer. The absence of regulatory documents (DSTU, TU U and technological instructions for them) for goat milk that is harvested, leavens, biological preparations and innovative technologies for the production of rennet cheeses and sour-milk cheese, on an industrial basis, makes it necessary to develop and implement them in the production of farm farms and dairy enterprises of the country.

Key words: consistency, fat, taste, sea buckthorn, vegetable component, goat's milk, cheese.

Постановка проблеми. Харчування є фактором зовнішнього середовища, котрий постійно діє на організм людини. З погіршенням екологічної ситуації в країні зростає рівень набутих хвороб й частіше виявляються спадкові захворювання. По всьому світі спостерігається зростання попиту на продукти здорового харчування [11, с. 85; 12, с. 22].

За оцінками ряду дослідників у населення козине молоко користується підвищеним попитом як продукт дієтичного та функціонального харчування. Натепер в Україні створюються фермерські господарства, що сприяє збільшенню обсягів виробництва козиного молока. Козине молоко характеризується високою біологічною активністю, яка пощизитивно впливає на організм споживачів [6, с. 55].

Корисні властивості козячого молока важливі для життя людини, переважно для дітей і людей похилого віку. Висока поживність козячого молока виражена не тільки амінокислотним складом, а й великим вмістом у ньому кальцію, фосфору, кобальту, вітамінів А, В, С і D, тому воно є гарною альтернативою коров'ячому молоку [7, с. 203].

Козяче молоко у своєму складі має меншу кількість лактози (молочного цукру), ніж коров'яче, тому воно не викликає діареї і підходить тим, у кого погано засвоюється лактоза. Молоко кози має значно нижчі рівні альфа-s1-казеїн, що обумовлює його гіпоалергенні властивості і є однією з причин, через яку воно може краще переноситися деякими людьми [2, с. 3; 7, с. 101].

Аналіз останніх досліджень і публікацій Розробці технологічних і біологічних аспектів виробництва ферментованих молочних продуктів з коров'ячого молока присвячена значна кількість наукових робіт. Зокрема, вивчався його хімічний склад, біохімічні, мікробіологічні та технологічні властивості [1, с. 20; 8, с. 119].

Розроблялись нові види заквасок та досліджувалась їх вплив на перебіг мікробіологічних і біохімічних процесів під час виготовлення та дозрівання сирів [4, 9]. Вирішувались проблеми особливостей біотехнологій сирів та їх якості [3, с. 84]. Розроблялись технології сичужних сирів та сиру кислomолочного з урахуванням тенденцій та змін, що відбувалися за час становлення ринкової економіки [9, с. 771].

Проте, слід зазначити, що більшість згаданих робіт присвячено виробництву ферментованих молочних продуктів з коров'ячого молока. При цьому,

публікації вчених з використанням козиного молока у сироварінні [7, с. 20; 8, с. 121] стосувались технологій ферментованих продуктів, вироблених кустарним способом. Розробки, що передбачають комплексний і системний підхід до наукового вирішення проблем, спрямованих на удосконалення існуючих та створення нових біотехнологій сичужних сирів та сиру кисломолочного з козиного молока, вкрай обмежені.

Постановка завдання. Дані щодо складу молока, яке виробляється в Україні, його залежності від багатьох факторів біологічної і не біологічної природи, відсутні. Тому є актуальним та нагальним системний підхід до вивчення складу козиного молока, технологічних властивостей що в свою чергу складе науково обґрунтування для розроблення новітніх ефективних біотехнологій ферментованих продуктів з козиного молока, у тому числі сирів [10, с. 8].

Сир із козячого молока має низку переваг, наприклад, підвищений вміст у ньому збалансованого білка – казеїну, який відмінно заповнює добову потребу організму в ньому. Бажання урізноманітнити асортимент молочного ринку сприяє виробництву продукції з різними смаками. Зокрема, використання обліпихи дозволяє отримати продукт із високою харчовою та біологічною цінністю.

Поєднання новітніх технологій та стародавньої мудрості відкриває нові шляхи для створення харчових продуктів, формування нових підходів, удосконалення технологій та розширення асортименту продуктів, які будуть відповідати технологічним стандартам, потребам окремого споживача та зберігати харчову цінність. Прянощі, спеції, сушені фрукти, ягоди, злакові культури, горіхи, насіння є натуральними інгредієнтами, що надають аюрведичним продуктам смакових, поживних та корисних властивостей, і заслуговують на увагу під час формування нових смаків і розроблення нових продуктів [5, с. 77].

Обліпиха – прекрасна рослина, яка має лікувально-профілактичні властивості та відома по всьому світу. У ній міститься велика кількість вітамінів та інших біологічно активних речовин, причому ці речовини поєднуються таким чином, що значно посилюють дію один одного. Плоди та листя обліпихи багаті на вітамін С. Містяться органічні кислоти – яблучна кислота, щавлева, винна та бурситова від 1 до 4 %. Цукрів у обліпихі порівняно небагато – трохи більше 5–6 %. Сік обліпихи має бактерицидну дію на багатьох інфекційних збудників, стимулює виробництво травних ферментів та жовчі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Особливість виробництва сирів з козячого молока пов'язана з його меншою здатністю до згортання ферментами, що в деякій мірі пояснюється фракційним складом білка і низької титруемой кислотністю. Тому при переробці козячого молока на сир доцільно проводити його дозрівання, додаючи частину зрілого коров'ячого молока, або вносити підвищені дози бактеріальної закваски та хлористого кальцію, коригувати кислотнo-сольовий склад.

На першому етапі досліджувалися фізико-хімічні, мікробіологічні і технологічні властивості козиного молока-сировини, встановлені основні критерії оцінки, якості і безпеки та перспективність для використання в сироварінні. Другий етап присвячений розробці і удосконаленню технологій ферментованих продуктів з козиного молока. Зокрема, встановлені і науково обґрунтовані технологічні параметри виробництва ферментованих молочних продуктів, здійснений вибір заквашувальних культур і рослинного компонента що забезпечують отримання продуктів високої якості. На третьому етапі здійснювалася оцінка якості готової продукції відповідно до вимог діючих стандартів.

Молоко кіз характеризувалося вищим вмістом жиру, протеїну, лактози та сухих речовин, відповідно, на 3,2 %, 3,5 % і 9,1 % порівняно з коров'ячим. Такий вміст речовин забезпечив його доволі високу густину – 1,034 г/см³. Кислотність козиного молока була нижчою за цей показник коров'ячого молока і є наслідком його потужної буферності ємкості, завдяки високому вмісту білка, кальцію і солей фосфору. Кількість соматичних клітин у козиному молоці була дещо вищою, ніж у коров'ячому, що є наслідком як біологічних особливостей.

Унікальні корисні властивості обліпихи у поєднання з молочним продуктом принесуть не тільки задоволення від смачного десерту, але й позитивно вплинуть на загальний стан організму. Ягоди обліпихи подрібнюються у змішувачі, додавши мед чи цукор. Окремо збивається сир. Потім інгредієнти з'єднуються, добре перемішуються, запаковуються та відправляються на зберігання та реалізацію. Підібрано рецептуру на «Сирний десерт з обліпихою», визначено співвідношення компонентів на 1000 кг продукції. На виробництво 600 кг сиру витрачається 3000 л молока-сировини.

Таблиця 1

Рецептура сирного десерту з козиного молока

Назва молочної продукції			
Компоненти:	Сирний десерт		
Сир, кг			
			650
Обліпиха, кг			350
Цукор пісок, кг			50

У ході проведення дегустації зроблено висновок, що сирний десерт, що розробляється, має досить виражений кисломолочний, в міру солодкий, властивий наповнювачу смак і запах, кремоподібну консистенцію, ніжно-оранжевий колір. Обліпиха істотно покращує здоров'я та зміцнює імунітет, якщо вживати її регулярно. Тому в сезон застуд дуже бажано включити ягоду до свого раціону. Також специфічний запах обліпихи допоможе нівелювати запах козячого сиру, що може привабити споживача.

Висновки. Відсутність нормативних документів (ДСТУ, ТУ У та технологічних інструкцій до них) на козине молоко, що заготовляються, заквасок, біопрепаратів та інноваційних технологій виробництва сичужних сирів і сиру з кисломолочного, на промисловій основі, викликає необхідність в розробці та у їх впровадженні у виробництво фермерських господарств та молокопереробних підприємств країни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Головаш О.О. Ресурсозберігаюча технологія виробництва термокислотного сиру. *Вісник СНАУБ*. 2007. № 9 (13). С. 20–31.
2. Дмитренко І. І. Молоко козине сировина. Технічні умови : ДСТУ 7009: Чинний від 01.01.2010. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 9 с.
3. Рижкова Т.М. Впровадження безвідходної технології на мініпідприємствах *Нові технології та удосконалення процесів харчових виробництв*: зб. наук. праць

Харківської державної академії технології та організації харчування. – 1999. С. 84–86.

4. Рижкова Т.М. Оцінка якості сичугових м'яких сирів, виготовлених із коров'ячого та козиного молока. *Вестник Харьковского государственного политехнического университета: сборник научных трудов*. 2000. Вып. 123. С. 9–13.

5. Рижкова Т.М. Шляхи підвищення якості сичугових сирів, виготовлених з козячого молока. *Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв: збірник наукових праць Харківської державної академії технології та організації харчування*. 2000. Ч. 1. С. 77–82.

6. Рижкова Т.М. Новий напрямок у переробці молока на м'які розсільні сири. *Вісник Донецького національного університету економіки та торгівлі: збірник наукових праць*. 2001. № 1(9). С. 55–60.

7. Приліпко Т.М. Фізіолого-біохімічні основи продуктивності тварин: монографія. Вінниця:ТВОРИ, 2023. 666 с.

8. Приліпко Т.М., Букалова Н.В., Богатко Н.М., Лясота В.П., Джміль В. І. Санітарно-гігієнічний контроль виробництва молока-сировини коров'ячого та його мікробіологічний аналіз. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон. Видавничий дім «Гельветика». 2023. Вип. 3. С. 119–127.

9. Rui Sérgio S.F. da Multicomponent diffusion modeling and simulation in prato cheese salting using brine at rest: The finite element method approach. *J. of Food Engineering*. 2007. Vol. 79. Issue 3. April. P. 771–778.

10. Рослинне молоко: URL: <https://narodfarma.com.ua/ua/beverages/healthy-bever-ges/>

11. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. *Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects»* (Latvian Republic, Rīga, 01–02 September 2016).

12. Prylipko T. Control of the Quality and Safety of Dairy Products in Ukraine: International and Legal Aspects. *European Food and Feed Law Review* Volume 18 (2023), Issue 1. Pages 22–30.

REFERENCES:

1. Holovash O.O. (2007) Resursozberihaiucha tekhnolohiia vyrobnytstva termokyslotnoho syru. *Visnyk SNAUB*. № 9 (13). S. 20–31.

2. Dmytrenko I. I. (2010). Moloko kozyne syrovyna. *Tekhnichni umovy : DSTU 7009: Chynnyi vid 01.01.2010*. Kyiv :Derzhspozhyvstandart Ukrainy9 s.

3. Ryzhkova T.M. (1999) Vprovadzhennia bezvidkhodnoi tekhnolohii na minipidpriemstvakh Novi tekhnolohii ta udoskonalennia protsesiv kharchovykh vyrobnytstv: zb. nauk. prats Kharkivskoi derzhavnoi akademii tekhnolohii ta orhanizatsii kharchuvannia. S. 84–86.

4. Ryzhkova T.M. (2000) Otsinka yakosti sychuhovykh miakykh syriv, vyhovlenykh iz koroviachoho ta kozyniachoho moloka. *Vestnyk Kharkovskoho hosudarstvennoho polytekhnicheskoho unyversyteta: sbornyk nauchnykh trudov*. V. 123. S. 9–13.

5. Ryzhkova T.M. (2000). Shliakhy pidvyshchennia yakosti sychuhovykh syriv, vyhotovlenykh z koziachoho moloka. *Prohresyvni tekhnolohii ta udoskonalennia protsesiv kharchovykh vyrobnytstv: zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoi derzhavnoi akademii tekhnolohii ta orhanizatsii kharchuvannia*. Ch. 1. S. 77–82.

6. Ryzhkova T.M. (2001). Novyi napriamok u pererobtsi moloka na miaki rozsilni syry. *Visnyk Donetskoho natsionalnoho unyversytetu ekonomiky y torhivli: zbirnyk naukovykh prats*. № 1(9). S. 55–60.

7. Prylipko T.M. (2023). Fizioloho-biokhimichni osnovy produktyvnosti tvaryn: monohrafiia. Vinnytsia:TVORY, 666 s.

8. Prylipko T.M., Bukalova N.V., Bohatko N.M., Liasota V.P., (2023). Dzhmil V. I. Sanitarno-higienichniy kontrol vyrobnytstva moloka-syrovyny koroviyachoho ta yoho mikrobiolohichniy analiz. Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky. Khersonskyi derzhavnyi ahrarno-ekonomichniy universytet. Kherson. Vydavnychiy dim «Helvetyka». Vyp. 3. S. 119–127.

9. Rui Sérgio S.F. (2007) da Multicomponent diffusion modeling and simulation in prato cheese salting using brine at rest: The finite element method approach. J. of Food Engineering Vol. 79. Issue 3. April. P. 771–778.

10. Roslynne moloko: URL: <https://narodfarma.com.ua/ua/beverages/healthy-beverage/>.

11. Prylipko, T.M., Prylipko, I.V. (2016) Task and priorities of public policy of Ukraine in food safety industries and international normative legal bases of food safety. Proceedings of the International Academic Congress «European Research Area: Status, Problems and Prospects» (Latvian Republic, Rīga, 01–02 September).

12. Prylipko T. Control of the Quality and Safety of Dairy Products in Ukraine: International and Legal Aspects (2023). *European Food and Feed Law Review*. Volume 18. Issue 1. Pages 22–30.

УДК 641.5

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.21>

АНАЛІЗ ХАРЧУВАННЯ ШКОЛЯРІВ, ЩО НАВЧАЮТЬСЯ В ЗАКЛАДАХ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ

Резвих Н. І. – кандидат технічних наук, доцент кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-4727-512X

Вогнівенко Л. П. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7866-8081

У статті наведено результати проведених досліджень щодо режиму харчування та харчових звичок учнів 5–11 класів закладів середньої освіти міста Вишгород. Відомо, що дорослішання дитини, формування здоров'я зростає зі специфікою ставлення її до здоров'я, здорового способу життя, правильного харчування. Раціональне харчування дитини сприяє гармонійному розвитку та підтримці міцного здоров'я. За результатами опитування дітей встановлено, що харчові звички сучасних учнів у невеликих містах є нераціональними.

Відомо, що м'ясо та м'ясні продукти є одними із найважливіших компонентів правильного харчування. Вони є джерелами повноцінного тваринного білка, містять незамінні для зростання м'язової маси амінокислоти. Також в м'ясі міститься дуже багато вітамінів (B1, B2, B12, PP), мінералів (фосфору, заліза), і креатину.

А риба та рибні продукти містять повноцінний білок, в якому представлені всі необхідні амінокислоти в оптимально збалансованих кількостях. Білки риб мають ліпотропні властивості, зумовленими високим вмістом в їх складі амінокислоти – ме-метіонін. Високими біологічними властивостями характеризується жир риб, який містить важливу в біологічному відношенні і недостатньо представлену в інших харчових продуктах арахідонову кислоту і інші поліненасичені жирні кислоти.

В свою чергу, молоко та молочні продукти є джерелами вітамінів та мінералів. Особливо багато в них білка та кальцію. Білок необхідний для розвитку м'язової системи, а кальцій – для кісток.

Найбільше із порушень якості закладів і харчування було виявлено серед учнів середніх і старших шкіл.

Результати дослідження свідчать про необхідність розробки рекомендацій щодо оптимізації шкільного харчування та покращення комунікації з громадськістю з питань раціонального харчування як складової здорового способу життя.

Ключові слова: правильне харчування, школи, здоров'я.

Rezvykh N. I., Vognivenko L. P. Analysis of nutrition of school students educating in secondary education institutions

The article presents the results of research on the diet and eating habits of students in grades 5–11 of secondary education institutions in the city of Vyshhorod. It is known that the growing up of a child, the formation of health increases with the specificity of his attitude to health, a healthy lifestyle, and proper nutrition. Rational nutrition of a child promotes harmonious development and maintenance of good health. According to the results of a survey of children, it was established that the eating habits of modern students in small towns are irrational.

It is known that meat and meat products are one of the most important components of proper nutrition. They are sources of complete animal protein, contain amino acids indispensable for the growth of muscle mass. Also, meat contains a lot of vitamins (B1, B2, B12, PP), minerals (phosphorus, iron), and creatine.

And fish and fish products contain complete protein, which contains all the necessary amino acids in optimally balanced amounts. Fish proteins have lipotropic properties due to their high content of amino acids – me-methionine. Fish oil, which contains biologically important and

insufficiently represented in other food products, arachidonic acid and other polyunsaturated fatty acids, is characterized by high biological properties.

In turn, milk and dairy products are sources of vitamins and minerals. They are especially rich in protein and calcium. Protein is necessary for the development of the muscular system, and calcium for bones.

Most of the violations in the quality of facilities and food were found among students of secondary and senior schools.

The results of the study indicate the need to develop recommendations for optimizing school meals and improving communication with the public on issues of rational nutrition as a component of a healthy lifestyle.

Key words: *proper nutrition, schools, health.*

Постановка проблеми. Здоров'я дитини значною мірою визначається її способом життя, способом життя сім'ї, в якій вона зростає. У міру дорослішання дитини формування здоров'я зростає зі специфікою ставлення її до здоров'я, здорового способу життя, правильного харчування. Раціональне харчування дитини сприяє гармонійному розвитку та підтримці міцного здоров'я. Воно є одним з найважливіших факторів профілактики більшості захворювань.

Однак за останнє двадцятиліття стан харчування українських дітей шкільного віку загалом погіршився.

Калорійність раціону зменшилася, а норми споживання основних поживних речовин скоротилися в середньому на 30%.

Проведені сучасні дослідження у сфері харчування та здоров'я учнів засвідчили значні порушення в харчуванні та здоров'ї школярів. До таких порушень відносяться нераціональне співвідношення основних харчових речовин, поліненасичених жирних кислот, вітамінів, макро- та мікроелементів та дефіцит харчових волокон. Наслідки недотримання принципів здорового харчування призводять до погіршення показників здоров'я та антропометричних характеристики учнів.

Показники стану здоров'я дітей та підлітків погіршується в процесі навчання та виховання, особливо в шкільному житті, від початкової до середньої школи. На разі менше 5% учнів початкової школи можна назвати здоровими. В старших класах ця цифра знижується до 4%.

Високі темпи росту та інтенсивні метаболічні процеси в дитячому та підлітковому віці потрібно постійно приймати необхідні вітаміни та макро- і мікроелементи, які є регуляторами обмінних процесів. Їх дефіцит супроводжується затримкою росту і є фактором ризику таких захворювань, як ожиріння, гіпертонія, діабет.

Вони є факторами ризику розвитку таких захворювань, як ожиріння, гіпертонія, анемія та карієс зубів. Проведені дослідження показують, що поширеність ожиріння серед дітей у різних країнах виглядає наступним чином коливається від 6 до 12%, при цьому на ожиріння припадає приблизно 6% дітей. Ожиріння становить 6% у сільській місцевості та 9% у містах.

Це не тільки соціально-економічне становище населення, найнижчий рівень знань населення з питань раціонального харчування як складової здорового способу життя.

Це низький рівень знань населення з питань раціонального харчування як складової здорового способу життя. Діти часто відмовляються від основних продуктів харчування, таких як молоко та молочні продукти і надають перевагу солодощам та солодкій їжі, газованим напоям та сухим хлібобулочним продуктам. Харчові звички формують харчову поведінку дитини. Формування відбувається початку вдома, потім у дитячому садку, потім у школі. Засоби масово інформації відіграють важливу роль у формуванні харчової поведінки. Тому, виховуючи

підростаюче покоління правильної харчової поведінки, звичок та уподобань до здорової їжі необхідно об'єднувати зусилля сім'ї, медичних та освітніх установ.

Зусилля сім'ї, медичних, освітніх установ та працівників громадського харчування мають бути об'єднані з підтримкою державних органів.

Також необхідна підтримка з боку державних установ.

Мета дослідження. Метою нашого дослідження – дослідження особливостей харчування учнів закладів середньої освіти м. Вишгород.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. До дослідження було залучено 160 учнів (97 дівчаток і 63 хлопчика) віком від 10–17 років, які постійно проживають та навчаються в м. Кропивницький. Для того, щоб проаналізувати якість харчування учнів були запропоновані анкети для опитування.

Дослідження показало, що харчовий статус дітей молодшого шкільного віку викликає особливе занепокоєння, оскільки видається можливим цілеспрямоване харчування на основі сучасних наукових принципів. Навіть поза школою стан харчування дітей був незадовільним. Тут проблема починається з порушення режиму харчування.

У середньому 50,2% учнів середньої та старшої шкіл харчуються за вільним розкладом без регулярних перерв.

Відсоток учнів, що харчуються чотири рази на день становив 10,1% серед хлопчиків та 3,0% серед дівчаток. Відсоток учнів які споживають їжу три рази на день склав 40,3% серед хлопчиків та 33,1% у дівчаток. Двічі на день харчується більшість учнів шкіл (31,6% хлопчиків та 37,9% дівчаток). Виявлено, що кількість порушень і частота прийомів їжі зростає з збільшенням віку дитини. У п'ятих класах цей показник становив 37,0%, у дев'ятих близько 54,0%. Також, протягом дня досить часто у учнів не було сніданку, обіду і вечері.

Безумовно, вибір страв учнями залежить від того, чи здійснюють контроль за цим процесом дорослі. Найчастіше обід серед школярів відбувається за умов відсутності батьків і у 65,0% випадків діти зовсім не дотримуються вимоги вживати першу й другу гарячі страви.

Проведений аналіз якісного складу продуктів, що споживають учні закладів середньої освіти, свідчить про недостатнє їх забезпечення основними необхідними для гармонійного розвитку складовими харчовими інгредієнтами, є в обід в основному переважає білкова та жирна їжа в однієї частки учнів, повторюваність страв у іншій, спостерігається обмежене споживання в раціоні кількості страв з додаванням молока.

М'ясо та м'ясні продукти є одним з найважливіших компонентів правильного харчування. Воно є джерело повноцінного тваринного білка, містить незамінні для зростання м'язової маси амінокислоти. Також в м'ясі міститься дуже багато вітамінів (B1, B2, B12, PP), мінералів (фосфору, заліза), і креатину. За результатами дослідження встановлено, що учнів закладів середньої освіти споживають м'ясо та м'ясні продукти п'ять-сім разів на тиждень, в середньому це становить 32,0% хлопчиків та 68,0% дівчаток. За даними дослідження 80,0% учнів у місті Вишгороді споживають м'ясо та м'ясні продукти близько два рази на тиждень.

Риба і рибні продукти містять повноцінний білок, в якому представлені всі необхідні амінокислоти в оптимально збалансованих кількостях. Білки риб мають ліпотропні властивості, зумовленими високим вмістом в їх складі амінокислоти – метіонін. Високими біологічними властивостями характеризується жир риб, який містить важливу в біологічному відношенні і недостатньо представлену

в інших харчових продуктах арахідонову кислоту і інші поліненасичені жирні кислоти. Жир риб багатий жиророзчинними вітамінами (вітамін А – ретинол; вітамін D2 – кальциферол) і ін. Мінеральний склад риб, особливо морських, включає багатий набір мікроелементів, в тому числі біологічно активний йод.

Проведені дослідження показали, що більш обмеженим в раціоні харчування учнів є вживання риби та морепродуктів близько 40% учнів закладів середньої освіти їх узагалі не вживають! Лише 38,0% хлопчиків та 52,0% споживають рибу один – три рази на тиждень. Відсутність в раціоні риби та морепродуктів збіднюють раціон учнів на поліненасичені жирні кислоти Омега-3 та Омега-6, необхідність і важливість їх в раціоні харчування школярів доведено сучасними дослідженнями.

Спостерігається недостатня кількість споживання в раціоні школярів яєць. Усього 20,0% дітей вживають у їжу п'ять – сім разів на тиждень у своєму раціоні цей харчовий продукт.

Молоко та молочні продукти є джерелом вітамінів та мінералів. Особливо багато в них білка та кальцію. Білок необхідний для розвитку м'язової системи, а кальцій – для кісток. І тому молоко та молочні продукти є обов'язковими компонентами харчування учнів. Встановлено, що щоденно молоко споживають всього 25,3% учнів. Широкою популярністю серед учнів користуються кисломолочні продукти близько 35,0% відсотка учнів споживають їх чотири – шість разів на тиждень, а 25,0% – щоденно.

Дослідивши отримані данні, можна зробити висновок, що споживання кальцію в підлітків значно нижче рекомендованої норми (1200 мг/добу), а кальцій, як відомо, вкрай необхідний нутрієнт для побудови кісткової тканини швидкозростаючого організму дитини. Низьке споживання молочних продуктів у учнів відносить їх до групи ризику з остеопенії та остеопорузу в майбутньому.

Основним джерелом вуглеводів та вітамінів у раціоні є крупи, овочі та фрукти. Однак крупи споживають систематично лише 20,0% школярів шкіл, один – два рази на тиждень – 34,0%, не використовують їх в харчуванні взагалі – 46,0% школярів. Хліб та макаронні вироби споживають 72,0% школярів п'ять-сім разів на тиждень. Поширений національний продукт українців – картопля входить до раціону 40,0% підлітків п'ять – сім разів на тиждень у різних стравах, а у 18,0% – не більше двох разів на тиждень.

Замість «корисних» та повноцінних вуглеводів учні досить часто вживають надмірну кількість солодощів (цукерок, печива, кондитерських виробів). Учні шкіл практично втричі більше вживають солодощі.

Повна відсутність знань про раціональне харчування, невміння або небажання організовувати правильне харчування учнів відповідно до віку, достатні матеріальні статки сприяють розповсюдженню звички до споживання готової їжі в ресторанах швидкої кухні.

Висновки і пропозиції. За результатами дослідження школярів м. Вишгорода встановлено, що харчування сучасних учнів шкіл є нераціональним та збідненим на корисні інгредієнти. Тому необхідно проводити постійну інформаційну роботу зі школярам та їх батьками щодо формування культури здорового харчування. Слід зазначити, що одержані результати дослідження повністю не відображають усі проблеми із забезпечення якісного повноцінного харчування учнів шкіл та створюють перспективу для необхідності проведення більш глибоких досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дуденко Н.В., Павлоцька Л.Ф., Артеменко В.С., Головка М.П., Коваленко В.О., Євлаш В.В., Горбань В.Г. Основи фізіології та гігієни харчування. Підручник. Х., ХДУХТ, 2008. 436 с.
2. Зубар Н.М. Основи фізіології та гігієни харчування. Підручник. К., Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2006. 341 с.
3. Капрельянц Л.В. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології. Навч. посібник / Л.В. Капрельянц, А.П. Петросьянц. Одеса, 2011. 269 с.

REFERENCES:

1. Dudenko N.V., Pavlotska L.F., Artemenko V.S., Golovko M.P., Kovalenko V.O., Yevlash V.V., Gorban V.G. (2008) Osnovy fiziologii ta hihyeny kharchuvannya. [Basics of physiology and food hygiene.] Pidruchnyk. KH., KHDUKHT [in Ukrainian].
 2. Zubar N.M. (2006) Osnovy fiziologii ta hihyeny kharchuvannya. [Basics of physiology and food hygiene] Pidruchnyk. K., Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t [in Ukrainian].
 3. Kaprelyants L.V. Likuval'no-profilaktychni vlastyvoli kharchovykh produktiv ta osnovy diyetologii. (2011) [Therapeutic and preventive properties of food products and basics of dietetics.] Education manual / L.V. Kaprelyants, A.P. Petrosyants. Odesa. [in Ukrainian].
-

УДК 664

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.22>

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННИХ КОМПОНЕНТІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ М'ЯСНИХ ВИРОБІВ

Ряполова І. О. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри ветеринарії, гігієни та розведення тварин імені В. П. Коваленка
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7672-6639
Scopus-Author ID: 57207853973

Татьянін І. О. – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0007-2137-9039

Згідно з принципами раціонального або збалансованого харчування, раціон людини повинен містити певну кількість усіх основних поживних речовин. Наразі недостатнє надходження основних поживних речовин з їжею є проблемою в усіх цивілізованих країнах. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка продуктів харчування, збагачених необхідними компонентами. Розробка передбачає заміну деяких інгредієнтів на добавки рослинного походження. Це перспективний шлях вирішення проблеми підвищення доступності м'ясних продуктів, розширення їх асортименту та підвищення харчової цінності.

Робота присвячена обґрунтуванню введення рослинних компонентів до рецептури м'ясного рулету дієтичного спрямування для закладів ресторанного господарства. Для розробки дієтичних м'ясних страв ресторанної подачі використовували тільки охолоджене індиче м'ясо та охолоджену телятину, у фарш додавали спеції, сіль і насіння гарбузу і льону, для начинки – тушковану м'якоть гарбузу, моркву та зелені яблука. Вироби виготовлені за запропонованою рецептурою порівнювали з виробами за класичною рецептурою.

Порівняльним аналізом визначено основні показники готової страви (органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні). Дані дегустаційної комісії свідчать, що введення рослинної маси у вигляді начинки для м'ясних рулетів, підвищують їх смакові властивості, це властиво як для рулетів з телятини так і з індичого м'яса. Вологозв'язуюча та вологоутримуюча здатності фаршевих систем з індичого м'яса, нижчі ніж з телятини і яловичини, але спостерігається загальна тенденція збільшення цих показників у фаршевих системах в які введено насіння льону і гарбузу. Використання рослинної сировини у вигляді начинки до м'ясних рулетів дієтичного спрямування позитивно відображається на консистенції та ніжності виробів.

Ключові слова: м'ясні кулінарні вироби, дієтичне спрямування, рослинні компоненти, органолептичні показники, фізико-хімічні показники.

Ryapolova I. O., Tatyannin I. O. The use of plant components in the technology of manufacturing functional meat products

According to the principles of a rational or balanced diet, a person's diet should contain a certain amount of all essential nutrients. Currently, the insufficient intake of essential nutrients from food is a problem in all civilized countries. One of the ways to solve this problem is to develop foods enriched with the necessary components. The development involves replacing some ingredients with herbal supplements. This is a promising way to solve the problem of increasing the availability of meat products, expanding their range and increasing their nutritional value.

The work is devoted to the substantiation of the introduction of plant components into the recipe of dietary meatloaf for restaurants. For the development of dietary meat dishes for restaurant serving, only chilled turkey meat and chilled veal were used, spices, salt and pumpkin and flax seeds were added to the minced meat, stewed pumpkin pulp, carrots and green apples were added for the filling. Products made according to the proposed recipe were compared with products according to the classical recipe.

Comparative analysis determined the main indicators of the finished dish (organoleptic, physicochemical, structural and mechanical). The data of the tasting commission indicate that the introduction of vegetable mass in the form of a filling for meat rolls increases their taste properties, this is typical for both veal and turkey rolls. The moisture-binding and moisture-retaining capacity of minced turkey meat systems is lower than that of veal and beef, but there is a general tendency to increase these indicators in minced meat systems in which flax and pumpkin seeds are introduced. The use of vegetable raw materials in the form of a filling for dietary meatloaf has a positive effect on the consistency and tenderness of the products.

Key words: meat culinary products, dietary, plant components, organoleptic characteristics, physicochemical parameters.

Вступ. Зростаюча обізнаність споживачів харчових продуктів і посилення глобальної конкуренції серед виробників м'яса змушують розробляти нові функціональні м'ясні продукти відповідно до концепції позитивного (здорового, функціонального) харчування.

Сучасна методологія створення й виробництва функціональних продуктів включає комплексне дослідження і розробку процесів отримання сировини й компонентів, моделювання рецептур і технологічних процесів виробництва, а також розв'язання питання збереження основних властивостей продуктів до часу їх споживання. Особлива увага звертається на розробку м'ясних і м'ясорослинних продуктів цільового спрямування, у тому числі для харчування дітей раннього віку, школярів, вагітних і жінок-годувальниць, для людей з різними захворюваннями у відповідності з принципами функціонального харчування. В їх рецептурах, крім основної сировини, використовують функціональні інгредієнти: субпродукти, яєчну масу, тваринні й рослинні білки, рослинні компоненти, пектин, жири з високим вмістом есенціальних жирних кислот [1, 2, 3, 4].

Постановка проблеми. Згідно з принципами раціонального або збалансованого харчування, раціон людини повинен містити певну кількість усіх основних поживних речовин. Наразі недостатнє надходження основних поживних речовин з їжею є проблемою в усіх цивілізованих країнах. Одним із шляхів вирішення цієї проблеми є розробка продуктів харчування, збагачених необхідними компонентами. Розробка передбачає заміну деяких інгредієнтів на добавки рослинного походження. Це перспективний шлях вирішення проблеми підвищення доступності м'ясних продуктів, розширення їх асортименту та підвищення харчової цінності.

Мета досліджень. Робота присвячена обґрунтуванню введення рослинних компонентів до рецептури м'ясного рулету дієтичного спрямування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За підрахунками вчених, раціон людини повинен містити понад 600 речовин. Від того, скільки речовин міститься в продукті і в яких пропорціях вони поєднуються, залежать його профілактичні, дієтичні та лікувальні властивості.

З одного боку технічний прогрес у харчовій промисловості, з другої потреба у швидкому доступі до харчів призвів до суттєвих змін у структурі харчування сучасної людини. Досвід створення харчових продуктів свідчить, що м'ясні напівфабрикати є продуктом масового і регулярного вживання, тому є об'єктом, на основі якого можуть бути створені збагачені функціональні продукти які відіграють певну роль в аспектах фізіології харчування і спрямовані на збільшення надходження в організм поживних і біологічно активних речовин [5, 6, 7].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для розширення асортименту меню дієтичних страв у ресторанному закладі ми розробили та запропонували

рецептуру м'ясних рулетів з телятини і індичого м'яса з рослинною начинкою. М'ясний рулет вважається традиційною європейською стравою. Хтось стверджує, що походить вона з німецької кухні, інші – що з французької, але м'ясний рулет давно став звичним на столі українців. Це смачна, корисна їжа, що ідеально підходить як для сімейної вечері так і для ресторанної подачі. Рецептів виготовлення м'ясних рулетів безліч. Їх готують як з традиційною начинкою – відвареними яйцями або омлетом, так і з фруктовими, ягідними, овочевими, сирними начинками. Також, для рулету можна використовувати різні види м'яса – свинину, курятину, телятину, відбивати його, або робити фарш. Оскільки нашим завданням було створення м'ясної страви дієтичного призначення, ми обрали для порівняння телятину і індиче м'ясо, які відносяться до дієтичної сировини.

Для розробки дієтичних м'ясних страв ресторанної подачі використовували тільки охолоджене індиче м'ясо та охолоджену телятину, у фарш додавали спеції, сіль і насіння гарбузу і льону, для начинки – тушковану м'якоть гарбузу, моркву та зелені яблука.

Для порівняння органолептичних і технологічних властивостей розробленого виробу використовували класичний варіант рулету з яловичини та індичого м'яса, у фарш додавали подрібнену цибулю, сіль та спеції, а для начинки використовували відварені курячі яйця.

Технологічна схема приготування страв з м'ясних посічених виробів включала прийом та інспекцію сировини; подрібнення м'яса на електричній м'ясорубці, додавання солі та спецій, відбивання фаршу; подрібнення та пасерування на вершковому маслі гарбуза, моркви та яблук, подрібнення гарбузового насіння, формування рулетів за допомогою пергаменту, закладання їх у форми для запікання і випікання в духовці або пароконвектоматі при температурі 180–190 °C протягом 80 хв (рис. 1).

Порівняльним аналізом визначено основні показники готової страви (органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні). Оцінка якості продукції характеризується поєднанням різних показників, серед яких органолептичні є визначальними і мають вирішальне значення. Незважаючи на суб'єктивність, обумовлену мінливістю відчуттів різних людей, при використанні науково обґрунтованої бальної системи і правильному налаштуванні органолептичний аналіз дозволяє отримати досить достовірну і об'єктивну інформацію про якість того чи іншого харчового продукту.

Сенсорну оцінку готової продукції проводила дегустаційна комісія (кваліфіковані співробітники ресторанного закладу). Оцінювання проводилося за п'ятибальною шкалою, згідно з якою м'ясні рулети оцінювалися за шістьма показниками: зовнішній вигляд, колір на розрізі, запах, аромат, смак, консистенція та соковитість. Відповідно до правил сенсорної оцінки м'ясних виробів, дегустатори спочатку оцінювали зовнішній вигляд зразків, тобто точність форми виробу та стан поверхні, потім консистенцію, соковитість, колір на розрізі, запах та смак.

Середню оцінку в балах виставляли з урахуванням коефіцієнта вагомості показника, отримані дані піддавали статистичній обробці.

Дані дегустаційної комісії свідчать, що введення рослинної маси у вигляді начинки для м'ясних рулетів, підвищують їх смакові властивості, це властиво як для рулетів з телятини так і з індичого м'яса. Але, за зовнішнім виглядом, запахом і ароматом, кольором на розрізі комісія віддала перевагу м'ясному рулету з індичого м'яса (рис. 2).



Рис. 1. Технологічна схема виготовлення м'ясного рулету з овочево-фруктовою начинкою

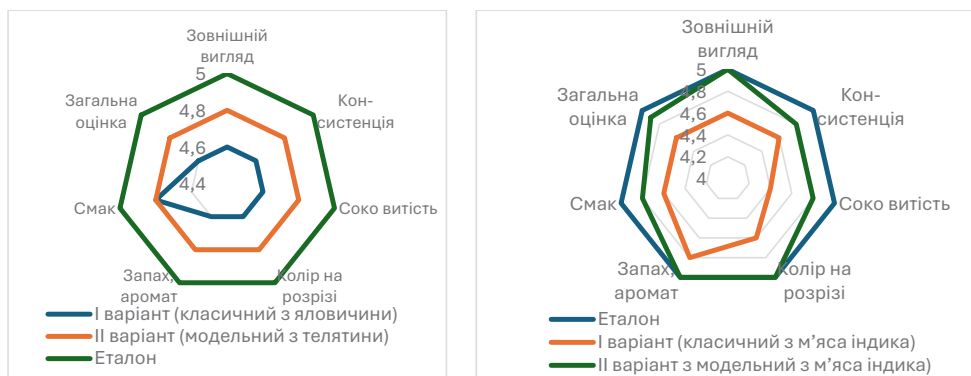


Рис. 2. Профільна оцінка дослідних виробів

Профільна оцінка органолептичних значень м'ясного рулету з яловичини свідчить, що за показниками консистенція, соковитість, колір на розрізі, запах і аромат

він поступається модельному зразку дієтичного спрямування і також, поступається еталонному зразку.

Порівнюючи профілі класичного м'ясного рулету і розробленого м'ясного рулету з індичого м'яса дієтичного спрямування, видно, що класичний варіант поступається за всіма органолептичними значеннями. Модельний зразок (II варіант), відповідає еталону за кольором на розрізі, запахом та ароматом і зовнішнім виглядом.

Функціональні і технологічні показники відображають якість м'ясної сировини, визначають її поведінку під час переробки та зберігання і гарантують технічні та споживчі характеристики кінцевого продукту. Здатність м'ясних фаршів зв'язувати і утримувати вологу має значний вплив на сенсорні характеристики (консистенцію, соковитість), структуру, вихід і термін зберігання кінцевого продукту.

При розробці м'ясних рулетів дієтичного спрямування ми вводили безпосередньо у фарш додаткову сировину – насіння гарбузу і льону у подрібненому вигляді, а також сіль і спеції, а у класичному варіанті додається подрібнена цибуля, сіль та спеції. На споживчі характеристики м'ясних посічених виробів впливає їх вологоутримуюча здатність, яка визначає їх консистенцію, соковитість, ніжність, структурно-механічні властивості, вихід та економічну ефективність. Для того щоб збільшити цей показник у м'ясних посічених виробках, використовують додаткові інгредієнти такі як бобові культури, насіння олійних культур, рослину сировину, тощо. Пошук оптимального співвідношення м'ясних/рослинних інгредієнтів дозволяє підвищити вологоутримуючу здатність, не погіршуючи при цьому біологічну та харчову цінність м'ясного продукту.

Для з'ясування впливу додаткових інгредієнтів на властивості фаршу і порівняння їх з класичним варіантом ми визначили вологозв'язуючу та вологоутримуючу здатність фаршевих систем з різного виду м'яса.

Як видно з отриманих даних, показник вологозв'язуючої та вологоутримуючої здатності фаршевих систем з індичого м'яса, нижче ніж з телятини і яловичини. Але, спостерігається загальна тенденція збільшення цих показників у фаршевих системах в які введено насіння льону і гарбузу (рис. 3).

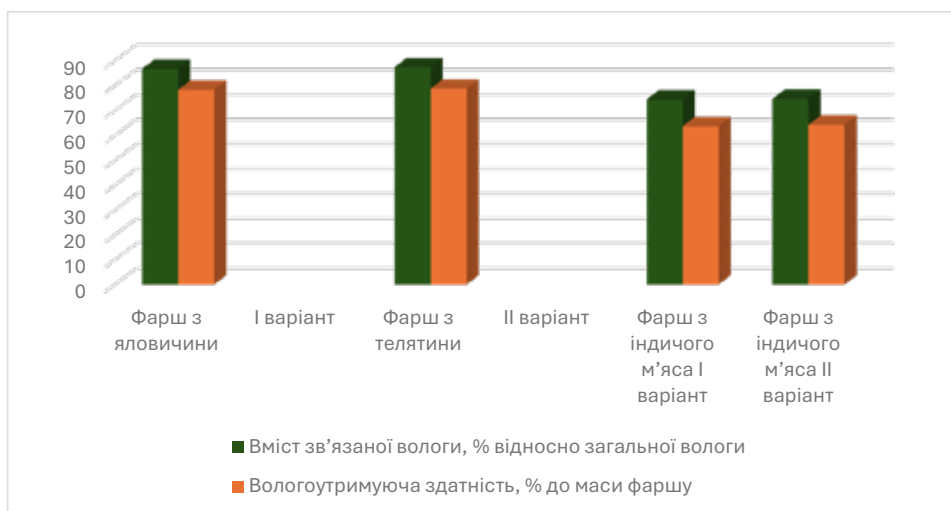


Рис. 3. Вологозв'язуюча та вологоутримуюча здатність фаршевих систем

Консистенція готового продукту є важливим показником привабливості та зовнішнього вигляду продукту. Цей показник вимірюється шляхом занурення тестового зразка стандартної ваги і розміру в зразок досліджуваного продукту (під дією сили тяжіння) на певний період часу. Це так званий індекс проникнення. Ми дослідили проникність модельних зразків м'ясних рулетів та контрольних аналогів (рис. 4).

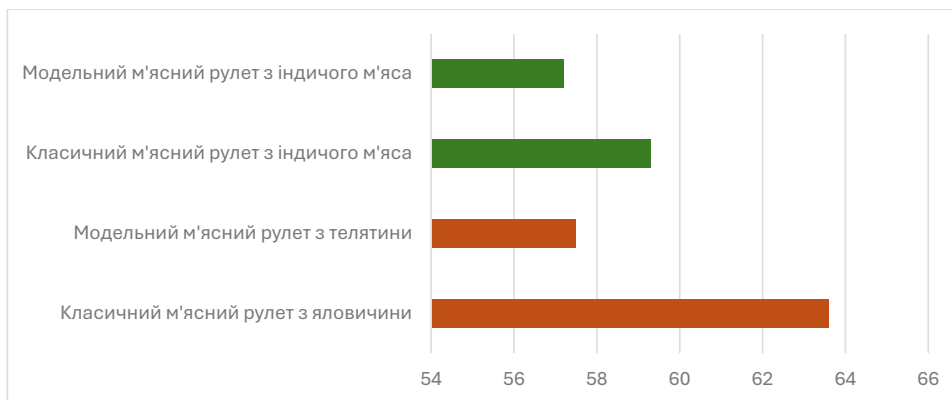


Рис. 4. Показник пенетрації готових м'ясних виробів

Отримані дані свідчать, що використання рослинної сировини у вигляді начинки до м'ясних рулетів дієтичного спрямування позитивно відображається на консистенції та ніжності виробів. Вони мають менші значення показника пенетрації порівняно з класичними варіантами м'ясних рулетів.

Активна кислотність (рН) значною мірою впливає на технологічні властивості фаршу зокрема на ВЗЗ та ВУЗ, якість кінцевого продукту, вихід кінцевого продукту, втрати маси, консистенцію та стійкість до розмноження мікроорганізмів під час зберігання. Активну кислотність досліджували у фаршевих системах і готовій продукції одразу після приготування та через 24 і 48 годин зберігання (рис. 5).

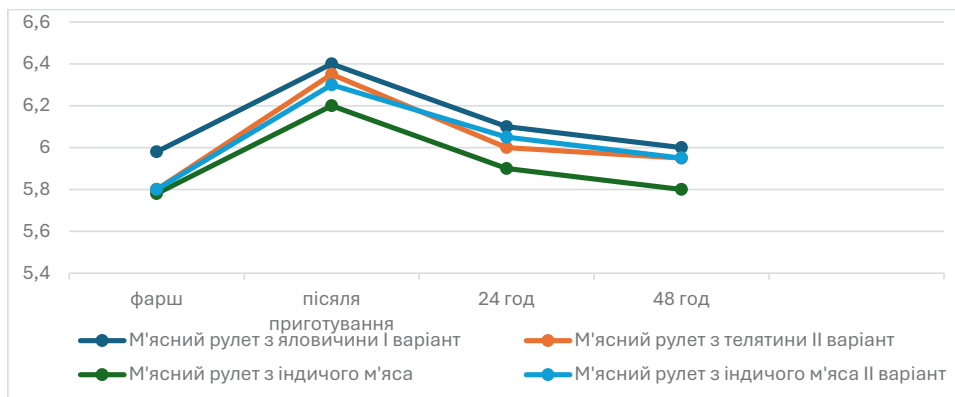


Рис. 5. Динаміка активної кислотності (рН) напівфабрикатів та готової продукції під час зберігання

Як видно з діаграми активна кислотність фаршу всіх зразків була в межах норми, що свідчить про доброякісність сировини. Відразу після приготування кислотність зменшується досягаючи максимального рівня у готових виробів модельних зразків. Під час зберігання відбуваються певні біохімічні процеси які призводять до незначного підвищення активної кислотності після 24 годин зберігання. Така ж тенденція зберігається і після 48 годин зберігання при температурі +4°C. М'ясні січені вироби рекомендовано зберігати не більше 48 годин при дотриманні температурних режимів.

Висновки. За даними проведених досліджень, оцінкою дегустаційної комісії можна стверджувати, що розроблені рецептури м'ясного рулету дієтичного спрямування як із телятини так і з індичого м'яса з додаванням начинки у вигляді рослинних компонентів, є досить гармонійними, з підвищеною харчовою цінністю виробами і можуть бути запропоновані даному ресторанному закладу як дієтична страва для розширення їх асортименту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Новікова Н.В., Єфимова А.Л., Антонова, Д.С. (2023). Розробка технології виробництва м'ясних напівфабрикатів із використанням рослинної сировини. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (1), 89–95.
2. Пересічний М., Федорова Д., Кандалей О. Функціональне харчування: теорія та практика. *Вісник КНТЕУ*. 2015. № 2. С. 96–104.
3. Новікова Н.В., Фешук Ю.А., Заверуха О.В. (2024). Оптимізація технології виробництва м'ясного хліба. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5), 116–122.
4. Гречко В.В., Страшинський І.М., Пасічний В.М. (2019) Харчові волокна як функціональний інгредієнт у м'ясних напівфабрикатах. *Технічні науки та технології*. №. 2 (16). С. 154–164.
5. Нечепуренко К.Б., Пивоваров П.П. (2014) Технологічні аспекти утворення структурованих емульсій у складі м'ясних січених виробів. *Восточно-Европейський журнал передових технологій*, 2(12 (68)).
6. Паска М.З. Маслійчук О.Б. (2016) Мінеральний склад м'ясних посічених напівфабрикатів з додаванням люпинового борошна та дивосилу. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 18 /1 (65), 4. С. 102–107.
7. Поварова Н., Дерев'янко К. Використання амаранту, як додаткового джерела рослинного білку у ковбасному виробництві «Проблеми і практичні підходи виробництва та регулювання використання харчових добавок в країнах Європейського Союзу та в Україні»: мат. І Міжнародної науково-практичної конференції, (25 жовтня 2023 р., Київ) К.: НУХТ, 2023.

REFERENCES:

1. Novikova, N. V., Yefymova, A. L., & Antonova, D. S. (2023). Rozrobka tekhnolohiyi vyrobnytstva m'yasnykh napivfabrykativ iz vykorystannyam roslynnoyi syrovyny. (Development of technology for the production of meat semi-finished products using vegetable raw materials.) *Tavriys'kyi naukovyy visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky*, (1), 89–95. [in Ukrainian].
2. Peresichnyy M., Fedorova D., Kandaley O. Funktsional'ne kharchuvannya: teoriya ta praktyka. (Functional nutrition: theory and practice.) *Visnyk KNTEU*. 2015. № 2. pp. 96–104 [in Ukrainian].
3. Novikova N.V., Feshchuk YU.A., Zaverukha O.V. (2024). Optymizatsiya tekhnolohiyi vyrobnytstva m'yasnogo khliba (Optimization of meat loaf production technology). *Tavriys'kyi naukovyy visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky*, (5), 116–122 [in Ukrainian].

4. Hrechko V.V., Strashyns'kyi I.M., Pasichnyi V.M. (2019) Kharchovi volokna yak funktsional'nyy inhrediyent u m"yasnykh napivfabrykatak. (Dietary fiber as a functional ingredient in semi-finished meat products) *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi*. №. 2 (16). pp. 154–164 [in Ukrainian].
 5. Nechepurenko K.B., Pyvovarov P.P. (2014) Tekhnolohichni aspekty utvorennia strukturovanykh emul'siy u skladi m"yasnykh sichenykh vyrobiv. (Technological aspects of the formation of structured emulsions in the composition of minced meat products) *Vostochno-Evropeys'kyi zhurnalпередових tekhnolohiyi*, 2(12 (68)) [in Ukrainian].
 6. Paska M.Z., Masliychuk O.B. (2016) Mineral'nyy sklad m"yasnykh posichenykh napivfabrykativ z dodavanniam lyupynovoho boroshna ta dyvosylu (Mineral composition of chopped meat semi-finished products with the addition of lupine flour and divosil). *Naukovyy visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu veterinaryarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy imeni S.Z. Gzhyts'koho*. 18 /1 (65), 4. pp. 102–107 [in Ukrainian].
 7. Povarova N., Derev'yanko K. (2023) Vykorystannya amarantu, yak dodatkovoho dzherela roslynnoho bilku u kovbasnomu vyrobnytstvi [The use of amaranth as an additional source of vegetable protein in sausage production]. *Mat. I Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Problemy i praktychni pidkhody vyrobnytstva ta rehulyuvannya vykorystannya kharchovykh dobavok v krayinakh Yevropeys'koho Soyuzu ta v Ukrayini»* – Mat. 1st International Scientific and Practical Conference «Problems and practical approaches to the production and regulation of the use of food additives in the countries of the European Union and in Ukraine» (Kyiv) NUKHT [in Ukrainian].
-

УДК 664

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.23>

ВИЗНАЧЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ М'ЯСНОЇ КУЛІНАРНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Ряполова І. О. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри ветеринарії, гігієни та розведення тварин імені В. П. Коваленка
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7672-6639
Scopus-Author ID: 57207853973

Олійник А. М. – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0005-9513-3141

Робота присвячена визначенню можливих біологічних ризиків які виникають у процесі виготовлення м'ясних кулінарних страв дієтичного спрямування.

Більшість біологічних небезпек, пов'язаних зі споживанням м'яса, походять з ферми та навколишнього середовища, тому профілактичні заходи як на ранніх стадіях вирощування тварин, так і на завершальних етапах виробництва тваринницької продукції мають велике значення у випуску безпечної м'ясної сировини. Запобігання небезпекам вимагає постійної уваги по всьому виробничому ланцюгу, а відповідальність за безпеку продукції повинні нести всі учасники виробничого процесу, включаючи тваринників, переробників, дистриб'юторів, роздрібних торговців, споживачів і компетентні органи, що здійснюють контроль і нагляд за харчовими продуктами.

Можливість контролювати безпеку харчових продуктів і запобігати харчовим захворюванням є ключовою причиною широкого застосування системи HACCP. Для безпечного готового продукту важливе значення має якість вхідної сировини, насамперед тваринної, бо є цілий ряд біологічних загроз яке може мати м'ясо, отримане від хворих тварин. Тому, важливу роль у забезпеченні якісною сировиною тваринного походження має служба ветеринарної медицини. М'ясо яке поставляється до закладів ресторанного господарства повинно бути отримане тільки від здорових тварин з відповідним документом який підтверджує його безпечність.

Встановлені ймовірні біологічні ризики і визначено контрольні критичні точки під час виготовлення м'ясних виробів дієтичного призначення. Проведені мікробіологічні дослідження свідчать про задовільний стан вхідної м'ясної сировини яку використовували для виробництва м'ясних рулетів, а термічна обробка виробів та подальше зберігання при низьких температурах забезпечує мікробіологічну стабільність.

Ключові слова: м'ясна сировина, біологічні ризики, критичні контрольні точки, м'ясні кулінарні страви.

Ryapolova I. O., Oliynyk A. M. Determination of biological safety of meat culinary products

The work is devoted to the identification of possible biological risks that arise in the process of making meat culinary dishes of a dietary nature.

Most of the biological hazards associated with meat consumption come from the farm and the environment, so preventive measures both in the early stages of animal rearing and in the final stages of livestock production are of great importance in the release of safe meat raw materials. Prevention of hazards requires constant attention throughout the production chain, and responsibility for product safety must be borne by all participants in the production process, including livestock breeders, processors, distributors, retailers, consumers and competent food control and surveillance authorities.

The ability to control food safety and prevent foodborne illness is a key reason for the widespread use of HACCP systems. For a safe finished product, the quality of incoming raw materials, especially animal raw materials, is important, because there are a number of biological threats that meat obtained from sick animals has. Therefore, the veterinary medicine service

plays an important role in providing high-quality raw materials of animal origin. Meat supplied to restaurants should be obtained only from healthy animals with an appropriate document confirming its safety.

Probable biological risks have been established and critical control points in the manufacture of meat products for dietary purposes have been determined. The conducted microbiological studies indicate a satisfactory condition of the incoming meat raw materials used for the production of meat rolls, and heat treatment of products and subsequent storage at low temperatures ensures microbiological stability.

Key words: *raw meat, biological risks, critical control points, meat culinary dishes.*

Вступ. Виробництво м'яса є однією з найважливіших галузей агробізнесу в сучасному світі. Однак, існують критичні зауваження щодо безпечності та якості тваринницької продукції для споживачів. Це залишається актуальним питанням у багатьох країнах, і Україна не є винятком. Здійснення належного санітарного контролю в критичних контрольних точках та застосування процедур які засновані на принципах Системи аналізу небезпечних факторів, є запобіжним підходом у цьому відношенні. Абсолютною передумовою безпечної продукції є простежуваність усіх ланок виробничого ланцюга [1].

Постановка проблеми. Основними причинами інцидентів, пов'язаних з харчовими продуктами, є неякісна сировина, неналежне поводження з сировиною, зміни в рецептурах продуктів, зміни в процесах виробництва продуктів, перехресне забруднення, неналежне миття та очищення, неналежне обслуговування та додавання невідповідної сировини.

Традиційні методи контролю, що використовуються у виробництві харчових продуктів, не завжди дозволяють швидко реагувати на події. Внутрішній контроль може не забезпечити достатньої гарантії загальної безпечності продукту. Ретроспективне мікробіологічне тестування також не завжди забезпечує таку впевненість. Тому, краще використовувати превентивну систему управління та контролю, що охоплює процеси постачання сировини, переробки, пакування, зберігання, дистрибуції та маркетингу.

Мета досліджень. Робота присвячена визначенню можливих біологічних ризиків у процесі виготовлення м'ясних кулінарних страв в умовах закладів ресторанного господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забезпечення високої якості харчових продуктів є важливим, оскільки воно тісно пов'язане зі здоров'ям та добробутом споживачів. Ефективним механізмом є використання системи сертифікації Hazard Analysis Critical Control Point (НАССР). Ця система забезпечує попереджувальний і систематичний контроль небезпечних факторів, пов'язаних з харчовими продуктами. Система базується на контролі та ідентифікації мікроорганізмів на етапах підготовки та виробництва харчових продуктів. Правильне застосування системи аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках на підприємствах харчової промисловості та громадського харчування, а також у домогосподарствах, безсумнівно, призведе до зниження рівня захворювань, пов'язаних з харчовими продуктами [2].

Запобігання небезпекам вимагає постійної уваги по всьому виробничому ланцюгу, а відповідальність за безпеку продукції повинні нести всі учасники виробничого процесу, включаючи тваринників, переробників, дистриб'юторів, роздрібних торговців, споживачів і компетентні органи, що здійснюють контроль і нагляд за харчовими продуктами.

Більшість біологічних небезпек, пов'язаних зі споживанням м'яса, походять з ферми та навколишнього середовища. Тому необхідно приділяти більше уваги

профілактичним заходам як на ранніх стадіях вирощування тварин, так і на завершальних етапах виробництва тваринницької продукції. Контроль м'ясної сировини здійснюється спеціалістами ветеринарної медицини перед забоєм тварин та під час забою худоби. Туші таврують відповідно до їх придатності для наступних видів використання. М'ясо, визнане умовно придатним під час ветеринарно-санітарного огляду забитої худоби та птиці, направляється на промислову переробку, в тому числі на виробництво варених ковбас, м'ясного хліба та консервів [3, 4].

Хвороби харчового походження можуть бути локальними, а можуть поширитися на значну територію і спричинити подальші проблеми. Якщо безпечність харчових продуктів не контролюється та не відстежується належним чином, конкретні заходи можуть бути не вжиті належним чином. Витрати, понесені компаніями на подолання наслідків неналежних заходів, можуть бути значними. Можливість контролювати безпеку харчових продуктів і запобігати харчовим захворюванням є ключовою причиною широкого застосування системи HACCP [5].

Виклад основного матеріалу дослідження. Для закладів ресторанного господарства і у торгівельну мережу постачається м'ясо яке отримане від здорових тварин і визнано безпечним. Вся сировина тваринного та рослинного походження яка надходить до цих закладів повинна супроводжуватися сертифікатами від постачальника які підтверджують її якість. Але, навіть безпечна сировина при недотриманні умов транспортування та зберігання може втратити свої якісні і головне безпечні характеристики. Закладу необхідно мати відповідні умови для зберігання певної кількості сировини, при цьому важливо враховувати «харчове сусідство».

Для розробки дієтичних м'ясних страв ресторанної подачі використовували охолоджене індиче м'ясо та охолоджену телятину, у фарш додавали спеції, сіль і насіння гарбуза і льону, для начинки – свіжу м'якоть гарбузу, моркву та зелені яблука.

Технологічна схема приготування страв з м'ясних посічених виробів включає прийом та інспекцію сировини; подрібнення м'яса на електричний м'ясорубці, додавання солі та спецій, відбивання фаршу; подрібнення та пасерування на вершковому маслі гарбуза, моркви та яблука, подрібнення гарбузового насіння, формування рулетів за допомогою пергаменту, закладання їх у форми для запікання і випікання в духовці або пароконвектоматі при температурі 180–190 °C протягом 80 хв.

Розглянемо можливі біологічні ризики під час певних технологічних операцій при виготовленні м'ясних кулінарних страв, а саме м'ясних рулетів з овочевою начинкою дієтичного спрямування (рис. 1).

Для безпечного готового продукту важливе значення має якість вхідної сировини, насамперед тваринної, бо є цілий ряд біологічних загроз яке має м'ясо, отримане від хворих тварин. Тому, важливу роль у забезпеченні якісною сировиною тваринного походження має служба ветеринарної медицини. М'ясо яке поставляється до закладів ресторанного господарства повинно бути отримане тільки від здорових тварин з відповідним документом який підтверджує його безпечність.

Отже, першою точкою контролю є приймання сировини, де крім документів перевіряється стан свіжості м'яса органолептичними методами: звертають увагу на зовнішній вигляд, колір, консистенцію, запах, а при сумнівних показниках органолептики дослідження проводить лабораторія, визначаючи ступінь свіжості бактеріоскопією.

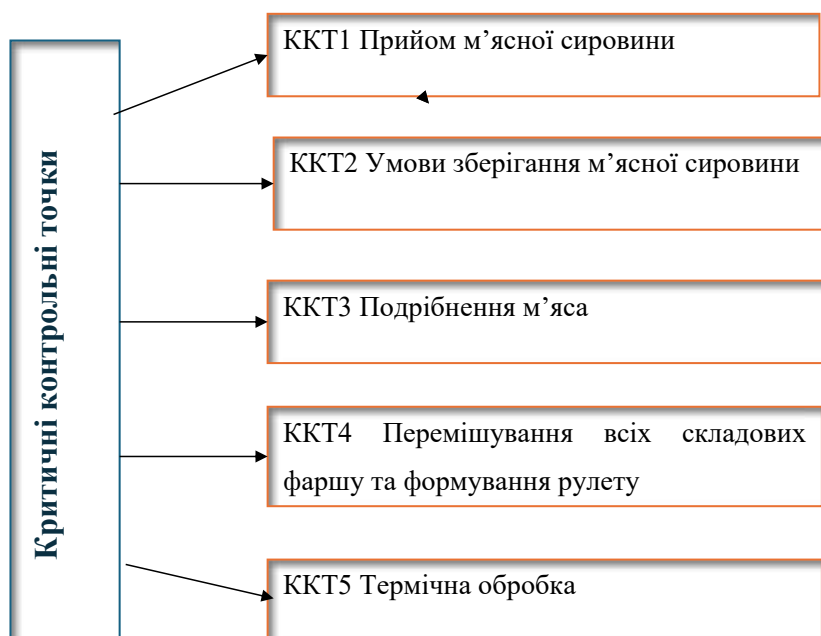


Рис. 1. Критичні контрольні точки під час виготовлення м'ясних рулетів

Другою контрольною критичною точкою є процес зберігання м'ясної сировини, бо від температурного фактору, холодильного сусідства, терміну зберігання буде залежати подальша якість та безпечність вже готового продукту з цієї сировини. Контрольною мірою буде моніторинг за процесом зберігання м'яса.

Третьою контрольною критичною точкою є процес виготовлення фаршу для подальшого виробництва м'ясної кулінарної продукції. Під час подрібнення м'яса відбувається руйнування м'язових волокон, вихід вологи і перерозподіл мікрофлори яка була присутньою на поверхні навіть доброякісного у санітарному відношенні м'яса. На цей показник також може впливати санітарний стан працівників кухні, інструментів та обладнання. Для фаршу обмежено термін зберігання, бо названі причини можуть бути передумовою для активного розмноження мікрофлори, псування фаршу і як наслідок отруєння споживачів. Для недопущення можливих наслідків, необхідно дотримуватися температурних умов і терміну зберігання фаршевих систем.

Під час формування рулетів відбувається внесення додаткових інгредієнтів: солі, спецій, рослинних компонентів начинки, що також може позначитися на безпеці готової продукції, це четверта критична контрольна точка. Контроль стану додаткової сировини, технологічного режиму підготовки начинки, внесенням додаткових інгредієнтів буде запобіжною мірою на цьому етапі.

І останньою критичною контрольною точкою є власне термічна обробка напівфабрикату. Важливо дотримуватися встановлених температурних режимів і часу запікання. Під час дії високої температури гинуть всі вегетативні форми мікроорганізмів, виняток можуть становити спорові форми, тому подальше зберігання при низьких температурах унеможливить їх розвиток.

Основним небезпечним фактором при зберіганні м'ясної сировини є розвиток мікроорганізмів, у державних стандартах та технічних умовах на певний харчовий

продукт є показник який нормує допустиму кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФаМ) та бактерій групи кишкової палички (БГКП) які є санітарно-показовими мікроорганізмами [6, 7].

Для того щоб встановити відповідність м'ясної сировини вимогам ми визначили ступінь свіжості яловичини, телятини та індичого м'яса яке було використане для виготовлення м'ясних рулетів з овочевою начинкою. Ступінь свіжості встановлювали мікроскопією мазків-відбитків з поверхневого та глибоких шарів м'язів. М'ясо вважається свіжим, якщо в ньому не виявлено мікрофлори, або в полі зору видно до 10 мікробних клітин (коків, паличок). Відсутні ознаки руйнування м'язової тканини. Свіжість м'яса вважається сумнівною, якщо в полі зору в мазку з поверхневих шарів виявлено до 30 мікроорганізмів і до 10 з глибоких. Крім того, спостерігається сліди розпаду м'язових волокон. М'ясо вважається несвіжим, якщо в полі зору мазка з поверхневих та глибоких шарів виявлено більше 30 коків або паличок, спостерігається значний розпад тканин і майже повне зникнення ядра. Препарат фарбується дуже інтенсивно.

Додатково ступінь свіжості м'яса оцінювали постановкою реакції бульйону з 5%-ним розчином сірчаної кислоти міді (CuSO_4), в бульйоні залишаються первинні продукти розпаду білків м'яса пептони і поліпептиди, які можна виявити шляхом осадження сульфатом міді (табл. 1).

Таблиця 1

Ступінь свіжості м'яса

Показник	Припустимі рівні	Вид м'яса		
		Яловичина	Телятина	Індиче м'ясо
Ступінь свіжості за бактеріоскопією	Для свіжого м'яса: до 10 клітин у полі зору з поверхневого шару і відсутність у глибоких шарах м'язів	В середньому у полі зору з поверхневого шару м'язів ≥ 10 клітин, у глибоких шарах – відсутні	у полі зору з поверхневого шару м'язів ≥ 23 , поодинокі у глибоких шарах	у полі зору з поверхневого шару м'язів ≥ 8 , у глибоких шарах – відсутні
Ступінь свіжості за реакцією з сульфатом міді	Для свіжого м'яса: бульйон не змінює свою консистенцію і має світло блакитний колір	Бульйон прозорий має голубий відтінок	Бульйон з голубим відтінком, містить пластівці	Бульйон прозорий має голубий відтінок

За результатами дослідження встановлено, що всі зразки м'яса є свіжими, хоча телятина за реакцією з 5%-ним розчином сірчаної кислоти міді може бути віднесена до сумнівної свіжості. Тому, необхідно звернути увагу на умови та строки зберігання цієї сировини.

Для встановлення показнику КМАФАнМ у готових м'ясних рулетах під час зберігання протягом 24 та 48 годин ми зробили висіви на МПА з кожного зразка у трьох повторях, а для визначення наявності БГКП робили висів на агар Ендо з наступною витримкою у термостаті протягом 48 годин і підрахунком колоній. Отримані результати свідчать що, мікробна забрудненість готових виробів після 24 годин зберігання була у межах норм встановлених гігієнічними вимогами.

У всіх зразках відмічалось не значне зменшення загального мікробного числа під час зберігання протягом 48 годин при температурі (4–8°C) в умовах холодильника (табл. 2).

Таблиця 2
Мікробіологічні показники готової продукції у процесі зберігання, КУО/1г

Готові вироби	Термін зберігання			
	КМАФАнМ		БГКП	
	24 год	48 год	24 год	48 год
I варіант (класичний з яловичини)	3,8x10 ¹	3,9x10 ¹	не виявлено	не виявлено
II варіант (модельний з телятини)	5,2x10 ¹	4,8x10 ¹	не виявлено	не виявлено
I варіант (класичний з м'яса індики)	4,6x10 ¹	4,7x10 ¹	не виявлено	не виявлено
II варіант з модельний з м'яса індики)	5,1x10 ¹	5,1x10 ¹	не виявлено	не виявлено

Запропоновані м'ясні кулінарні вироби дієтичного спрямування мають стабільні показники мікробіологічної безпеки і можуть зберігатися протягом 48 годин, не погіршуючи своєї якості. Цей вид м'ясних виробів краще споживати в охолоджену вигляді.

Висновки. Встановлені ймовірні біологічні ризики і визначено критичні контрольні точки під час виготовлення м'ясних виробів дієтичного призначення. Проведені мікробіологічні дослідження свідчать про задовільний стан вхідної м'ясної сировини яку використовували для виробництва м'ясних рулетів, а термічна обробка виробів та подальше зберігання при низьких температурах забезпечує мікробіологічну стабільність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Котелевич В.А., Струбчевська В.С. Ветеринарно-санітарна оцінка продуктів забою тварин – важлива проблема сьогодення «*Topical issues of modern science, society and education*» The 8 th International scientific and practical conference (February 26–28, 2022) SPC “Sci-conf. com. ua”, Kharkiv, Ukraine. 2022. 961 p. 2022.
2. Система управління безпечністю харчових продуктів (HACCP) ДСТУ 4161, ДСТУ ISO 22000 URL: <http://bcdst.kiev.ua/index.php/news/37/538-2012-09-10-02-15-40>.
3. Загребельний В.О., Якубчак О.М., Таран Т.В. (2012) Якісні показники м'яса, отриманого від вимушено забитих тварин URL: <http://www.sworld.com.ua/konfer28/353.pdf>
4. Ряполова І.О., Назаренко А.А. Оцінка небезпечних чинників при переробці забійних тварин *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2023 р. Вип. 13 (Том 2)
5. Kim, Jung-hyun, and Dong-Gyun Yim. Assessment of the microbial level for livestock products in retail meat shops implementing HACCP system. *Korean journal for food science of animal resources* 36.5. 2016. P. 594.
6. Снігир Н.В., Величко С.О., Сірик В.О. Безпека харчових продуктів – мікробіологічні ризики. *Медицинський журнал*. 2015. № 4 (190). С. 15–19.
7. Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів. НАКАЗ МОЗ України 19.07.2012 № 548. Зареє-

стровано в Міністерстві юстиції України 3.08.2012 р. за № 1321/21633. URL:Про затвердження Мікробіологічни... | від 19.07.2012 № 548 (rada.gov.ua)

REFERENCES:

1. Kotelevych V.A., Strubchevs'ka V.S. (2022) Veterynarno-sanitarna otsinka produktiv zaboyu tvaryn – vazhlyva problema s'ohodennya (Veterinary-sanitary assessment of animal slaughter products is an important problem today). The 8 th International scientific and practical conference «*Topical issues of modern science, society and education*» SPC “Sci-conf. com. ua”, Kharkiv, Ukraine. 2022. 961 p. 2022 [in Ukrainian].
2. Systema upravlinnya bezpechnistyu kharchovykh produktiv (NASSR) DSTU 4161, DSTU ISO 22000 [Food safety management system (HASSR) DSTU 4161, DSTU ISO 22000] URL: <http://bcdst.kiev.ua/index.php/news/37/538-2012-09-10-02-15-40> [in Ukrainian].
3. Zahrebel'nyy V.O., Yakubchak O.M., Taran T.V. (2012) Yakisni pokaznyky m"yasa, otrymanoho vid vymusheno zabytykh tvaryn [Quality indicators of meat obtained from forcibly slaughtered animals] URL: <http://www.sworld.com.ua/konfer28/353.pdf> [in Ukrainian].
4. Ryapolova I.O., Nazarenko A.A. (2023) Otsinka nebezpechnykh chynnykiv pry pererobtsi zabiynykh tvaryn [Assessment of dangerous factors in the processing of slaughter animals] *Naukovyy visnyk Tavriys'koho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu. 2023 r. Vyp. 13 (Tom 2)* [in Ukrainian].
5. Kim, Jung-hyun, and Dong-Gyun Yim. (2016) Assessment of the microbial level for livestock products in retail meat shops implementing HACCP system." *Korean journal for food science of animal resources* 36.5. 2016. P. 594 [in Korea].
6. Snihyr N.V., Velychko S.O., Siryk V.O. (2015) Bezpeka kharchovykh produktiv – mikrobiolohichni ryzyky [Food safety – microbiological risks] *Medychnyy zhurnal. 2015. № 4 (190). pp. 15–19* [in Ukrainian].
7. Pro zatverdzhennya Mikrobiolohichnykh kryteriyiv dlya vstanovlennya pokaznykiv bezpechnosti kharchovykh produktiv. NAKAZ MOZ Ukrayiny 19.07.2012 № 548. [On the approval of Microbiological criteria for establishing food safety indicators. ORDER of the Ministry of Health of Ukraine 07/19/2012 No. 548.] URL:Про затвердження Мікробіологічни... | від 19.07.2012 № 548 (rada.gov.ua) [in Ukrainian].

УДК 664.144:664.849:635.64

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.24>

ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА ПАСТИЛИ НА ОСНОВІ ТОМАТНОГО СОУСУ

Сова Н. А. – кандидатка технічних наук, доцентка,

доцентка кафедри харчових технологій

Дніпровського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0000-0003-4750-2473

Руденко Т. В. – магістрантка

Дніпровського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0000-0003-4091-5400

Єфімов В. Г. – кандидат ветеринарних наук, доцент,

доцент кафедри фізіології, біохімії тварин і лабораторної діагностики

Дніпровського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0000-0002-4286-8567

З початком російської окупації Херсонського регіону почалися великі проблеми із сировинним забезпеченням вітчизняної харчової промисловості, оскільки Херсонщина є одним із основних постачальників багаторічних та овочевих культур. Значною мірою це відбилося на виробництві томатної продукції. Як наслідок, її асортимент суттєво знизився, на полицях магазинів збільшилася кількість імпоротної продукції, ціна якої і на сьогодні залишається доволі високою. Деокупація правобережної частини Херсонщини та налагодження овочівництва в інших регіонах нашої країни покращило ситуацію з даною проблемою, але в недостатній мірі. Тому метою роботи є розробка способу виробництва та рецептури томатної пастили, яка була б зручною у використанні та зберіганні.

Одержано 6 зразків томатної пастили. Кожен зі зразків висушений за різних значень температури сушіння: зразок № 1 – при 30 °C, зразок № 2 – при 35 °C, зразок № 3 – при 40 °C, зразок № 4 – при 45 °C, зразок № 5 – при 50 °C, зразок № 6 – при 55 °C.

Відповідно до результатів органолептичної оцінки, найкращим зразком виявилася пастила, висушена за температури 50 °C. Температура сушіння не впливала на смак і запах готових виробів, які були яскраво виражені та відповідали використаній сировині. При температурах від 30 до 45 °C спостерігалася нерівномірність висушування пастили, а при температурах від 45 до 55 °C висушування відбувалося більш рівномірно по всій її товщі. Форма всіх зразків відповідала формі, у якій відбувалося сушіння томатної пастили. Колір зразків № 4–6 був рівномірним, що не прослідковувалося для зразків № 1–3. Загалом для всіх зразків колір виробів відповідав кольору використаної сировини. Після органолептичного аналізу визначили склад одержаної пастили (зразок № 5) на основі томатного соусу, який виявився наступним: масова частка води – 15,26 %, протеїну – 14,30 %, жирів – 4,68 %, клітковини – 7,05 %, кальцію – 2,76 г/кг, фосфору – 3,25 г/кг, магнію – 0,97 г/кг, натрію – 4,02 %, заліза – 41,03 мг/кг, цинку – 13,51 мг/кг, міді – 4,72 мг/кг, марганцю – 9,68 мг/кг. Одержаний продукт є зручним у зберіганні та споживанні, що стане в нагоді вітчизняним споживачам.

Ключові слова: помідори, томатна продукція, томатний соус, пастила.

Sova N. A., Rudenko T. V., Yefimov V. H. The features of tomato sauce-based pastille production technology

With the beginning of the Russian occupation of the Kherson region, major problems with the supply of raw materials for the domestic food industry began, since the Kherson region is one of the main suppliers of melon and vegetable crops. To a large extent, this was reflected in the production of tomato products. As a result, its range has significantly decreased, the number of imported products on store shelves has increased, the price of which remains quite high even today. The de-occupation of the right-bank part of the Kherson Region and the establishment of

vegetable growing in other regions of our country improved the situation with this problem, but not to a sufficient extent. Therefore, the goal of the work is to develop a method of production and a recipe for tomato pastille that would be convenient to use and store.

6 samples of tomato paste were obtained. Each of the samples was dried at different values of the drying temperature: sample No. 1 – at 30 °C, sample No. 2 – at 35 °C, sample No. 3 – at 40 °C, sample No. 4 – at 45 °C, sample No. 5 – at 50 °C, sample No. 6 – at 55 °C.

According to the results of the organoleptic evaluation, the best sample turned out to be a lozenge dried at a temperature of 50 °C. The drying temperature did not affect the taste and smell of the finished products, which were pronounced and corresponded to the raw materials used. At temperatures from 30 to 45 °C, uneven drying of the pastille was observed, and at temperatures from 45 to 55 °C, drying occurred more uniformly throughout its thickness. The shape of all the samples corresponded to the shape in which the tomato pastille was dried. The color of samples No. 4–6 was uniform, which was not observed for samples No. 1–3. In general, for all samples, the color of the products corresponded to the color of the raw materials used. After the organoleptic analysis, the composition of the obtained lozenge (sample No. 5) based on tomato sauce was determined, which was as follows: mass fraction of moisture – 15.26 %, protein – 14.30 %, fat – 4.68 %, fiber – 7.05 %, calcium – 2.76 g/kg, phosphorus – 3.25 g/kg, magnesium – 0.97 g/kg, sodium – 4.02%, iron – 41.03 mg/kg, zinc – 13.51 mg /kg, copper – 4.72 mg/kg, manganese – 9.68 mg/kg. The resulting product is convenient to store and consume, which will be useful to domestic consumers.

Key words: tomatoes, tomato products, tomato sauce, pastille.

Постановка проблеми. Ситуація, яка склалася під час повномасштабного вторгнення росії на територію України, спонукає науковців та виробників харчової промисловості удосконалювати існуючі або розробляти нові технології поживних, корисних, зручних у споживанні та зберіганні харчових продуктів як для наших Захисників, так і для пересічних споживачів. При перебоях електроенергії багато споживачів не мали змоги приготувати їжу, тому в нагоді ставали саме продукти швидкого приготування.

З початком російської окупації Херсонського регіону почалися великі проблеми із сировинним забезпеченням нашої країни. Як відомо, Херсонщина є найбільшим провайдером вітчизняних овочевих та баштанних культур. Особливо це зачепило виробництво томатної продукції. Як наслідок, її асортимент дуже знизився, на полицях магазинів збільшилася кількість імпоротної продукції, ціна якої і на сьогодні залишається досить високою. Деокупація правобережної частини Херсонщини та налагодження овочівництва в інших регіонах нашої країни покращило ситуацію з даною проблемою, але не наскільки, як ми того потребуємо. Виходячи з вищезазначеного, нами висунуто гіпотезу, що можливо розробити зручний у вживанні та зберіганні томатний продукт, наприклад пастилу. Як відомо, пастила – це харчовий продукт, який отримують висушуванням фруктового або овочевого пюре, розподіленого тонким, рівномірним шаром, до одержання 77–80 % вмісту сухих речовин [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згадування в історичних джерелах про вживання помідорів зустрічаються доволі рідко. У більшості інформаційних джерел наведено, що помідори в харчовій промисловості завойовували визнання надзвичайно повільно. Це було пов'язано з наявністю отруйних представників родини пасльонових (беладона та мандрагора).

На сьогодні ситуація значно змінилася і помідори продовжують набувати все більшого значення для споживання у свіжому вигляді, для включення в якості основного компонента готових страв, а також наявний і широкий асортимент перероблених томатних продуктів – сік, паста, пюре, кетчуп, різноманітні соуси [2].

Склад помідорів (у розрахунку на суху речовину) наступний: білків – 0,8÷1,9 %; жирів – 6,0 %; золи – 0,6÷3,0 %; харчових волокон – 86,2 %; цукрів – 1,5÷4,9 %;

сухих речовин – $4,9 \div 8,1$ %. Переважаючими у складі помідорів є вітаміни: B_1 , B_{12} , С, Р, РР, а також мінеральні речовини: кальцій, натрій, магній, калій, фосфор, сірка, залізо, та інші [3–7]. До 50 % вмісту сухих речовин плодів помідорів це цукри: в основному – глюкоза і фруктоза; у малих кількостях (майже не перевищує 0,1 % від свіжої маси) – сахароза; іноді – рафіноза, арабіноза, ксилоза, галактоза, неідентифікована кетогептоза та цукровий спирт міоінозит. Близько 10 % сухого вмісту цих овочів становлять органічні кислоти: в основному – лимонна та яблучна; у нижчих концентраціях – сліди мурашиної, оцтової, молочної, піровиноградної, щавлевої, янтарної, винної та інших кислот [2]. Харчові продукти на основі томатів є важливим та зручним джерелом каротиноїдів, зокрема, лікопіну [8].

Томатні соуси займають провідне місце у харчовій промисловості. Вони є не лише смачними, але і корисними, оскільки насичені великою кількістю поживних речовин і здатні стимулювати апетит та покращувати травлення. Питанню розробки рецептур томатних соусів вчені приділяють достатню увагу. У якості додаткової сировини до такого виду соусів вивчено різноманітну плодоовочеву продукцію (моркву, гарбуз, буряк, топінамбур, перець гострий, яблука, виноград, обліпиху, цибулю, часник, хрін, петрушку, гриби тощо) у вигляді подрібнених, ферментованих продуктів, а також у вигляді пюре, порошоків, вичавок та олій [9–14].

Аналіз інформаційних джерел щодо вивчення питання розробки пастили показав, що в основу майже до всіх розглянутих рецептур входять яблука. Як додаткову сировину використовують полуницю, груші, абрикоси, персики, сливи, аличу, шовковицю, журавлину, ківі, барбарис, спіруліну, корінь солодки тощо [15–20]. Всі розглянуті види пастили мають оздоровчий ефект на організм людини. Слід відмітити зручність вживання пастили. Це спонукає нас розробити пастилу на основі інших, до цього не досліджених видів сировини, наприклад, на основі помідорів.

Мета роботи – розробка технології виробництва та рецептури томатної пастили, яка була б зручною у використанні та зберіганні.

Матеріали і методи дослідження. Аналіз вітчизняного та закордонного асортименту томатних соусів показує, що він доволі широкий. У якості основної сировини для виробництва томатних соусів використовують помідори у формі пюре, пасти, в'ялених, сушених тощо. У якості додаткової сировини використовують: пюре яблучне, часник свіжий, моркву, олію рослинну, гриби білі сушені, селеру, тощо. Також широко застосовують різноманітні спеції: кріп, петрушку, коріандр, перець духмяний, чорний та червоний, корицю, горіх мускатний, гвоздику, тощо. На основі асортиментного аналізу, нами обрано для виробництва пастили: помідори, перець солодкий та гіркий, часник, а також спеції (паприку копчену, базилік сушений, хмелі-сунелі), сіль харчову та олію соняшникову. Окрім асортиментного аналізу, підставою для вибору основної сировини була інформація щодо її складу [3–7].

Якість використаної сировини відповідала вимогам, зазначеним у діючій нормативній документації.

При проведенні дослідження одержано 6 зразків томатної пастили. Кожен зі зразків висушений при різних значеннях температури сушіння: зразок № 1 – при температурі 30 °С, зразок № 2 – 35 °С, зразок № 3 – 40 °С, зразок № 4 – 45 °С, зразок № 5 – 50 °С, зразок № 6 – 55 °С. Температуру сушіння пастили не збільшували понад 55 °С з метою збереження вітамінів у готовому продукті. Запропонована рецептура дослідних зразків пастили на 100 г готового продукту: помідори – 703,13 г, перець солодкий – 343,75 г, часник – 31,25 г, перець гіркий – 9,38 г, сіль харчова – 9,38 г, паприка копчена – 3,13 г, базилік сушений – 3,13 г, хмелі-сунелі – 3,13 г, олія рослинна – 5,0 г.

Виробництво дослідних зразків томатної пастили складалося з підготовки та подрібнення сировини, висушування продукту, охолодження та формування виробів. Підготовчий процес розпочався з сортування та інспектування овочів. Наступним етапом було миття (за необхідності очищення) та відважування всіх компонентів. Далі всі інгредієнти помістили в чашу занурювального блендера для подрібнення і перемішування. Одержану масу розподілили рівномірним шаром по піддону для пастили, який попередньо змастили рослинною олією, після чого піддони встановили у сушарку Ezidri ultra fd1000 digital при визначеній для відповідного зразку температурі сушіння (30–55 °C). По закінченню процесу сушіння вироби охолоджували та формували.

Визначення показників хімічного складу дослідних зразків томатної пастили проводили в Науково-дослідному центрі біобезпеки та екологічного контролю ресурсів АПК ДДАЕУ за стандартними методиками.

Виклад основного матеріалу дослідження. На рис. 1 зображені зразки одержаної томатної пастили. При збільшенні температури сушіння томатної пастили з 30 до 45 °C, час висушування дослідних зразків поступово зменшувався з 10 до 4,5 год. При збільшенні температури сушіння томатної пастили з 45 до 55 °C час висушування дослідних зразків залишався сталим і складав 4,5 год.



Зразок №1: $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau = 10\text{ год}$



Зразок №2: $t = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau = 7\text{ год}$



Зразок №3: $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau = 5,5\text{ год}$



Зразок №4: $t = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau = 4,5\text{ год}$



Зразок №5: $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau = 4,5\text{ год}$



Зразок №6: $t = 55\text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau = 4,5\text{ год}$

Рис. 1. Одержані зразки пастили на основі томатного соусу

Відповідно до результатів органолептичної оцінки, найкращим зразком виявився зразок № 5 – пастила, висушена при температурі 50 °С. Температура сушіння не впливала на смак і запахи готових виробів, які були яскраво виражені та відповідали використаній сировині. При температурах від 30 до 45 °С спостерігалася нерівномірність висушування пастили, а при температурах від 45 до 55 °С висушування відбувалося більш рівномірно по всій її товщі. Форма всіх зразків відповідала формі, у якій відбувалося сушіння томатної пастили. Колір зразків № 4–6 був рівномірним, що не прослідковувалося для зразків № 1–3. Загалом для всіх зразків колір виробів відповідав кольору використаної сировини.

Після органолептичного аналізу визначили склад одержаної пастили на основі томатного соусу, який виявився наступним: масова частка вологи – 15,26 %, протеїну – 14,30 %, жирів – 4,68 %, клітковини – 7,05 %, кальцію – 2,76 г/кг, фосфору – 3,25 г/кг, магнію – 0,97 г/кг, натрію – 4,02 %, заліза – 41,03 мг/кг, цинку – 13,51 мг/кг, міді – 4,72 мг/кг, марганцю – 9,68 мг/кг.

Одержаний продукт рекомендуємо вживати як самостійний продукт; при приготуванні бутербродів, піци тощо замість соусу; при приготуванні соусів, заправок до борщу замість додавання томатної пасти; також пастилу можна залити водою у співвідношенні 1:5 і споживати у вигляді готового соусу. Даний перелік наведеними прикладами не обмежується.

Висновок. Опрацювавши результати дослідження щодо розроблення рецептури та технології виробництва томатної пастили, нами рекомендовано до впровадження дослідний зразок № 5 – томатна пастила, одержана при температурі сушіння 50 °С. Одержаний продукт є зручним у зберіганні та споживанні, що стане в нагоді вітчизняним споживачам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Іванова П.Х., Міхова Т.М. Розробка інноваційного висококонцентрованого продукту «Пастила із синіх сортів сливи домашньої (*Prunus Domestica*) та обліпихи (*Hippophae Rhamnoides*)». *Здоров'я людини, теорія та методика фізичної культури та спорту*. 2019. № 4, т. 15. С. 204–211.
2. Labate J. A., Grandillo S., Fulton T. *Tomato Vegetables: book series*. 2007. P. 1–125.
3. Душак О.В., Бессараб О.С., Шутюк В.В. Дослідження впливу хімічного складу нових сортів томатів на якісні характеристики концентрованих томат-продуктів. *Продовольчі ресурси*. 2021. № 9, т. 17. С. 65–71.
4. Vorobiova N. Adaptability and productivity of tomato varieties in the forest-steppe of Ukraine. *Vegetable and Melon Growing*. 2021. № 69. P. 79–88.
5. Thybo A.K., Edelenbos M., Christensen L.P. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *Food Science and Technology*. 2006. Vol. 39, № 8. P. 835–843.
6. Hernandez S.M., Rodriguez Rodriguez E.M. Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. *Food Chemistry*. 2008. Vol. 106, № 3. P. 1046–1056.
7. Navarro-Gonzalez I., Garcia-Valverde V., Gariia-Alonso J. Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International*. 2011. Vol. 44, № 5. P. 1528–1535.
8. Muhammad U.N., Sarfraz H., Saqib J. Tomato processing, lycopene and health benefits. *Science Letters*. 2015. Vol. 3, № 1. P. 1–5.
9. Соус овочевий з ферментованою сировиною: пат. № 136705 Україна: МПК A23L 2/00, A23L 27/24 (2016.01). №а 2019 03038; заявл. 28.03.2019; опубл. 27.08.2019, Бюл. № 16.

10. Томатний соус на основі грибів: пат. 101442 Україна: МПК A23L 1/39 (2006.01), A23L 1/28 (2006.01). №а 2015 02974; заявл. 10.09.2015; опубл. 10.09.2015, Бюл. № 17.
11. Соус червоний з топінамбуром: пат. 112639 Україна: МПК A23L 2/02 (2006.01), A23L 23/00 (2006.01). №а 2016 06326; заявл. 10.06.2016; опубл. 26.12.2016, Бюл. № 24.
12. Крафтовий соус «Кетчуп, збагачений селеном»: пат. 146035 Україна: МПК A23L 27/60 (2016.01), A23L 33/10 (2016.01), A23L 33/16 (2016.01). №а 2020 06233; заявл. 28.09.2020; опубл. 21.01.2021, Бюл. № 3.
13. Соус червоний основний: пат. 147428 Україна: МПК A23L 23/00 (2016), A23L 19/00 (2016). №а 2020 08014; заявл. 06.05.2021; опубл. 05.05.2021, Бюл. № 3.
14. Ahmed D., Rai Muhammad A., Kashif A. Assessment of quality attributes of tomato sauce supplemented with moringa root. *Food Science and Technology*. 2020. Vol. 40, № 4. P. 1014–1020.
15. Листова фруктова пастила: пат. № 120447 Україна: МПК A23G 3/34 (2017.01), A23L 21/00 (2006.01). №а 2017 08761; заявл. 31.08.2017; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20.
16. Low P.Y., Tan C.P., Lim P.K. Application of red pitaya powder as a natural food colourant in fruit pastille. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*. 2017. Vol. 13, № 3. P. 111–120.
17. Khazaizy E. The effect of different levels of Spirulina Platensis microalgae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and Overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille. *Journal of Food Science & Technology*. 2015. Vol. 12, № 48. P. 47–59.
18. Basiri S. Assessment of Sensory, Texture and Color Properties of Functional Pastilles Containing Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). *Nutr Food Sci Res*. 2020. Vol. 7, № 4. P. 27–32.
19. Zahorulko A., Kasabova K., Shmatchenko N. Improving Pastille Manufacturing Technology Using the Developed Multicomponent Fruit and Berry Paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 3, № 11. P. 49–56.
20. Chitgar M.F. Effect of various concentrations of pectin on the color and anthocyanins stability of black barberry (*Berberis cratagina*) in the fruit pastille model system. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*. 2018. Vol. 14, № 4. P. 617–628.

REFERENCES:

1. Ivanova, P.Kh. & Mikhova, T.M. (2019). Rozrobka innovatsiinoho vysokokontsentrovanoho produktu “Pastyla iz synikh sortiv slyvy domashnoi (Prunus Domestica) ta oblipykhy (Hippophae Rhamnoides)” [Development of an innovative highly concentrated product “Lozenges from blue varieties of domestic plum (Prunus Domestica) and sea buckthorn (Hippophae Rhamnoides)”]. *Zdorovia liudyny, teoriia ta metody fizychnoi kultury ta sportu – Human health, theory and methods of physical culture and sports*, 4, 15, 204–211 [in Ukrainian].
2. Labate, J. A., Grandillo, S. & Fulton, T. (2007) Tomato Vegetables: book series (pp. 1–125).
3. Dushchak, O.V., Bessarab, O.S. & Shutiuk, V.V. (2021). Doslidzhennia vplyvu khimichnoho skladu novykh sortiv tomativ na yakisni kharakterystyky kontsentrovanykh tomat-produktiv [Study of the influence of the chemical composition of new varieties of tomatoes on the quality characteristics of concentrated tomato products]. *Prodovolchi resursy – Food resources*, 9, 17, 65–71 [in Ukrainian].
4. Vorobiova, N. (2021). Adaptability and productivity of tomato varieties in the forest-steppe of Ukraine. *Vegetable and Melon Growing*, 69, 79–88.
5. Thybo, A.K., Edelenbos, M. & Christensen, L.P. (2006). Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *Food Science and Technology*, 39, 8, 835–843.

6. Hernandez, S.M. & Rodriguez, E.M. (2008). Chemical composition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) from Tenerife, the Canary Islands. *Food Chemistry*, 106, 3, 1046–1056.
 7. Navarro-Gonzalez, I., Garcia-Valverde, V. & Gariia-Alonso, J. (2011). Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. *Food Research International*, 44, 5, 1528–1535.
 8. Muhammad, U.N., Sarfraz, H. & Saqib, J. (2015). Tomato processing, lycopene and health benefits. *Science Letters*, 3, 1, 1–5.
 9. Sous ovochevyi z fermentovanoiu syrovynoiu [Vegetable sauce with fermented raw materials]: pat. 136705 Ukraine: A23L 2/00, A23L 27/24 (2016.01). № a 2019 03038; Application 28.03.20; Publ. 27.08.2019, Bul. № 16 [in Ukrainian].
 10. Tomatnyi sous na osnovi hrybiv [Tomato sauce based on mushrooms]: pat. 101442 Ukraine: A23L 1/39 (2006.01), A23L 1/28 (2006.01). № a 2015 02974; Application 10.09.2015; Publ. 10.09.2015, Bul. № 17 [in Ukrainian].
 11. Sous chervonyi z topinamburom [Red sauce with Jerusalem artichoke]: pat. 112639 Ukraine: A23L 2/02 (2006.01), A23L 23/00 (2006.01). № a 2016 06326; Application 10.06.2016; Publ. 26.12.2016, Bul. № 24 [in Ukrainian].
 12. Kraftovyi sous “Ketchup, zbahachenyi selenom” [Craft sauce “Ketchup enriched with selenium”]: pat. 146035 Ukraine: A23L 27/60 (2016.01), A23L 33/10 (2016.01), A23L 33/16 (2016.01). № a 2020 06233; Application 28.09.2020; Publ. 21.01.2021, Bul. № 3 [in Ukrainian].
 13. Sous chervonyi osnovnyi [Main red sauce]: pat. 147428 Ukraine: A23L 23/00 (2016), A23L 19/00 (2016). № a 2020 08014; Application 06.05.2021; Publ. 05.05.2021, Bul. № 3 [in Ukrainian].
 14. Ahmed, D., Rai Muhammad, A. & Kashif, A. (2020). Assessment of quality attributes of tomato sauce supplemented with moringa root. *Food Science and Technology*, 40, 4, 1014–1020.
 15. Lystova fruktova pastyla [Sheet fruit pastille]: pat. 120447 Ukraine: A23G 3/34 (2017.01), A23L 21/00 (2006.01). № a 2017 08761; Application 31.08.2017; Publ. 25.10.2017, Bul. № 20 [in Ukrainian].
 16. Low, P.Y., Tan, C.P. & Lim, P.K. (2017). Application of red pitaya powder as a natural food colourant in fruit pastille. *Jurnal Gizi Klinik Indonesia*, 13, 3, 111–120.
 17. Khazaiy, E. (2015). The effect of different levels of *Spirulina Platensis* microalgae and agar and guar hydrocolloids on water activity, texture, color parameters and Overall acceptability of kiwi puree-based fruit pastille. *Journal of Food Science & Technology*, 12, 48, 47–59.
 18. Basiri, S. (2020) Assessment of Sensory, Texture and Color Properties of Functional Pastilles Containing Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.). *Nutr Food Sci Res.*, 7, 4, 27–32.
 19. Zahorulko, A., Kasabova, K., Shmatchenko, N. (2021). Improving Pastille Manufacturing Technology Using the Developed Multicomponent Fruit and Berry Paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3, 11, 49–56.
 20. Chitgar, M.F. (2018). Effect of various concentrations of pectin on the color and anthocyanins stability of black barberry (*Berberis cratagina*) in the fruit pastille model system. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 14, 4, 617–628.
-

УДК 664.95-027.38]-047.37

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.25>

ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РИБНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ДОДАВАННЯМ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ ГІДРОБІОНТІВ

Стукальська Н. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-6590-7170

Нєміріч О. В. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0005-3479-1466

Грицкевич А. О. – магістр
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0009-3105-9914

У рамках вирішення проблеми забезпечення комплексного харчування споживачів досліджуються різні підходи щодо її вирішення шляхом розширення асортименту продукції з використанням рибної сировини. Обґрунтовано необхідність розробки рибних напівфабрикатів шляхом поєднання інгредієнтів рослинного походження із сировиною тваринного походження з ефективною заміною компонентів рослинного походження. Такий підхід дозволяє збільшити споживання харчових волокон і знизити калорійність продукту, одночасно збагативши рибний фарш вуглеводами (такими як полісахариди і харчові волокна), амінокислотами, а також необхідними макро- і мікроелементами.

Ретельне дослідження амінокислотного складу м'язової тканини риби хека виявило підвищену концентрацію незамінних амінокислот, зокрема лейцину, лізину, треоніну та фенілаланіну. Ці амінокислоти демонструють значну кількість з точки зору їх біологічної цінності, г/100 г білка: лізин – 11,6, метіонін – 3,3 та триптофан – 1,1.

Аналіз даних показує позитивну кореляцію між рівнем рН м'яса риби та його еластичністю. Однак, коли рівень рН перевищує 7,5 і стає більш лужним, еластичність м'яса знижується, незважаючи на вивільнення міозину.

Було виявлено, що додавання 3–5% функціональної добавки порошку ламінарії, призвело до вологоутримуючої здатності рибного напівфабрикату на рівні 48,6% з рівнем рН 6,67. Крім того, додавання 4–8% гідролізату рибного колагену, призвело до вологоутримуючої здатності рибного напівфабрикату на рівні 49,27% з рівнем рН 6,04. Додавання порошку ламінарії та гідролізату рибного колагену до рибних напівфабрикатів дозволяє отримувати продукти високої біологічної цінності з високим вмістом осматично-зв'язаної вологи, відповідної текстури, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування.

Ключові слова: збалансоване харчування, хек, фаршевий напівфабрикат, порошок ламінарії, гідролізат рибного колагену, амінокислотний склад, вологозв'язуюча здатність.

Stukalska N. M., Niemirich O. V., Hrychkevych A. O. Study of the functional and technological properties of fish semi-finished products with the addition of hydrobiont processing products

As part of solving the problem of providing consumers with comprehensive nutrition, various approaches to solving it by expanding the range of products using fish raw materials are being studied. The need for the development of composite semi-finished products by combining ingredients of plant origin with raw materials of animal origin with effective replacement of components of plant origin is substantiated. This approach allows you to increase the consumption

of dietary fiber and reduce the calorie content of the product, while enriching the minced fish with carbohydrates (such as polysaccharides and dietary fiber), amino acids, as well as the necessary macro- and microelements.

A careful study of the amino acid composition of hake muscle tissue revealed a slightly increased concentration of essential amino acids, including leucine, lysine, threonine and phenylalanine. These amino acids show a significant amount in terms of their biological value, g/100 g of protein: lysine – 11.6, methionine – 3.3 and tryptophan – 1.1.

Data analysis shows a positive correlation between the pH level of fish meat and its elasticity. However, when the pH level exceeds 7.5 and becomes more alkaline, the elasticity of the meat decreases despite the release of myosin. Minced hake fish was used in our research. It was found that the addition of 3–5% of the functional additive of kelp powder led to the moisture retention capacity of the fish semi-finished product at the level of 48.6% with a pH level of 6.67. In addition, the inclusion of 4–8% of fish collagen hydrolyzate resulted in a moisture-retaining capacity of the fish semi-finished product at the level of 49.27% with a pH level of 6.04. The addition of kelp powder and fish collagen hydrolyzate to fish semi-finished products allows you to obtain products of high biological value with a juicy, appropriate texture, which corresponds to modern trends in healthy nutrition.

Key words: *balanced nutrition, hake, minced semi-finished product, kelp powder, fish collagen hydrolyzate, amino acid composition, moisture-binding capacity.*

Вступ. Одним з можливих шляхів вирішення проблеми забезпечення населення білковими харчовими продуктами – є збільшення вирощування риби та виробництва кулінарної продукції з неї.

Постановка проблеми. Враховуючи сучасні світові тенденції у виробництві та дистрибуції харчових продуктів, значний акцент приділяється впровадженню профілактичних заходів для гарантування безпечності та якості виробництва харчових продуктів. Тому, ринкова конкурентоспроможність рибної продукції значною мірою залежить від її якості та безпеки.

Для досягнення даної мети необхідний системний підхід, який передбачає проведення комплексного аналізу та оцінки харчової цінності кінцевого продукту. Важливо зазначити, що виробництво продуктів на основі риби передбачає використання різноманітної сировини – фактор, який може суттєво вплинути на цінову стратегію. Отже, ми зосередилися на розробці рибних напівфабрикатів, які не тільки мають підвищену поживну цінність, але й є економічно ефективними. Таким чином, дане дослідження присвячено визначенню найкращої рибної сировини, яка є не тільки економічно вигідною, але й має високі стандарти якості, оптимальний хімічний склад і органолептично приваблива для споживача.

Рибні продукти служать життєвоважливим джерелом необхідних для споживання людиною поживних речовин, включаючи йод, фосфор, білки, поліненасичені жирні кислоти (такі як ейкозапентаєнова, докозагексаєнова, лінолева, ліноленова, арахідонова) і жиророзчинні вітаміни. Тому, доцільно включати рибні продукти в раціон людей з ослабленим імунітетом та людей різного віку, наприклад, дітей, людей похилого віку, вагітних. Це підтверджує про необхідність забезпечення населення рибними продуктами, які відповідають суворим стандартам якості.

Проте, рибні продукти, завдяки великій кількості цінних поживних речовин, таких як білки, жири та вітаміни, сприйнятливі до мікробного псування. Це не тільки призводить до швидкого зниження органолептичних властивостей, але й сприяє росту патогенних мікроорганізмів. Крім того, сама риба може містити небезпечні паразити, такі як трематоди, цестоди, скребки та нематоди, а також токсини, такі як тетродотоксин, альгетоксин, тирамін, путресцин, кадаверин та іхтіотоксин. Також, рибні продукти в своєму складі можуть містити важкі метали,

насамперед ртуть і пестициди. Тому, під час виробництва та зберігання нітрозаміни, бензопірен і важкі метали можуть потрапляти або утворюватися в рибних продуктах.

Аналізуючи об'єми продажів рибної сировини, можна стверджувати, що останніми роками зростає попит на рибну продукцію з високим ступенем обробки, зокрема рибні котлети, бургери, палички і ін., які широко купуються споживачами як у роздрібній торгівлі, так і споживаються в підприємствах швидкого обслуговування.

З метою збагачення даної кулінарної продукції, науковці намагаються додавати до фаршевих рибних напівфабрикатів різноманітну сировину, яка містить велику кількість вітамінів, харчових волокон, макро та мікроелементів. Одними з таких компонентів можна вважати це продукти переробки гідробіонтів, а саме: гідролізат рибного колагену та ламінарія. Дана сировина являє собою значний резервуар біологічно активних сполук і має безліч переваг: біологічна доступність, повноцінний набір амінокислот, багатий вміст макро- та мікроелементів: містить йод, калій, кальцій, магній, залізо та інші мінерали. А також високий вміст вітамінів: містить вітаміни A, C, E, B1, B2, B6, B12.

Самостійне споживання даних компонентів не дуже заохочується людьми через особливий, специфічний смак, а ось додавання їх до повсякденних продуктів харчування є цікавим і перспективним завданням. Включення даної сировини до фаршевих рибних напівфабрикатів спонукає до збільшити вмісту цінних сполук в кулінарній продукції, тим самим протидіючи згубному впливу факторів навколишнього середовища та покращення самопочуття людини. Крім того, ці речовини мають здатність виводити радіонукліди з організму і сприяти загальному фізіологічному поліпшенню організму людини.

Тому **метою** роботи є розробка функціонального продукту – фаршевого рибного напівфабрикату з додаванням продуктів переробки гідробіонтів підвищеної харчової цінності. Соціальний ефект від удосконалення полягає в тому, що очікується збільшення амінокислотного складу та мінеральних речовин у готовому продукті після додавання функціональної добавки з порошку ламінарії та гідролізату рибного колагену.

Об'єкт дослідження – технологія фаршевого напівфабрикату з додаванням продуктів переробки гідробіонтів, а саме порошку ламінарії та гідролізату рибного колагену.

Предметами дослідження виступали: порошок ламінарії, гідролізат колагену з риби, фаршеві напівфабрикати з використанням продуктів переробки гідробіонтів.

Методи та матеріали дослідження – аналіз літературних джерел, власні дослідження органолептичні, фізико-хімічні, математична обробка експериментальних даних.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для приготування рибних напівфабрикатів використовується широкий спектр рибної сировини, а саме: жирна риба, до якої відноситься лосось (сьомга, горбуша, кета), осетер, скумбрія, салака, сардини; нежирна риба: тріска, пікша, мінтай, хек та рибні відходи: обрізки філе, голови, хвости, кістки.

Вибір рибної сировини залежить від виду напівфабрикату, способу приготування та очікуваної вартості. Для виробництва фаршевих рибних напівфабрикатів: котлет, пельменів та фаршу звертають увагу на вміст жиру, кількість кісток. Під час виготовлення рибних паличок звертають увагу на щільність риби та

відсутність кісток. Рибні відходи використовуються для виробництва дешевих напівфабрикатів.

Для удосконалення рибних фаршевих напівфабрикатів було обрано риба – хек, одна з найпопулярніших видів риби. Вона має ряд переваг, які роблять її ідеальною для розробки фаршевого напівфабрикату. Перш за все це – «цінова політика», хек відносно недорога риба, що робить напівфабрикати з нього доступними для широкого кола споживачів. По-друге хімічний склад, даний вид риби є високобілковою сировиною, містить близько 17% білка, 1% жиру, що відповідає поставленій меті – попередження дефіциту повноцінних (тваринних) білків у раціоні населення України.

Уся риба поділяється на складові: голова, тулуб та хвіст. У табл. 1 наведені усереднені дані щодо масового складу різних відділів риби хек.

Таблиця 1

Масовий склад риби хек, %

Сировина	М'язова тканина	Голова	Нутрощі, шкіра, луска, кістки, плавники	Втрати
Хек	38,20	20,06	38,19	3,01

Аналіз даних, що стосуються масового складу риби, показує, що відносна маса чистого м'яса (без шкіри) досліджуваної риби хек становить 36,90% від загальної маси.

У виробництві рибних напівфабрикатів найбільший інтерес представляє м'язова тканина. До складу м'язової тканини входить багато хімічних речовин, серед яких переважають вода, білки, ліпіди, мінеральні речовини. Склад основних компонентів значно варіюється в залежності від багатьох факторів таких як: **вид, вік, стать, сезон, умови довілля та спосіб вилову.**

Хімічний склад м'язової тканини рибної сировини оцінювали за середніми значеннями, отриманими під час аналізу середніх проб риби, відібраних за методикою [1–2]. Усереднений хімічний склад м'язової тканини представлений у табл. 2.

Таблиця 2

Хімічний склад м'язової тканини риби хек, %

Показник	Вміст
Вода	78,50
Білки	18,8
Жири	0,88
Мінеральні речовини	1,13

Дослідження хімічного складу риби демонструє кількісну взаємозалежність між основними складовими м'язової тканини, а саме водою, жиром і білком. Так як хек відноситься до пісних риб то в ньому більший вміст вологи та білка у порівнянні з рибою, яка має високий вміст жиру.

Для характеристики м'язової тканини риби використовуються такі критерії, як співвідношення білок/волога, жир/білок і жир/волога. Вищезазначені критерії були визначені шляхом використання даних, отриманих у результаті комплексного аналізу хімічного складу, які представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Критерії оцінки якісних показників м'язової тканини риби хек, %

Риба	Критерії		
	білок/волога	жир/волога	жир/білок
Хек	0,23	0,01	0,04

Дані, представлені в таблиці 3, дають розуміння, що вміст білок/волога має найвище співвідношення тобто найбільше в рибі міститься – білка, що призведе до кращої текстури напівфабрикату, оскільки білок за своєю природою є біо-полімером з величезною кількістю гідрофільних, а також гідрофобних угруповань та має здатність до набухання та утворення стабільних колоїдних систем і взаємодії з ліпідами, а також позитивно вплине на смак та поживну цінність готового продукту.

Для повної характеристики біологічної цінності досліджено амінокислотний склад м'язової тканини риби хек (табл. 4).

Таблиця 4

Амінокислотний склад білків м'яса риби хек, г/100 г білка амінокислоти

Показник	Вміст
Валін	6,6
Ізолейцин	5,1
Лейцин	9,2
Лізин	11,6
Метіонін	3,3
Треонін	5,9
Триптофан	1,1
Фенілаланін	5,1
Всього незамінних амінокислот	47,9
Аланін	6,9
Аргінін	6,0
Аспарагінова кислота	10,9
Гістидин	2,2
Гліцин	3,7
Глутамінова кислота	16,6
Пролін	3,1
серин	5,0
Тирозин	3,8
Цистин	-
Оксипролін	-
Всього взаємозамінних амінокислот	58,2

Табличні результати показують, що у складі риби хек мається широкий асортимент незамінних амінокислот, присутніх у білках досліджуваної риби. При проведенні порівняльного аналізу вмісту незамінних амінокислот у м'язовій тканині риб було виявлено, що концентрації таких амінокислот, як лейцин, лізин, треонін і фенілаланін, були дещо вищими (табл. 4). Дана риба відрізняється підвищеним

рівнем незамінних амінокислот, які відіграють вирішальну роль у визначенні їх біологічної цінності, виміряної в грамах на 100 грамів білка: лізину 11,6; метіонін 3,3; триптофан 1,1. Дані показники говорять про те, що вибір риби хек є перспективною сировиною для виробництва різноманітних фаршевих рибних напівфабрикатів.

При розробці рецептур рибних фаршевих напівфабрикатів слід враховувати вплив факторів, що впливають на еластичність фаршу. Було досліджено, що хімічний склад, а саме вміст міозину та зміна рН середовища м'язової тканини риби впливають на еластичність м'язів і відповідно на в'язкість, адгезійні властивості фаршу та вологозв'язуючу здатність.

Аналіз даних показує позитивну кореляцію між вищими значеннями рН м'яса риби хек та підвищенням еластичності. Однак коли значення рН перевищує 7,5 і зміщується в бік лужного стану, це призводить до зниження еластичності м'яса, незважаючи на те, що він сприяє вивільненню міозину. Діапазон значень рН від 3,32 до 4,12 демонструє найвищий рівень еластичності. Крім того, значення рН м'яса риби також впливає на його здатність зв'язувати вологу, яка демонструє тенденцію до зростання зі збільшенням значення рН. На коливання пружності м'язової тканини одного виду риби, впливає кілька факторів: включаючи вік риби, сезон і глибина її проживання, тривалість зберігання та спосіб обробки сировини.

Тому, для підвищення вологозв'язуючої здатності фаршу можна використовувати м'ясо хека з більш високим значенням рН.

Також під час розробки фаршевих рибних напівфабрикатів високої якості доцільно введення продуктів переробки гідробіонтів, що дає можливість отримати новий продукт – з функціональними властивостями. В якості функціональних компонентів було обрано додавання зневодненої ламінарії та гідролізований колаген з риби.

Під час проведення досліджень до рибного фаршу з хека додавали від 3 до 5% ламінарії та від 4 до 8% рибного колагену як заміну частини рибного фаршу. Отриманий комбінований фарш оцінювали за поживною цінністю (табл. 5 та рис. 1)

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники рибного напівфабрикату

Зразок	Масова частка, %			Вміст клітковини, %
	Білки	Волога	Жир	
Контрольний зразок	16,5	53,72	9,84	2,21
Зразок рибного фаршу із 3% ламінарії	17,7	46,33	9,62	3,14
Зразок рибного фаршу із 5% ламінарії	18,2	56,09	9,76	5,44
Зразок рибного фаршу із 4% гідролізату рибного колагену	18,59	54,1	9,33	2,92
Зразок рибного фаршу із 8% гідролізату рибного колагену	57,1	46,91	9,72	4,31

На рівень якості рибних фаршевих напівфабрикатів також впливають вологозв'язуюча здатність (ВЗЗ), вологоутримуюча здатність (ВУЗ), жирутримуюча здатність (ЖУЗ) та рівень рН фаршу. Дані проведених досліджень наведено в табл. 6.

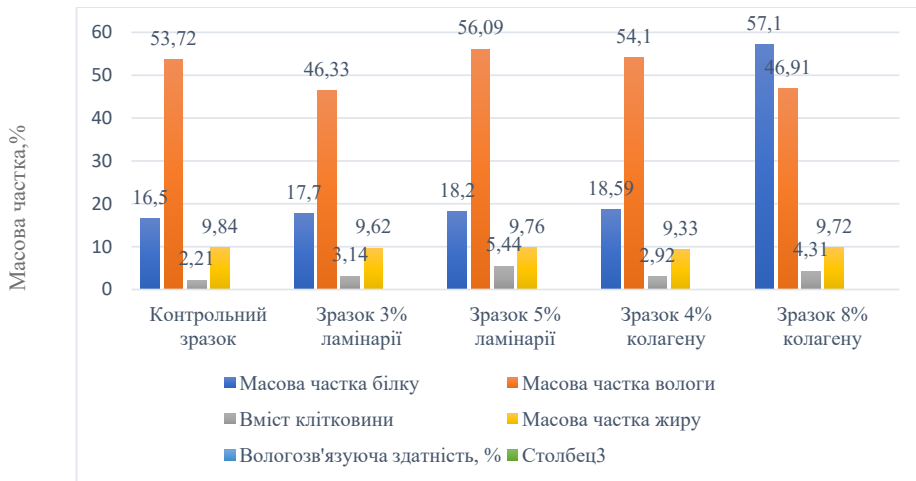


Рис. 1. Динаміка змін фізико-хімічних показників рибного напівфабрикату

Таблиця 6

Функціонально-технологічні показники фаршевого рибного напівфабрикату

Показники	Контрольний зразок	Зразок			
		Порошок ламінарії		Гідролізат рибного колагену	
		3%	5%	4%	8%
Вологозв'язуюча здатність, %	49,27	59,54	62,48	50,66	59,84
Вологоутримуюча здатність, %	45,51	46,72	48,60	47,34	49,27
Жирутримуюча, здатність, %	69,06	50,82	40,68	60,68	50,73
pH	6,7	6,66	6,67	6,24	6,04

Дослідження функціонально-технологічних показників рибного фаршу підтверджують, що рівень вологозв'язувальної здатності та pH залежить від кількості функціональних складових. Здатність рибного фаршу зв'язувати та утримувати вологу, а також його стійкість під час термічної обробки коливається відповідно до морфологічного складу, pH, вмісту білка, жиру, води та харчових волокон у фарші, а також їх відповідних пропорцій.

Додавання до рибного фаршу функціональних інгредієнтів, таких як порошок ламінарії та гідролізат риб'ячого колагену, забезпечує найвищу здатність зв'язувати вологу та рівень pH. Зокрема, додавання 5% порошку ламінарії, здатність зв'язувати вологу досягає 48,6%, а рівень pH становить 6,67. Так само, при додаванні 8% гідролізату риб'ячого колагену, здатність зв'язувати вологу становить 49,27%, а рівень pH – 6,04.

Рівень pH підвищується до певної максимальної точки, яка відповідає максимальній розчинності білків. Збільшення розчинності білка впливає на гідрофільність рибних білків, тим самим підвищуючи здатність зв'язувати вологу комбінованої системи. Значну роль у підвищенні цих показників відіграє введення в фарш колагену та харчових волокон з інноваційних компонентів. Ці компоненти

сприяють утворенню білково-полісахаридних комплексів, які мають покращені емульгуючі та стабілізуючі властивості. Крім того, вони впливають на стабілізацію структури і осматичнозв'язану вологу. Отже, підвищену здатність зв'язувати вологу комбінованого фаршу можна пояснити процесами набухання.

При додаванні інноваційних інгредієнтів покращується і мінеральний та амінокислотний склад фаршевих напівфабрикатів з риби хек (табл. 7).

Таблиця 7

Динаміка змін вмісту мінеральних речовин та амінокислотного складу фаршевих рибних напівфабрикатів залежно від частки внесення інноваційних інгредієнтів

Показники	Контрольний зразок	Інноваційний зразок (5% порошку ламінарії та 8% гідролізату риб'ячого колагену)
Мінеральні елементи, мг/100 г		
Калій	281,25	487,88
Магній	35,14	75,60
Залізо	0,58	5,21
Натрію	55,32	194,72
Кальцій	53,75	49,63
Цинк	1,2	1,2
Йод	0,038	0,78
Фосфор	267,22	323,55
Масова частка амінокислот, %		
Аргінін	0,44	0,54
Лізин	0,50	0,35
Тирозин	0,14	0,17
Фенілаланін	0,26	0,17
Гістидин	0,07	0,13
Лейцин+ізолейцин	0,39	0,24
Метіонін	0,21	0,15
Валін	0,41	0,22
Пролін	0,28	0,15
Треолайн	0,33	0,15
Серин	0,24	0,16
Аланін	0,42	0,26
гліцин	0,44	0,20

На основі аналізу даних, наведених у таблиці 7, можна зробити остаточний висновок, що введення інноваційних компонентів призводить до підвищення поживних якостей продукту. Зокрема, рибний фарш з хеку з додаванням 5% ламінарії та 8% гідролізату рибного колагену найкраще впливає на якість фаршевого напівфабрикату. Додавання цих інноваційних інгредієнтів призводить до збільшення як мінерального складу, так і вмісту амінокислот. У вищезазначених зразках спостерігалось помітне підвищення вмісту заліза, важливого мікроелемента, необхідного для здоров'я людини.

Висновок. Ретельне дослідження амінокислотного складу в м'язовій тканині хека виявило підвищену концентрацію незамінних амінокислот, включаючи лейцин, лізин, треонін і фенілаланін. Ці амінокислоти мають значну присутність з точки зору їх вмісту, вираженого в грамах на 100 грамів білка: лізину – 11,6, метіоніну – 3,3 і триптофану приблизно – 1,1.

Аналіз даних показує позитивну кореляцію між рівнем рН м'яса риби та його еластичністю. Однак, коли рівень рН перевищує 7,5 і стає більш лужним, еластичність м'яса знижується, незважаючи на вивільнення міозину. Додавання функціональних інгредієнтів до рибного фаршу в концентрації: порошку ламінарії 5 % та гідролізату риб'ячого колагену 8% забезпечує найвищу здатність зв'язувати вологу та рівень рН. Зокрема, додавання порошку ламінарії та гідролізату риб'ячого колагену спонукає до підвищення вологосв'язуючої здатності фаршу до 48,94% та рН фаршу набуває значень 6,36.

Використовуючи продукти переробки гідробіонтів у виробництві фаршевих рибних напівфабрикатів дає можливість отримувати фаршеві рибні напівфабрикати з високою поживною цінністю, соковитою текстурою, що відповідає сучасним тенденціям здорового харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДСТУ ISO 1442:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення вмісту вологи (контрольний метод) (ISO 1442:1997, IDT). [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007. 8 с. (Інформація та документація).
2. ДСТУ ISO 1443:2005. М'ясо та м'ясні продукти. Метод визначення загального вмісту жиру (ISO 1443:1973, IDT). [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007. 8 с. (Інформація та документація).
3. W.E. Waterlander., C. Ni Mhurchu., H. Eyles., S. Vandevijvere., C. Cleghorn, P. Scarborough., B. Swinburn., J. Seidell. Food Futures: Developing effective food systems interventions to improve public health nutrition. *Agricultural Systems*. Volume 160, February 2018, Pages 124–131.
4. E. Huff-Lonergan, S.M. Lonergan. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. Volume 71, Issue 1, September 2005, Pages 194–204.

REFERENCES:

1. DSTU ISO 1442:2005. Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennia vmistu volohy (kontrolnyi metod) (ISO 1442:1997, IDT). [Chynnyi vid 2007-04-01]. Kyiv, 2007. 8 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia).
2. DSTU ISO 1443:2005. Miaso ta miasni produkty. Metod vyznachennia zahalnoho vmistu zhyru (ISO 1443:1973, IDT). [Chynnyi vid 2007-04-01]. Kyiv, 2007. 8 s. (Informatsiia ta dokumentatsiia).
3. W.E. Waterlander., C. Ni Mhurchu., H. Eyles., S. Vandevijvere., C. Cleghorn, P. Scarborough., B. Swinburn., J. Seidell. Food Futures: Developing effective food systems interventions to improve public health nutrition. *Agricultural Systems*. Volume 160, February 2018, Pages 124–131.
4. E. Huff-Lonergan, S.M. Lonergan. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*. Volume 71, Issue 1, September 2005, Pages 194–204.

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

UDC 721

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.26>

INNOVATIVE APPROACHES TO ENHANCING ENVIRONMENTAL SAFETY IN MODERN CONSTRUCTION

Barulin D. S. – Senior Lecturer at the Department of Construction,
Architecture, and Design

of the Kherson State Agrarian and Economic University

ORCID ID: 0000-0002-2904-2023

The article is dedicated to the research and analysis of the most widespread voluntary standards of "green" construction. "Green" construction has been receiving significant attention since the beginning of the 21st century due to growing concerns about the environmental state. The increasing demand for "green" buildings has led to the necessity of their evaluation, namely certification of these buildings according to a set of defined criteria. This has contributed to the emergence of numerous systems for evaluating "green" construction.

Current challenges are highlighted, including the energy crisis and deterioration of the environmental state, which are relevant due to the high energy consumption of the construction industry. It is noted that the construction sector is a significant source of greenhouse gas emissions, necessitating the implementation of sustainable development strategies.

The study analyzes the main standards of BREEAM, LEED, and generalizes the categories of their assessment. Successful examples of implementing "green" construction in various countries such as the USA, UK, Australia, Canada, and Japan are analyzed. Emphasis is placed on the importance of government support in the development of environmental construction.

Examples of successful projects that have received BREEAM and LEED certificates in Ukraine are provided. Measures for Ukraine are proposed: increasing the popularity of certification according to BREEAM and LEED standards; activating state participation in environmental construction projects; using the experience of other countries to develop its own "green" construction standards.

It is concluded that "green" construction contributes to the increase in the value of buildings, provides a better environment for living and working, and promotes the durability and quality of building materials and solutions. It is established that the certification of "green" construction plays a key role in reducing the negative impact on the environment, increasing energy efficiency, improving the quality of life, and stimulating economic growth through the implementation of innovative and sustainable practices in the construction industry. The article emphasizes that the implementation of "green" construction is an important step towards sustainable development and improving the environmental situation in Ukraine and the world.

Key words: "green" construction, sustainable development, voluntary standards BREEAM, LEED.

Барулін Д. С. Інноваційні підходи до підвищення екологічної безпеки в сучасному будівництві

Стаття присвячена дослідженню та аналізу найпоширеніших добровільних стандартів «зеленого» будівництва. «Зеленому» будівництву приділено велику увагу на початку XXI століття через зростання занепокоєння щодо екологічного стану навколишнього середовища. Зростання попиту на «зелені» будівлі призвело до необхідності певної їх оцінки, а саме сертифікації цих будівель за набором визначених критеріїв. Це сприяло появі численних систем оцінки «зеленого» будівництва.

Висвітлено сучасні виклики, зокрема енергетичну кризу та погіршення екологічного стану, які є актуальними через високе енергоспоживання будівельної галузі. Зазначено, що будівельний сектор є значним джерелом викидів парникових газів, що потребує впровадження стратегій сталого розвитку.

У дослідженні виконано аналіз основних стандартів BREEAM, LEED, узагальнено категорії їх оцінювання. Проаналізовано успішні приклади впровадження «зеленого» будівництва у різних країнах, таких як США, Великобританія, Австралія, Канада та Японія. Наголошено на важливості державної підтримки у розвитку екологічного будівництва.

Наведені приклади успішних проектів, які отримали сертифікати BREEAM та LEED в Україні. Запропоновані заходи для України: підвищення популярності сертифікації за стандартами BREEAM та LEED; активізація державної участі у проектах екологічного будівництва; використання досвіду інших країн для розвитку власних стандартів «зеленого» будівництва.

Зроблено висновок, що «зелене» будівництво сприяє підвищенню вартості будівель, забезпечує краще середовище для життя та роботи, а також сприяє довговічності та якості будівельних матеріалів і рішень. Встановлено, що сертифікація «зеленого» будівництва відіграє ключову роль у зменшенні негативного впливу на довкілля, підвищенні енергоефективності, покращенні якості життя та стимулюванні економічного зростання через впровадження інноваційних та сталих практик у будівельній галузі. Стаття підкреслює, що впровадження «зеленого» будівництва є важливим кроком на шляху до сталого розвитку та покращення екологічної ситуації в Україні та світі.

Ключові слова: «зелене» будівництво, сталий розвиток, добровільні стандарти BREEAM, LEED

Formulation of the problem. Amid the accelerated development of society and, undoubtedly, the economy, the energy deficit and deteriorating environmental conditions are the two main problems facing the world's population today. Currently, the construction industry has become the leading consumer of global energy reserves and various energy resources and is the primary source of environmental pollution worldwide. According to data from the UN Environment Programme, the overall energy consumption in the construction sector accounts for approximately 30–40% of total energy consumption globally [1].

In Europe, energy use in residential and commercial buildings accounts for over 40% of total final consumption, making buildings the most energy-consuming sector and the primary source of greenhouse gas emissions [2]. However, this proportion pertains only to "operational" energy use, which is consumed for heating, cooling, ventilation, and other means that make the building habitable and support the constant needs of its inhabitants. There is additional energy consumption and associated greenhouse gas emissions linked to the construction process, building materials, and the characteristics of open urban spaces, where microclimatic and other processes significantly affect people's dependence on energy-intensive buildings and urban transport.

In 2020, carbon dioxide emissions in the construction sector reached 11.79 gigatons, accounting for 37% of all carbon emissions worldwide. Overall, 17% of these were associated with operational carbon emissions in residential buildings [3]. Therefore, it is crucial to accelerate the implementation of sustainable development strategies to achieve carbon neutrality, as the world's climate continues to worsen.

The issue of energy intensity and energy efficiency, as well as the environmental friendliness of construction production, is particularly relevant at present. The development of green building should contribute to the unity of all the aforementioned requirements.

Green building is a systemic approach applied to the design, construction, and maintenance of buildings that are resource-efficient, maximally convenient for consumers, and minimally impactful on the natural environment.

Analysis of Recent Research and Publications. Significant contributions to the study of international green building assessment systems have been made by foreign scholars. First and foremost, it is worth mentioning the work of Bungau et al., which explores the importance of green buildings for sustainable environmental development, emphasizing the dilemmas and challenges faced by scholars and practitioners in this field [1]. According to data from the UN Environment Programme, the overall energy consumption in the construction industry accounts for approximately 30–40% of global energy consumption. This underscores the importance of transitioning to energy-efficient and environmentally friendly buildings.

Other researchers also actively investigate various aspects of green building. For example, in the study by Pearlmutter et al., the importance of integrating natural systems into the urban environment is discussed, which contributes to reducing carbon emissions and improving the quality of life for urban populations. The analysis of current global standards in the field of green building shows that they are aimed at enhancing the environmental, energy, and economic efficiency of buildings [2].

Conducting an analysis of recent research and publications on this topic in works [3–8], it can be concluded that green building is crucial for sustainable development, and there is a need to implement international standards and certifications to ensure high quality and environmental safety of buildings. However, the development of this trend in Ukraine is still in its infancy, highlighting the importance of further research and popularization of green building standards.

Presentation of the Main Research Material. Each nation charts its own course towards sustainable development policies, green building initiatives, and energy efficiency improvements. The quantity of buildings constructed to meet environmental standards has become a crucial indicator of sustainable development and the maturity of a country's ecological construction market. At the governmental level, laws and strategies are enacted that impact all economic sectors and shape the long-term developmental prospects of nations [4].

Among the primary objectives set by leading countries in environmental development are the following:

- a 20% reduction in greenhouse gas emissions compared to 1990 levels (the roadmap to a resource-efficient Europe by 2050);
- increasing energy efficiency (the roadmap for energy development by 2050);
- raising the proportion of energy resources derived from renewable sources in the economy (the roadmap for transitioning to a low-carbon economy by 2050) [5].

Modern global standards for regulating ecological parameters in the architectural and construction industry mainly address the environmental, energy, and economic efficiency of so-called "green buildings" and are developed as voluntary rating certification systems.

The concept of green building is not uniform and constant worldwide but is shaped according to the specifications of national and regional developments in the construction industry. The World Green Building Council (WorldGBC) defines a green building

as one aimed at reducing or completely eliminating negative impacts on the environment throughout its life cycle, while also having a positive impact on the local environment and climate [6]. Additionally, this concept is described by the United States Environmental Protection Agency (USEPA) as "the practice of creating structures and using processes that are environmentally responsible and resource-efficient throughout a building's life-cycle from siting to design, construction, operation, maintenance, renovation, and demolition" [1].

To evaluate and certify buildings in terms of energy and environmental efficiency in the global construction sector, official certification systems have been established. These systems assess and compare the quality of buildings based on energy and environmental aspects, prioritizing the reduction of energy consumption, utilization of natural resources, and the minimization of waste production and pollution from transporting building materials [7]. Obtaining certification involves a process where a preliminary assessment based on the project is first obtained (with the investor declaring that all criteria will be met), followed by verification and evaluation of the implemented solutions and the issuance of the final report [8]. Only after a thorough inspection of the completed building will the building assessment be finalized and the certificate issued.

There exists a variety of sustainability certifications for the constructed environment, such as BREEAM, LEED, DGNB, Green Star, HQE, Living Building Challenge, Nordic Swan, WELL, GREEN HOMES, and more.

Let's delve deeper into the most prominent standards, BREEAM and LEED, which enjoy widespread adoption globally.

In 1990, the British firm BRE Global pioneered the voluntary BREEAM standard (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) as a means of evaluating the environmental performance of buildings. BREEAM evaluates both the quality and direct environmental impact of buildings.

In 1998, the U.S. Green Building Council introduced the voluntary LEED standard (Leadership in Energy and Environmental Design). LEED equips building owners and managers with the tools necessary to identify and integrate suitable solutions for environmentally conscious design, construction, and building operation.

Voluntary standards are founded upon the integration of scientific research and technologies to meet contemporary demands for global adoption of "green building" principles.

The voluntary standards BREEAM and LEED encompass a range of criteria (approximately 100–110), which can be categorized to assess the energy and environmental efficiency of buildings (Fig. 1) [9, 10].

Currently, the adoption of LEED and BREEAM methodologies for certification is not widespread in Ukraine, but there is a rapid growth in green construction. It is crucial for the state to participate in these initiatives and foster the development of green construction.

In Ukraine, only a few buildings have obtained "green" certificates so far. However, in 2020, the first BREEAM certification was achieved for the residential building of the DIADANS complex in the Pechersk district of Kyiv. Additionally, the B12 UNIT. City building was awarded a LEED silver-level certificate. Previously, the U.S. Embassy in Ukraine and Shell's office in the Toronto-Kyiv Business Center had obtained LEED certification. BREEAM certificates were also awarded to buildings such as the Forum Lviv shopping center in Lviv, the Astarta Business Center in Kyiv, and the Rive Gauche shopping center in Kyiv.

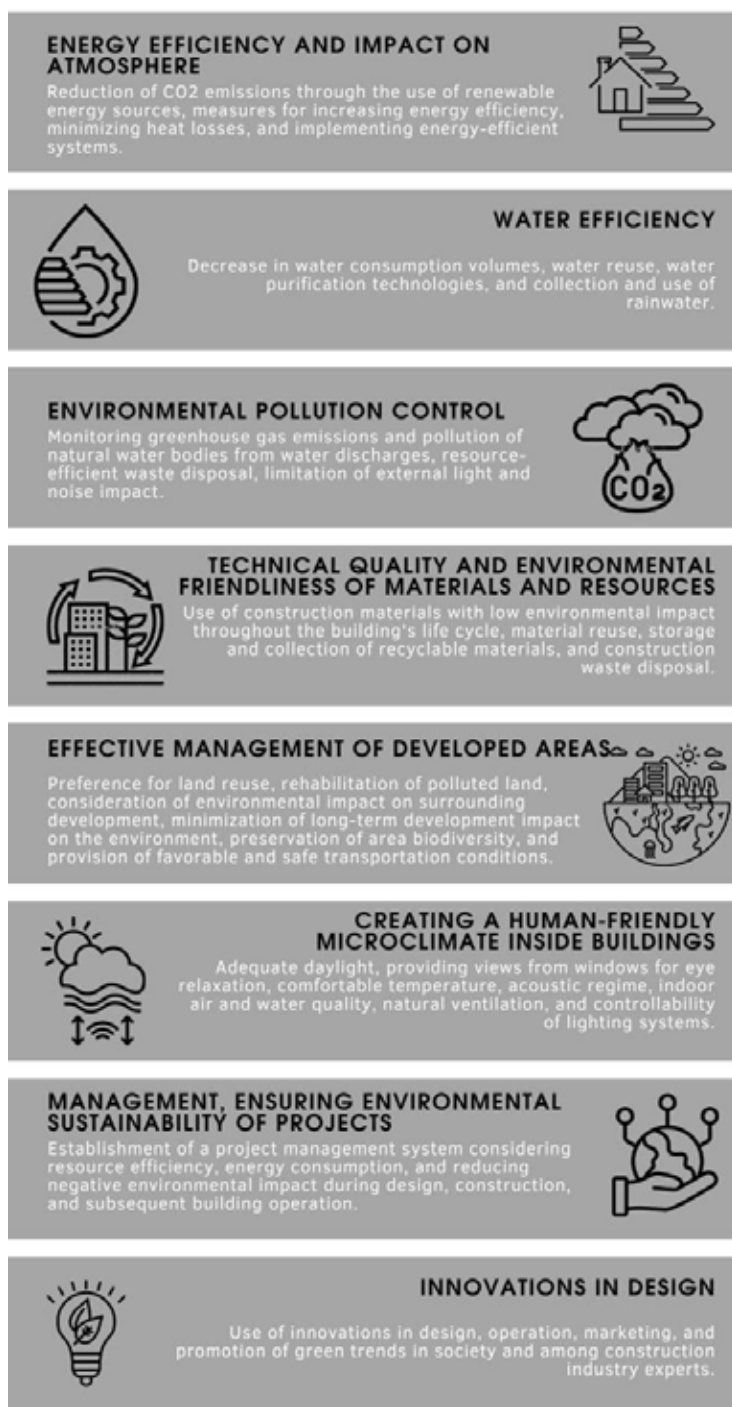


Fig. 1. Categories for assessing the standards of energy and environmental efficiency of buildings (based on voluntary standards BREEAM and LEED)

Conclusions. In summary, the integration of "green" construction into sustainable development has a rich history and widespread global adoption. This approach has garnered significant popularity in countries like the USA (LEED), the UK (BREEAM), and over 40 others (including Australia, Canada, Japan, etc.). While Ukraine may not have fully embraced the certification of "green" construction yet, such a sustainable approach should form the cornerstone of the country's post-war reconstruction policy.

Certifying "green" buildings not only enhances their value but also ensures the implementation of solutions that promote a healthier living and working environment. An eco-friendly building should prioritize the selection of appropriate building and finishing materials, as these materials significantly influence its energy requirements. The objective of sustainable construction is to promote durability, quality, and utility of materials, structural and design solutions, while also emphasizing environmental conservation (achieving synergy among social, environmental, and economic values).

BIBLIOGRAPHY:

1. Green Buildings as a Necessity for Sustainable Environment Development: Dilemmas and Challenges / C. C. Bungau et al. Sustainability. 2022. Vol. 14, no. 20. P. 13121. URL: <https://doi.org/10.3390/su142013121>
2. Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: green building materials, systems and sites / D. Pearlmutter et al. Blue-Green Systems. 2019. Vol. 2, no. 1. P. 46–72. URL: <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.928>
3. Decarbonizing residential buildings in the developing world: Historical cases from China / R. Yan et al. Science of The Total Environment. 2022. P. 157679. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157679>
4. Krivenko O. REVIEW OF THE DEVELOPMENT OF STANDARDS FOR EVALUATING "GREEN" CONSTRUCTION IN THE WORLD. Urban development and spatial planning. 2019. No. 71. P. 216–225. URL: <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.216-225>
5. US Energy Information Administration. Assessment by the U.S. Energy Information Administration of the outlook for international energy markets through 2050. <https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo17/>
6. Influences of barriers, drivers, and promotion strategies on green building technologies adoption in developing countries: The Ghanaian case / A. Darko et al. Journal of Cleaner Production. 2018. Vol. 200. P. 687–703. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.318>
7. Energy saving and Green building Certification: Case study of commercial buildings in Warsaw, Poland / Ł. Mazur et al. Sustainable Energy Technologies and Assessments. 2023. Vol. 60. P. 103520. URL: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103520>
8. Suzer O. Analyzing the compliance and correlation of LEED and BREEAM by conducting a criteria-based comparative analysis and evaluating dual-certified projects. Building and Environment. 2019. Vol. 147. P. 158–170. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.001>
9. Офіційний сайт стандарту BREEAM NL <http://www.breeam.nl>
10. Офіційний сайт стандарту LEED <http://leed.net/>

REFERENCES:

1. Bungau, C. C., Bungau, T., Prada, I. F., & Prada, M. F. (2022). Green Buildings as a Necessity for Sustainable Environment Development: Dilemmas and Challenges. Sustainability, 14(20), 13121. <https://doi.org/10.3390/su142013121>
2. Pearlmutter, D. et al. (2019). Enhancing the circular economy with nature-based solutions in the built urban environment: green building materials, systems and sites. Blue-Green Systems, 2(1), 46–72. <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.928>

3. Yan, R., Xiang, X., Cai, W., & Ma, M. (2022). Decarbonizing residential buildings in the developing world: Historical cases from China. *Science of The Total Environment*, 847, 157679. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157679>
 4. Krivenko, O. (2019). REVIEW OF THE DEVELOPMENT OF STANDARDS FOR EVALUATING “GREEN” CONSTRUCTION IN THE WORLD. *Urban development and spatial planning*, (71), 216–225. <https://doi.org/10.32347/2076-815x.2019.71.216-225>
 5. US Energy Information Administration. Assessment by the U.S. Energy Information Administration of the outlook for international energy markets through 2050. <https://www.eia.gov/outlooks/archive/ieo17/>
 6. Darko, A., Chan, A. P. C., Yang, Y., Shan, M., He, B. J., & Gou, Z. (2018). Influences of barriers, drivers, and promotion strategies on green building technologies adoption in developing countries: The Ghanaian case. *Journal of Cleaner Production*, 200, 687–703. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.318>
 7. Mazur, Ł., Resler, M., Koda, E., Walasek, D., & Vaverková, M. D. (2023). Energy saving and Green building Certification: Case study of commercial buildings in Warsaw, Poland. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 60, 103520. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103520>
 8. Suzer, O. (2019). Analyzing the compliance and correlation of LEED and BREEAM by conducting a criteria-based comparative analysis and evaluating dual-certified projects. *Building and Environment*, 147, 158–170. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.001>
 9. The official website of the BREEAM NL standard <http://www.breeam.nl>
 10. The official website of the LEED standard <http://leed.net/>
-

УДК 624.01

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2024.2.27>

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В БУДІВНИЦТВІ – ПАСИВНІ БУДИНКИ

Волошин М. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри будівництва, архітектури та дизайну
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0467-1963

У статті запропоновано варіанти застосування енергозберігаючих технологій в будівництві, а саме на прикладі будівель. Представлено проблематику питання енергозбереження в Україні і світі. Проблематику пов'язано з дефіцитом основних енергоресурсів, зростаючої вартістю їх видобутку, а також з глобальними екологічними проблемами. Запропоновано сучасні енергозберігаючі технології поділити на кілька видів: енергозберігаючі технології на виробництві; енергозберігаючі технології на транспорті; енергозберігаючі технології індивідуального споживання; енергозберігаючі технології загального споживання. Представлено основні напрямки і способи енергозбереження. Проаналізовано данні таблиці із показниками витратами теплової енергії за видами будівель в Україні. Виконаний аналіз енергоефективності в країнах Євросоюзу. Наведено інформацію про активні будинки, які з'явилися в Україні завдяки Закону про «зелений» тариф. Наведено поняття нульовий відхід, під нульовими відходами розуміється не відсутність побутового сміття, а можливість демонтажу будівлі без шкоди для екології. Представлено будівельні матеріали, які відносяться до екологічної сировини – дерево, камінь, склобетон. На сьогоднішній день у світі налічується більше 100 реалізованих проектів активних будинків. Попереду планети всієї, звичайно ж, економні європейці (33 будинки), в США побудували 30 активних будинків, у Латинській Америці понад 20, в Канаді понад 10 і промірних стільки ж в Азії та Австралії разом взяті. Активний будинок з позитивним енергобалансом – це будівля, яка отримує енергію з навколишнього середовища, за допомогою альтернативних джерел, у кількості перевищує власні потреби. Наведено принцип проектування активного будинку, який починається з вивчення місцевості, зокрема: рельєфу; клімату (вологості, світлового режиму, напрямів і швидкостей повітряних потоків); складу повітря і наявності в ньому хімічно агресивних речовин.

Ключові слова: енергозберігаючі технології, будівництво, будинки, тепла енергія, закордонний досвід.

Voloshyn M. M. Application of energy-saving technologies in construction – passive houses

The article offers options for the use of energy-saving technologies in construction, namely on the example of buildings. The problem of energy saving in Ukraine and the world is presented. The problem is related to the shortage of basic energy resources, the growing cost of their production, as well as global environmental problems. It is proposed to divide modern energy-saving technologies into several types: energy-saving technologies in production; energy-saving technologies in transport; energy-saving technologies of individual consumption; energy-saving technologies of general consumption. The main directions and methods of energy saving are presented. Data tables with indicators of thermal energy consumption by types of buildings in Ukraine were analyzed. The analysis of energy efficiency in the countries of the European Union was carried out. Information is given about active houses that appeared in Ukraine thanks to the Law on "green" tariff. The concept of zero waste is presented, zero waste does not mean the absence of household waste, but the possibility of dismantling the building without harming the environment. Construction materials that belong to ecological raw materials – wood, stone, glass concrete – are presented. To date, there are more than 100 implemented projects of active houses in the world. Ahead of the whole planet, of course, are economical Europeans (33 houses), 30 active houses were built in the USA, more than 20 in Latin America, more than 10 in Canada, and the same number of modest ones in Asia and Australia combined. An active house with a positive energy balance is a building that receives energy from the environment, with the help of alternative sources, in an amount that exceeds its own needs. The principle of designing an active house is presented, which begins with the study of the area, in particular: relief; climate

(humidity, light regime, directions and speeds of air flows); air composition and the presence of chemically aggressive substances in it.

Key words: energy-saving technologies, construction, houses, thermal energy, foreign experience.

Постановка проблеми. Енергозберігаючі технології здатні звести до мінімуму непотрібні втрати енергії, що сьогодні є одним з пріоритетних напрямків не тільки на державному рівні, а й на рівні кожної окремо взятої родини. Це пов'язано з дефіцитом основних енергоресурсів, зростаючої вартістю їх видобутку, а також з глобальними екологічними проблемами. Впровадження енергозберігаючих технологій в господарську діяльність як підприємств, так і приватних осіб на побутовому рівні, є одним з важливих кроків у вирішенні багатьох екологічних проблем – зміни клімату, забруднення атмосфери, виснаження копалин ресурсів та інші. Економія енергії – це ефективне використання енергоресурсів за рахунок застосування інноваційних рішень, які здійснені технічно, обґрунтовані економічно, прийнятні з екологічної та соціальної точок зору, і не змінюють звичного способу життя. Умовно, сучасні енергозберігаючі технології можна поділити на кілька видів, залежно від сфер вживання:

- енергозберігаючі технології на виробництві;
- енергозберігаючі технології на транспорті;
- енергозберігаючі технології індивідуального споживання;
- енергозберігаючі технології загального споживання.

Основні напрями і способи енергозбереження:

– економія електричної енергії (освітлення, електропривод, електрообігрів та електроплити, холодильні установки та кондиціонери, споживання побутових і промислових пристроїв, зниження втрат в електромережі);

– економія тепла (зниження тепловтрат, підвищення ефективності систем тепlopостачання);

– економія води (водозабір, споживання у побуті та на виробництві, зниження втрат і підвищення ефективності систем водопостачання);

– економія газу (споживання в побуті та на виробництві, зниження втрат і підвищення ефективності систем газопостачання);

– економія палива (зниження споживання в двигунах внутрішнього згоряння, альтернативні види та гібридні системи, зниження втрат і підвищення ефективності виробництва електричної та теплової енергії).

Енергозбереження – дуже важливе завдання по збереженню природних ресурсів.

Таблиця 1

Витрати теплової енергії за видами будівель в Україні

Індивідуальний житловий будинок 140 м ² загальної площі	Річний розхід тепла, Квт, год/м ³ рік	Питома витрата тепла, Вт год/м ²
Будинки старої забудови (до середини 90-х рр.)	600	125
Будинки згідно ДБН В 2.2-15-2005	150	70
Будинки низького енергоспоживання	70	14-32
Будинки ультра низького енергоспоживання	30-15	14-7
Сучасний пасивний будинок	менше 15	менше 7

Зведення енергозберігаючих будівель.

До 2025 року країни Євросоюзу планують перейти на принципово нові будівельні стандарти, що дозволяють зводити енергоефективні будинки, здатні за рахунок поновлюваних джерел виробляти енергії більше, ніж споживають самі. Нові стандарти можна звести до принципу «Трьох нулів» (Triple Zero) – нульове споживання енергії з міської енергосистеми, нульові викиди забруднюючих повітря речовин, нульові обсяги відходів. Цього, зокрема, вимагає директива ЄС з енергоефективності будівель. Поки активні будинку – здебільшого експериментальні проекти, ціна яких помітно вище, ніж у аналогічних звичайних будинків, в середньому на 20–30%.

Нульове енергоспоживання досягається за рахунок ефективного використання поновлюваних природних джерел енергії, яка трансформується в електрика: сонце, вітер, біопаливо, енергія річок, припливів та відливів і т.п. На сьогоднішній день існує ряд реалізованих проектів, в рамках яких будинки протягом багатьох місяців споживають електроенергії менше, ніж виробляють.

Значний позитивний ефект так само чинить використання сучасних енергозберігаючих технологій та якісної теплоізоляції будівель. Концепція нульового енергоспоживання не виключає можливість підключення до міської електромережі в моменти пікових навантажень або під час дефіциту енергопотужності від поновлюваних джерел, однак після цього в міську мережу з лишком повертається вся спожита енергія.

Використання енергозбереження і біокліматичних технологій в активних будинках до мінімуму знижує шкідливі викиди для людей та довкілля (вуглекислий газ, летучі органічні речовини і т.п.). Після завершення терміну експлуатації будинку його можна легко демонтувати, а всі конструкції піддаються вторинній переробці. Такі будинки не залишать після себе ніяких відходів.



Рис. 1. Будинок з додатнім балансом енергії Богдана Кузишина

Активні будинки з'явилися в Україні завдяки Закону про «зелений» тариф. Вже є безліч будівель, які встановили на своїх дахах фотопанелі потужністю до 10 кВт і здатні протягом року перекрити свої витрати в електроенергії, ще й продати значну частину в загальну електромережу. До першопрохідців відносяться: Роман Баб'ячок і Володимир Лисак з Львівщини, Євстахій Крижанівський, Богдан Кузишин.

Під нульовими відходами розуміється не відсутність побутового сміття, а можливість демонтажу будівлі без шкоди для екології. Відслуживши запроектований термін, будівля повинна легко демонтуватися, при цьому, оскільки всі конструкції складаються з екологічних матеріалів, будівельне сміття піде на вторинну переробку. Іншими словами, знесення будинку не залишить після цього ніяких «слідів».

Варто відзначити, що поки вартість будівництва енергоефективних будинків вище, ніж аналогічних за розмірами будівель, побудованих за традиційними технологіями. В основному різниця у витратах походить від необхідності закуповувати енергогенеруюче обладнання: вітряки, фотогальванічні панелі, теплові насоси і т.д. Крім того в якості будматеріалів використовується більш дороге і якісне екологічне сировину – дерево, камінь, склобетон та ін.

На сьогоднішній день у світі налічується більше 100 реалізованих проєктів активних будинків. Попереду планети всієї, звичайно ж, економні європейці (33 будинки), в США побудували 30 активних будинків, у Латинській Америці понад 20, в Канаді понад 10 і промірних стільки ж в Азії та Австралії разом взяті.

Принципи побудови активних будинків.

Активний будинок з позитивним енергобалансі – це будівля, яка отримує енергію з навколишнього середовища, за допомогою альтернативних джерел, у кількості перевищує власні потрібні. Для мінімізації енерговитрат і економії ресурсів застосовуються кращі технології пасивних і розумних будинків. У сучасності перші ідеї, пов'язані з використанням у житловому будівництві особливостей навколишнього середовища і ландшафту, з'явилися в американського архітектора Френка Ллойда Райта. Він заклав основи нового напрямку в будівництві – органічної архітектури. Її ключовий постулат – будинок повинен доповнювати природу і рельєф, причому доповнювати і плануванням, і матеріалами.

Органічна архітектура не завоювала особливої популярності. Однак через півстоліття зростання числа алергічних захворювань породив моду на екологічно чисті матеріали. А слідом за нею відродилася концепція будівель, що поєднуються з природою. Змінившись під впливом функціоналізму, вона свідчила, що вдома, перебуваючи в балансі з навколишнім світом, повинні бути максимально екологічними і ощадливими. Так з'явилися спочатку пасивні, енергоекономічних будинку, а потім активні.

Проектування активного будинку починається з вивчення місцевості, зокрема: рельєфу; клімату (вологості, світлового режиму, напрямів і швидкостей повітряних потоків); складу повітря і наявності в ньому хімічно агресивних речовин.

Потім відбувається вибір технології будівництва. Енергозберігаючі будинки, як активні, так і пасивні, дуже різноманітні – по суті, кожен такий будинок створюється з нуля. Типових екобудинків не буває. Найчастіше вибір падає на каркасне будівництво, яке сторіччями використовувалося в холодних регіонах світу – Канаді та Ісландії. Каркасні конструкції відносно дешеві і дозволяють гнучко варіювати планування житла, а багатошарові панелі, що утворюють поверхні, забезпечують хорошу теплоізоляцію. Інша перспективна технологія – сітчасті оболонки. Вона поки що рідко використовується для побудови енергоекономічних будинків цілком, але часто застосовується для створення секцій сонячних батарей.

ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ «АКТИВНОГО» БУДИНКУ

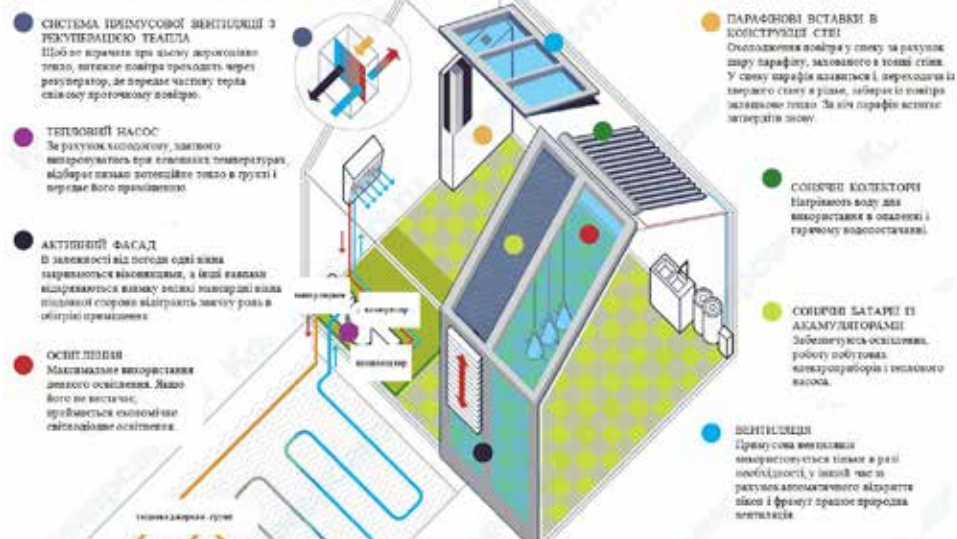


Рис. 2. Інженерне рішення активного будинку

Планування будинку з позитивним енергобалансом.

Вибір технології будівництва обумовлюється головним чином рельєфом і характером ґрунтів, на яких стоятиме будівля. Виходячи зі специфіки клімату, архітектори розробляють модель будинку. Споруда орієнтується таким чином, щоб площа поверхонь, звернених до сонця, була максимальною. Це забезпечує природний нагрів і освітлення, а також можливість використання пристроїв сонячної енергетики і теплонакопичувачів.

Віконні отвори є основним каналом енергообміну будинку та вулиці. Тому відкриття та закриття жалюзі, від яких залежить освітлення, поглинання і віддача тепла, багато в чому здійснюється автоматично. За це відповідають інтелектуальні системи управління – спадок «розумних» будинків. Наприклад, якщо в приміщенні нікого немає і, отже, немає необхідності в освітленні, смужки жалюзі розгортаються «поглинаючою» темною стороною до скла. Зрозуміло, самі вікна активних будинків – це склопакети з якісною теплоізоляцією.

На сьогоднішній день існує безліч альтернативних джерел енергії, по-справжньому ефективні лише деякі з них. При будівництві будинків з позитивним енергобалансом найбільше застосування знайшли: сонячні батареї, мініатюрні вітряні електростанції, геотермальні свердловини, теплові насоси.

Перші два джерела енергії сильно залежать від клімату і застосовні не скрізь. Тим не менш, ККД сучасних сонячних панелей достатній, щоб забезпечувати будівлю електрикою навіть у високих широтах і країнах з малою кількістю ясних днів. Геотермальні свердловини можуть використовуватися, якщо допустимо глибинне буріння. Їх закладають одночасно з фундаментом; на відміну від сонячних і вітряних установок, перепланування геотермальних джерел енергії практично неможливе. Теплові насоси – установки, безпосередньо використовують другий закон термодинаміки; вони дозволяють «викачувати» тепло прямо із землі

і повітря, причому необов'язково теплих. Незважаючи на простоту принципу, ефективність теплових насосів не надто висока і їх застосування носить скоріше експериментальний характер.



Рис. 3. Будівництво будинків з позитивним енергобалансом

Перспективи активних будинків.

Перші пасивні (у сучасному розумінні) будинки почали будувати в 80-х роках минулого століття, а вже в 90-х з'явилася ідея активного будинку. Особливий інтерес до проекту виявили Данія і Німеччина, країни, що виділяють серйозні кошти на екологічні дослідження.

Саме в Данії був вперше побудований будинок, що виробляє енергію. Подальші розробки ведуться як в області вдосконалення технологій споруди екобудинків, так і в області проектування цілих міст, що забезпечують себе енергією у відсутності окремих енергостанцій. Такі міста заздалегідь отримали назву «стабільних» – за задумом, вони не тільки економлять енергію, але й взагалі не мають негативного впливу на навколишнє середовище.



Рис. 4. Місто Люструп (Данія). Проект під назвою «Active House»

Висновок. Сьогодні все частіше можна зустріти проекти енергозберігаючих будинків. Світ шукає дешеву та чисту енергію. Запаси вугілля і нафти майже вичерпані, джерела енергії дорожчають, підриваючи світову економіку. Посилюється не тільки економічна, але й екологічна криза – на Землі настає глобальне

потепління, спостерігається все більше погодних аномалій та природних катастроф, а погіршення клімату несе загрозу сільському господарству. І будинок, на жаль, є активним учасником цього процесу. До 40% вироблюваної в Європі енергії використовують приватні будинки. Потрібно значно зменшити її споживання, інакше може статися, що люди взагалі не зможуть обігріти та освітлити своє житло. Будинок повинен менше забруднювати навколишнє середовище.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Концепція національної екологічної політики України на період до 2030 року.
2. Згуровський М.З. Україна в глобальних вимірах сталого розвитку / Дзеркало тижня, № 19. 2006 р.
3. Регіональна інвестиційна політика енергозбереження : (монографія) / М. А. Вознюк; НАН України, Ін-т регіон. дослідж. ім. М.І. Долишнього. Львів, 2015. 413 с.

REFERENCES:

1. Kontseptsiya natsional'noyi ekolohichnoyi polityky Ukrayiny na period do 2030 roku. [in Ukrainian].
2. Zhurovs'kyi M.Z. (2006) Ukrayina v hlobal'nykh vymirakh staloho rozvytku. Dzerkalo tyzhnya, № 19 [in Ukrainian].
3. Voznyuk M. A. (2015) Rehional'na investytsiyna polityka enerhozberezhennya : (monohrafiya); NAN Ukrayiny, In-t rehion. doslidzh. im. M.I. Dolishn'oho. L'viv, 413. [in Ukrainian].

ЗМІСТ

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ..... 3

**Балвак А. А., Лемешко А. В., Антоненко А. В., Зіняр Д. А.,
Бурачинський А. Ю., Приходько А. П.** Обробка та аналіз даних
на прикладі набору Spambase з використанням бібліотек
для машинного навчання..... 3

Завгородній В. В., Завгородня Г. А., Завгородній В. В., Горячковський Ю. М.
Використання NFC-технологій для автоматизації обліку
робочого часу працівників 21

Зінченко Д. Д., Новіков П. В., Волощук В. А., Штіфзон О. Й. Розробка моделі
конденсаційного котла на основі методів машинного навчання
для побудови цифрового двійника 28

Касьянчук І. В. Огляд хореографії веб-сервісів WSMO для виконання
синхронних та асинхронних запитів 46

Кирийчук Д. Л., Комаров А. А., Ляшенко О. М., Фролова М. Е. Дослідження
моделей, методів та технологій розроблення програмного застосунку
для управління мобільним будівництвом 53

Козачок Ю. А. Автоматизація проектування архітектури інформаційної системи
прийому комунальних платежів з використанням штучного інтелекту 62

Легойда Ю. В., Кравченко О. В. Автоматизована IoT система управління
насосної станції водопостачання селища Теплик..... 73

Примиська С. О., Кримська А. О., Супрун О. М. Стратегії забезпечення
безпеки даних у системах штучного інтелекту 88

Антіпова К. О., Раленко В. С. Використання штучного інтелекту
в розробці Android застосунків..... 100

Sgadov S. O. IC packages topometric model database with production rules..... 106

Соловей Л. Я., Лотюк Ю. Г. Застосування комбінаторики для оптимізації
мережевої інфраструктури 111

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ..... 117

Чепок Р. В. Розробка багатофакторних планів експериментів з високою
точністю їх аналітичного опису для оперативного використання
при лабораторних випробуваннях..... 117

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ..... 124

Дзюндзя О. В., Восвода Н. В., Мальчевська К. В. Визначення впливу
ягідних компонентів на якісні характеристики бісквітного напівфабрикату..... 124

Дущак О. В., Шутюк В. В., Рубанка К. В., Кіях Є. Б. Шляхи використання
томатної сировини в технологіях виробництва овочевих снєків 131

**Kryvoruchko M. Yu., Antonenko A. V., Neilenko S. M., Mihailik V. S.,
Forostyana N. P., Tonkykh O. H.** Features of mechanical detailing equipment
in the restaurant business and food industry 138

Левченко М. В. Використання м'яса нутрій у виробництві ковбасних виробів 147

Новікова Н. В., Проценко Г. Ю. Аналіз сировини та розробка яблучного джема з додаванням фундуку, кориці та цедри лимона.....	154
Новікова Н. В., Проценко Г. Ю., Харченко К. В. Аналіз сировини для розробки новітнього українського житнього хліба з покращеною рецептурою.....	161
Поліщук А. А., Бірта Г. О., Усенко С. О., Шостя А. М., Шаферівський Б. С., Ільченко М. О., Кузьменко Л. М. Вплив технологічної обробки на якість сої та процеси травлення у свиней.....	167
Приліпко Т. М., Кузьмінська І. М. Сирний десерт з козиного молока з рослинним компонентом	176
Резвих Н. І., Вогнівенко Л. П. Аналіз харчування школярів, що навчаються в закладах середньої освіти	182
Ряполова І. О., Татянін І. О. Використання рослинних компонентів у технології виготовлення функціональних м'ясних виробів	187
Ряполова І. О., Олійник А. М. Визначення біологічної безпеки м'ясної кулінарної продукції	195
Сова Н. А., Руденко Т. В., Єфімов В. Г. Особливості технології виробництва пастили на основі томатного соусу	202
Стукальська Н. М., Нєміріч О. В., Грицкевич А. О. Дослідження функціонально-технологічних властивостей рибних напівфабрикатів з додаванням продуктів переробки гідробіонтів.....	209
БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ	218
Barulin D. S. Innovative approaches to enhancing environmental safety in modern construction	218
Волошин М. М. Застосування енергозберігаючих технологій в будівництві – пасивні будинки.....	225

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY	3
Balvak A. A., Lemeshko A. V., Antonenko A. V., Ziniar D. A., Burachynskyi A. Yu., Prykhodko A. P. Data processing and analysis on the example of the Spambase dataset using machine learning libraries	3
Zavgorodnii V. V., Zavgorodnya A. A., Zavgorodnii V. V., Horiachkovskiy Yu. M. Use of NFC technologies to automate employee timekeeping	21
Zinchenko D. D., Novikov P. V., Voloshchuk V. A., Shtifzon O. Y. Development of a condensing boiler model based on machine learning methods for building a digital twin	28
Kasianchuk I. V. Review of the web service choreography concept in WSMO for executing synchronous and asynchronous requests	46
Kyryichuk D. L., Komarov A. A., Liashenko O. M., Frolova M. E. Research of models, methods and technologies of software development for mobile construction management.....	53
Kozachok Yu. A. Automation of architectural design for an information system for utility payments using artificial intelligence	62
Lehoida Yu. V., Kravchenko O. V. Automated IoT system for managing the water supply pump station of Tepyk village	73
Prymyska S. O., Krymska A. O., Suprun O. M. Strategies for ensuring data security in artificial intelligence systems	88
Antipova K. O., Ralenko V. S. Use of artificial intelligence in the development of android applications.....	100
Sgadov S. O. IC packages topometric model database with production rules.....	106
Solovei L. Ya., Lotiuk Yu. H. Application of combinatorics for optimization of the network infrastructure	111
SYSTEM ANALYSIS	117
Chepok R. V. Development of multifactorial plans of experiments with high accuracy of their analytical description for operational use in laboratory tests.....	117
FOOD TECHNOLOGY	124
Dzyundzya O. V., Voievoda N. V., Malchevska K. V. Modern technological features of biscuit confectionery products production.....	124
Dushchak O. V., Shutyuk V. V., Rubanka K. V., Kiyakh E. B. Ways of using tomato raw materials in vegetable snacks production technologies	131
Kryvoruchko M. Yu., Antonenko A. V., Neilenko S. M., Mihailik V. S., Forostyana N. P., Tonkykh O. H. Features of mechanical detailing equipment in the restaurant business and food industry.....	138
Levchenko M. V. Nutria meat for the production of sausage products	147
Novikova N. V., Protsenko H. Yu. Analysis of raw materials and development of apple jam with the addition of hazelnuts, cinnamon and lemon peel.....	154

Novikova N. V., Protsenko H. Yu., Kharchenko K. V. Analysis of raw materials for the development of Ukrainian rye bread with an improved recipe	161
Polishchuk A. A., Birta H. O., Usenko S. O., Shostia A. M., Shaferivskyi B. S., Ilchenko M. O., Kuzmenko L. M. The influence of technological processing on the quality of soy and digestive processes in pigs	167
Prylipko T. M., Kuzminska I. M. Cheesy dessert made from goat's milk with a vegetable component.....	176
Rezvykh N. I., Vognivenko L. P. Analysis of nutrition of school students educating in secondary education institutions	182
Ryapolova I. O., Tatyannin I. O. The use of plant components in the technology of manufacturing functional meat products	187
Ryapolova I. O., Oliynyk A. M. Determination of biological safety of meat culinary products.....	195
Sova N. A., Rudenko T. V., Yefimov V. H. The features of tomato sauce-based pastille production technology	202
Stukalska N. M., Niemirich O. V., Hrychkevych A. O. Study of the functional and technological properties of fish semi-finished products with the addition of hydrobiont processing products.....	209
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING	218
Barulin D. S. Innovative approaches to enhancing environmental safety in modern construction	218
Voloshyn M. M. Application of energy-saving technologies in construction – passive houses.....	225

Таврійський науковий вісник

Випуск 2

Технічні науки

Підписано до друку 31.05.2024 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 19,18. Зам. № 0823/478

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
Україна, м. Одеса, 65101, вул. Інглєзі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.