

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

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 6



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

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

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 4 від 06.12.2021 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 6. 174 с.

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

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

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

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

Редакційна колегія:

Дзюндзя О.В. – доцент кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент – головний редактор; **Антоненко А.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу ПВНЗ «Київський університет культури», к.т.н., доцент; **Балихіна Г.А.** – провідний науковий співробітник відділення землеробства, меліорації та механізації апарату Президії НААН, к.т.н.; **Березовський Ю.В.** – доцент кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., доцент; **Бровенко Т.В.** – доцент кафедри готельно-ресторанного і туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв, к.т.н., доцент; **Вороненко М.О.** – доцент кафедри інформатики і комп'ютерних наук Херсонського національного технічного університету, к.т.н., доцент; **Гончаренко А.В.** – професор кафедри підтримання льотної придатності повітряних суден Національного авіаційного університету, д.т.н., професор; **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; **Пневматіос Н.** – доцент кафедри будівництва Університету Західної Аттики, к.т.н., доцент (Афіни, Греція); **Романенко Р.П.** – доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету, к.т.н.; **Степанчиков Д.М.** – доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету, к.ф.-м.н., доцент; **Сурьянінов М.Г.** – завідувач кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор; **Ткаченко О.Б.** – професор, завідувачка кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., доцент; **Турченко В.О.** – професор кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування, д.т.н., доцент.

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

УДК 004.415.2

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.1>

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ ХАРЧОВИХ ВІДХОДІВ У МЕЖАХ КОНЦЕПЦІЇ «ZERO WASTE»

Герасименко О.Ю. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри мережевих та інтернет-технологій
Київського національного університету ім. Тараса Шевченка
ORCID ID: 0000-0001-6804-2125

Фекете Д.М. – бакалавр із телекомунікацій та радіотехніки,
розробник програмного забезпечення в Zoolatech
ORCID ID: 0000-0003-3394-1053

Поняття «zero waste» означає концепцію, яка передбачає повну мінімізацію відходів для збереження навколишнього середовища та ресурсів планети. В Україні проблема зі сміттям стоїть дуже гостро. Зменшивши кількість відходів у сфері торгівлі харчовими продуктами та громадського харчування, можна зменшити загальну кількість сміття. У статті представлено розробку архітектури для інформаційної системи, яка покликана мінімізувати харчові відходи в межах концепції «zero waste». Під час дослідження було проаналізовано три архітектури, а саме: монолітну архітектуру, мікросервісну архітектуру та подійно-керовану архітектуру; визначено їх переваги і недоліки. Базовою було обрано подійно-керовану сервіс-орієнтовану архітектуру з використанням CQRS-шаблону, який передбачає відділення операцій читання від операцій запису. Ця система спроектована як розподілена система з мікросервісною архітектурою та керується подіями. Публікація подій відбувається за допомогою сучасної системи обміну повідомленнями з відкритим кодом NATS. Внутрішні сервіси спілкуються за допомогою NATS, а REST-запити використовуються для комунікації між клієнтською та серверною частинами. Для збереження даних використовуються джерела подій. Впровадження CQRS допомагає максимізувати ефективність, безпечність та масштабованість додатка, дозволяючи побудувати різні моделі зчитування й запису, які можуть бути оптимізовані під вимоги системи. Застосунок проектувався таким чином, щоб у майбутньому його можна було легко масштабувати та розвивати. На початковому етапі спроектовано високорівневу архітектуру системи, яка включає три основні мікросервіси; представлено чотири компоненти системи та один агрегат; визначено базовий функціонал системи та описано порядок взаємодії елементів системи для реалізації основного функціоналу. Подальший розвиток роботи можливий у напрямі вдосконалення функціоналу наявних сервісів

та розробки нового функціоналу, доведення інформаційної системи до рівня мінімально життєздатного продукту (MVP, Minimum Viable Product).

Ключові слова: архітектура інформаційної системи, подійно-керована архітектура, шаблон «Публікація – Підписка», «food waste», шаблон CQRS.

Herasymenko O.Yu., Fekete D.M. Architecture of information system for food waste minimization according the “zero waste” concept

“Zero waste” is a term that implies waste reduction in order to decrease environmental pollution and save planet resources. The problem with waste is very acute in Ukraine. By reducing the amount of waste from food trade and catering, we can reduce the total amount of rubbish. This study presents an information system that aims to help decrease food waste, and is devoted to the design of the architecture of this system. Three architectures were analyzed in this study, which are monolithic architecture, microservice architecture and event-driven architecture, and their advantages and disadvantages were identified. Design decision of the project is based on microservice architecture with event-driven communication which uses CQRS-pattern, which provides for the separation of read operations from write operations. The system is build as distributed and driven by events. Events are published with the help of a modern open source messaging system called NATS. Backend services communicate using publisher-subscriber pattern which NATS service provides and REST-methods are used for client-service message exchange. Implementing the CQRS pattern helps maximize application efficiency, security, and scalability; and also allows developers to separate read and write models that can be optimized for system requirements. Application has the ability to scale to cope with increased load and designed to be easy to evolve. A high-level architecture of the system is proposed in this research. At the initial stage it includes three main microservices. Four system components and one aggregate are also presented in this paper. The basic functionality of the system is outlined in this article and its implementation is represented in the form of a sequence of system elements interaction. Further development of this work is possible in the direction of improving the functionality of existing services and developing new functionality. It is planned to bring the information system to the level of the minimum viable product (MVP).

Key words: system architecture, event-driven architecture, pattern “Publisher – Subscriber”, “food waste”, CQRS pattern.

Вступ. У середньому близько 1,3 млрд тонн їжі втрачається чи викидається щороку у світі – це одна третина від загальної кількості їжі, що призначена для людського споживання, згідно з даними Food and Agriculture Organization of the United Nations (далі – FAO) [1]. Загальна вартість втраченої їжі сягає близько 2,6 трлн доларів у рік [2], її обсяг є достатнім для того, щоб нагодувати всі 815 млн голодуючих людей у світі. Придатна до споживання їжа втрачається майже в кожній точці харчового ланцюга: починаючи від ферм та виробництв і закінчуючи магазинами, ресторанами та людськими кухнями [3].

Однією з найбільших перешкод на шляху до досягнення мети «zero waste» є колосальна втрата їжі на планеті («food waste» і «food lost»). Ресторани та харчові сервіси відіграють одну з ключових ролей у втраті їжі й продукуванні відходів (food lost and waste – FWL), починаючи від розробки меню та закінчуючи управлінням залишками з тарілок відвідувачів [4]. Враховуючи той факт, що близько 800 млн людей у світі, зокрема, у країнах, що розвиваються, страждають від хронічної нестачі їжі [5], дуже прикро усвідомлювати, що одна третина їжі викидається.

У сучасних реаліях цифрові технології мають невичерпний потенціал, який можна використати для вдосконалення чи повної трансформації вартості та структури харчових ланцюгів (FVCs), а також значним чином посприяти розробці більш продуктивних і стійких систем, що забезпечують обробку або зберігання їжі [6]. Є сотні прикладів успішної диджиталізації невеликих фермерських угідь, які змогли зменшити харчові відходи мало не до 2% від загального обсягу, покращивши умови зберігання продуктів та забезпечивши пряму доставку на ринок.

Використання технологій на фермах чи виробництвах – це лише невелика частина можливостей, які сучасний світ може запропонувати для повної трансформації культури відходів. Одну з ключових ролей у збільшенні обсягів втрати продуктів відіграють стандарти ринку, за якими смачні та свіжі продукти відправляються в смітник через зовнішні стандарти. Науковці переконані, що уникнення стандартів краси під час вибору продуктів і зважання на те, що смак усередині жодним чином не залежить від зовнішніх факторів, можуть побороти світовий голод [7]. На щастя, вже з'явилися застосунки, які допомагають недосконалим продуктам потрапити на стіл споживача або на годування тварин замість загнивання на звалищі.

Постановка проблеми. Поточна ситуація на ринку екозастосунків України залишає бажати кращого, тоді як можна часто бачити багато викинутих продуктів у смітниках поблизу великих магазинів. І це на фоні того, що кожне велике місто потерпає від проблем, пов'язаних із вивезенням та захороненням сміття. Відповідно, розробка такого застосунку є надзвичайно актуальною. Ідея застосунку полягає в тому, щоб надати можливість для збуту за зниженою ціною харчових продуктів, які не продалися через недосконалий зовнішній вигляд або в яких закінчується термін споживання, тощо.

Створення будь-якої інформаційної системи є нетривіальним завданням і починається з етапу проєктування. Питання вибору та проєктування архітектури визначається на початковому етапі процесу розробки, що допомагає програмістам отримати детальний огляд системи. Правильно підібраний дизайн є рушійною силою у полегшенні комунікації між зацікавленими сторонами, суттєвому зниженні вартості обслуговування, спрощенні обслуговування системи; робить її більш гнучкою та легшою у масштабуванні. Визначальними критеріями під час проєктування такої інформаційної системи є:

- кількість потенційних користувачів;
- легкість масштабування системи;
- легкість додавання у систему нового функціоналу;
- бюджет, доступний для програмування та підтримки системи;
- можливості монетизації застосунку.

Таким чином, основним завданням дослідження є вибір та розробка архітектури інформаційної системи для мінімізації харчових відходів у межах концепції «zero waste».

Метою дослідження є аналіз наявних архітектур програмного забезпечення; вибір та розробка архітектури високонавантаженої інформаційної системи для мінімізації харчових відходів у межах концепції «zero waste», яка за потреби може бути легко масштабована.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загалом у світі тема програмного забезпечення, що допомагає зберегти природу, надзвичайно поширена. Останніми роками інвестиції в застосунки подібного роду збільшилися в десятки, а то й сотні разів. Усвідомлення катастрофічної екологічної ситуації, що склалася на землі, є рушійною силою, яка спонукає корпорації, великих та малих інвесторів вкладати кошти у розвиток технологій, що потенційно могли б допомогти уникнути глобальних катаклізмів. У статті для прикладу варто розглянути два найбільш відомі проєкти, які наразі перебувають на етапі стартапів, що дуже близькі до теми, котра розглядається: Olio [8] та Full Harvest [9].

Olio – мобільний додаток, що забезпечує можливість обміну їжею з метою зменшення харчових відходів. Користувачі, які мають залишки їжі, можуть легко

та безкоштовно поділитися нею з тими, хто цього потребує. Їжа має бути придатною для споживання, вона може бути як сировою, так і приготованою, закритою чи відкритою [10]. Перший реліз проєкту був представлений у 2015 р. засновницями Тесою Кларк та Сашею Селестіал-Ван [11]. До початку жовтня 2017 р. компанія зібрала близько 2,2 млн доларів інвестицій [12]. До вересня 2020 р. додатком уже користувалося близько 2,3 млн користувачів.

Історія Olio ще раз підтверджує думку, що ця тема надзвичайно актуальна на сьогоднішній день.

Full Harvest – ще один молодий американський стартап, який бореться з проблемою «food waste». Це застосунок, який допомагає продавати чи купувати продукти харчування, що не потрапили на ринок через виключно зовнішні фактори. Надзвичайно популярний стартап, який вже привернув увагу таких гігантів, як Forbes, Shape, Wall Street Journal. Ідеологія його дуже проста: у користувачів є можливість як придбати товари, так і позбутися їх у сфері B2B [13].

За результатами аналізу розглянутих програмних продуктів можна зробити висновок, що з часом вони стають дедалі популярнішими, тож під час розробки архітектури інформаційної системи цей нюанс повинен бути врахований. Коротко розглянемо поняття архітектури програмного забезпечення та найбільш поширені сучасні архітектури.

Архітектура програмного забезпечення призначена для відображення того, як має бути організована інформаційна система (далі – ІС), з яких компонентів вона буде складатися та як вони будуть взаємодіяти між собою, реалізуючи функціонал ІС. Дизайн архітектури описує високорівневу структуру системи та її компонентів. Мета архітектури полягає в зображенні відношень між компонентами та їх базової взаємодії [14].

У цьому контексті варто розглянути різні види архітектури, що вважаються базовими, їхні переваги та недоліки.

Монолітна архітектура. Монолітний застосунок працює як єдина програма та запускається як один виконуваний файл. З ростом кодової бази складність розробки та управління проєктом зростає. Проте такий підхід дає деякі переваги у роботі. Можна спілкуватися з різними частинами проєкту за допомогою прямих викликів методів, спільного використання пам'яті чи передачі повідомлень. Це дозволяє уникнути затримок у передачі повідомлень.

Основні недоліки монолітної архітектури [15]:

- великі моноліти складно підтримувати та розвивати;
- будь-яка зміна в проєкті вимагає повного перезавантаження, що може стати причиною тривалого простою. Цей недолік також може бути причиною значного сповільнення розробки та тестування;
- моноліти мають обмеження в масштабуванні. Єдиний вихід, що дасть змогу легко обробляти нові запити, – це створення додаткового екземпляра моноліту, щоб розділити навантаження. Але трафік може тільки погіршити ситуацію з обробкою запитів у деяких частинах проєкту, тому в цьому випадку створення нового екземпляра не буде ефективним;
- така архітектура повністю обмежує вибір технологій. Модулі мають бути написані однією мовою програмування, потрібно використовувати одні й ті ж фреймворки.

Оскільки завдання дизайну системи, яка розглядається у дослідженні, вимагає можливості швидкої розробки з мінімальними затратами, а також можливості бути високоефективною навіть за величезних навантажень, використання різних

технологій та можливості розроблятися паралельно декількома командами у майбутньому, монолітна архітектура для розробки не підходить.

Мікросервісна архітектура. Мікросервісна архітектура є повною протилежністю монолітної. Моноліт зберігає весь функціонал в одному виконуваному об'єкті, а мікросервіси розподіляють функціонал на маленькі частини. Ця архітектура допомагає вирішити деякі проблеми, що притаманні монолітній:

- завдання кожного мікросервісу полягає в утриманні маленької частини функціоналу, що робить кодову базу простішою і набагато легшою у підтримці та тестуванні;

- мікросервіси легко переводити на нову версію. В разі оновлення функціоналу стара версія може працювати паралельно з новою доти, доки всі інші сервіси не почнуть використовувати нову версію;

- масштабування мікросервісної архітектури не вимагає дублювання всіх сервісів. Розробники можуть збільшувати чи зменшувати кількість екземплярів кожного сервісу залежно від потреби;

- ця архітектура обмежує вибір технологій тільки в межах сервісу. Розробники різних сервісів можуть обирати технології за власним бажанням та потребами сервісу.

Мікросервіс – це додаток, що може масштабуватися, запускатися та тестуватися повністю незалежно від усієї системи. Це вирішує питання єдиної відповідальності, коли сервіс відповідає лише за одну проблему, яку легко зрозуміти [16]. Інша важлива перевага такого підходу – це надійність.

Подійно-керована архітектура (Event driven architecture, EDA). Під час розробки мікросервісів та розподілених систем виникає потреба в комунікації та координації між сервісами і додатками. Це саме те, що допомагає вирішити така архітектура.

Подійно-керована архітектура – це архітектура програмного забезпечення, де застосунок публікує, визначає та відповідає на події. Подія репрезентує зміну в стані системи. Архітектура включає видавців (сутностей, які публікують події), процесори, відповідачів та посилення комунікацій [17].

Цей підхід застосовується для публікації подій в разі зміни стану системи. Коли стан визначеного компонента застосунку оновлюється, відбувається публікація нової події, що свідчить про цю зміну. Така подія може бути опублікована в «темі» (іменованому логічному каналі), підписники якої будуть оповіщені про цю зміну. Отримувач може застосувати деякі функції після одержання події і згодом опублікувати нове повідомлення для своїх підписників. Схема шаблону «Публікація – Підписка» зображена на рис. 1.

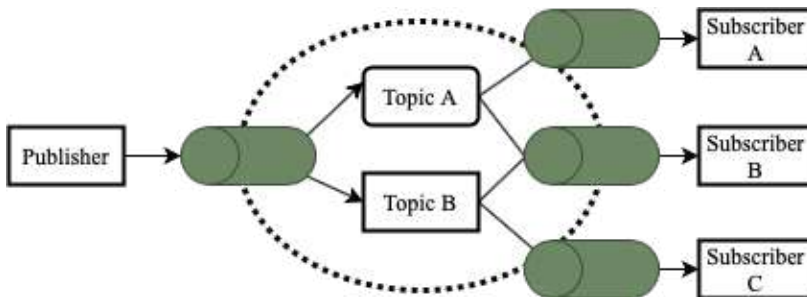


Рис. 1. Схема роботи шаблону «Публікація – Підписка»

Така система може бути спроектована для вирішення питань узгодженості у розподілених і мікросервісних застосунках, де використання розподілених транзакцій є дуже складним чи не вистачає підтримки в базах даних [18]. За такої архітектури додатки можуть використовувати події в якості сигналів для інших систем про те, що вони виконали визначені дії. В разі, якщо виконання було перервано чи не здійснено, додатки можуть створити подію, яка буде свідчити про помилку в системі.

Однією з найбільших переваг керованих подіями систем є те, що система буде слабозв'язана. Це означає, що сервісам необхідно дуже мало інформації один про одного. Така система надзвичайно легко та швидко масштабується, що відповідає одній з головних вимог інформаційної системи, яка розглядається у дослідженні.

Виклад основного матеріалу. Базовою для інформаційної системи було обрано подійно-керовану сервіс-орієнтовану архітектуру [19] з використанням CQRS-шаблону. CQRS (Command-Query Responsibility Segregation) – шаблон розділення відповідальності на команди та запити; розділяє операції зчитування та оновлення сховища даних. Внутрішні сервіси спілкуються за допомогою NATS, а REST-запити використовуються для комунікації між клієнтською та серверною частинами. Для збереження даних використовуються джерела подій. На початковому етапі було спроектовано три мікросервіси. На рис. 2 представлена високорівнева архітектура мікросервісної частини.

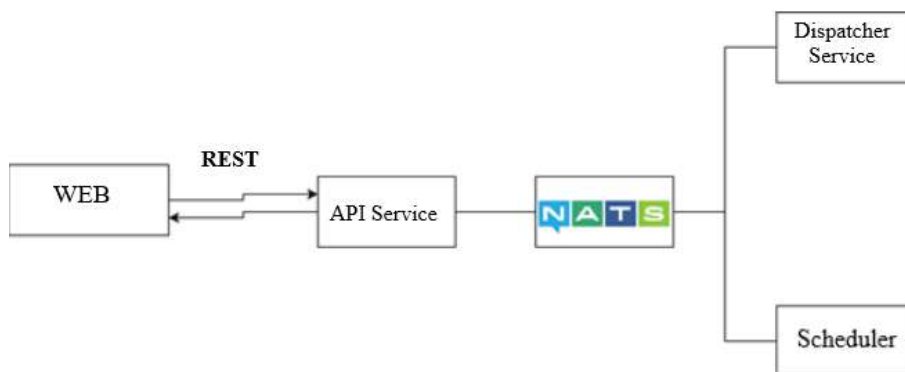


Рис. 2. Високорівнева архітектура інформаційної системи

Наслідуючи CQRS-шаблон, відділено моделі зчитування та запису. Таким чином, лише API-сервіс буде отримувати REST-запити з клієнтської частини та створювати команди для Dispatcher-сервісу, який своєю чергою записуватиме події та агрегати у сховище подій.

Спілкування між API, Dispatcher та Scheduler-сервісами відбувається на основі обміну повідомленнями, використовуючи відомий шаблон «Публікація – Підписка». Сервіси працюють незалежно один від одного, зникає необхідність в очікуванні відповіді тощо. Основна ідея полягає в тому, що API-сервіс публікує подію (повідомлення), яка свідчить про те, що відбулася зміна стану системи, і будь-який сервіс, якому цікава ця подія, може її прочитати.

API-сервіс відповідає за отримання та обробку запитів від клієнтської частини застосунку, використовуючи REST-методи. Після обробки запитів сервіс створює повідомлення, публікація яких відбувається за допомогою сучасної системи обміну повідомленнями з відкритим кодом NATS.

Dispatcher-сервіс виконує роль сховища подій та часткового проєктора. Для подальшого розвитку можна буде розділити цей сервіс на два компоненти: читач та видавець (reader and writer), як у класичному CQRS-шаблоні. Цей сервіс отримує команди та в разі успішної перевірки генерує подію і запише її у сховище. Також цей сервіс використовується для генерації агрегатів та збереження їх у сховище.

Scheduler – це сервіс, який виконує роль планувальника завдання за часом (cronjob). Він підписується на події та в разі необхідності звертається у сховище агрегатів, щоб оновити їх стан.

Система складається з 4 основних компонентів та 1 агрегата. Компонент «Продукт» – це елемент, що доступний для збуту, який використовується під час створення нової позиції. Йому належать поля:

- Id – унікальний номер продукту;
- UserId – унікальний номер користувача, який вніс продукт у сховище даних;
- Unit – це об'єкт, що зберігає одиницю виміру продукту (наприклад, продукт «Яблука» вимірюється в кілограмах);
- Name – назва продукту.

Компонент «Позиція» – це доступний елемент для резервування та подальшого підтвердження замовлення. Він може бути створений ресторанами, магазинами та іншими користувачами, які шукають можливості для збуту продуктів. Містить поля:

- Id – унікальний номер позиції;
- UserId – унікальний номер користувача, який створив позицію;
- ProductId – унікальний номер продукту, що публікується;
- Type – тип позиції (перелік);
- Quantity – кількість продукту;
- CreatedAt – час створення позиції (використовується для того, щоб відстежувати закінчення терміну придатності та закриття позиції за необхідності);
- ExpiresAt – час завершення терміну дії пропозиції.

Типи позиції використовуються як ідентифікатори для створення подій (рис. 3), оскільки мета полягає в детальному відстеженні історії за всіма позиціями, відстеженні утримань тощо.

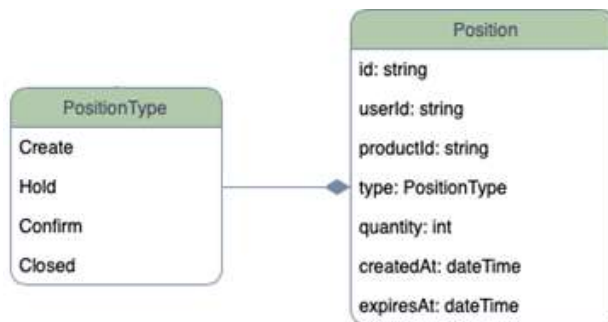


Рис. 3. Структура компонента «Позиція»

Агрегат «Позиція» – це внутрішній тип, який використовується для відстеження поточного стану компонента «Позиція» й оновлюється з кожною новою подією над позицією, що належить цьому агрегату. Містить поля:

- Id – унікальний номер позиції;

- UserId – унікальний номер користувача, який створив позицію;
- ProductId – унікальний номер продукту, доступний у позиції;
- Available – кількість доступного продукту;
- OnHold – кількість продукту, що перебуває на утриманні.

Компоненту «Користувач» належать поля:

- Id – унікальний номер користувача;
- FirstName – ім'я користувача;
- LastName – прізвище користувача.

Компонент «Утримання» використовується для відстеження позицій, які перебувають на утриманні, та користувачів, які їх створили. Наприклад, Користувач1 створює утримання на Позиція1 на 10 одиниць продукту – це свідчить про те, що користувач має намір забрати якусь частину продуктів із позиції. Позиція може містити невизначену кількість утримань від невизначеної кількості користувачів (допоки не закінчиться доступна кількість продуктів). Поля цього компонента:

- Id – унікальний номер утримання;
- UserId – номер користувача, що створив утримання;
- PositionId – номер позиції, що утримується;
- Quantity – кількість елементів позиції, що утримується;
- CreatedAt – дата створення утримання.

Опишемо основні принципи функціонування системи. Користувач взаємодіє з додатком за допомогою клієнтської частини, яка надсилає HTTP-запити до серверної частини. Кожна взаємодія користувача і додатка – це окремий виклик доступних REST-методів, які отримує API-сервіс, призначений для обробки запитів та створення команд для всієї системи. Такий підхід є високоефективним та легким у підтримці.

Базовий функціонал, доступний для взаємодії користувача та додатка, включає:

- Додати продукт;
- Створити позицію;
- Отримати всі актуальні позиції для окремого користувача;
- Отримати позиції, доступні до утримання;
- Утримати визначену кількість продукту з позиції;
- Отримати всі утримання для окремого користувача;
- Скасувати створення позиції;
- Підтвердити утримання;
- Скасувати утримання.

Базовий функціонал, що відбувається без взаємодії з користувачем, включає:

- Постійну перевірку поточного стану позицій і скасування позицій у разі закінчення терміну придатності;
- Оновлення поточного стану системи;
- Запис усіх змін станів позицій у сховище подій.

Розглянемо детальніше внутрішню архітектуру найважливіших та найскладніших методів.

Створення позиції відбувається за допомогою методу POST із такими параметрами:

- ProductId – продукт, що доступний у позиції;
- Quantity – кількість доступного продукту.

API-сервіс отримує параметричний HTTP-метод POST, валідує його та записує повідомлення для створення нової позиції. Dispatcher-сервіс «слухає» всі оновлення щодо позицій та під час отримання нового повідомлення формує подію з типом «Create» і зберігає її в сховище подій.

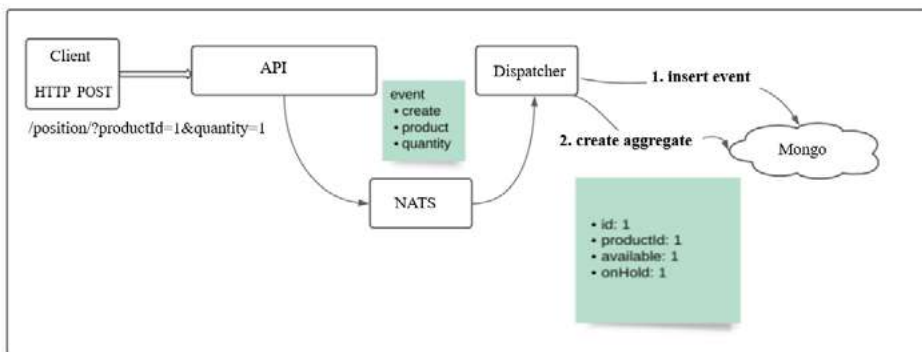


Рис. 4. Схематичне представлення взаємодії компонентів під час створення позиції

Також на етапі створення події з типом «Create» ініціалізується порожній агрегат на цю позицію та також зберігається у сховище. За шаблоном CQRS агрегати та події зберігаються в окремих сховищах. На рис. 4 зображена візуалізація вищезазначеного процесу.

Отримання всіх позицій відбувається за допомогою HTTP-методу GET, залежно від вказаного шляху, можна обрати позиції, створені поточним користувачем, або ж всі доступні позиції до утримання. API-сервіс виконує функцію читача зі сховища агрегатів та повертає необхідні дані у форматі JSON. Цей підхід забезпечує миттєву обробку запитів, що є надзвичайно важливим під час розробки високонавантажених систем. На рис. 5 зображена візуалізація вищезазначеного процесу з усіма переліченими елементами.

Одним із найскладніших елементів системи, що керується подіями, є забезпечення узгодженості даних. Розподілені менеджери блокувань (lock-managers) використовуються для організації та серіалізації доступів до ресурсів.

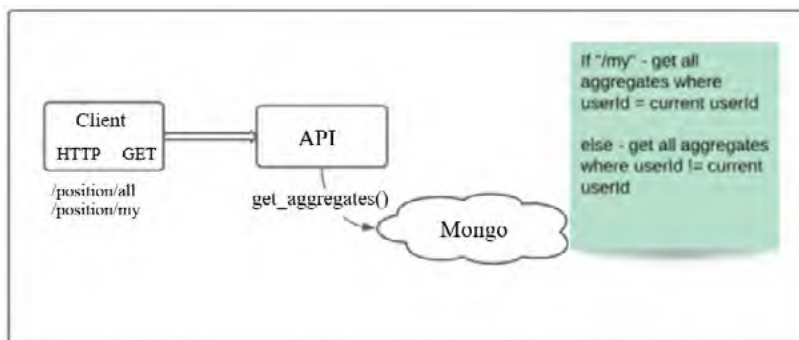


Рис. 5. Схематичне представлення взаємодії компонентів під час отримання позицій

У випадку системи, яка розглядається, ситуація неузгодженості даних може виникнути, коли два користувачі одночасно створюють утримання на одну й ту ж позицію. В такому разі в момент отримання кожного запиту необхідно «блокувати» оновлення позиції, поки попередні зміни не будуть збережені. На рис. 6 можна побачити схему взаємодії всіх елементів, задіяних у процесі створення утримання. Процес повернення всіх створених утримань відбувається аналогічно

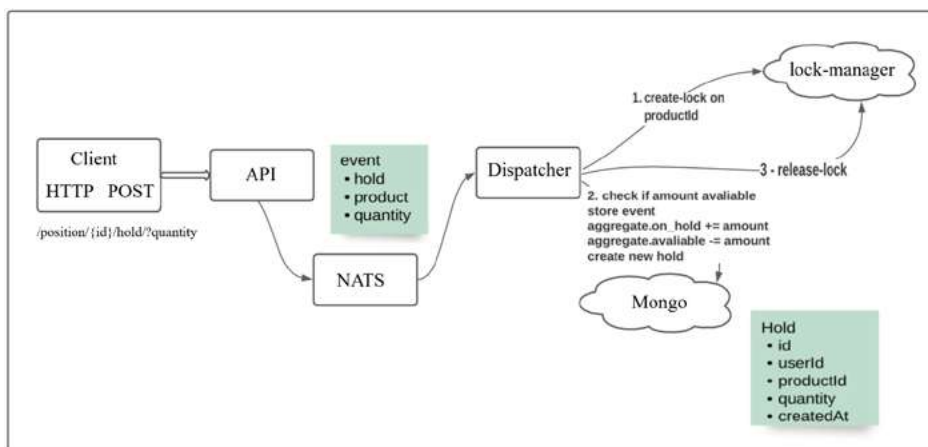


Рис. 6. Схема взаємодії компонентів під час створення утримання

процесу отримання всіх позицій – за допомогою GET-методу. Є два різні методи: отримання всіх утримань користувача та отримання всіх утримань з обраної позиції (доступно для користувачів, що мають відкриті позиції). На рис. 7 зображена схема взаємодії компонентів під час обробки отримання утримань.

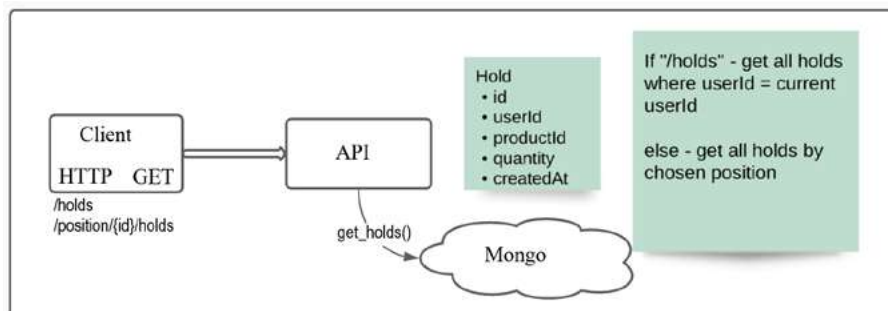


Рис. 7. Схема взаємодії компонентів під час отримання утримань

Таким чином, було детально розглянуто внутрішню архітектуру обробки запитів, створення команд та записів подій, якими оперує ця система.

Висновки та пропозиції. У дослідженні було проведено аналіз ринку застосунків для мінімізації харчових відходів суспільства та аргументовано необхідність створення цифрового продукту, який може забезпечити зменшення втрат їжі, придатної до споживання.

У роботі виконано детальний аналіз наявних архітектур програмних систем і технологій, які можуть використовуватися для їх реалізації. За результатами дослідження запропоновано подійно-керовану мікросервісну архітектуру для відповідної інформаційної системи. Також розроблено схеми для кожного компонента системи, розглянуто атрибути компонентів, їх типи та властивості, визначено схеми взаємодії компонентів системи. У роботі запропоновано використати шаблон CQRS для організації внутрішньої взаємодії та шаблон «Публікація – Підписка» як технологію обміну повідомленнями у застосунку. Інформаційна система спроектована так, що може легко масштабуватися.

Соціальна цінність цієї роботи полягає у створенні архітектури цифрового продукту, який може забезпечити зменшення втрат їжі, ще придатної до споживання.

Подальший розвиток роботи можливий у напрямі вдосконалення функціоналу наявних сервісів та розробки нового функціоналу, розробки сервісів для блокування, реалізації DLQ для ефективного репроцесингу помилок і перетворення продукту на MVP.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Technical Platform on the Measurement and Reduction of Food Loss and Waste. *Food and Agriculture Organisation of United Nations* : вебсайт. URL: <http://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en/> (дата звернення: 02.06.2021 р.).

2. Food Wastage Footprint. *Food and Agriculture Organisation of United Nations* : вебсайт. URL: <http://www.fao.org/nr/sustainability/food-loss-and-waste/en/> (дата звернення: 02.06.2021 р.).

3. Buzby J.C., Wells H.F., Hyman J. The Estimated Amount, Value, and Calories of Postharvest Food Losses at the Retail and Consumer Levels in the United States, EIB-121, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. February 2014. 39 p.

4. Food Loss and Waste in Fish Value Chains. *Food and Agriculture Organisation of United Nations* : вебсайт. URL: <http://www.fao.org/flw-in-fish-value-chains/value-chain/retail/restaurants-and-catering/en/> (дата звернення: 02.06.2021 р.).

5. World hunger: facts & how to help. World Vision : вебсайт. URL: <https://www.world-vision.ca/stories/food/world-hunger-facts-how-to-help> (дата звернення: 05.06.2021 р.).

6. Đurić I. Digital technology and agricultural markets – Background paper for The State of Agricultural Commodity Markets (SOCO). 2020. Rome, FAO. DOI: /10.4060/cb0701en (дата звернення: 04.06.2021 р.).

7. Beauty (and taste!) are on the inside. FAO. *Food and Agriculture Organisation of United Nations* : вебсайт. URL: <http://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1100391/> (дата звернення: 04.06.2021 р.).

8. Застосунок Olío. *Вікіпедія: вільна енциклопедія*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Olio_\(app\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Olio_(app)) (дата звернення: 02.06.2021 р.).

9. Застосунок FullHarvest : вебсайт. URL: <https://www.fullharvest.com> (дата звернення: 02.06.2021 р.).

10. Harris S.A. Food Waste App OLIO Has Become A Lifeline For Those Who Can't Afford To Feed Themselves : вебсайт. URL: https://www.huffingtonpost.co.uk/entry/food-waste-app-olio-hidden-hunger_uk_595f4212e4b0d5b458e97c36 (дата звернення: 02.06.2021 р.).

11. Dymoke A. Food for London: Olío, the app matching surplus food to hungry Londoners : вебсайт. URL: <https://www.standard.co.uk/news/foodforlondon/food-for-london-the-app-matching-surplus-food-to-hungry-londoners-a3387641.html> (дата звернення: 02.06.2021 р.).

12. Smith M.J. Don't Toss That Lettuce – Share It. *Stanford graduate school of business* : вебсайт. URL: <https://www.gsb.stanford.edu/insights/dont-toss-lettuce-share-it> (дата звернення: 02.06.2021 р.).

13. Manning L. How Full Harvest is Using Technology to Connect the Dots in the B2B Food Waste Space. *AFN* : вебсайт. URL: <https://agfundernews.com/how-full-harvest-is-using-technology-to-connect-the-dots-in-the-b2b-food-waste-space.html> (дата звернення: 02.06.2021 р.).

14. Sommerville I. Software engineering. Tenth edition, global edition. Boston, Mass. Amsterdam Cape Town : Pearson Education Limited, 2016. 810 p.

15. Dragoni N. et al. Microservices: yesterday, today, and tomorrow. URL: <http://arxiv.org/abs/1606.04036> (дата звернення: 06.06.2021 р.).

16. Thönes J. Microservices. *IEEE Software*. 2015. Vol. 32. No. 1. pp. 116. DOI: 10.1109/MS.2015.11.

17. Encyclopedia of database systems / ed. L. Liu, Özsu M. Tamer. New York : Springer, 2009. DOI: 10.1007/978-0-387-39940-9.

18. Challenges and solutions for distributed data management. *Microsoft Docs*: вебсайт. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/microservices/architect-microservice-container-applications/distributed-data-management> (дата звернення: 06.06.2021 р.).

19. Петренко О.О. Порівняння типів архітектури систем сервісів. *System Research & Information Technologies*. 2015. № 4. С. 48–62.

REFERENCES:

1. Food and Agriculture Organisation of United Nations (2021) *Technical Platform on the Measurement and Reduction of Food Loss and Waste*. URL: <http://www.fao.org/platform-food-loss-waste/en/>.

2. Food and Agriculture Organisation of United Nations (2014) *Food Wastage Footprint*. URL: <http://www.fao.org/nr/sustainability/food-loss-and-waste/en/>.

3. Buzby, J.C., Wells, H.F., Hyman, J. (2014) The Estimated Amount, Value, and Calories of Postharvest Food Losses at the Retail and Consumer Levels in the United States, EIB-121, U.S. Department of Agriculture, Economic Research Service. February 2014. 39 p.

4. Food and Agriculture Organisation of United Nations (2021) *Food Loss and Waste in Fish Value Chains*. URL: <http://www.fao.org/flw-in-fish-value-chains/value-chain/retail/restaurants-and-catering/en/>.

5. World Vision (2020) *World hunger: facts & how to help*. URL: <https://www.worldvision.ca/stories/food/world-hunger-facts-how-to-help>.

6. Duric', I. (2020) Digital technology and agricultural markets – Background paper for The State of Agricultural Commodity Markets (SOCO) 2020. Rome, FAO. DOI: 10.4060/cb0701en.

7. Food and Agriculture Organisation of United Nations (2018) *Beauty (and taste!) are on the inside*. FAO. URL: <http://www.fao.org/fao-stories/article/en/c/1100391/>.

8. Application Olio (2021) In *Wikipedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Olio_\(app\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Olio_(app)).

9. Application FullHarvest. URL: <https://www.fullharvest.com>.

10. Harris, S.A. (2017) Food Waste App OLIO Has Become A Lifeline For Those Who Can't Afford To Feed Themselves. URL: https://www.huffingtonpost.co.uk/entry/food-waste-app-olio-hidden-hunger_uk_595f4212e4b0d5b458e97c36.

11. Dymoke, A. (2016) Food for London: Olio, the app matching surplus food to hungry Londoners. URL: <https://www.standard.co.uk/news/foodforlondon/food-for-london-the-app-matching-surplus-food-to-hungry-londoners-a3387641.html>.

12. Smith, M.J. (2017) Don't Toss That Lettuce – Share It. Stanford graduate school of business. URL: <https://www.gsb.stanford.edu/insights/dont-toss-lettuce-share-it>.

13. Manning, L. (2019). How Full Harvest is Using Technology to Connect the Dots in the B2B Food Waste Space. URL: <https://agfundernews.com/how-full-harvest-is-using-technology-to-connect-the-dots-in-the-b2b-food-waste-space.html>.

14. Sommerville, I. (2016) Software engineering. Tenth edition, global edition. Boston, Mass. Amsterdam Cape Town : Pearson Education Limited.

15. Dragoni, N., Giallorenzo, S., Lafuente, A.L., Mazzara, M., Montesi, F., Mustafin, R. (2017) Microservices: yesterday, today, and tomorrow. arXiv.org. <http://arxiv.org/abs/1606.04036>.

16. Thönes, J. (2015) Microservices. *IEEE Software*. Vol. 32. No. 1, pp. 116. DOI: 10.1109/MS.2015.11.

17. Liu, L., Tamer Özsu. M. (eds.). (2009) Encyclopedia of database systems. Springer. DOI: 10.1007/978-0-387-39940-9.

18. Microsoft (2021) Challenges and solutions for distributed data management. URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/architecture/microservices/architect-microservice-container-applications/distributed-data-management>.

19. Petrenko, O.O. (2015) Comparison of service system architecture types. *System Research & Information Technologies*. № 4, pp. 48–62.

УДК 004:4'2

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.2>

РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗТАШУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЛІКАРНЯНОГО ФОНДУ

Гетьман І.А. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних інформаційних технологій
Донбаської державної машинобудівної академії
ORCID ID: 0000-0003-1835-4256
SCOPUS ID: 57208886868

Держевецька М.А. – кандидат економічних наук,
викладач кафедри медичної фізики та інформаційних технологій
Донецького національного медичного університету
ORCID ID: 0000-0002-9952-4992
SCOPUS ID: 57217993363

Несен Є.М. – магістр
Донбаської державної машинобудівної академії
ORCID ID: 0000-0003-3266-4496

У статті розкрито особливості розробки проєкту програмного комплексу для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду за допомогою математичних методів, що дозволяє своєчасно попередити користувача про можливість оптимізації схеми лікарняної палати, спостерігати за станом завантаженості лікарні загалом, надавати рекомендації у вигляді запропонованих варіантів розміщення елементів лікарняного фонду, виконувати аналіз показників. Програмний комплекс має функцію оповіщення користувача, що спрацьовує, коли схема потребує змін і додаток передає право на надання рекомендацій щодо розташування. Реалізовано спостереження лікарем за управлінням розміщення хворого відповідно до шаблону «Спостерігач» мовою програмування PHP. Також створено резервування за шаблоном «Будівник» мовою програмування PHP, що дозволило покращити ефективність роботи програми, її підтримку та перенесення програми на іншу платформу. В роботі були використані математичні методи для прогнозування оптимального розміщення елементів лікарняного фонду, що дає змогу одержувати прогнозовані схеми можливого розміщення елементів у палаті, отримувати рекомендації щодо покращення розташування. За допомогою математичних методів із оптимізації геометричних елементів можна розробляти та впроваджувати складні медичні процеси з використанням такого програмного забезпечення, як «AssemblyScript» (WebAssembly). Широкий функціонал бібліотеки дає можливість створити математичну модель будь-якої складності. Програмний комплекс можна використовувати не лише як помічника лікаря, а й як адміністратора та його заміну. В разі заміни існує ризик, що система може дати збій у прогнозуванні або неправильну рекомендаційну схему з невеликою часткою ймовірності. Тому вона має бути доведена до найбільш можливої точності для подальшого розгляду в якості заміни адміністратора лікарняної установи та частково лікаря.

Ключові слова: розташування, оптимізація, математичний метод, локальний оптимум, дискретно-логістична модель, оптимальне розміщення, прогнозування.

Getman I.A., Derzhevetska M.A., Nesen Ye.M. Development of the software complex project to optimize the location of the elements of the hospital fund

The project of the software complex was developed to optimize the location of the elements of the hospital fund with the help of mathematical methods, which allows to warn the user promptly about the possibility of optimizing the hospital ward scheme, observe the state of the hospital workload in general, provide recommendations in the form of proposed options for placing elements of the hospital fund, perform analysis of indicators. The software complex has the function of alerting the user when the scheme needs changes and the application transfers the right

to provide location recommendations. The doctor's supervision of the placement of the patient on the "Observer" template in the PHP programming language is implemented. The creation of a backup on the "Builder" template in the PHP programming language was implemented, which allowed to improve the efficiency of the program, improve the support of the program, and transfer the program to another platform. In this paper, mathematical methods were used to predict the optimal placement of elements of the hospital fund, which makes it possible to receive predicted schemes of the possible placement of elements in the chamber, to receive recommendations for improving the location. Using mathematical methods to optimize geometric elements, it is possible to develop and implement complex medical processes using software such as "AssemblyScript" (WebAssembly). The wide functionality of the library makes it possible to create a mathematical model of any complexity. The software and methodological complex can be used as a doctor's assistant, as well as an administrator and its replacement. As a replacement, there is a risk that the system may fail in forecasting or an incorrect recommendation scheme with little probability. The system should be brought to the most possible accuracy for further consideration as a replacement for the administrator of the hospital institution and a small part of the doctor.

Key words: location, optimization, mathematical method, local optimum, discrete-logistics model, optimal location, forecasting.

Розміщення медичних ліжок, медичного обладнання та інших елементів лікарняного фонду є дуже важливим під час лікування пацієнтів та в разі виникнення надзвичайних ситуацій у відділеннях лікарні. Оптимальне розташування таких елементів дозволить швидко реагувати на погіршення стану пацієнта та оперативно перевезти його до місця надання екстреної допомоги (операційного блоку, реанімації тощо) або, навпаки, дасть змогу вчасно доставити необхідне обладнання до пацієнта. Найбільш актуальним це стало за епідемічної ситуації, пов'язаної з COVID-19. За останні п'ять років захворюваність у світі зросла в декілька разів. Людина тривалий час страждає від різних захворювань, а зараз, у час пандемії, поширена ситуація, коли хворий потрапляє в лікарню та через неправильне розміщення дістає нову хворобу від іншого пацієнта, що може загрожувати його життю. Тому запропонована модель може бути корисною для оптимізації використання лікарняного фонду в медичній установі.

Проблема, для вирішення якої розробляється проєкт, полягає в тому, що лікарні наразі розміщують чималу кількість пацієнтів, але при цьому не орієнтуються на оптимізацію палат та на хвороби, які зосереджені у різних палатах і відділеннях. Актуальним є те, що сучасні аналоги не мають функціоналу щодо надання рекомендацій із розміщення місць, лікарняного фонду та не мають можливості відстежувати наповненість лікарень в реальному часі. Метою роботи є оптимізація використання лікарняного фонду в медичній установі за різних епідемічних обставин та для різних відділень.

Аналіз літератури показав наявність взаємозв'язку між розміщенням та експлуатацією обладнання в медичній установі. Відповідно до цього було проведено низку досліджень у галузі прогнозування розташування місць та елементів лікарняного фонду з метою одержання користі від моделей підтримки прийняття рішень і розумних методів прогнозування [1; 2].

В результаті аналізу сфери прогнозування оптимального розміщення виокремлено основні фактори: кількість елементів лікарняного фонду, кількість елементів на схемі з мінімумом точок перетину, спосіб життя, фактори навколишнього середовища, тип захворювання. Визначено наявні методи прогнозування оптимального розміщення елементів лікарняного фонду, зокрема: метод нерегулярного та почергового розміщення плоских геометричних об'єктів; пошук глобальних екстремумів, локального оптимуму академіка Ю.Г. Стояна, методи на основі комбінаторної оптимізації під час навчання та здійснення тестових прогнозів

системи. Обрано основний функціонал у розглянутих додатках [3]. Реалізовано гібридну модель в парі з дискретно-логістичною моделлю, яка дозволила досягти найвищої точності прогнозування оптимального розміщення елементів на схемі з мінімумом точок перетину завдяки методу пошуку локального оптимуму.

Розроблена модель бізнес-процесу використання проєкту оптимізації елементів лікарняного фонду медичної установи виглядає таким чином. Під час запуску програми користувач повинен авторизуватися, якщо користувач ще не має акаунта в системі, він повинен пройти процес реєстрації. Авторизований користувач може виконувати такі дії: створювати медичні палати, схеми для них із зазначенням різноманітних елементів (у разі, якщо користувач має права адміністратора); надавати підказки щодо оптимізації розміщення обладнання та місць; прогнозувати наповненість місць у палатах на підставі динаміки резервування місць (періодична фіксація динаміки наповненості палат у програмному медичному комплексі (далі – ПМК)); резервувати місця та вносити дані про пацієнта; складати схеми і списки резервувань, формувати їх у PDF; висувати необхідні вимоги до елементів лікарняного фонду для розміщення в розподілених приміщеннях; проводити розрахунки для розміщення елементів лікарняного фонду у розподілених приміщеннях; аналізувати оптимальність розташування.

На підставі цих вимог та аналізу предметної ділянки «Розташування елементів лікарняного фонду» була розроблена діаграма діяльності програмного комплексу (далі – ПК) (див. рис. 1). Вхідними параметрами стали показники елементів схеми, які будуть оброблятися. Приховані дані: функція цих даних визначається введеними показниками, вагою та співвідношенням між ними і прихованими елементами. Ваги між вхідними та прихованими одиницями показують, коли прихований блок буде активований. За розрахунок ваг відповідає логістична регресія [4]. Вихідний рівень: функція блоку виходу, залежно від активності та ваги прихованого блоку, і з'єднання між прихованими одиницями та виходом, що є нашим прогнозом для оптимізації схеми палати, тобто розташування елементів лікарняного фонду в медичній установі. Для того щоб отримати прогноз оптимізації (рекомендації щодо покращення розміщення, варіант запропонованої схеми), необхідно ввести показники на схемі та розмістити бажані елементи (розмір, стіни, апарати, місця).

Після того як показники були введені, відбувається їх аналіз, якщо аналіз показників не був виконаний, то він відбувається знову. Якщо показники були проаналізовані відповідним чином, формується прогноз оптимізації схеми за допомогою математичних моделей і методів, якщо є помилки, то формування прогнозу відбувається знову. Коли прогноз було сформовано, формуються рекомендації щодо покращення схеми, звіт тощо. Далі відбувається отримання прогнозу показників, які описують всі необхідні рекомендації. Для відображення того, що робить система, була побудована діаграма діяльності, яка зображена на рис. 2.

Також розроблена логічна модель програмного комплексу використання математичних моделей і методів для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду. Діаграма діяльності – в UML, візуальне представлення графу діяльності. Граф діяльності є різновидом графу станів скінченного автомата, вершинами якого є певні дії, а переходи відбуваються після завершення дій [5]. Спеціаліст із проведення дослідження оптимального розміщення елементів лікарняного фонду медичної установи повинен: а) створювати палату, враховуючи такі параметри: геометрію приміщення; тип медичної установи; тип приміщення; перелік обладнання, рекомендованого та необхідного у приміщенні; санітарні норми й епідемічну ситуацію; б) рекомендувати найбільш оптимальне розташування (навіть

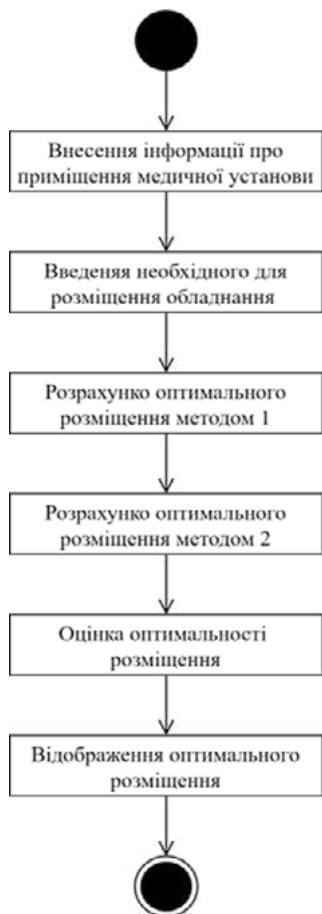


Рис. 1. Діаграма діяльності для процесу оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи (Створювач палат)



Рис. 2. Діаграма діяльності використання математичних моделей і методів для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду

розроблене іншим методом); в) висувати необхідні вимоги до елементів лікарняного фонду для розміщення в розподілених приміщеннях; г) проводити розрахунки для розміщення елементів лікарняного фонду у розподілених приміщеннях; г) аналізувати оптимальність розташування. На підставі цих вимог та аналізу предметної ділянки «Розташування елементів лікарняного фонду» була розроблена діаграма діяльності для процесу оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи (рис. 3).

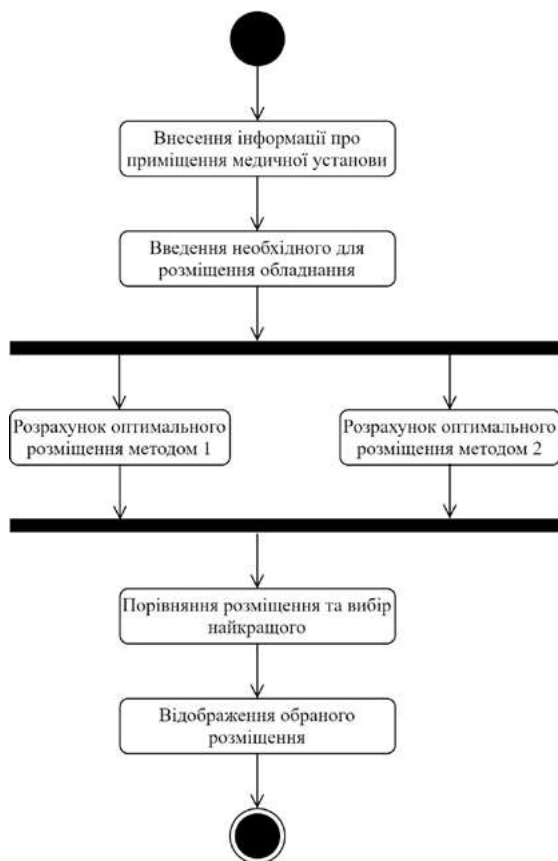


Рис. 3. Діаграма діяльності для процесу оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи (Створювач палат)

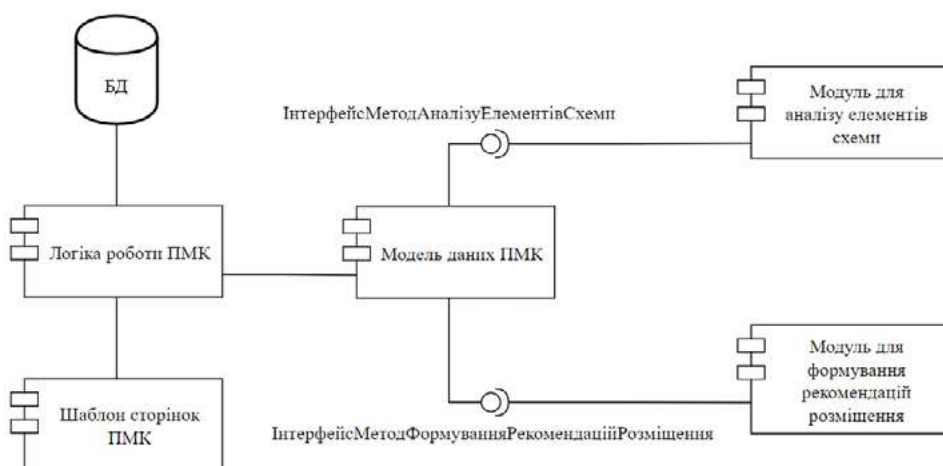


Рис. 4. Діаграма компонентів програмного комплексу для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду

Було розроблено діаграму компонентів, яка відображає фізичну модель системи (рис. 4).

У табл. 1 наведено опис компонентів та їхнє функціональне призначення.

Таблиця 1

Компоненти програмного комплексу для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду

Назва компонента	Функції компонента
Логіка роботи ПМК	Модуль, який відповідає за логіку роботи з елементами інтерфейсу ПМК для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду, відповідає за відображення сторінок сайту, взаємодію з БД і моделлю даних
Шаблони сторінок ПМК	Модуль, який зберігає шаблони для всіх сторінок сайту ПМК для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду
База даних (БД)	База даних сайту ПМК для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду
Модель даних ПМК	Модуль, який зберігає класи для зберігання даних
Модуль для аналізу елементів схеми	Модуль, який реалізує алгоритми для аналізу елементів схеми
Модуль для формування рекомендацій із розміщення	Модуль, який реалізує алгоритми для формування рекомендацій із розміщення



Рис. 5. Сторінка резервування місць

Програмне забезпечення ведення бази даних та реалізації алгоритмів обробки даних утворює систему оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи. Реєстрація в системі оптимального розміщення лікарняного фонду медичної установи відбувається за допомогою сервісу Google.

На рис. 5 наведена одна з реалізованих функцій комплексу – сторінка резервування місць. Тут користувач має змогу переглянути схему палати, назву, місто, адресу, ім'я власників заброньованих місць та діагноз, зробити резервування або відредагувати вже наявне власне резервування. Якщо цю сторінку переглядає власник заходу, він також бачить кнопки редагування всіх резервувань, експорту у вигляді PDF схеми палати або списку зайнятих місць.

Висновки. У роботі були використані математичні методи для прогнозування оптимального розміщення елементів лікарняного фонду, що дає змогу отримувати прогнозовані схеми можливого розміщення елементів у палаті, рекомендації щодо покращення розташування. За допомогою математичних методів із оптимізації геометричних елементів можна розробляти та впроваджувати складні медичні процеси з використанням такого програмного забезпечення, як «AssemblyScript» (WebAssembly), що дозволяє досить швидко та легко створити геометричну структуру схеми, навчити її знаходити об'єкти та впроваджувати в будь-який проєкт. Широкий функціонал бібліотеки дає можливість створити математичну модель будь-якої складності.

Розроблений проєкт програмного комплексу можна використовувати не лише як помічника лікаря, а й як адміністратора та його заміну. В разі заміни існує ризик, що система може дати збій у прогнозуванні або неправильну рекомендаційну схему з невеликою часткою ймовірності. Тому вона має бути доведена до найбільш можливої точності для подальшого розгляду в якості заміни адміністратора лікарняної установи та частково лікаря.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стоян Ю.Г., Новожилова М.В., Карташов А.В. Математическая модель и оптимизация линейных $E_k(R^2)$ задач размещения: препринт / АН УССР. Институт проблем машиностроения: № 353. Харьков, 1991. 44 с.
2. Daniels K., Milenkovic V. Multiple translational containment, part I: an approximation algorithm: Algorithmica special issue on Computational geometry in manufacturing, 1994. 46 p.
3. Стоян Ю.Г., Яковлев С.В. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования : Київ : Наукова думка, 1986. 268 с.
4. Rumbaugh J., Jacobson I., Booch Gr. The unified modeling language reference manual. Addison Wesley Longman Inc., 1999.
5. Ларман К. Применение UML 2.0 и шаблонов проектирования. An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development. Москва : Вильямс, 2006. 736 с.
6. Васильева Л.В., Гетьман І.А. Використання комп'ютерних технологій для розв'язання оптимізаційних завдань в економіці : навчальний посібник. Краматорськ : ДДМА, 2011. 200 с.
7. Несен Є.М., Гетьман І.А. Дослідження методів оптимізації під час проектування ПМК «Використання лікарняного фонду в медичній установі». *Інформаційні технології й автоматизація-2021* : матер. XIV міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 21–22 жовтня 2021 р. Одеса, 2021. С. 236–238.
8. Васильева Л.В., Гетьман І.А. Автоматизовані системи наукових досліджень : посібник для студентів вищих навчальних закладів спеціальності «Інформаційні технології проектування». Краматорськ : ДДМА, 2016. 114 с.

REFERENCES:

1. Stoyan Y.G., Novozhilova M.V., Kartashov A.V. (1991) Matematicheskaya model i optimizatsiya lineynykh Ek(R2) – zadach razmescheniya [Mathematical model and optimization of linear Ek (R2) – tasks of placing]. Harkov. (in Ukrainian)
2. Daniels K., Milenkovic V. (1994) Multiple translational containment, part I: an approximation algorithm. Algorithmica special issue on Computational geometry in manufacturing.
3. Stoyan Y.G., Yakovlev S.V. (1986) Matematicheskie modeli i optimizatsionnyie metodyi geometricheskogo proektirovaniya [Mathematical models and optimization methods of the geometrical planning]. Kyiv : Naukova dumka. (in Ukrainian)
4. Rumbaugh J., Jacobson I., Booch Gr. (1999) The unified modeling language reference manual. Addison Wesley Longman Inc.
5. Larman Kr. (2006) Primenenie UML 2.0 i shablonov [Applying UML and Patterns]: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and Iterative Development. Moscow : Williams. (in Russian)
6. Vasileva L.V., Getman I.A. (2011) Viktoristannya kompyuternih tehnologiy dlya rozvyazannya optimizatsiynih zadach v ekonomitsi : navch. posibnik [The use of computer technologies is for the decision of optimization tasks in an economy]. Kramatorsk, DDMA. (in Ukrainian)
7. Nesen E.M., Getman I.A. (2021) Doslidzhennya metodiv optimizatsty pri proektuvanni PMK “Vikorisannya likarnyanogo fondu v medichniy ustanovi” [Research of methods of optimization at planning of the CC “Use of hospital fund in medical establishment”]. *Proceedings of the Informacijni tekhnologhiji i avtomatyzacija-2021 : XIV mizhnarodna naukovo-praktychna konferencija* (Ukraine, Odessa, October 21–22, 2021). Odessa : ONACHT, pp. 236–238. (in Ukrainian)
8. Getman I.A., Vasileva L.V. (2016) Avtomatizovani sistemi naukovih doslidzhen: posibnik dlya studentiv vischih navchalnih zakladiv spetsialnosti “Informatsiyni tehnologiyi proektuvannya” [Automated research systems: a guide for students of higher education institutions majoring in “Information Technology Design”]. Kramatorsk : DDMA. (in Ukrainian)

УДК 519.652:519.254

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.3>

ДОСЛІДЖЕННЯ ІМІТАЦІЇ ОДНОВИМІРНИХ ВИБІРОК ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ СПЛАЙНІВ

Зівакін В.Д. – молодший науковий співробітник,
аспірант кафедри прикладної математики
Національного авіаційного університету
ORCID ID: 0000-0002-0420-0558

Використання моделювання для вирішення різноманітних завдань обумовлено низкою причин: економією часових і матеріальних ресурсів, імітацією «критичних» режимів, що в умовах реальної експлуатації може бути небезпечно для досліджуваного об'єкта, можливістю дистанційного тренінгу тощо. Зокрема, моделювання не роботи деякої системи, а саме послідовностей даних певного вигляду могло б вирішити проблему нестачі таких даних (наприклад, у машинному навчанні), що є актуальним в разі роботи у багатовимірних просторах.

За імітаційного моделювання вибірок перше, з чого необхідно починати, – це модель розподілу, яку необхідно отримати. Модель може бути визначена деяким аналітичним законом розподілу (нормальним, Вейбула, рівномірним тощо), і в цьому вона залежить від параметрів (параметрична модель). Зазвичай обирають такі моделі, щоб їхні параметри мали деяку змістовну інтерпретацію (a , b – початок та кінець інтервалу в рівномірному розподілі; λ – інтенсивність в експоненціальному тощо). Іншим класом моделей, що відтворюють функції розподілу, є непараметричні (ядерні методи, гістограмні оцінки емпіричної функції розподілу, сплайн-апроксимація). Основною проблемою методів, які ґрунтуються на параметрах, є обмеженість, що особливо простежується в двох випадках:

1. За моделювання багатовимірних даних – у цьому випадку робота завжди призводить до переходу до багатовимірного нормального розподілу.
2. За моделювання неоднорідних вибірок, які є сумішшю декількох розподілів (необов'язково з одного класу), усічених або тих, що містять пропуски спостережень.

У такому контексті використання параметричних моделей об'єктивно є неможливим у чистому вигляді. Отже, наявність інструменту, який добре апроксимує неоднорідні дані, є бажаною для вирішення завдання генерації неоднорідних багатовимірних сукупностей.

Ключові слова: моделювання, імітація, дані, сплайн, щільність розподілу, гістограмна оцінка, апроксимація.

Zivakin V.D. Research of simulation of one-dimensional samples using polynomial splines

The use of modeling to solve various problems is due to a set of reasons: saving time and material resources, simulation of “critical” modes, which in real operation can be dangerous for the object under study, the possibility of distance learning and others. In particular, modeling not the operation of a system, but data sequences of a certain type could solve the problem of lack of such data (for example, in machine learning), which is relevant especially in the case of working in multidimensional spaces.

When simulating samples, the first thing to start from is the distribution model to be obtained. The model can be determined by some analytical law of distribution (normal, Weibull, uniform, etc.), and in this it depends on the parameters (parametric model). Models are usually chosen so that their parameters carry some meaningful interpretation (a , b – the beginning and end of the interval in a uniform distribution, λ – intensity in exponential, etc.). Another class of models that reproduce distribution functions are nonparametric (nuclear methods, histogram estimates of the empirical distribution function, spline approximation). The main problem with parameter-based methods is limited, especially in two cases:

1. When modeling multidimensional data – in this case, the work always leads to a transition to multidimensional normal distribution.
2. When modeling inhomogeneous samples, which are a mixture of several distributions (not necessarily from one class), truncated or those that contain gaps in observations.

In this context, the use of parametric models is objectively impossible in its purest form. Therefore, the presence of a tool that well approximates inhomogeneous data is desirable to solve the problem of generating inhomogeneous multidimensional sets.

Key words: modeling, simulation, data, spline, distribution density, histogram estimation, approximation.

Окремим видом імітаційного моделювання послідовностей даних є машинне навчання, а саме нейронні мережі (наприклад, рекурентні) [1]. Але для реалізації всього процесу навчання окремої штучної нейронної мережі необхідні не тільки час та численні потужності, але й великі набори даних для навчання, водночас як одна з цілей цього дослідження – проведення імітації за нестачі таких. Більш класичні методи (як параметричні, так і непараметричні) поділяються на ті, що діють на основі оцінки функції розподілу, та на ті, що базуються на оцінці функції щільності. До першої групи належить метод зворотної функції [3; 4], який є ефективним, коли процес отримання зворотної функції не є складним. Окрім того, саме у багатовимірному просторі доречно оцінювання функції щільності, адже це є простішим завданням, ніж оцінка функції розподілу. Методів, які належать до останньої групи, значно менше. Це метод суперпозиції [2; 4], який досить складно реалізувати програмно, та метод винятків [2], який через простоту реалізації було обрано для подальшого дослідження.

Для згладжування гістограмних оцінок будуть використані сплайн-оцінки [3]. Тут виникає ціла низка питань, пов'язана із правильним розбиттям вибірки на інтервали (класи) групування для адекватної оцінки. В джерелі [3] обґрунтовано, що як у багатовимірному, так і в одновимірному випадку цей апарат не поступається іншим за оцінкою функції щільності і функції розподілу, але й має свої переваги завдяки тому, що локальна апроксимація є більш гнучкою з точки зору врахування локальних особливостей цих функцій (особливо за їхньої неоднорідності). Тому є певний інтерес перевірити якість застосування методів на основі цього апарата, починаючи з одновимірного випадку. Не зменшуючи загальності, буде використовуватися однорідна сукупність змодельованих даних (за розподілом Вейбула). Гнучкість цього розподілу дозволяє імітувати різну асиметричність даних, а різний обсяг фактично імітує ситуацію з пропуском спостережень.

Врахувавши все вищезазначене, поставлено таке завдання: за наявності одновимірної вибірки $\Omega_{1,N}$ з деякої генеральної сукупності Ω розробити алгоритм і програмний додаток для моделювання нових вибірок $\Omega_{1,N}^*$, які б належали тій самій генеральній сукупності, та перевірити якість його роботи.

Як описано в [2], нехай g – двовимірна область, яка, з одного боку, обмежена деяким інтервалом $[a; b]$ осі абсцис, а з іншого – графіком функції $f_\eta(y)$, яка є щільністю розподілу випадкової величини η , що моделюється рис. 1.

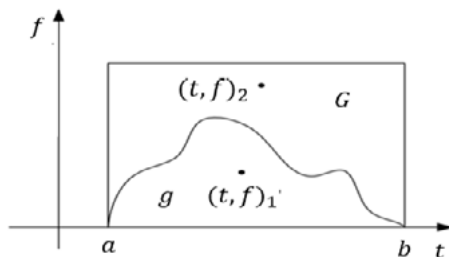


Рис. 1. Ілюстрація методу винятків

Помістимо область g всередину іншої області G (на рис. 1 G – прямокутна область, як це зазвичай буває на практиці; t – абсциси точок; f – ординати точок), що також обмежена на осі абсцис інтервалом $[a; b]$, і нехай точка (t, f) – реалізація випадкового двовимірного вектора (η, ξ) , рівномірно розподіленого

в області G . Тоді процедура полягає в тому, що за виконання нерівності $f_{\eta}(t) \geq f$ значення приймається як реалізація випадкової величини із заданим законом розподілу.

Обраний метод імітації нових вибірок (метод винятків) працює з функцією щільності, а на початку ми маємо лише деяку вибірку даних. Проте, використавши знання, що значення відносних частот класів гістограмної оцінки вибірки є усередненою оцінкою значень функції щільності, маємо змогу оцінити функцію щільності за допомогою згаданої вище сплайн-оцінки. Дотримуючись [3], одержуємо таке: нехай за рівномірним розбиттям

$$\Delta_h : t_i = ih \left(\tilde{\Delta}_h : t_i = (i+0,5)h \right), i \in Z, h > 0 \quad (1)$$

осі реалізацій випадкової величини $\xi(\omega)$ на підставі вибірки проведено гістограмну оцінку, а отже, отримано

$$F_1, F_{1,N_i}, t \in [t_i; t_{i+1}), i \in Z -$$

масиви оцінок усереднених значень функцій щільності та розподілу. Під час оцінювання функції щільності $f(t)$ для $\forall t \in [t_{\min}; t_{\max}]$ доцільним є застосування сплайнів на основі B -сплайнів другого та четвертого порядків, серед яких сплайн $S_{2,0}(f, t)$ має найпростішу обчислювальну схему:

$$S_{2,0}(f, t) = \frac{1}{8} \left((f_{i-1} - 2f_i + f_{i+1})x^2 + (-2f_{i-1} + 2f_{i+1})x + (f_{i-1} + 6f_i + f_{i+1}) \right), \quad (2)$$

де

$$x = \frac{2}{h}(t - t_i) - 1; i = \left\lfloor \frac{t - t_{\min}}{h} \right\rfloor + 1; [\square] - \text{ціла частина.}$$

Якщо за невизначені під час проведення гістограмної оцінки значення f_{-1}, f_m взяти величини $f_{-1} = 0, f_m = 0$.

У підсумку отримуємо такий алгоритм моделювання:

1. Провести розбиття вихідної вибірки на класи та визначити їх відносні частоти (проведення первинного гістограмного аналізу).

2. На основі отриманих частот відновити функцію щільності розподілу за допомогою поліноміального сплайна (2).

3. На основі відновленої функції щільності використати метод винятків для моделювання нової вибірки $\Omega_{1,100}^*$.

На основі цього алгоритму було проведено такий експеримент:

1. Моделюється вибірка розподілу Вейбула заданої кількості.

2. Для змодельованої вибірки проводиться розбиття на класи (кількість визначається автоматично) та вираховуються їхні відносні частоти (1).

3. На основі порохованих частот за допомогою поліноміального сплайна (2) відновлюються значення функції щільності.

4. На основі відновленої функції за допомогою методу винятків моделюється нова вибірка з 1000 елементів, і для неї проводиться первинний аналіз (кількість класів збігається з кількістю у першій вибірці).

5. Оцінюються параметри α та β [6] для розподілу Вейбула першої (змодельованої) і другої (імітованої) вибірки, аналізується відносна похибка таких параметрів між собою та визначеною програмою.

6. Пункти з 1 по 5 повторюються по 1000 разів для кожної кількості елементів у першій вибірці (15, 25, 40, 100, 400, 1000). У такий спосіб формуються вибірки з 1000 оцінених похибок для α та β .

7. Пункт 6 проводиться для чотирьох заданих пар параметрів розподілу Вейбула:

α	β
70	0.7
200	1.4
1000	2.4
8000	3.9

8. За отриманими вибірками відносних похибок оцінок параметрів від заданих пар параметрів оцінюється якість моделювання за описаним алгоритмом.

На основі вищенаведеної процедури було реалізоване програмне забезпечення мовою програмування C# у програмному середовищі «Visual Studio». У програмному забезпеченні реалізовані модулі моделювання одновимірних вибірок заданого закону розподілу та імітування нових вибірок на основі вже оброблених. Для виконання описаного вище експерименту була визначена окрема кнопка.

Для оцінки якості моделювання у програмному забезпеченні реалізовано обчислення відносних похибок двох видів:

1. Похибка оцінок перших змодельованих вибірок щодо заданих пар параметрів.
2. Похибка оцінок імітованих вибірок щодо заданих пар параметрів.

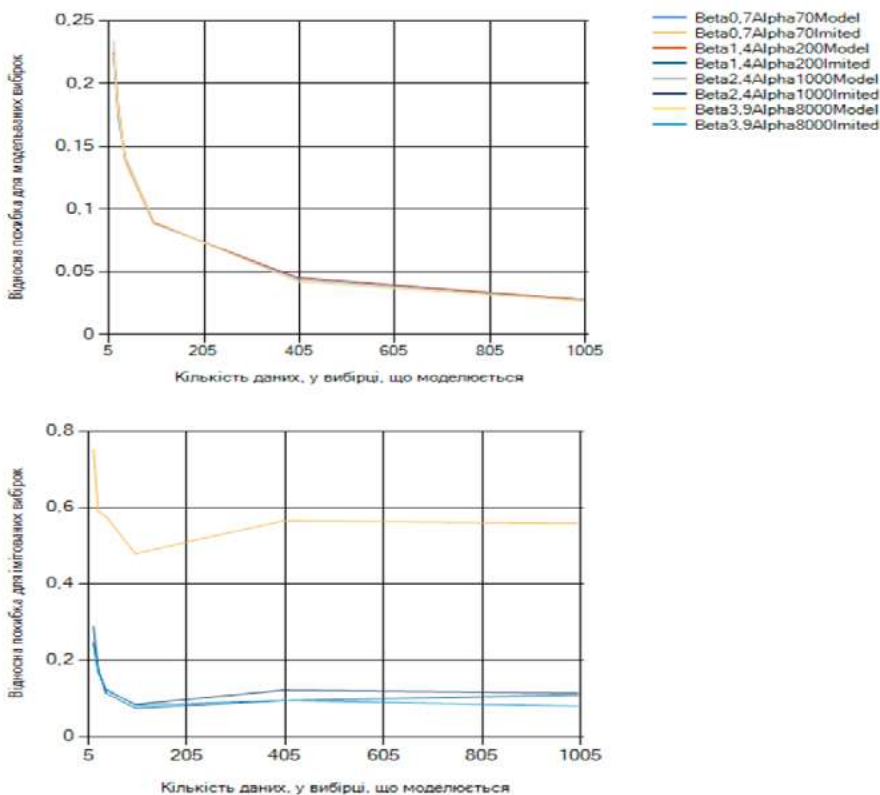


Рис. 2. Порівняльні графіки усереднених відносних похибок за розбиття першої вибірки на класи за формулою (3), залежно від кількості елементів у першій вибірці

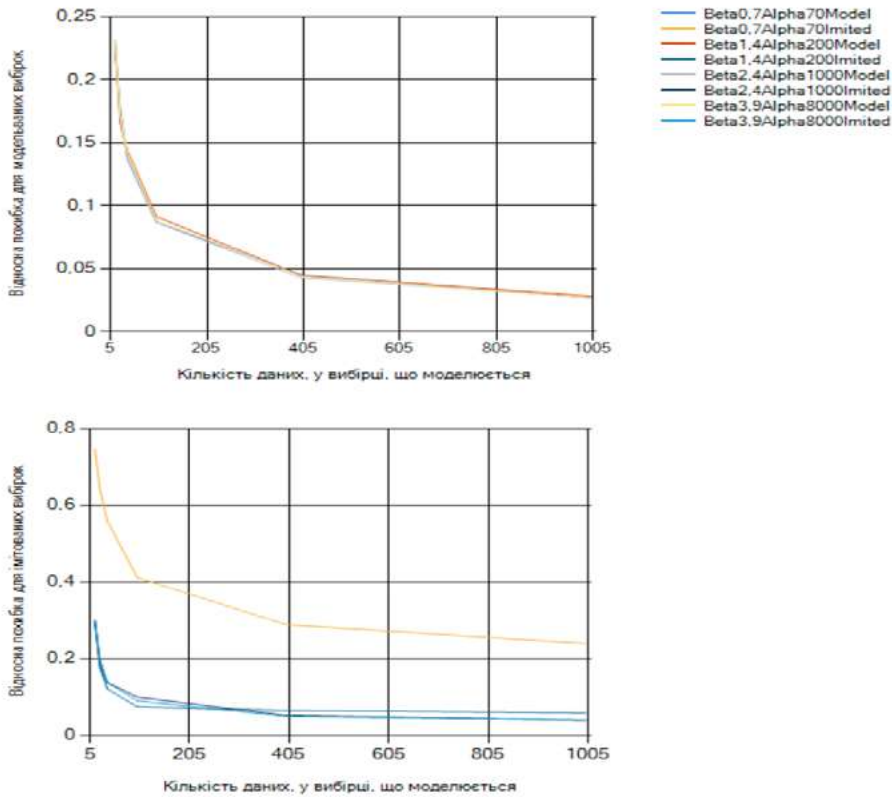


Рис. 3. Порівняльні графіки усереднених відносних похибок за розбиття першої вибірки на класи за формулою (4), залежно від кількості елементів у першій вибірці

Після описаної вище процедури для кожного випадку «пара параметрів – кількість у першочерговій вибірці» сформовано по дві вибірки відносних похибок. Параметр бета (тобто параметр форми) в цьому випадку є більш важливим, тож на рис. 2 та 3 відображено графіки зміни усередненої відносної похибки оціненого параметра бета у модельованій та імітованій вибірках, відповідно, зі зростанням кількості елементів у першій вибірці.

Для відновлення функції щільності за допомогою сплайнів важливою є початкова кількість точок, тобто кількість класів, на яку розбивається перша вибірка. Насамперед була використана стандартна формула розбиття, яка базується на кількості елементів у вибірці:

$$n = \begin{cases} \lceil \sqrt{N} \rceil, & N \leq 100 \\ \lceil \sqrt[3]{N} \rceil, & N > 100 \end{cases}, \quad (3)$$

де n – кількість класів; N – кількість елементів у вибірці; $\lceil \cdot \rceil$ – ціла частина.

За такого розбиття першої вибірки та подальших дій відповідно до алгоритму були отримані вибірки, усереднені відносні похибки оцінок параметра бета яких представлено на рис. 2.

Як видно з графіків на рис. 2, отриманий результат був незадовільний. Тому розбиття на класи було проведено таким чином:

$$n = \left[\frac{\bar{E} + 1.5}{6} * N^{0.4} \right], \text{ де } \bar{E} - \text{коефіцієнт експесу.} \quad (4)$$

Для більш чіткого уявлення про результати цього варіанта сформовано порівняльні таблиці з відносними похибками оцінок обох параметрів.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця усереднених відносних похибок за 15 елементів у першій вибірці

Пара параметрів		Похибки α		Похибки β	
α	β	Модельовані	Імітовані	Модельовані	Імітовані
70	0.7	0,3097	0,7431	0,2197	0,7462
200	1.4	0,1647	0,1626	0,2262	0,3
1000	2.4	0,1009	0,0971	0,231	0,2929
8000	3.9	0,0627	0,0602	0,2262	0,294

Таблиця 2

Порівняльна таблиця усереднених відносних похибок за 25 елементів у першій вибірці

Пара параметрів		Похибки α		Похибки β	
α	β	Модельовані	Імітовані	Модельовані	Імітовані
70	0.7	0,2479	0,6627	0,1775	0,642
200	1.4	0,1247	0,1302	0,1655	0,1768
1000	2.4	0,077	0,077	0,1705	0,1848
8000	3.9	0,0438	0,0457	0,1724	0,1985

Таблиця 3

Порівняльна таблиця усереднених відносних похибок за 40 елементів у першій вибірці

Пара параметрів		Похибки α		Похибки β	
α	β	Модельовані	Імітовані	Модельовані	Імітовані
70	0.7	0,1968	0,5152	0,1369	0,5584
200	1.4	0,1001	0,0999	0,1434	0,1199
1000	2.4	0,0584	0,0627	0,1382	0,137
8000	3.9	0,0357	0,0403	0,1419	0,136

Таблиця 4

Порівняльна таблиця усереднених відносних похибок за 100 елементів у першій вибірці

Пара параметрів		Похибки α		Похибки β	
α	β	Модельовані	Імітовані	Модельовані	Імітовані
70	0.7	0,1302	0,2942	0,0867	0,4112
200	1.4	0,0638	0,0703	0,0912	0,0739
1000	2.4	0,0375	0,0411	0,0866	0,0992
8000	3.9	0,0232	0,0257	0,0889	0,0897

Таблиця 5

**Порівняльна таблиця усереднених відносних похибок за 400 елементів
у першій вибірці**

Пара параметрів		Похибки α		Похибки β	
α	β	Модельовані	Імітовані	Модельовані	Імітовані
70	0.7	0,0638	0,1366	0,0451	0,2879
200	1.4	0,0319	0,0414	0,0446	0,0644
1000	2.4	0,0176	0,0246	0,0426	0,051
8000	3.9	0,0113	0,0138	0,0441	0,0482

Таблиця 6

**Порівняльна таблиця усереднених відносних похибок за 1000 елементів
у першій вибірці**

Пара параметрів		Похибки α		Похибки β	
α	β	Модельовані	Імітовані	Модельовані	Імітовані
70	0.7	0,0399	0,08	0,0268	0,2392
200	1.4	0,0196	0,0311	0,0281	0,0577
1000	2.4	0,0113	0,0175	0,027	0,0383
8000	3.9	0,007	0,0098	0,0269	0,0398

Як видно з графіка на рис. 3, зміна усередненої відносної похибки для імітованих даних, залежно від кількості елементів у першій вибірці, стала набувати спадаючого характеру. Тобто розбиття на класи першої вибірки за (4) є ефективнішим. Також із наведених таблиць видно, що в деяких випадках усереднена відносна похибка оцінок параметрів для імітованих вибірок є меншою за ті ж похибки у модельованих вибірках (див. табл. 3, 4), а в більшості випадків різниця між ними вимірюється в сотих. Також для обох випадків розбиття на класи видно, що пара параметрів (70, 0.7) піддається імітації гірше за інші (криві мають таку саму форму, але зміщені вгору по осі ординат). Це свідчить про те, що вибірки з сильною асиметрією треба піддавати додатковій обробці (виконувати перетворення даних) або враховувати асиметрію під час розбиття на класи.

Був розроблений алгоритм та програмний додаток для імітації вибірок на основі наявних із використанням поліноміальних сплайнів. З огляду на представлені результати можна стверджувати, що цей алгоритм є ефективним засобом імітації нових вибірок з тієї ж генеральної сукупності, що і вихідна.

Тематикою подальших досліджень можуть бути питання про інші види розбиття на класи для вихідної вибірки, необхідність її попередньої обробки, а також вибір іншого методу імітування на заміну використаного методу винятків.

Найголовнішим напрямом подальшої роботи є модифікація алгоритму для його використання у двовимірних та багатовимірних випадках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / пер. с англ. А. Слинкина. 2-е изд., испр. Москва : ДМК Пресс, 2018. 652 с.
2. Гельгор А.Л., Горлов А.И., Попов Е.А. Методы моделирования случайных величин и случайных процессов : учебное пособие. Санкт-Петербург : Издательство Политехнического университета, 2012. 217 с.
3. Приставка П.О. Поліноміальні сплайни під час обробки даних : монографія. Дніпро : Видавництво Дніпропетровського університету, 2004. С. 155–164.
4. Шмырин И.С. Математическое и программное обеспечение информационных, технических и экономических систем. *Труды Томского государственного университета. Серия физико-математическая* : материалы VII Международной молодежной научной конференции, г. Томск, 23–25 мая 2019 г. Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2019. Т. 303. С. 73–84.

REFERENCES:

1. Goodfellow, Ya., Bengio, I., Courville, A. (2018) *Glubokoe obuchenie [Deep Learning]*. (2 ed.). Moscow : DMC press. (in Russian)
2. Gel'gor, A.L., Gorlov, A.I., Popov, E.A. (2012) *Metody modelirovaniya sluchajnyh velichin i sluchajnyh processov [Methods for modeling random variables and random processes]*. Tutorial. St. Petersburg Polytechnic University Publishing House. (in Russian)
3. Pristavka, P.O. (2004) *Polynomial'ni splajni pri obrobci danih [Polynomial splines in data processing]*. Monograph. Dnipro : Dnipropetrovsk University Publishing House, pp. 155–164. (in Ukrainian)
4. Shmyrin I.S. (2019) *Matematicheskoe i programnoe obespechenie informacionnyh, tekhnicheskikh i ekonomicheskikh system. Seriya fiziko-matematicheskaya : materialy VII Mezhdunarodnoj molodezhnoj nauchnoj konferencii [Physics and Mathematics Series: Mathematical and Software Support of Information, Technical and Economic Systems: Proceedings of the VII International Youth Scientific Conference]*. Proceedings of Tomsk State University (Russia, Tomsk, May 23–25, 2019). Tomsk : Publishing House of Tomsk State University. T. 303. pp. 73–84. (in Russian)

УДК 004.4:712

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.4>

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ГАЛУЗІ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА

Колесніченко С.Л. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технологій ресторанного й оздоровчого харчування
Одеської національної академії харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-8752-053X

Паєловський С.М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технологій хліба, кондитерських, макаронних виробів
та харчоконцентратів
Одеської національної академії харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-5701-8031

Поплавська С.О. – асистент кафедри технологій ресторанного
й оздоровчого харчування
Одеської національної академії харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-4981-7834

У статті розглянуто програми, що дозволяють автоматизувати технологічні процеси на підприємствах ресторанного господарства. Традиційно для розробки рецептури фірмових страв та страв превентивного і лікувально-профілактичного призначення необхідно застосовувати значну кількість рецептурних компонентів. Тому актуальним є використання інформаційних технологій та сучасного програмного забезпечення для полегшення технологічних розрахунків у процесі конструювання багатокомпонентних харчових систем із заданими властивостями: харчовою, енергетичною, біологічною цінністю та мінімальною собівартістю. Аналіз ринку прикладного програмного забезпечення для технологів ресторанного господарства розглянуто на прикладі програмного забезпечення MS Excel, «Експерт софт», «Шеф Експерт». Найбільший інтерес становлять програми: «Технолог-Кулінар», «Технолог-Кондитер», «Технолог-Пекар». Ці програми розроблені для впровадження елементів системи якості та безпеки на підприємствах ресторанного харчування. Кожна з цих програм дозволяє швидко й якісно розробляти нормативно-технологічну документацію за своєю спрямованістю та вчасно забезпечувати кожен етап технологічного процесу всією необхідною інформацією, що дає змогу реально управляти якістю продукції.

Автоматизація технологічних процесів харчових виробництв гарантує поліпшення процесів виготовлення страв високої якості та мікробіологічної безпеки, сприяє конкурентоздатності підприємства. В разі прийняття рішення про використання прикладного програмного забезпечення необхідно зробити правильний вибір та придбати гідну систему автоматизації. Обираючи прикладне програмне забезпечення, варто визначити, який саме функціонал потрібен конкретному підприємству. Також необхідно враховувати і важливий ціновий критерій у разі відповідного придбання програмного забезпечення, витрати на його встановлення та подальше обслуговування.

Ключові слова: програмне забезпечення, автоматизоване проектування, технології ресторанного господарства.

Kolesnichenko S.L., Pavlovsky S.N., Poplavska S.A. Software for the restaurant industry

The article provides an overview of programs that allow you to automate technological processes in the restaurant business. Traditionally, for the development of recipes for specialties and dishes for preventive and curative purposes, it is necessary to establish a significant number of prescription components. Therefore, it is important to use information technology and modern software to facilitate technological calculations in the design of multicomponent food systems with specified properties: food, energy, biological value and minimum cost. The analysis of the application software market for restaurant technologists is considered on the example

of MS Excel software, "Expert software", "Chief Expert". The most interesting programs are: "Technologist-cook", "Confectioner-technologist", "Baker-technologist". These programs are designed to implement elements of quality and safety in restaurants. Each of these programs allows you to quickly and efficiently develop regulatory and technological documentation in its direction and quickly provide each stage of the technological process with all the necessary information that allows you to really manage product quality. Automation of technological processes of food production guarantees the improvement of the processes of making high quality dishes and microbiological safety, contributes to the competitiveness of the enterprise. When deciding on the use of application software, you need to make the right choice and buy a decent automation system. Choosing application software, it is necessary to determine what functionality is needed for a particular enterprise. It is also necessary to take into account an important price criterion when purchasing the software, the cost of its installation and maintenance.

Key words: software, automated design, restaurant technology.

Наразі суттєвий розвиток отримав процес впровадження сучасних інформаційних технологій у різні галузі промисловості. Використання інформаційних технологій у процесі виробництва продукції ресторанного господарства неможливо переоцінити.

Аналіз ринку прикладного програмного забезпечення для технолога ресторанного господарства можна розпочати з найдоступнішого програмного забезпечення, що входить до пакета Microsoft Office, а саме з MS Excel. Найбільш популярним інструментом для вирішення завдань оптимізації розрахунків є стандартна надбудова «Пошук рішення» процесора електронних таблиць «MS Excel», що входить до пакета Microsoft Office. Ця надбудова дозволяє ефективно розраховувати рецептурні композиції, а наведення результатів у вигляді таблиць забезпечує зручність для обліку та звітності інформацію. За використання цієї програми необхідно показники для обчислення, а також розрахункові формули занести у відповідні клітки електронної таблиці.

«Експерт Софт» – програма, призначена для технологів підприємств харчової промисловості та ресторанного господарства. Найбільший інтерес становлять такі складники програми, як «Технолог-Кулінар», «Технолог-Кондитер», «Технолог-Пекар». Із метою входного контролю якості та безпеки сировини підприємства, що надходить на склад, автоматично створюється лист входного контролю на будь-який вид сировини, в якому перелічені всі необхідні контрольовані показники, а також правила приймання, вимоги до умов і термінів зберігання, описано ознаки, за наявності яких приймання сировини заборонено.

«Технолог-Кулінар» – програма, розроблена ТОВ «Експерт Софт» для впровадження елементів системи якості та безпеки на підприємствах ресторанного харчування. «Технолог-Кулінар» дозволяє не тільки швидко й якісно розробляти нормативно-технологічну документацію, а й забезпечувати кожен етап технологічного процесу всією необхідною інформацією, що дає змогу реально управляти якістю продукції. Процес розробки технологічних карток на кожну страву скорочується до 10–15 хвилин. Для підприємств харчової промисловості, які виробляють кулінарну продукцію, також передбачено автоматизовану розробку технологічних інструкцій [1].

«Технолог-Кондитер» – комп'ютерна програма, створена для автоматизації розробки і розрахунку кондитерських рецептур та оформлення технологічної документації на борошняні кондитерські вироби, торти і тістечка. «Технолог-Кондитер» дозволяє скласти рецептури, провести розрахунки фізико-хімічних показників напівфабрикатів і готових виробів, зробити розрахунки харчової та енергетичної цінності десертів.

Програма «Технолог-Пекар» дає змогу повністю автоматизувати процес розробки рецептур на хліб і хлібобулочні вироби та спростити оформлення технологічної документації: від складання уніфікованої рецептури до отримання готових документів, включаючи всі необхідні технологічні розрахунки. У тому випадку, якщо сировина використовується у вигляді розчину (сольового, цукро-сольового або дріжджової суспензії), користувач може додати до довідника «Розчини та напівфабрикати» параметри необхідного розчину. В такому разі кількість вільної води розраховуватиметься з урахуванням води в розчині. Під час створення нового проєкту рецептури користувач вказує назву виробу, номер та назву технологічної картки й фізико-хімічні показники, що нормуються у цьому виробі. Програма має зручний інтерфейс для роботи та чітко визначений порядок дій, що дозволяє працівникам, які не мають навичок роботи на комп'ютері, успішно освоювати роботу з програмою.

Програма «Пекар» здійснює розрахунок уніфікованих рецептур, розподіл сировини по фазах технологічного процесу та розрахунок вільної води в кожній фазі, залежно від показників вологості, розрахунок виходу страви або виробу, розрахунок нормованих фізико-хімічних показників, харчової й енергетичної цінності та розробляє технологічні інструкції. Також вона призначена для ведення аналітичних журналів: журналів вихідного контролю якості сировини, журналів контролю якості напівфабрикатів і готових виробів.

Програма «Технолог-Пекар» дозволяє об'єднати виробничі цехи та центральну лабораторію в єдиний інформаційний простір і створити для кожного фахівця індивідуальне робоче місце. Для складання рецептур у програму закладено понад 600 найменувань сировини, хімічний склад сировини та втрати сировини за теплової обробки (дані з нормативних збірників хімічного складу харчових продуктів) [2].

Програмно-технологічний комплекс «НАССР-Громадське харчування» 2.0 призначений для розробки нормативно-технічної, технологічної та виробничої документації на кулінарну продукцію, а також для проєктування, впровадження і підтримки системи НАССР на підприємствах громадського харчування та харчової промисловості. Функціональні можливості програми «НАССР-Громадське харчування» 2.0, що не мають аналогів, дозволяють професійно, швидко та зручно (всього за кілька хвилин) виконати численні завдання з розробки рецептур, робочих листів НАССР (ХАССП), здійснити розрахунки раціонів, складання циклічних меню, завдань на виробництво кулінарної продукції (планів-меню), розробку, впровадження та підтримку системи НАССР. Вся документація складається автоматично, відповідно до вимог.

Логічна та струнка система довідників і журналів дає можливість швидко та зручно додавати, редагувати й ефективно використовувати введену інформацію. Зручний та інтуїтивно зрозумілий інтерфейс інструментів для розробки документації з чітко визначеним алгоритмом дій дозволяє за мінімальний час розробити бездоганно оформлену документацію навіть такому користувачеві, який не має досвіду розробки.

Дуже зручною функцією програми є перетворення рецептури готового виробу на напівфабрикат, щоб надалі використовувати цей напівфабрикат під час розробки нових рецептур. Це дуже зручно для підприємств, що випускають напівфабрикати різного ступеня готовності, наприклад для фабрик-кухонь. Це борошняні кулінарні вироби та інша продукція, що складається з напівфабрикатів.

Розділ «Довідники системи НАССР» містить:

- контрольовані параметри сировини;

- небезпечні фактори сировини;
- вимоги до якості та безпеки (під час виготовлення виробів);
- терміни та умови зберігання (готових виробів);
- перелік і характеристики потенційно небезпечної сировини;
- контрольні критичні точки (далі – ККТ) (вихідний контроль, зберігання, первинна обробка сировини);
- ККТ процесів (виробництво, реалізація, транспортування та зберігання виробів).

Придбавши один раз програму «НАССР-Кондитер», можна отримати унікальний зручний інструмент, який допоможе: швидко розробити рецептури на борошняні та цукристі кондитерські вироби; автоматично виконати всі необхідні технологічні розрахунки; розрахувати калькуляцію та собівартість; автоматично розробити документацію; отримувати своєчасну і безкоштовну технічну та технологічну підтримку. Тобто права купуються на весь термін володіння програмою, без будь-яких додаткових плат [4].

Програмно-технологічний комплекс «НАССР-Кондитер» розроблено на базі програми «Технолог-Кондитер» 2.1, він повністю зберігає всі функціональні можливості цієї програми. До програми «НАССР-Кондитер» додано новий розділ «Система НАССР», який є готовою системою НАССР. Після встановлення програми користувачу потрібно відредагувати у готових документах назву підприємства, ім'я керівника, посади та прізвища співробітників, членів робочої групи НАССР. Розділ «Система НАССР» призначений для розробки і впровадження системи НАССР на підприємствах ресторанного харчування, що випускають кондитерські вироби.

Враховуючи, що розділ НАССР має право доступу на перегляд, редагування, додавання та видалення інформації, у підприємств з'являється можливість ведення електронного документообігу. Всі довідники вже мають необхідну інформацію, але користувач може на власний розсуд редагувати її. Наявна структура довідників дозволяє детально аналізувати ризики на кожному етапі технологічного процесу з кожного виду небезпеки (фізичної, хімічної чи біологічної). На підставі даних, внесених до довідників, під час розробки проєкту рецептури автоматично аналізується інформація для всіх стадій технологічного процесу, автоматично складаються робочі листи НАССР на кожен етап технологічного процесу з зазначенням ККТ. Після закінчення розробки та підписання проєкту рецептури вона активується відповідною кнопкою на панелі інструментів.

Програмний комплекс «Еталон» дозволяє здійснювати формування й автоматичний розрахунок системи ключових показників та еталонів оптимального енергоспоживання технологічного процесу; проводити оперативний контроль за перебігом технологічного процесу та витратами ресурсів з метою досягнення ключових показників енергоефективності за дотримання вимог щодо обсягів та якості готової продукції; надавати інформацію для визначення оптимальних характеристик технологічного процесу та ймовірних причин перевитрати споживання ресурсів і виявлення непродуктивних витрат. Також програмний комплекс дає змогу формувати графіки оптимального перебігу технологічного процесу для оперативного відстеження виконання нормативів із витраченої сировини та ресурсів.

Програмний комплекс «Еталон» контролює, виявляє, сигналізує про відхилення від еталонного графіка витрат ресурсів. Інформація надається у вигляді, що є зручним для аналізу причин відхилень витрат ресурсів від встановленого оптимального значення.

Інженерна підготовка фахівців наразі визначається новими критеріями. Стає більш актуальним знання основ автоматизованого проєктування для забезпечення висококваліфікованої підготовки. Система «AutoCAD», що призначена насамперед для креслення та випуску проєктної документації під час проєктування підприємств ресторанного господарства, використовується сьогодні для реконструкції підприємств. Цей програмний засіб широко застосовується в процесі проєктування, він дозволяє забезпечувати комплексне вирішення завдань зі створення та управління інженерними даними, включаючи засоби двовимірного і просторового моделювання [5].

Аналіз ринку програмного забезпечення для галузі ресторанного господарства дає змогу зробити висновки, що застосування автоматизованих програм може покращити роботу та зменшити навантаження на персонал на всіх ланках технологічного процесу, сприяє підвищенню якості та безпеки продукції і покращує конкурентоздатність підприємства.

Під час прийняття рішень про використання прикладного програмного забезпечення необхідно зробити правильний вибір, тобто слід визначити, який саме функціонал потрібен для конкретного виробництва, враховуючи вартість програмного забезпечення, його встановлення та подальшого обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Программа «Технолог-Кулинар». URL: <https://es-nsk.ru/stati/programma-tehnolog-kulinar> (дата звернення: 15.09.2019 р.).
2. Программа «Мастер ТТК 2.0.». URL: <https://es-nsk.ru/programmi/master-ttk.html> (дата звернення: 26.09.2020 р.).
3. Программный комплекс «Эталон – РТСофт». URL: <https://www.rtssoft.ru/catalog/pk-etalon> (дата звернення: 10.09.2021 р.).
4. Программа «ХАССП-Общепит 2.0 – Expert Soft». URL: <http://es-nsk.ru/programmi/hassp-obshchepit> (дата звернення: 10.09.2021 р.).
5. Полещук Н.Н. Самоучитель AutoCAD. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2014. 464 с.
6. Лисин П.А. Компьютерные технологии в рецептурных расчетах молочных продуктов. Москва : ДеЛи принт, 2007. 102 с.

REFERENCES:

1. Programma “Tekhnolog-Kulinar” URL: <https://es-nsk.ru/stati/programma-tehnolog-kulinar>.
2. Programma “Master TTK 2.0.”. URL: <http://es-nsk.ru/programmi/master-ttk.html>.
3. Programmnyy kompleks “Etalon RTSofT”. URL: <https://www.rtssoft.ru/catalog/pk-etalon>.
4. Programma “HACCP-Obshchepit 2.0 – Expert Soft”. URL: <https://es-nsk.ru/programmi/hassp-obshchepit>.
5. Poleshchuk, N.N. (2014) Samouchitel’AutoCAD-2014 [Self-instruction book AutoCAD-2014]. SPb. : BHV-Peterburg, 2014. 464 s.
6. Lisin, P.A. (2007) Komp’yuternyye tekhnologii v retsepturnykh raschetakh molochnykh produktov [Computer technologies in recipe calculations for dairy products]. M. : DeLi print, 2007. 102 s.

УДК 004.021:81'32

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.5>

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ВЕКТОРИЗАЦІЇ ТЕКСТІВ У ЗАДАЧАХ ВАЛІДАЦІЇ ВІДПОВІДЕЙ, ПОДАНИХ ПРИРОДНОЮ МОВОЮ

Кузьма К.Т. – кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри інформаційних технологій
Миколаївського національного університету імені В.О. Сухомлинського
ORCID ID: 0000-0002-0937-7299

Мельник О.В. – кандидат технічних наук,
завідувач кафедри економіки та інформаційних технологій
відокремленого структурного підрозділу закладу вищої освіти
«Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»
Миколаївського інституту розвитку людини
ORCID: 0000-0002-9778-4109

Інтелектуалізація процесу обробки природномовних текстів у задачах автоматизованого тестування зумовлює актуальність дослідження. Оскільки відповіді відкритого типу в системах тестування є природномовними текстами, то завдання їх обробки належить до прикладної задачі обробки текстів. Усі прикладні задачі обробки текстів, рішення яких відбувається з використанням машинного навчання, нейромереж, вимагають векторизації – перетворення тексту на цифрові послідовності. Метою статті є дослідження моделей, методів векторизації текстів у задачах обробки відповідей, поданих природною мовою.

На першому етапі досліджено базові прикладні задачі обробки текстів і наведено їх класифікацію. Обґрунтовано віднесення задачі перевірки природномовних відповідей у межах цього дослідження до задач класифікації текстів і семантичного аналізу.

На другому етапі проаналізовано базові моделі представлення тексту в цифровому вигляді: *bag-of-words* та дистрибутивну семантику. Обґрунтовано застосування моделі *bag-of-words* для задачі обробки відповідей відкритого типу, оскільки для визначення класу відповіді досить складу словника, який застосовується для кодування колекції правильних відповідей, і частоти слів, з якою вони застосовуються у відповідях «навчального» та «тестового» наборів даних. Зауважено, що вектором ознак у цій задачі є частоти появи токенів (символьні або словесні уні-, бі-, n-грами) словника, сформованого за навчальною вибіркою, у відповідях «навчального» та «тестового» наборів даних.

На третьому етапі досліджено підходи до обчислення вектора ознак: абсолютну частоту (TF), відносну частоту (TF-IDF), сумісну інформацію (PWI), визначено переваги та недоліки кожного з них.

На останньому етапі для векторизації текстів у задачах обробки відповідей, поданих природною мовою, запропоновано такі комбінації наборів ознак: модель *bag-of-words* та TF; модель *bag-of-words* та TF-IDF; словесні n-грами та TF-IDF; символічні n-грами та TF-IDF; модель *bag-of-words* та TF-PWI.

Запропоновані набори ознак та їх комбінації є засобами покращення моделі машинного навчання для задачі перевірки відповідей, поданих природною мовою. Подальші дослідження будуть спрямовані на розробку моделі машинного навчання цієї задачі та її експериментальне тестування із запропонованими наборами ознак для отримання ефективної математичної моделі.

Ключові слова: відповідь, подана у текстовій формі, природномовний текст, відповідь відкритого типу, векторизація тексту, модель *bag-of-words*, TF, IDF, TF-IDF, TF-PWI, набір ознак для векторизації тексту.

Kuzma K.T., Melnyk O.V. Research of methods for text vectorization in the tasks of validation the answers presented in natural language

Intellectualization of the process of processing natural language texts in the tasks of automated testing determines the relevance of the research. Since open-type answers in testing systems are natural language texts, the problem of their processing refers to the applied problem of word processing. All applied problems of word processing, the solution of which takes place

with the use of machine learning, neural networks, require vectorization – the conversion of text into digital values. The aim of the article is to research the models, methods of vectorization of texts in the problems of processing answers given in natural language.

At the first stage, the basic applied problems of word processing are investigated, as a result of which their classification is given. The assignment of the problem of checking natural language answers within the framework of this research to the problem of text classification and semantic analysis is substantiated.

In the second stage, the basic models of text representation in digital form are analyzed: bag-of-words and distributive semantics. The application of the bag-of-words model for the problem of processing open-ended answers is substantiated, as the vocabulary used to encode the collection of correct answers and the frequency of words with which they are used in the answers of "training" and "test" sets are enough to determine the answer class. It is noted that the vector of features in this problem is the frequency of tokens (symbolic or verbal uni-, bi-, n-grams) of the dictionary, formed by the training sample, in the answers of the "training" and "test" data sets.

In the third stage, the approaches of calculating the vector of characteristics are investigated: absolute frequency (TF), relative frequency (TF-IDF), compatible information (PWI), the advantages and disadvantages of each of them are determined.

At the last stage for vectorization of texts in problems of processing of the answers given in natural language, the following combinations of sets of signs are offered: model bag-of-words and TF; bag-of-words and TF-IDF model; verbal n-grams and TF-IDF; symbol n-grams and TF-IDF; model bag-of-words and TF-PWI.

The proposed sets of features and their combinations are a means of improving the machine learning model for the task of checking the answers given in natural language. Further research will be aimed at developing a model of machine learning of this problem and its experimental testing with the proposed sets of features in order to obtain an effective mathematical model.

Key words: answer given in text form, natural language text, open-type answer, text vectorization, bag-of-words model, TF, IDF, TF-IDF, TF-PWI, set of features for text vectorization.

Застосування технологій дистанційного навчання, цифровізація освітнього процесу зумовлюють актуальність дослідження процесів інтелектуалізації обробки природномовних текстів у задачах автоматизованої перевірки рівня засвоєння знань. Оскільки відповіді відкритого типу в системах тестування є природномовними текстами, то завдання їх обробки належить до прикладної задачі обробки текстової інформації.

Прикладними задачами (ті, які можна включити в основу розробки програмного продукту) обробки текстів є:

1) Класифікація за тематикою, тональністю [1–3]:

- а. довгих текстів;
- б. коротких текстів.

2) Пошук [4–5]:

- а. дублікатів документів;
- б. за запитом;
- в. тексту за зображенням або зображення за текстом;
- г. питально-відповідний пошук (QA).

3) Семантичний аналіз: STS (Semantic Textual Similarity) – семантична схожість текстів та виокремлення текстового підтексту Textual Entailment (TE) або Natural Language Inference (NLI) з метою визначення подібності та включення фрагментів тексту. STS класифікує за шкалою від 1 до 5 рівень семантичної еквівалентності між реченнями. RTE класифікує включення речень «так/ні» [6; 7].

4) Вилучення структурованої інформації (новини, медичні карти, електронні документи) [8].

5) Машинний переклад.

6) Діалогові системи (чат-боти).

Базовими підходами до вирішення зазначених задач є машинне навчання, нейромережі. Задача обробки відповідей, поданих природною мовою, може належати

як до категорії класифікації, семантичного аналізу, так і до задач питально-відповідного пошуку. В QA-системах запитання ставить користувач, а задачею системи є пошук релевантної відповіді з банку відповідей. Задачею ж валідації відповідей, поданих природною мовою, є перевірка наданої користувачем відповіді зі з'ясуванням відповідності заданому еталону. Тому задачу перевірки природномовних відповідей в межах цього дослідження віднесено до задачі класифікації та семантичного аналізу.

Всі прикладні задачі обробки природномовних текстів вимагають представлення тексту в цифровому вигляді – векторизації.

Мета статті – дослідити моделі, методи векторизації текстів у задачах обробки відповідей, поданих природною мовою.

Для вирішення задачі векторизації на першому етапі визначається модель представлення тексту. Вибір здійснюється між двома базовими моделями: модель bag-of-words і модель дистрибутивної семантики.

Bag-of-words – це модель, в якій текст (це може бути одне речення або весь текст) подається у вигляді безлічі слів. При цьому враховується кількість слів без урахування їхнього порядку та граматики. Таким чином, у моделі bag-of-words ознакою для навчання класифікатора є частота входження слова в текст. У моделі дистрибутивної семантики враховується зв'язок слів між собою. Слова характеризуються своїм типовим контекстом (сусідніми словами). Ключовим об'єктом, який характеризує контекст, є матриця сумісного входження слів. Методи дистрибутивної семантики намагаються визначити смисл слів, аналізуючи розподіл ймовірностей входження слів у межах одного фрагмента тексту (або ймовірність зустріти одні слова в контексті інших). Модель дистрибутивної семантики є більш ресурсозалежною та вимагає більше часу на обробку даних. Оскільки для визначення класу відповіді досить складу словника, який застосовується для кодування колекції правильних відповідей, та частоти слів, з якою вони застосовуються у відповідях «навчального» і «тестового» наборів даних, то моделлю представлення тексту для задачі обробки відповідей відкритого типу обрано модель bag-of-words.

Вектор ознак у цій задачі – матриця, рядки якої відповідають відповідям, а стовпці – це токени (символьні або словесні уні-, бі-, n-грами), сформовані за навчальною вибіркою. На перетині рядка та стовпця вказується частота появи токена.

Найпростіший варіант – зважувати слова за кількістю їх вживань у відповіді. Ваги слів – це просто цілі числа. Недоліки такого підходу: вага слова залежить від довжини тексту. У довгих відповідях слова мають більшу вагу, нібито вони більш значущі, але це не так. До того ж самі частотні слова – це сполучники, прийменники, займенники. Вони зустрічаються всюди, але абсолютно неінформативні та не є корисними для будь-яких завдань класифікації.

Першим способом вирішення підвищення інформативності частот є нормування вектора відповіді на його довжину (або за евклідовою нормою) [9]. Якщо впорядкувати слова за спаданням частоти їх вживання, то вийде графік, який відповідає розподілу Ціпфа – розподілу ймовірностей, що описує відносини частоти події (вісь ординат) та кількості подій із такою частотою (вісь абсцис) [10]. Аналізуючи графік розподілу Ціпфа [10], можна зробити два практичних висновки: по-перше, частотних слів дуже мало. Вони не надто інформативні, адже зустрічаються практично в усіх відповідях. А ось рідкісних слів дуже багато – якщо ми якесь рідкісне слово зустрічаємо у відповіді, то з впевненістю можемо сказати, до якої тематики воно належить. Але проблема в тому, що такі слова дуже рідкісні й тому ненадійні як фактори під час прийняття рішень. Отже, потрібно

дотримуватися балансу частотності та інформативності. Основна ідея полягає в тому, що чим частіше слово зустрічається у відповіді, тим більше воно характерне для цієї відповіді, тим краще описує її тематику. З іншого боку, чим рідше це слово зустрічається в корпусі, у вибірці відповідей, тим більш воно специфічне й інформативне. За цей баланс відповідають дві величини: TF та IDF [11].

TF (term frequency) – це частота токена у відповіді:

$$TF = \frac{WordCount(w, d)}{length(d)},$$

де $WordCount(w, d)$ – кількість разів появи токена w у відповіді d ; $length(d)$ – довжина відповіді d .

IDF – це обернена частота появи токена у відповіді. Розмір колекції ділиться на кількість відповідей, в яких вживається слово. Таким чином, найбільшу вагу матиме слово, що зустрічається лише в одній відповіді.

$$IDF(w, c) = \frac{size(c)}{DocCount(w, c)},$$

де $size(c)$ – розмір колекції відповідей; $DocCount(w, d)$ – кількість появи відповідей d , в яких зустрічається токен w , у колекції c .

Таким чином, кожна відповідь характеризується вектором відносних частот TF-IDF усіх токенів:

$$TF - IDF(w, d, c) = TF(w, d).$$

TF-IDF – це спосіб зважування та відбору категоріальних ознак у задачах машинного навчання [11]. Перевага TF-IDF полягає в тому, що цей метод можна використовувати, не маючи міток класу, тобто в завданнях «навчання без вчителя».

На практиці TF або IDF логарифмують з метою зменшення дисперсії відносних частот:

– логарифмування TF, коли тексти різної довжини:

$$\log(TF + 1).$$

– логарифмування IDF:

$$IDF(w, c) = \log \frac{size(c)}{DocCount(w, c)}.$$

Із урахуванням логарифмування IDF виходить, якщо токен часто з'являється в кожному тексті колекції, його IDF дорівнює 0; що рідше він зустрічається в корпусі, то більше IDF.

З метою попередження ділення на 0 виконують:

$$IDF(w, c) = \log \frac{size(c)}{DocCount(w, c)} + 1.$$

або «smooth»-логарифмування:

$$IDF(w, c) = \log \frac{size(c) + 1}{DocCount(w, c) + 1} + 1.$$

Останнім етапом підготовки текстових даних є стандартизація (масштабування) отриманих матриць, яка передбачає приведення значень отриманих частот до діапазону від 0 до 1. Існує кілька способів нормалізації даних для машинного навчання: мінімаксна нормалізація, центрування. Вибір залежить від конкретної задачі.

Є й інші способи вимірювання ознак за частотою – наприклад, взаємопов'язана інформація (Pointwise Mutual Information, PMI) [12–14]. Вона вимірюється між двома випадковими подіями або реалізацією двох випадкових величин. PMI

характеризує, наскільки сильно ми будемо очікувати першу подію, якщо перед цим спостерігаємо другу [14].

Для задачі класифікації відповідей:

$$pmi(l, w) = \log \frac{p(l, w)}{p(l) \cdot p(w)} = \log \frac{p(l | w)}{p(l)} = \log \frac{p(w | l)}{p(w)},$$

де l – колекція відповідей, яка відповідає мітці класу L ;

w – токен зі словника;

$$p(w, l) = \frac{DocCount(w, l)}{Size(l)} - \text{ймовірність зустріти токен } w \text{ у відповіді класу } L;$$

$$p(w) = \frac{\sum_l DocCount(w, l)}{\sum_l Size(l)} - \text{маргінальна ймовірність появи точена } w;$$

$$p(l) = \frac{Size(l)}{\sum_m Size(m)} - \text{маргінальна ймовірність зустріти відповідь класу } L.$$

$PMI(l, w)$ не залежить від однієї конкретної відповіді – лише від розподілів. Отже, PMI – це більш інформативний аналог IDF . Таким чином, можна об'єднати PMI із TF , отримавши ознаку $TF-PMI$.

Отже, обчислення частоти появи токена у відповідях, поданих природною мовою, можливе з використанням декількох підходів: абсолютної частоти (TF), відносної частоти ($TF-IDF$), сумісної інформації (PWI , $TF-PWI$).

Для векторизації текстів у задачах обробки відповідей, поданих природною мовою, пропонуються такі набори ознак:

1. Модель bag-of-words та TF .
2. Модель bag-of-words та $TF-IDF$.
3. Словесні n-грами та $TF-IDF$ (оскільки тексти відповідей є короткими, то розглядаються 1,2-грами та їх поєднання).
4. Символьні n-грами ($n: 1 \dots 6$) та $TF-IDF$.
5. Модель bag-of-words та $TF-PWI$.

Запропоновані набори ознак та їх комбінації є засобами покращення моделі машинного навчання для задачі перевірки відповідей, поданих природною мовою. Подальші дослідження будуть спрямовані на експериментальне тестування запропонованих наборів характеристик під час обробки відповідей, поданих природною мовою, визначення того набору або комбінації, що забезпечить найкращі показники валідації відповідей із використанням методів машинного навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Zhang L.J. et al. Deep learning for sentiment analysis: A survey. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. 2018. DOI: 10.1002/widm.1253.
2. Лесько О.М., Рогушина Ю.В. Использование онтологий для анализа семантики естественно-языковых текстов. *Проблеми програмування*. 2009. № 3. С. 59–65.
3. Ваколюк Т.В., Комарницька О.І. Алгоритм нечіткого семантичного порівняння текстової інформації. *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету ім. Т. Шевченка*. 2013. № 39. С. 163–168.
4. Цыганов Н.Л., Циканин М.А. Исследование методов поиска дубликатов веб-документов с учетом запроса пользователя. *Интернет-математика-2007* : сборник работ участников конкурса. 2007. Екатеринбург : Издательство Уральского университета. С. 211–222.

5. Mutabazi E. et al. A Review on Medical Textual Question Answering Systems Based on Deep Learning Approaches. *Applied Sciences*. 2021. No. 11 (12). DOI: 10.3390/app11125456.
6. Rocktäschel T. et al. Reasoning about entailment with neural attention. *arXiv preprint arXiv.1509.06664*. 2015.
7. Ampomah I.K., Park S.B., Lee S.J. A Sentence-to-Sentence Relation Network for Recognizing Textual Entailment. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer and Information Engineering*. 2016. Nov. 1; 10 (12): 1955-8.
8. Годич О.В., Наконечний Ю.С., Щербина Ю.М. Категоризація електронних документів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка» «Інформаційні системи та мережі»*. 2010. № 673. С. 233–248.
9. Euclidean norm. *Wikipedia: the free encyclopedia*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Norm_\(mathematics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Norm_(mathematics)) (дата звернення: 15.09.2021 р.).
10. Zipf's law. *Wikipedia: the free encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Zipf%27s_law (дата звернення: 15.09.2021 р.).
11. TF-IDF. *Wikipedia: the free encyclopedia*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tf-idf> (дата звернення: 20.11.2021 р.).
12. Pointwise mutual information. *Wikipedia: the free encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pointwise_mutual_information (дата звернення: 20.11.2021 р.).
13. Mutual information. *Wikipedia: the free encyclopedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Mutual_information (дата звернення: 20.11.2021 р.).
14. Levy O., Goldberg Yoav. Neural Word Embedding as Implicit Matrix Factorization. *Advances in neural information processing systems*. 2014. № 27, pp. 2177–2185.

REFERENCES:

1. Zhang, L., Wang, S., Liu, B. (2018) Deep learning for sentiment analysis: A survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*. № 8 (4), e1253.
2. Les'ko, O.M., Rogushina, Y.U. (2009) Ispol'zovanie ontologij dlya analiza semantiki estestvenno-yazykovykh tekstov [The usage of ontologies for semantics analysis of texts on natural language]. *Problemi programuvannya*, (3), pp. 59–65. [in Russian]
3. Vakoliuk, T.V., Komarnytska, O.I. (2013) Alhorytm nechitkoho semantychnoho porivniannia tekstovoi informatsii. *Zbirnyk naukovykh prats Viiskovoho instytutu Kyivskoho natsionalnoho universytetu im. T. Shevchenka*, (39), pp. 163–168. [in Ukrainian]
4. Cyganov, N.L., Cikanin, M.A. (2007) Issledovanie metodov poiska dublikatov veb-dokumentov s uchetom zaprosa pol'zovatelya [Investigating techniques of fuzzy duplicate web-documents detection based on a user's request]. *Internet-matematika-2007*. Ekaterinburg. [in Russian]
5. Mutabazi, E., Ni, J., Tang, G., Cao, W. (2021) A Review on Medical Textual Question Answering Systems Based on Deep Learning Approaches. *Applied Sciences*. No. 11, p. 5456.
6. Rocktäschel, T., Grefenstette, E., Hermann, K.M., Kočiský, T., Blunsom, P. (2015) Reasoning about entailment with neural attention. *arXiv preprint arXiv. 1509.06664*.
7. Ampomah, I.K., Park, S., Lee, S. (2016) A Sentence-to-Sentence Relation Network for Recognizing Textual Entailment. *World Academy of Science, Engineering and Technology, International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering*. No. 10, pp. 2060–2063.
8. Hodych, O.V., Nakonechnyi, Yu.S., Shcherbyna, Yu.M. (2010) Katehoryzatsiia elektronnykh dokumentiv. *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika" "Informatsiini systemy ta merezhi"*. No. 673, pp. 233–248. [in Ukrainian]

9. Euclidean norm. *Wikipedia.org*. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Norm_\(mathematics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Norm_(mathematics)).
 10. Zipf's law. *Wikipedia.org*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Zipf%27s_law.
 11. TF-IDF. *Wikipedia.org*. URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/Tf-idf>.
 12. Pointwise mutual information. *Wikipedia.org*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Pointwise_mutual_information.
 13. Mutual information. *Wikipedia.org*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Mutual_information.
 14. Levy, O., Goldberg, Y. (2014) Neural Word Embedding as Implicit Matrix Factorization. *NIPS*.
-

УДК 004.42

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.6>

ОСОБЛИВОСТІ ПРОГРАМУВАННЯ ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА ИП320 ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЯК ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ

Лісовець С.М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизованого управління технологічними процесами
Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського
ORCID ID: 0000-0003-3643-046X

Омецинська Н.В. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики
Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського
ORCID ID: 0000-0002-8938-7189

Гуйда О.Г. – кандидат наук з державного управління,
завідувач кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій
Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського
ORCID ID: orcid.org/0000-0002-2019-2615

Скрипка К.І. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизованого управління технологічними процесами
Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського
ORCID ID: orcid.org/0000-0003-3529-3918

Ківа І.Л. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри автоматизованого управління технологічними процесами
Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського
ORCID ID: 0000-0002-2920-5312

Проектування систем керування або окремих контурів таких систем часто полягає в обміні даними з такими системами, що передбачає отримання і передачу інформації про різні виробничі параметри. Сучасні системи керування є досить складними, і більшість з них передбачає участь в їхній роботі людини. Своєю чергою для людини зручною є наявність людино-машинного інтерфейсу, тобто, наприклад, формування команд за допомогою кнопок, а здійснення сигналізації за допомогою звуку і світла. Одними з елементів людино-машинного інтерфейсу є панелі керування, призначені для керування нескладними виробничими процесами або окремими виробничими операціями. Особливістю таких панелей керування часто є невеликий розмір їх екрана, на якому потрібно розмістити власні елементи керування (рядки для введення і виведення значення виробничих параметрів, графіки для відображення виробничих параметрів і так далі), та значна кількість таких параметрів.

Обмінюватися даними з панеллю оператора ИП320 можна, тільки використовуючи протокол Modbus RTU, згідно з яким один Modbus-регістр утримує рівно 16 біт. Зазвичай кожний з виробничих параметрів систем керування має свою «розрядність» (наприклад, для передачі стану кнопки достатньою є розрядність 1 біт, для передачі значення температури або витрат – 32 біта, для передачі текстового повідомлення – кількість бітів, кратна 8). Відповідно до цього розподіл виробничих параметрів систем керування між Modbus-регістрами часто має досить запутаний вигляд.

Тому перед введенням панелі оператора ИП320 в експлуатацію в конкретному виробничому процесі її доцільно протестувати в різних режимах роботи, для чого можна створити на персональному/промисловому комп'ютері власну SCADA-систему і послідовно, перебираючи один за одним власні елементи керування панелі оператора ИП320, проаналізувати всі особливості їх роботи.

Для цього на персональному комп'ютері на мові програмування C# у середовищі програмування Visual Studio 2022 була створена невелика власна SCADA-система, яка показала ефективність і доцільність своєї роботи.

Ключові слова: виробничий параметр, елемент керування, людино-машинний інтерфейс, панель оператора, система керування.

Lisovets S.M., Ometsynska N.V., Guida O.G., Skrypka K.I., Kiva I.L. Features of operator panel programming ИП320 for use as a human-machine interface

Designing control systems or individual circuits of such systems often involves exchanging data with such systems, which involves obtaining and transmitting information about various production parameters. Modern control systems are quite complex, and the vast majority of them involve participation in their human work. In turn, it is convenient for a person to have a human-machine interface, that is, for example, forming commands using buttons, and making alarms using sound and light. One of the elements of the human-machine interface are control panels designed to control simple production processes or individual production operations. A feature of such control panels is often the small size of their screen, on which you need to place your own controls (rows for entering and output values of production parameters, graphs for displaying production parameters, and so on), and a large number of such parameters.

It is ИП320 possible to communicate with the operator's panel only using the Modbus RTU protocol, according to which one Modbus case holds exactly 16 bits. Usually, each of the production parameters of the control systems has its own "bit" (for example, to transmit the status of the button is sufficient 1 bit, to transmit the value of temperature or flow – 32 bit, to transmit the text message – the number of bits, multiple of 8). Accordingly, the distribution of production parameters of control systems between Modbus-registers often has a rather confusing appearance.

Therefore, before putting the operator's panel into operation in a specific production process, it is advisable to test it in different modes of operation, for which you can create your own SCADA-system on a personal/industrial computer and sequentially, sorting out your own control panels of the operator's ИП320, analyze all the features of their work.

To do this, a small own SCADA-system was created on a personal computer in the C# programming language in the Visual Studio 2022 programming environment, which showed the effectiveness and feasibility of its work.

Key words: production parameter, control element, human-machine interface, operator panel, control system.

Постановка проблеми. Під час проєктування систем керування (або контурів систем керування, якщо такі системи є складними) виробничими процесами в загальному випадку вирішується задача керування тими виробничими параметрами, які задають хід такого виробничого процесу. Це температура, рівень, тиск, витрати і так далі. Залежно від того, як ці виробничі параметри повинні змінюватися, використовуються ті або інші закони керування і відповідні їм засоби автоматизації. Деяка частина систем керування може працювати автономно протягом досить довгого часу: мається на увазі протягом кількох робочих змін або навіть протягом кількох днів чи тижнів. Наприклад, бойлер для підтримання температури води на заданому рівні автономно працювати може дуже довго. Але більшість сучасних систем керування (особливо ті, які мають складну будову з багатьма входами і виходами), потребують постійного (або через невеликі проміжки часу) нагляду за своєю роботою.

Для здійснення такого нагляду необхідне застосування елементів людино-машинного інтерфейсу (Human Machine Interface – HMI), і, за необхідності, їх програмування. Загалом людино-машинний інтерфейс тісно пов'язаний з ергономікою і охоплює такі поняття, як створення робочих місць, освітлення робочих місць, розміщення на робочих місцях приладів і органів керування, відтворення на робочих місцях мікроклімату і так далі. Що стосується безпосередньо систем керування виробничими процесами, то для них людино-машинний інтерфейс часто полягає у створенні дистанційного каналу керування виробничими параметрами. Такий канал передбачає використання таких засобів автоматизації, як панелі оператора, пульти керування, панельні контролери, вбудовувані комп'ютери, промислові комп'ютери і так далі.

Одним з таких засобів автоматизації є панель оператора ИП320 виробництва ТОВ «ВО ОВЕН» (м. Харків, Україна) [1; 2]. Вона являє собою монохромний рідиннокристалічний дисплей з роздільною здатністю (див. рис. 1).



Рис. 1. Схема електрична під'єднання панелі оператора ИП320

Для того щоб панель оператора ИП320 коректно працювала, її необхідно запрограмувати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Панель оператора ИП320 підтримує два інтерфейси: RS-232 і RS-485 (див. рис. 2). З'єднатися з цими інтерфейсами можна або напряму, або за допомогою перехідника (див. рис. 3).

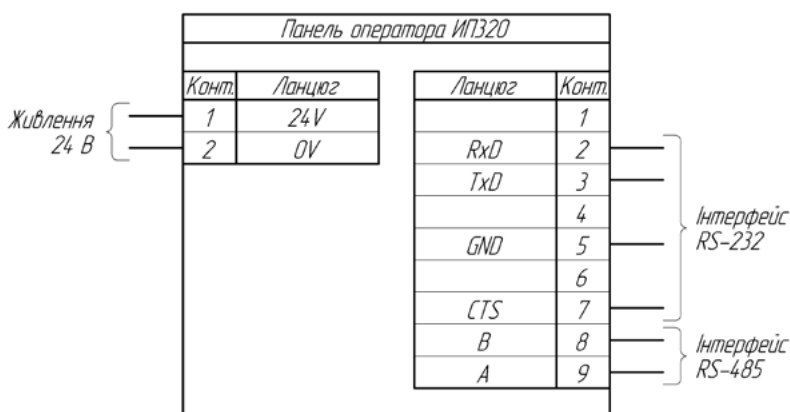


Рис. 2. Схема електрична під'єднання панелі оператора ИП320



Рис. 3. Зовнішній вигляд перехідника

За допомогою інтерфейсу RS-232 панель оператора ИП320 можна як програмувати, використовуючи додаток «Конфігуратор ИП320», так і здійснювати обмін даними із зовнішніми пристроями (персональними комп'ютерами, програмованими логічними контролерами, частотними перетворювачами і так далі). А за допомогою інтерфейсу RS-485 можна здійснювати лише обмін даними.

Для живлення ИП320 використовується напруга живлення (може бути нестабілізованою). Кабель для програмування ИП320 можна як виготовити самому, знаючи розташування відповідних контактів (див. рис. 1), так і використати спеціалізований кабель КС4 виробництва ОВЕН.

Для обміну даними використовується протокол Modbus RTU, причому ИП320 може функціонувати як у режимі Master, так і в режимі Slave. Швидкість обміну даними може досягати , тобто у разі максимальної кількості в регістрів «усереднена» швидкість обміну даними з одним регістром може становити до . Така швидкість дозволяє за одну секунду здійснювати передачу і прийом по протоколу Modbus RTU кількох пакетів даних, що для більшості виробничих параметрів є цілком достатнім.

Панель оператора ИП320 дозволяє на одному дисплеї формувати кілька логічних екранів і здійснювати доступ до них за допомогою відповідних кнопок, таким чином, можна послідовно контролювати значну кількість виробничих параметрів.

Постановка завдання. Завдання полягало в тому, щоб розробити власну SCADA-систему, яка б мала можливість працювати на персональному/промисловому комп'ютері і дозволяла б по протоколу Modbus RTU проводити повноцінну перевірку роботи панелі оператора ИП320. Для створення такої SCADA-системи панель оператора ИП320 має одинадцять власних елементів керування. В додатку «Конфігуратор ИП320» такі елементи мають вигляд квадратів невеликого розміру (див. рис. 4).

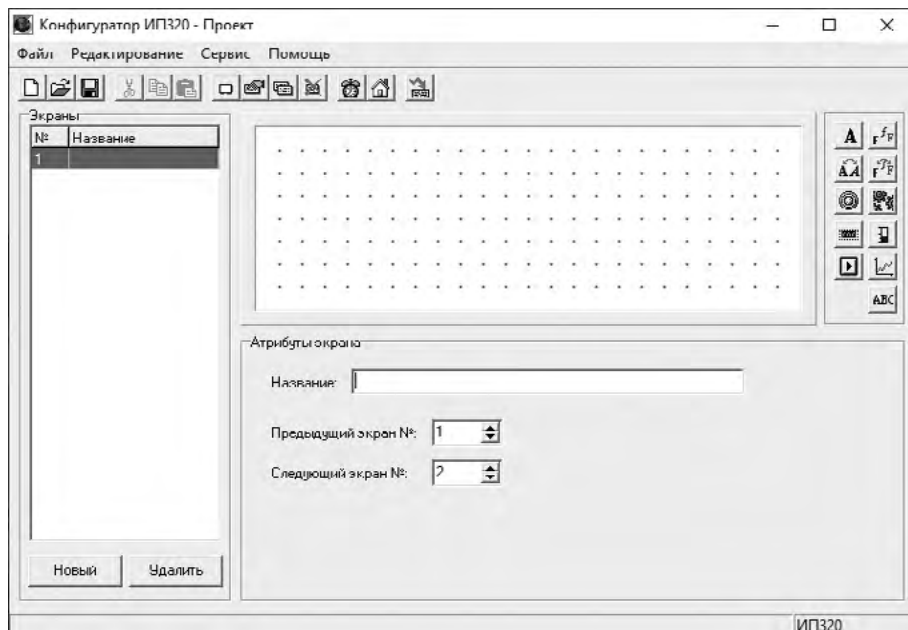


Рис. 4. Вигляд елементів керування панелі оператора

Зокрема, елемент «Текст» призначений для відображення на логічному екрані тексту (див. рис. 5).



Рис. 5. Елемент «Текст»

Елемент «Графический текст» призначений для відображення на логічному екрані тексту різними шрифтами (див. рис. 6).



Рис. 6. Елемент «Графический текст»

Елемент «Динамический текст» призначений для відображення на логічному екрані тексту з можливістю зміни в будь-який момент часу значення цього тексту (див. рис. 7).



Рис. 7. Елемент «Динамический текст»

Елемент «Динамический графический текст» призначений для відображення на логічному екрані тексту з можливістю зміни в будь-який момент часу значення цього тексту різними шрифтами (див. рис. 8).



Рис. 8. Елемент «Динамический графический текст»

Елемент «Индикатор» призначений для відображення на логічному екрані стану певних режимів керування (наприклад, «Старт»/«Стоп», «Ручний»/«Автоматичний», «Вперед»/«Назад» тощо) (див. рис. 9).



Рис. 9. Елемент «Индикатор»

Елемент «Картинка» призначений для відображення на логічному екрані певної графічної інформації (наприклад, зовнішнього вигляду виробничого обладнання) (див. рис. 10).



Рис. 10. Елемент «Картинка»

Елемент «Регистр» призначений для отримання доступу до регістрів ПЛК (або іншого аналогічного обладнання), які можуть підтримувати обмін даним з ІП320 по протоколу Modbus RTU (див. рис. 11).



Рис. 11. Елемент «Регистр»

Елемент «Линейка» призначений для відображення значень виробничих параметрів, які можуть бути описані аналоговими величинами (наприклад, температура, тиск, рівень, витрата тощо) (див. рис. 12).



Рис. 12. Елемент «Линейка»

Елемент «Функциональная кнопка» призначений для постановки у відповідність 8 керуючим кнопкам та 12 цифровим і функціональним кнопкам ИП320 відповідних дій (див. рис. 13).



Рис. 13. Елемент «Функциональная кнопка»

Елемент «График» призначений для відображення значень виробничих параметрів, які повільно змінюються і можуть бути описані аналоговими величинами (наприклад, температура) за певний період часу (див. рис. 14).



Рис. 14. Елемент «График»

Останній елемент «Регистры ASCII-текста» призначений для отримання доступу до реєстрів ПЛК (або іншого аналогічного обладнання), які утримують ASCII-символи і можуть підтримувати обмін даними з ИП320 по протоколу Modbus RTU (див. рис. 15).



Рис. 15. Елемент «Регистры ASCII-текста»

Таким чином, панель оператора ИП320 має досить повний набір елементів керування для створення SCADA-системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. В результаті дослідження була розроблена SCADA-система, яка складалася з панелі оператора ИП320, блока живлення БП15, автоматичного перетворювача інтерфейсів USB/RS-485 AC4 і персонального комп'ютера. Спочатку панель оператора ИП320 програмувалася за допомогою додатка «Конфигуратор ИП320». Суть такого програмування полягала в такому.

По-перше, задавався режим роботи Modbus RTU Master або Modbus RTU Slave такої панелі. Причому в режимі роботи Modbus RTU Slave задавалася ще й адреса панелі (таким чином, у промисловій мережі Modbus панель оператора ИП320 можна було однозначно визначити). По-друге, створювалися в потрібній кількості логічні екрани, на яких розміщувалися елементи керування (див. рис. 4). Основна «складність» програмування такої панелі полягала в тому, щоб коректно розподілити всі параметри, через які здійснюється обмін даними між панеллю оператора ИП320 і SCADA-системою персонального комп'ютера, в заданому діапазоні адрес Modbus-регістрів (при цьому необхідно пам'ятати, що один Modbus-регістр утримує рівно 16 біт). По-третє, на персональному комп'ютері на мові програмування C# у середовищі програмування Visual Studio 2022 була створена SCADA-система, яка дозволяла звертатися до панелі оператора ИП320 через інтерфейс RS-485 «напрямую» (тобто без використання OPC-серверів), використовуючи віртуальний порт персонального комп'ютера, який було створено завдяки драйверу автоматичного перетворювача інтерфейсів USB/RS-485 AC4.

Наприклад, у разі розміщення на логічному екрані елемента «Функциональная кнопка» (див. рис. 16) і натисканні на нього зміна стану цієї кнопки по протоколу Modbus RTU передавалася у SCADA-систему персонального комп'ютера і відображалася в ній у вигляді зміни зовнішнього вигляду і кольору заданого графічного елемента.

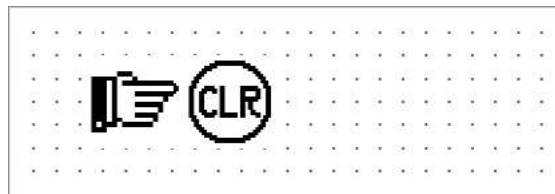


Рис. 16. Елемент «Функциональная кнопка» на логічному екрані

Висновки. Використання SCADA-системи власної розробки, створеної за допомогою мови програмування C# у середовищі програмування Visual Studio 2022, дозволило протестувати практично всі можливості панелі оператора ИП320.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ОВЕН ИП320. Панель оператора. Настанова щодо експлуатування АРАВ.421449.002 РЭ.
2. Панель оператора ИП320. Руководство пользователя. Версия документа: 9.5.30.
3. Албахари Дж. C# 9.0. Карманный справочник / Дж. Албахари, Б. Албахари. Москва : Диалектика, 2021. 256 с.

REFERENCES:

1. OVEN YP320. Panel operatora. Nastanova shchodo ekspluatuvannia ARAV.421449.002 RЭ [ОВЕН ИП320. Operator panel. Operating instructions ARAV.421449.002 РЭ] [in Ukrainian].
2. Panel operatora YP320. Rukovodstvo polzovatelja. Versyia dokumenta: 9.5.30 [Operator panel ИП320. User guidance. Document version: 9.5.30] [in Ukrainian].
3. Albahari, J., & Albahari B. (2021). C# 9.0. Karmannyi spravochnyk [C# 9.0. Pocket Directory]. Moskva: Dyalektyka [in Russian].

УДК 004.8

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.7>

УДОСКОНАЛЕНИЙ АЛГОРИТМ ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ПРЕЗЕНТАЦІЙ ЗІ ЗВОРотною КОМУНІКАЦІЄЮ

Савчук Т.О. – PhD,

професор кафедри комп'ютерних наук

Вінницького національного технічного університету

ORCID ID: 0000-0002-0061-6206

Руденко М.В. – студент кафедри комп'ютерних наук

Вінницького національного технічного університету

ORCID ID: 0000-0003-2130-2385

Натепер інформація є найбільш цінним ресурсом у сучасному світі, є безліч способів донесення інформації до кінцевого користувача. Одним із таких способів є проведення презентацій. Зазвичай презентація – це набір слайдів, наповнених певною інформацією. Презентації проводяться перед певною аудиторією із залученням спікера, який своєю чергою доносить інформацію зі слайдів.

Презентації проводяться у самих різних випадках і ситуаціях, від шкільних предметів до професійних зустрічей. Якість інформації, що буде донесена чи засвоєна слухачами, напряму залежить від виступу доповідача, але також досить важливим фактором є сам процес подання інформації. Основною проблемою будь-якої презентації є сухість та одноманітність презентації. Зазвичай доповідач створює наповнені текстом слайди та «читає» інформацію з них. Саме тому процес донесення інформації до користувачів потребує удосконалення, що своєю чергою визначає актуальність кваліфікаційної роботи. Одним з важливих етапів проведення інтерактивних презентацій є взаємодія з аудиторією, саме завдяки цьому забезпечується зв'язок доповідача та аудиторії. Зазвичай взаємодія забезпечується шляхом створення запитань до аудиторії. Це може бути опитування чи будь-яка інформація, яку потрібно донести до слухачів.

Запропоновано удосконалений алгоритм проведення інтерактивних презентацій за рахунок можливості вибору режиму ідентифікації слухача презентації та використання інтерактивного опитування для покращення якості проведення презентацій. Запропонований функціонал допоможе збільшити кількість запитань від слухачів до оратора за рахунок анонімного режиму ідентифікації, а також допоможе доповідачам налагодити зворотний зв'язок з аудиторією за рахунок інтерактивного опитування, що загалом збільшить якість проведення виступів та презентацій.

Ключові слова: презентація, вебдодаток, інтерактивна презентація, взаємодія, доповідь.

Savchuk T.O., Rudenko M.V. Improved algorithm for interactive representations with feedback

Today, information is the most valuable resource in the modern world, there are many ways to convey information to the user. One such way is to give presentations. Usually, a presentation is a set of slides filled with certain information. Presentations are held in front of a certain audience with the involvement of a speaker, who in turn conveys information from the slides.

Presentations are held in a variety of cases and situations, from school subjects to professional meetings. The quality of the information that will be conveyed or assimilated by the listeners directly depends on the speech of the speaker, but also a very important factor is the process of presenting the information. The main problem of any presentation is the dryness and uniformity of the presentation. Usually, the speaker creates slides filled with text and "reads" information from them. That is why the process of conveying information to users needs to be improved, which in turn determines the relevance of qualification work. One of the important stages of interactive presentations is the interaction with the audience, which is why the speaker and the audience are connected. Interaction is usually provided by asking questions to the audience. This can be a survey or any information that needs to be communicated to the audience.

An improved algorithm for conducting interactive presentations is proposed due to the possibility of choosing the mode of identification of the listener of the presentation and the use

of an interactive survey to improve the quality of presentations. The proposed functionality will help increase the number of questions from the audience to the speaker due to the anonymous identification mode, as well as help the speakers to establish feedback with the audience through an interactive survey, which will generally improve the quality of speeches and presentations.

Key words: presentation, web application, interactive presentation, interaction, report.

Аналіз підходів до проведення презентацій. У наш час презентації є досить потужним інструментом, що може використовуватись як для навчання або донесення корисної інформації, так і для реклами. Саме тому важливо підвищити якість проведення презентацій для засвоєння матеріалу чи донесення потрібної інформації більш якісно.

Презентації проводяться як перед «живою» аудиторією на сценах чи в залах, так і в мережах за допомогою сучасних засобів комунікації. Аудиторія на таких заходах може бути досить різноманітною – від школярів, які засвоюють матеріал зі шкільної програми, до спеціалістів у різних галузях, які діляться досвідом з колегами [1]. Досить часто проводяться умовні презентації у старому стилі, які є монологами доповідача. Саме тому досить важливо підібрати підхід до кожного слухача, адже кожен може втратити інтерес до презентації незабаром після її запуску [2]. Це, як правило, презентації, в яких відсутня «взаємодія», коли оратор весь час грає провідну роль і не дає можливості аудиторії реально брати участь у них [3].

Більшість презентацій використовують звичайний підхід до їх проведення за допомогою слайдів та тексту. Паралельно із презентацією оратор зачитує текст зі слайдів. Цей підхід не включає ніякої взаємодії зі слухачами, що може привести до втрати зацікавленості та уваги. Також він не забезпечує ніякої рівності між оратором та слухачами та не дає можливість відкритого зворотного зв'язку. Всі ці недоліки роблять підхід застарілим та неякісним. До переваг можна віднести простоту такого підходу як у реалізації, так і у використанні [4].

Одним із відомих підходів до проведення презентацій є надання можливості керувати вмістом презентації слухачам. Підхід дозволяє слухачеві самостійно вибирати інформацію, що транслюється на екрані, а слухачі можуть більше сконцентруватись на важливій для них інформації та повернутись до неї в будь-який момент. Цей підхід також допоможе знизити кількість запитань, які вже розглядались у рамках презентації, що позитивно вплине на увагу та зацікавленість аудиторії. Такий підхід активно використовується для проведення онлайн-презентацій. Однак цей підхід не забезпечує ніякого покращення у взаємодії між оратором та аудиторією, що є одним з актуальних завдань інтерактивних презентацій [5].

Одним із перспективних підходів є проведення інтерактивних презентацій. Опитування аудиторії може відбуватись для динамічного отримання статистичних даних, які потрібні оратору для проведення презентації, або для перевірки якості засвоєння матеріалу, що досить важливо для навчальних заходів. Підхід забезпечує ефективну взаємодію та двосторонній зв'язок між оратором та аудиторією, а також забезпечує рівність позицій оратора з аудиторією, що важливо для зацікавлення та утримання уваги слухачів [6].

На основі аналізу підходів до проведення презентацій можна виділити такі основні характеристики якості підходів до проведення презентацій, як:

- донесення інформації;
- рівність позицій;
- відкритий зворотний зв'язок;
- отримання статистичних даних;
- простота;

- залученість аудиторії;
- взаємодія.

Результати аналізу підходів до проведення презентацій за основними характеристиками зображено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Аналіз підходів до проведення презентацій
за основними характеристиками**

	Виступ за допомогою слайдів	Керування вмістом	Інтерактивна презентація
Донесення інформації	Так	Так	Так
Рівність позицій	Ні	Так	Так
Зворотний зв'язок	Ні	Ні	Ні
Статистичні дані	Ні	Ні	Так
Простота	Так	Так	Ні
Взаємодія з аудиторією	Ні	Ні	Так
Залученість аудиторії	Ні	Ні	Ні

Як видно з таблиці 1, інтерактивна презентація має високу якість проведення презентацій серед інших у частині рівності позицій та взаємодії з аудиторією. Серед недоліків підходу слід відзначити відсутність зворотного зв'язку та складність у реалізації та використанні, а також недостатню залученість аудиторії.

Таким чином, метою дослідження можна визначити підвищення якості проведення інтерактивних презентацій за рахунок покращення зворотного зв'язку та залученості аудиторії в процесі презентації матеріалів.

Запропоноване рішення. Класичний алгоритм проведення презентації включає такі основні кроки [7]:

1. Запуск презентації.
2. Відображення слайду.
3. Перемикання слайду до тих пір, доки не буде відображений останній слайд.
4. Вимкнення презентації.

Проведення інтерактивних презентацій передбачає організацію взаємодії доповідача з його аудиторією. Процес взаємодії має відбуватись після відображення слайду і лише в тому разі, якщо цей слайд передбачає взаємодію, якщо ж ні, то після виступу слайд перемикається.

Тому алгоритм проведення інтерактивної презентації включає такі кроки, як:

1. Завантаження презентації.
2. Запуск режиму презентації.
3. Відображення слайду.
4. Виступ оратора по такому слайду.
5. Якщо слайд передбачає взаємодію, то відбувається взаємодія між оратором та аудиторією.
6. Перемикання слайду.
7. Якщо був презентований не останній слайд, то перейдемо до пункту 3. Інакше – до пункту 8.
8. Вимкнення презентації.

UML-діаграма активності проведення інтерактивної презентації зображена на рисунку 1.

Одним з важливих етапів проведення інтерактивних презентацій є взаємодія з аудиторією, саме завдяки цьому забезпечується зв'язок доповідача та аудиторії. Зазвичай взаємодія забезпечується шляхом створення запитань до аудиторії. Це може бути опитування чи будь-яка інформація, яку потрібно донести до слухачів. Через відсутність зворотного зв'язку інтерактивні презентації не можуть бути досить ефективними, позаяк доповідач ніяк не може отримати запитання чи думку кожного зі слухачів.

Тому з метою покращення якості проведення презентацій доцільно додати до процесу проведення інтерактивних презентацій можливість створювати слайди зі зворотною комунікацією, тобто слайди, які дадуть можливість слухачам залишити відгук, поставити запитання чи уточнити інформацію, що стосується до презентації. Додати таку можливість пропонується на тому ж рівні із типовою взаємодією доповідача та аудиторії. Для цього потрібно перевіряти тип взаємодії, яка передбачена кожним слайдом [9].

Залученість аудиторії можна покращити за рахунок надання можливості слухачам взаємодіяти із презентацією, не ідентифікуючи себе. Додавання можливості кожному слухачеві вибирати режим ідентифікації (анонімно чи публічно) під час взаємодії із доповідачем.

У разі анонімного режиму ідентифікації доповідач та інші слухачі не будуть знати автора запитання чи відгуку, а у разі публічного, навпаки, кожен буде бачити ім'я автора. Такий функціонал покращить залученість аудиторії, а саме дасть можливість кожному слухачеві визначати ступінь анонімності та створить відчуття безпеки у процесі формування відгуків та запитань до лектора [10].

Удосконалений алгоритм проведення інтерактивних презентацій включатиме такі кроки:

1. Відображення слайду презентації, який передбачає будь-яку взаємодію, на екрані.

2. Якщо тип взаємодії, що передбачає такий слайд, – це питання доповідача до аудиторії, то перейти до пункту 9.

3. Відображення на екрані питання доповідача до аудиторії, що було поставлене під час створення презентації.

4. Відповідь на питання кожним слухачем за допомогою власного девайсу (смартфона, планшета, ноутбука).

5. Обробка кожної відповіді та виведення на слайд результатів у вигляді, що вибирався під час створення презентації.

6. Збереження всіх результатів опитування такого слайду для подальшого використання доповідачем.

7. Кінець алгоритму.

8. Надання можливості вибрати режим ідентифікації кожному слухачу за допомогою девайсу (публічний або анонімний).

9. Надання можливості створити питання, що цікавить кожного зі слухачів, або надати відгук доповіді оратора за допомогою девайсу.

10. Запис усіх запитань у список.

11. Якщо автором був вибраний публічний режим ідентифікації, то на слайді відображується ім'я та прізвище автора питання. Якщо ж автор вибрав анонімний режим ідентифікації, то ім'я не відображається на слайді.

12. Відображення на слайді запитання до доповідача чи відгук, що були відправлені кожним слухачем.

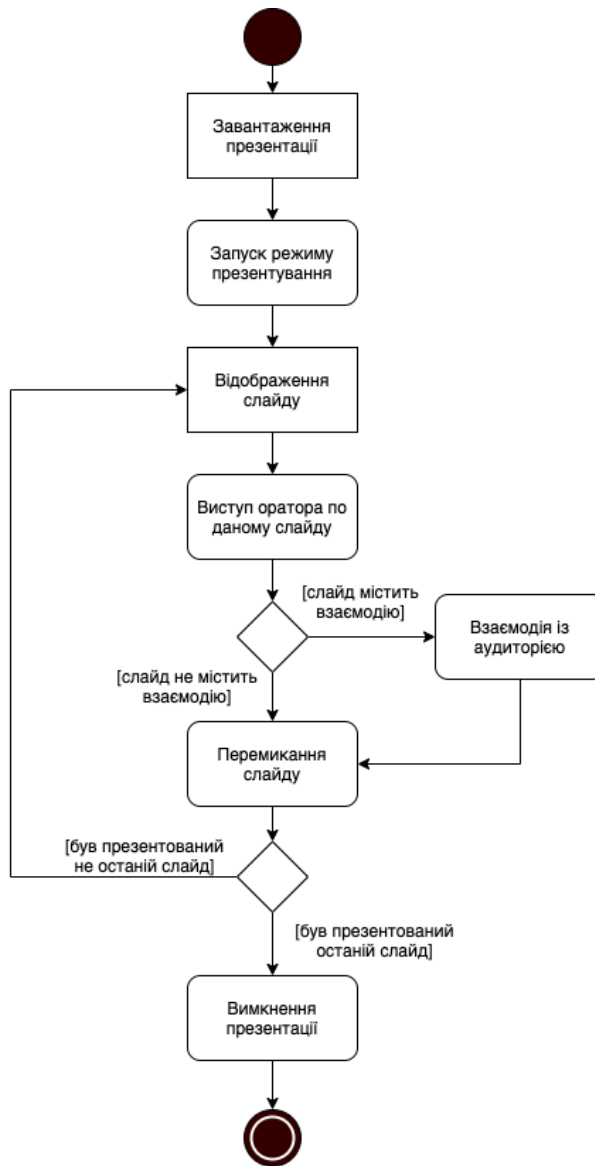


Рис. 1. UML-діаграма активності алгоритму проведення інтерактивної презентації

13. Отримання відповіді від оратора на таке запитання.
14. Видалення запитання зі списку.
15. Якщо у списку ще є запитання, то перейдемо до пункту 12.
16. Перейти до кроку 8.

UML-діаграма активності алгоритму зворотної комунікації між доповідачем та аудиторією представлена на рисунку 2.

Очікуваним ефектом процесу проведення презентацій можна вважати доне-сення або засвоєння інформації або матеріалу, рівність позицій, зворотний зв'язок,

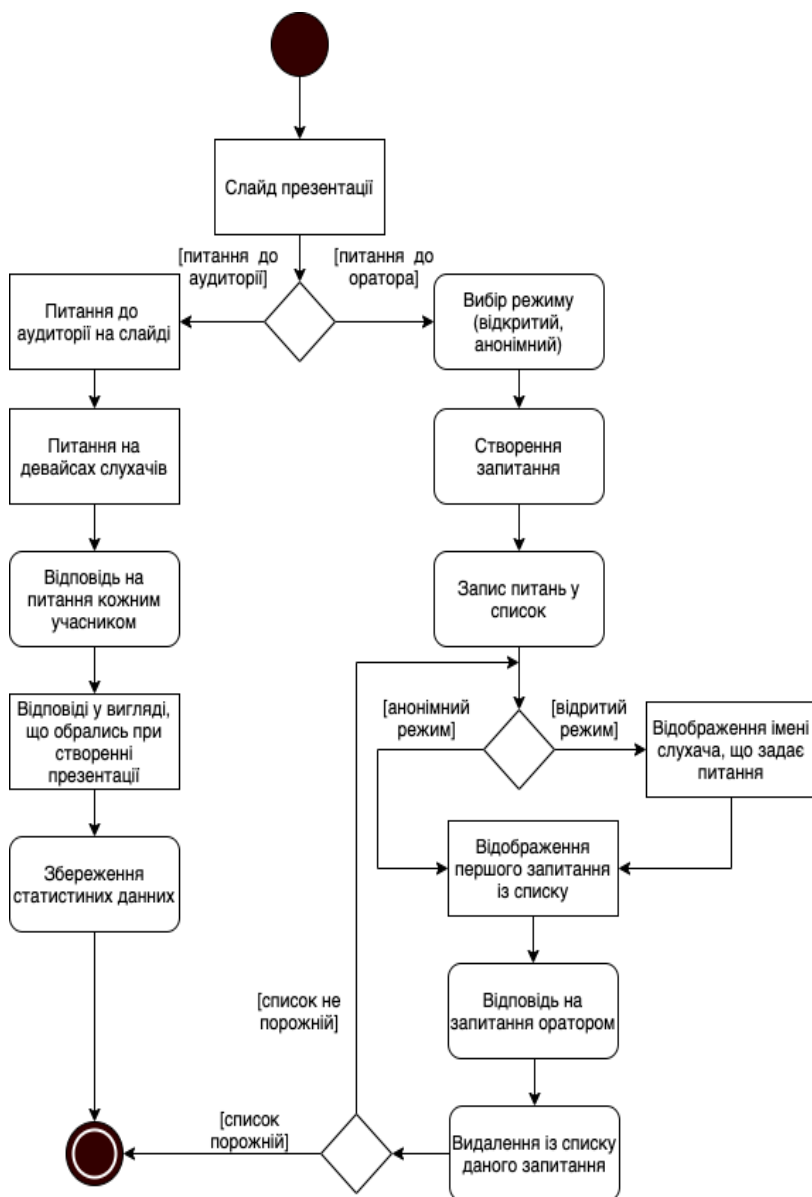


Рис. 2. UML-діаграма активності процесу удосконаленої зворотної комунікації між доповідачем та аудиторією

збереження статистичних даних, простоту використання, взаємодію з аудиторією та залученість слухачів.

З метою дослідження якості запропонованого удосконаленого алгоритму проведення інтерактивних презентацій було проведено два типи презентацій:

1) за класичним алгоритмом презентації із різною кількістю слайдів, після чого всіх слухачів було опитано відповідно до матеріалу презентацій і визначено середній відсоток засвоєного матеріалу;

2) за удосконаленим алгоритмом презентації із різною кількістю слайдів, після чого всіх слухачів було опитано відповідно до матеріалу презентацій і визначено середній відсоток засвоєного матеріалу.

Результати аналізу класичного та удосконаленого алгоритмів для проведення інтерактивних презентацій за основними характеристиками зображено у таблиці 2.

Таблиця 2

**Аналіз класичного та удосконаленого алгоритмів
за основними характеристиками**

Характеристика	Клас. алгоритм	Удоск. алгоритм
Донесення інформації	Так	Так
Рівність позицій	Так	Так
Зворотний зв'язок	Ні	Так
Статистичні дані	Так	Так
Простота	Ні	Ні
Взаємодія з аудиторією	Так	Так
Залученість аудиторії	Ні	Так

Результати проведених досліджень щодо покращення якості проведення інтерактивних презентацій за допомогою зворотного зв'язку та режиму ідентифікації наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

**Порівняльна характеристика якості класичного та удосконаленого
алгоритмів проведення інтерактивних презентацій**

К-ть слайдів	Якість, % (клас. алгоритм)	Якість, % (удоск. алгоритм)
3	78	80
6	64	78
10	53	74
15	48	71
20	42	68

Як видно з таблиць 2 та 3, якість проведення презентації, що визначається донесенням інформації, рівністю позицій, зворотним зв'язком, збереженням статистичних даних, простотою використання, взаємодією з аудиторією та залученістю слухачів, залежить від кількості слайдів. За мінімальної кількості слайдів якість проведення презентації за допомогою удосконаленого алгоритму на 1–2% більша, якщо ж слайдів більше – якість більша на близько 20%, що свідчить про підвищення якості проведення презентації.

Висновки. Таким чином, запропоновано удосконалений алгоритм проведення інтерактивних презентацій зі зворотною комунікацією, що базується на використанні зворотного зв'язку та режиму ідентифікації. За допомогою удосконалення було покращено такі характеристики, як:

- вибір режиму ідентифікації слухача презентації;
- використання зворотної комунікації з метою забезпечення онлайн-взаємодії між слухачами та оратором.

За рахунок зворотної комунікації аудиторія може донести свою думку чи поставити запитання доповідачу, а за допомогою вибору режиму ідентифікації

кожен слухач може визначати ступінь анонімності та відчути безпеку у процесі формування відгуків та запитань до лектора.

Отже, запропоновано удосконалений алгоритм проведення інтерактивних презентацій за рахунок можливості вибору режиму ідентифікації слухача презентації та використання інтерактивного опитування для покращення якості проведення презентацій. Запропонований функціонал збільшить кількість запитань від слухачів до оратора за рахунок анонімного режиму ідентифікації, а також допоможе доповідачам налагодити зворотний зв'язок з аудиторією за рахунок інтерактивного опитування, що загалом збільшить якість проведення виступів та презентацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Інтерактивне опитування, інтерв'ювання. URL: https://stud.com.ua/33971/menedzhment/interaktivne_opituvannya_intervyuvannya.
2. Савчук Т.О., Руденко М.В. Розробка вебсервісу для проведення інтерактивних презентацій. 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/9373>.
3. Савчук Т.О., Руденко М.В. Розробка для проведення інтерактивного опитування на конференціях і презентаціях. 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/8922/7719>.
4. Інтерактивна презентація. URL: https://studopedia.su/3_37736_Interaktivna-prezentatsiya.html.
5. Види і типи презентацій. URL: <https://studfile.net/preview/5117935/>.
6. How to make a good presentation. URL: <https://biteable.com/blog/tips/how-to-make-good-presentation/>.
7. How to Turn Survey Results Into Awesome Presentations. URL: <https://www.getfeedback.com/resources/online-surveys/turn-survey-results-into-awesome-presentations/>.
8. What is an interactive presentation? URL: <https://3dforscience.com/what-is-an-interactive-presentation/>.
9. Interactive Presentation Ideas. URL: <https://www.powtoon.com/blog/interactive-presentation-ideas/>.
10. Interactive Presentations Guidelines. URL: <http://www.iafastro.org/wp-content/uploads/2015/12/IAC-2016-Interactive-Presentations-Guidelines.pdf>.

REFERENCES:

1. The interactive survey, interviews. Retrieved from: https://stud.com.ua/33971/menedzhment/interaktivne_opituvannya_intervyuvannya
2. Savchuk, T.O., Rudenko, M.V. (2020). Development of a web service for interactive presentations. Retrieved from: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/9373>.
3. Savchuk, T.O., Rudenko, M.V. (2020). Development for an interactive survey at conferences and presentations. Retrieved from: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/8922/7719>.
4. Interactive presentation. Retrieved from: https://studopedia.su/3_37736_Interaktivna-prezentatsiya.html.
5. Types of presentations. Retrieved from: <https://studfile.net/preview/5117935/>.
6. How to make a good presentation. Retrieved from: <https://biteable.com/blog/tips/how-to-make-good-presentation/>.
7. How to Turn Survey Results Into Awesome Presentations. Retrieved from: <https://www.getfeedback.com/resources/online-surveys/turn-survey-results-into-awesome-presentations/>.
8. What is an interactive presentation? Retrieved from: <https://3dforscience.com/what-is-an-interactive-presentation/>.
9. Interactive Presentation Ideas. Retrieved from: <https://www.powtoon.com/blog/interactive-presentation-ideas/>.
10. Interactive Presentations Guidelines. Retrieved from: <http://www.iafastro.org/wp-content/uploads/2015/12/IAC-2016-Interactive-Presentations-Guidelines.pdf>.

УДК 004.56

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.8>

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ УНІКАЛЬНОСТІ ТЕКСТОВОГО ДОКУМЕНТУ З ВИКОРИСТАННЯМ КОЕФІЦІЄНТУ ЖАККАРДА

Савчук Т.О. – PhD,

професор кафедри комп'ютерних наук

Вінницького національного технічного університету

ORCID ID: 0000-0002-0061-6206

Кучевський Ю.А. – студент кафедри комп'ютерних наук

Вінницького національного технічного університету

ORCID ID: 0000-0002-3053-5271

Стрімкий розвиток мережі Інтернет, поряд зі зростаючою комп'ютерною грамотністю, сприяє проникненню плагіату в різні сфери людської діяльності: плагіат є гострою проблемою в освіті, промисловості та науковому співтоваристві. Відповідно до [1] під плагіатом розуміють незаконне використання або розпорядження охоронюваними результатами чужого творчої праці, яке супроводжується доведенням до інших осіб неправдивих відомостей про себе як про дійсного автора. Плагіат може бути порушенням авторсько-правового законодавства і патентного законодавства і в якості таких може спричинити за собою юридичну відповідальність. З іншого боку, плагіат можливий і в областях, на які не поширюється дія будь-яких видів інтелектуальної власності, наприклад, в математиці та інших фундаментальних наукових дисциплінах. Плагіат з появою Інтернету перетворився в серйозну проблему. Потрапивши в Інтернет, знання стає надбанням всіх, дотримуватися авторське право стає все важче, а іноді навіть і неможливо. Тому перевірка унікальності серед документів є актуальною задачею. У статті досліджено проаналізовано сучасні методи та засоби перевірки текстової інформації на унікальність. Для кожного з них наведено приклад роботи, переваги та недоліки. Зазначено, що актуальною задачею є підвищення точності при перевірці текстів на унікальність. Ідентифіковано метод шинглів як найбільш поширений та ефективний метод перевірки текстової інформації на плагіат. На базі методу шинглів запропоновано удосконалений алгоритм перевірки текстів на унікальність з використанням коефіцієнту Жаккарда. Було пораховано складність запропонованого алгоритму відносно використання пам'яті та процесорної потужності. Наголошено, що з введенням додаткових покращень швидкодія алгоритму не погіршилась.

Ключові слова: плагіат, антиплагіат системи, алгоритм шинглів, коефіцієнт Жаккарда.

Savchuk T.O., Kuchevskiy Y.A. Calculation of a coefficient of uniqueness for text document using Jaccard similarity

The rapid development of the Internet, along with the growing computer literacy, is contributing to the penetration of plagiarism in various areas of human activity: plagiarism is an acute problem in education, industry and the scientific community. According to [1], plagiarism is understood as the illegal use or disposal of the protected results of another's creative work, which is accompanied by bringing to others wrong information about himself as a real author. Plagiarism can be a violation of copyright and patent law and as such can lead to legal liability. On the other hand, plagiarism is possible in areas that are not covered by any type of intellectual property, such as mathematics and other basic scientific disciplines. Plagiarism with the advent of the Internet has become a serious problem. Once on the Internet, knowledge becomes the property of all, it becomes increasingly difficult and sometimes impossible to enforce copyright. Therefore, checking the uniqueness of documents is the important task. The article analyzes modern methods and means of checking textual information for uniqueness. For each of them there are example of work, advantages and disadvantages provided. It is noted that the important task is to increase the accuracy when verifying texts for uniqueness. The shingles method has been identified as the most common and effective method of plagiarizing textual information. Based on the shingles method, an improved algorithm for checking texts for uniqueness using the Jaccard

coefficient is proposed. The complexity of the proposed algorithm in terms of memory and processing power was considered. It is noted that with the introduction of additional improvements, the performance of the algorithm has not deteriorated.

Key words: *plagiarism, antiplagiarism systems, shingles, Jaccard similarity.*

Постановка задачі дослідження. Нехай дано базу даних у якій зберігається множина оброблених документів. Модифікація бази даних та додавання нових документів виконується користувачем системи.

Нехай задано вхідний вектор $X(x_1, x_2)$, де:

x_1 – база документів;

x_2 – документ для оцінення на ступінь унікальності.

Тоді, задачу аналізу тексту на унікальність можна подати у вигляді:

$$F(X) = Y,$$

де $Y(y_1, y_2)$ – вихідний вектор;

y_1 – чисельний показник унікальності наданого документу;

y_2 – множина документів, які були джерелами плагіату з відповідними чисельними показниками.

Аналіз сучасних антиплагіат методів і засобів. Сучасні підходи перевірки документів на унікальність характеризуються по типу оцінки подібності. Глобальна оцінка використовує великі частини тексту або документа для знаходження подібності в цілому, в той час, як локальні методи на вході перевіряють обмежений сегмент тексту.

Натепер одним із найбільш поширених підходів є дактилоскопія, сутність якої полягає в наступному: з ряду документів вибирається набір з декількох підстрічок, які і є «відбитками». Розглянутий документ буде порівнюватися з «відбитками» для всіх документів колекції. Знайдені відповідності з іншими документами вказують на загальні сегменти тексту [3]. Перевірка документа дослівним перекриттям тексту представляє собою класичне порівняння рядків. Перевірка підозрілих документів в цій ситуації вимагає розрахунку і зберігання ефективно порівнянні подання всіх документів в довідковій колекції, які порівнюються попарно [4]. Як правило, використовують моделі, такі як суфіксне дерево або суфіксний масив, які були адаптовані для виконання цього завдання в контексті комп'ютерного виявлення плагіату. Перевагою цього алгоритму є дуже проста модель реалізації [5]. Однак зіставлення підстрічки є нежиттєздатним рішенням для перевірки великих колекцій документів (алгоритм відпрацьовує в середньому $2h$ порівнянь, де h – довжина рядка, в якій ведеться пошук), що є недоліком [6].

Аналіз «кошик слів» є спрощеним уявленням, що використовується в обробці природної мови і пошуку інформації [7]. У цій моделі текст представлений як невпорядкований набір слів. Документи представлені у вигляді одного або декількох векторів, які використовуються для попарного обчислення подібності [8]. Приклад реалізації: наступні моделі створюють текстовий документ за допомогою кошику слів. Ось два простих текстових документа:

(1) Джон любить дивитися фільми. Марія теж любить фільми.

(2) Джон також любить дивитися футбольні матчі.

На основі цих двох текстових документів, для кожного документа будується список таким чином:

(1) «Джон», «любить», «дивитися», «фільми», «Марія», «любить», «фільми», «теж».

(2) «Джон», «також», «любить», «дивитися», «футбольні», «матчі».

Кожен список надалі стає об'єктом, де ключем виступає слово з кошику, а значенням – кількість входжень цього ключа в рядок. Порядок елементів при цьому може бути вільний. На практиці модель «кошик слів» використовується в основному як інструмент формування ознак, що є корисним при порівнянні двох фрагментів тексту на унікальність [9; 10]. Перетворивши текст на «кошик слів», можна утворювати різні міри, що характеризують текст. Найбільш поширеним типом характеристик, або ознак, розрахованим за моделлю «кошик слів», є частота термів, а саме, кількість разів, скільки терм з'являється в тексті [11].

Модель «кошик слів» — це не впорядковане представлення документу де важлива лише кількість слів. Наприклад, у наведеному вище прикладі «Джон любить дивитися фільми. Мері теж любить фільми», представлення кошику слів не вкаже не те, що дієслово «любить» завжди йде за ім'ям людини в цьому тексті. Відсутність врахування зв'язку між словами є недоліком наведеного алгоритму. Як альтернатива, n-грамована модель може зберігати цю просторову інформацію. Застосовуючи цей самий приклад, модель bigram буде аналізувати текст на наступні одиниці і зберігатиме термін частоти кожної одиниці, як раніше.

Цитування – комп'ютерний метод виявлення плагіату, призначений для використання в наукових документах, що дозволяє використовувати цитати і довідковий матеріал. Визначає загальні цитати двох наукових робіт.

Стильометрія або вивчення мовних стилів – це статистичний метод для виявлення авторства анонімних документів і для комп'ютерної перевірки на плагіат. Будуються стиліметричні моделі для різних фрагментів тексту, уривків, які стилістично відрізняються від інших. І шляхом порівняння моделей можна виявити плагіат. Перевагою методу є знаходження плагіату навіть якщо текст був повністю змінений. Недоліком є велика складність реалізації та необхідність наявності якомога більшої кількості робіт конкретних авторів в навчальній базі задля досягнення допустимої точності в знаходженні оригінального автору за стилем [7].

Алгоритм шинглів призначений для нечіткого пошуку дублікатів тексту. Слово «нечіткий» означає, що входження дублів шукається не точно, а розмито. Наприклад, можливий дублікат не тільки рядків, а й окремих словосполучень. В основному модифікація алгоритму шинглів використовується системами антиплагіату, пошуковими системами для боротьби з пошуковим спамом, копіпастом, а також для визначення унікальності рерайта.

Шингли – виділені для порівняння з тіла тексту окремі фрагменти (підрядка), з певною кількістю слів в його послідовності для перевірки на унікальність. Шингли можуть бути на будь-яку кількість слів, чим шингл коротше, тим точніше буде результат перевірки, але водночас, тим більше обчислювальних ресурсів затратитьесь на процес перевірки.

Існують різні методи розбиття тексту на шингли:

- один за одним, шингли не перетинаються (рис. 1);
- з перетином, коли підстрічки включають в себе частину попереднього підрядка (рис. 2).

Спосіб формування шинглів і кількість слів або символів в шинглі, а також зрушення шингли (на скільки слів або знаків зсувається наступна підстрічка) сильно впливає на точність результату. При визначенні розмірності підстрічки вибір залежить від обчислювальної потужності, обсягів пам'яті і необхідної точності результатів.

Після поділу підрядка на шингли також існують різні підходи до обчислення контрольних сум і подальшого їх попарного порівняння для оцінки подібності

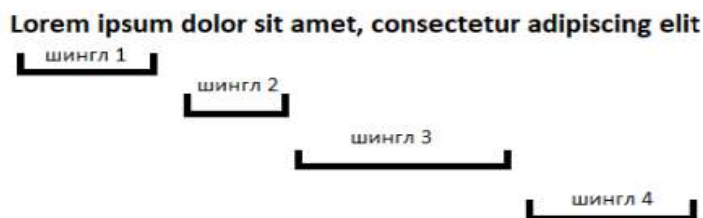


Рис. 1. Візуалізація розбиття тексту на шингли методом один за одним



Рис. 2. Візуалізація розбиття тексту на шингли методом з перетином

тексту. Контрольні суми можна отримати за допомогою хешування за різними алгоритмами таких як SHA1, SHA3, CRC32, MD5. Далі потрібно оцінити збіг отриманих контрольних сум для двох порівнюваних текстів.

Для ефективного порівняння потрібно задати правильні параметри алгоритму. Чим менше шингл, тим точніше будуть виявлені збігаються слова. Також і із зсувом-менше ймовірності «перестрибнути» повторювані словесні звороти. Однак чим більше текст, тим простіше знайти в ньому збіги якщо вони є, і немає необхідності вибирати мінімальне значення шингли. Важливо зазначити, що більш точна обробка на великому тексті може бути більш повільною.

Таким чином в результаті порівняння наведених алгоритмів перевірки текстів на унікальність було виявлено їх характеристики, що наведені у таблиці 1:

Таблиця 1

Переваги та недоліки розглянутих методів перевірки текстів на унікальність

Характеристика	Дактило-скопія	Кошик слів	Шаблон-цитат	Стиль-метрія	Шингли
Простота реалізації	-	+	-	-	+
Висока точність	-	-	+	-	-
Великі обсяги документів	-	-	-	+	+
Виявлення в зміненому тексті	-	-	-	+	-
Робота на невеликій базі	+	+	-	-	+
Зв'язок між словами	+	-	+	+	-

Розглянемо наявні засоби перевірки текстів на унікальність. Система «Анти-плагіат» розроблена компанією «Форексис» [9]. Система здійснює онлайн пошук

по великій кількості документів, що зберігаються в основні системи, по базам даних партнерів, в тому числі: наукова електронна бібліотека ELibrary.ru, компанія Lexpro, а також по базі даних користувача. «Антиплагіат» здійснює пошук по мережі Інтернет власними засобами і тому має меншу оперативність ніж системи, що використовують Яндекс.XML. У безкоштовній версії системи доступна тільки скорочена форма звіту. Перевагою системи є висока точність порівняння та велика база документів та партнерів, та можливість пошуку в Інтернеті. Недоліком є обмеженість в додаванні власної бази документів.

Сервіс Unplag Unplag [10] може здійснювати перевірку на плагіат як в режимі реального часу онлайн, так і порівнювати документ зі збереженою базою документів в бібліотеці користувача. Підтримує роботу з різними типами документів. Перевагою даного засобу є можливість порівняння файлів в Інтернеті та варіація типів підтримуваних документів. Водночас недоліком є менша база документів і, відповідно, менша точність.

Система Plagiat inform перевіряє документи на наявність запозичень як в локальній базі, так і в мережі Інтернет [11]. Перевагою наведеного підходу є те, що система вміє знаходити плагіат у вигляді документів, скомпонованих з «перемішаних» шматків тексту декількох джерел. Недоліками є відсутність перетворення букв та відсутня можливість вільного використання або тестування системи.

Таблиця 2

Переваги та недоліки засобів перевірки текстів на унікальність

Характеристика	Антиплагіат	Unplag	Plagiatinform
Висока точність	+	-	-
Додавання власної бази документів	-	-	-
Велика база документів та партнерів	+	-	+
Варіація типів документів	+	+	+
Вільне використання або тестування	+	-	-
Перетворення букв	+	+	-
Різні режими аналізу	-	+	+
Перевірка з багатьох джерел	-	-	+
Можливість пошуку в Інтернеті	+	+	+

Таким чином, актуальною задачею є підвищення точності при перевірці текстів на унікальність.

Запропоноване рішення. Нерідко пишуть, що алгоритм шинглів не здатний визначити ідентичність таких фраз, як «Викладач дає студенту матеріал / Викладачі дають студентам матеріали». І дійсно, багато сервісів перевірки унікальності, засновані на алгоритмі шинглів, покажуть, що фрази унікальні, хоча для пошукових систем вони ідентичні. Справа тут не в недоліках алгоритму шинглів, а в методах канонізації тексту, тобто його очищення. Якщо в канонізації використовується морфологія, тобто всі слова наводяться до своєї нормальної форми, то алгоритм легко розпізнає фрази як однакові, не залежно від їх закінчень.

Таким чином, доцільним є використання невеликої довжини шинглу для підвищення точності алгоритму. Стандартне використання алгоритму шинглів приводить до збільшення кількості даних, які потрібно обробити, що обмежує його використання [1; 2; 3]. Стандартний вигляд даного алгоритму передбачає складність $O(n \times m^2)$, а витрати пам'яті на зберігання текстів, при цьому, будуть складати

$O((n \times m)/k)$], що усувається за рахунок введення етапу попередньої обробки текстової інформації, яка додається в базу даних текстових робіт [4].

Перед обробкою вхідних даних потрібно провести їх канонізацію, за допомогою морфологічних словників, коли кожне слово приводиться до нормальної форми. Для усунення впливу слів, які не мають впливу на процес перевірки на унікальність, потрібно прибрати сполучники та пунктуаційні знаки, що покращить точність перевірки тексту на унікальність.

Для досягнення найбільшої точності алгоритму візьмемо довжину шингла за 1.

Надалі кожен хешований фрагмент неоднорідності (шингл) додається в базу даних типу «ключ-значення». Ключем виступає сам фрагмент, а значенням – множина ідентифікаторів документів, які містять даний фрагмент. Враховуючи те, що бази типу «ключ-значення» гарантують доступ до кортежу за $O(1)$, то складність алгоритму становитиме $O(m)$ порівняно з $O(n \times m^2)$.

Для обчислення наочного коефіцієнту унікальності текстового документу використовуємо коефіцієнт Жаккарда для кожної пари вхідного документу і документу, що має найбільшу кількість однакових шинглів шляхом виконання наступних обчислень:

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}.$$

Удосконалений алгоритм можна подати наступним чином:

1. Розбиття вхідних даних на шингли довжиною 1.
2. Канонізація даних за допомогою морфологічних словників.
3. Видалення допоміжних слів таких як сполучники, прийменники тощо.
4. Для кожного шинглу виконання запиту для отримання множини ідентифікаторів документів що містять такий самий шингл. Водночас для кожного отриманого ідентифікатора оновлюємо довідник в пам'яті, інкрементуючи значення змінної під ключем ідентифікатора
5. Сортування пар ключ-значення в порядку спадання за значенням.
6. Для перших k пар дістаємо з бази даних текстові документи з відповідними ідентифікаторами.
7. Для кожного документу з бази даних обраховуємо коефіцієнт Жаккарда використовуючи шингли вхідного документу та того, що був отриманий з бази даних.
8. Для відображення наочного коефіцієнту використовуємо коефіцієнт Жаккарда як показник рівня плагіату відносно певного існуючого документу і 1-jaccard як коефіцієнт унікальності.

Запропонований удосконалений алгоритм перевірки текстової інформації на унікальність базується на використанні коефіцієнту Жаккарда, що підвищує точність алгоритму. Також, зберігання фрагментів неоднорідності в базі даних типу «ключ – значення» забезпечує швидку обробку великих обсягів текстової інформації. Так як кількість остаточних документів для обчислення фінального коефіцієнту є малою, то є доцільним обрахунок цього коефіцієнту на різних довжинах шинглів, що також підвищує точність.

Доцільність використання удосконаленого алгоритму перевірки текстів на унікальність було підтверджено детальним обчисленням складності алгоритму та подальшим порівнянням зі складністю стандартного алгоритму. Результати проведених досліджень щодо залежності трудомісткості операцій по перевірці текстів на унікальність від обсягу пам'яті яка необхідна для зберігання фрагментів неоднорідності наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика стандартного та удосконаленого алгоритму

К-ть шинглів	К-ть текстів	К-ть операцій (станд.)	К-ть операцій (удоск.)	Затрачена пам'ять (станд.)	Затрачена пам'ять (удоск.)
10	10	1 000	10	100	100
10	50	25 000	10	500	500
50	10	5 000	50	500	500
50	50	125 000	50	2 500	2 500
100	100	1 000 000	100	10 000	10 000
100	200	4 000 000	100	20 000	20 000
200	200	8 000 000	200	40 000	40 000

Таким чином, використання коефіцієнту Жаккарда дає більш точну оцінку під час обчислення унікальності текстового документу. Водночас потреби в пам'яті та процесорній потужності залишились незмінними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Савчук Т.О., Кучевський Ю.А. Удосконалений алгоритм перевірки текстів на унікальність. *INTERNET-EDUCATION-SCIENCE* : Proceedings of the XII International scientific-practical conference, м. Вінниця, 26–29 травня 2020 р. Вінниця : Вінницький національний технічний університет, 2020. С. 237–239. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/30970/WORK-IES-2020-269-271.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. Савчук Т.О., Кучевський Ю.А. Підхід до аналізу на унікальність курсових розробок. *Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету*, м. Вінниця, 27–28 квітня 2020 р. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/8929/7739>.
3. Monostori K., Zaslavsky A., Schmidt H. Document Overlap Detection System for Distributed Digital Libraries. *Proceedings of the fifth ACM conference on Digital libraries*. 2000. P. 226–227.
4. Leong A., Lau H., Rynson W. H. Check: A Document Plagiarism Detection System. *Proceedings of ACM Symposium for Applied Computing*. 1997. P. 70–77.
5. Dreher H. Automatic Conceptual Analysis for Plagiarism Detection. *The Journal of Issues in Informing Science and Information Technology*. 2007. Vol. 4. P. 601–614.
6. Meyer zu Eissen S., Stein B. Intrinsic Plagiarism Detection. *European Conference on Information Retrieval*. Springer, 2006. P. 565–569.
7. Седов А.В., Рогов А.А. Анализ неоднородностей в тексте на основе последовательностей частей речи. *Современные проблемы науки и образования*. 2013. № 1. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=8339>.
8. Антиплагиат: обнаружение заимствований. Веб-сайт. URL: <https://www.antiplagiat.ru/corporate/education>.
9. Unichek. Сервіс перевірки на плагіат для найкращих результатів. Вебсайт. URL: <https://unichек.com/uk-ua>.
10. Ширяев М.А., Мустакимов В. Plagiatinform избавит от плагиата в научных работах. *Educational Technology & Society*. 2008. № 11 (1). С. 367–374. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plagiatinform-izbavit-ot-plagiata-v-nauchnyh-rabotah/viewer>.
11. Brin S., Davis J., Garcia-Molina H. Copy Detection Mechanisms for Digital Documents. *CM International Conference on Management of Data (SIGMOD 1995)*, San Jose, California, May 22–25, 1995. P. 398–409.

REFERENCES:

1. Savchuk, T.O., Kuchevskiy, Y.A. (2020) An improved algorithm for checking texts for uniqueness. URL: <http://ies.vntu.edu.ua/reports/program/WORK-IES-2020.pdf>.
2. Savchuk, T.O., Kuchevskiy, Y.A. (2020) An approach to analysis of course works for uniqueness. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fitki/all-fitki-2020/paper/view/8929/7739>.
3. Monostori, K., Zaslavsky, A., Schmidt, H. (2000) Document Overlap Detection System for Distributed Digital Libraries.
4. Leong, A., Lau, H., Rynson, W.H. (1997) Check: A Document Plagiarism Detection System.
5. Dreher, H. (2007) Automatic Conceptual Analysis for Plagiarism Detection. Information and Beyond: The Journal of Issues in Informing Science and Information Technology.
6. Meyer zu Eissen, S., Stein, B. (2006) Intrinsic Plagiarism Detection. Springer.
7. Sedov, A.V., Rogov, A.A. (2013) Analysis of indifferences in text basing on words sequence. Modern problems of science and education. Vol. 1.
8. Antiplagiarism for rising the level of education. URL: <https://www.antiplagiat.ru/corporate/education>.
9. Plagiarism Detection in Schools & Universitie. URL: <https://unicheck.com/plagiarism-check-for-k-12-and-higher-education>.
10. Plagiainform as antiplagiarism system in science papers. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/plagiainform-izbavit-ot-plagiata-v-nauchnyh-rabotah/viewer>.
11. Brin, S., Davis, J., Garcia-Molina, H (2001). Copy Detection Mechanisms for Digital Documents.

УДК 004.664

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.9>

СЦЕНАРНО-ЦІЛЬОВИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА

Криворучко О.В. – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Київського національного торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7661-9227

Костюк Ю.В. – здобувач PhD,
асистент кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Київського національного торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0001-5423-0985

Самойленко Ю.О. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії програмного забезпечення та кібербезпеки
Київського національного торговельно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-3787-1435

У статті розглядається технологічний процес виробництва вершкового масла неперервним способом методом збивання вершків. Обґрунтовано доцільність використання сценарно-цільового аналізу для складних технологічних процесів зі змінними параметрами. Метою дослідження є проведення системного аналізу технологічного процесу, а саме визначення та встановлення зв'язків між апаратурно-технологічними факторами процесу збивання, формування єдиних цілей та завдань для подальшого визначення сценаріїв їх функціонування, що впливають на вміст вологи у маслі задля оперативного реагування та стабілізації процесу. Побудовано графову модель технологічного процесу, що відображає фізичну структуру технологічної лінії та матеріальні зв'язки між ними. На його основі полегшується аналіз технологічного процесу, який відбувається в середині системи, показується логіка проходження операції та напрямок його руху, зв'язки між елементами. Побудовано базовий програф із визначеними: операціями, які відбуваються; ресурсами, які задіяні для проведення операції; цілями, які необхідно при цьому досягнути. Сформовано А-сценарій, що відображає макропредставлення про послідовність необхідних управлінь задля досягнення поставлених цілей. В статті також показано процес побудови С-сценарію керування процесом збивання вершків у масло. С-сценарій містить атрибути об'єкту та опис станів його життєвого циклу, які дозволяють описати стандартні послідовності взаємопов'язаних фактів відносно певної технологічної ситуації. Результатом проведеного системного аналізу є доповнення інформаційно-аналітичної складової підсистемами діагностики та прогнозування стану технологічного процесу виробництва вершкового масла.

Ключові слова: технологічний процес, графова модель, програф, сценарно-цільовий аналіз, системний аналіз, А-сценарій, С-сценарій.

Kryvoruchko O.V., Kostiuk Yu.V., Samoilenko Yu.O. Scenario target analysis of the technological process of butter production

The article considers the technological process of butter production in a continuous way by whipping cream. The expediency of using scenario target analysis for complex technological processes with variable parameters is substantiated, affecting the moisture content in the oil for rapid response and stabilization of the process. A graph model of the technological process is built, which reflects the physical structure of the technological line and the material connections between them. It facilitates the analysis of the technological process that takes place in the middle of the system, shows the logic of the operation and the direction of its movement, the relationship between the elements. The basic program with the defined: operations which occur is constructed; resources involved in the operation; goals that must be achieved. An A-scenario is formed, which reflects a macro-representation of the sequence of necessary controls to achieve the goals. The article also shows the process of building a C-scenario control of the process

of whipping cream into butter. The C-scenario contains the attributes of the object and a description of the states of its life cycle, which allow to describe the standard sequences of interconnected facts in relation to a particular technological situation. The result of the conducted system analysis is the addition of the information-analytical component to the subsystems of diagnostics and forecasting of the state of the technological process of butter production.

Key words: technological process, graph model, program, scenario-target analysis, system analysis, A-scenario, C-scenario.

Актуальність. Молочне виробництво належить до технологічного комплексу, що характеризується змінними параметрами. При проведенні технологічних операцій, змінний діапазон технологічних параметрів дозволяє проводити їх таким чином, щоб забезпечити максимальну ефективність функціонування роботи лінії в цілому. Але наявність такого діапазону змінних параметрів ускладнює задачі координації, оптимізації та прогнозування роботи виробничої лінії [1]. Для розв'язання таких проблем варто застосувати сценарно-цільовий підхід [2], що дозволяє визначити виробничу ситуацію, оцінити можливі сценарії розвитку та обрати найкращу як при реалізації первинних та вторинних сценаріїв. Це дозволяє розширити інформаційно-аналітичну систему за рахунок застосування загального інструменту опису різних взаємозв'язаних елементів процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В умовах сьогодення автоматизація виробничих процесів, когнитивність інформаційних систем та єдиний інформаційний простір підприємства є невід'ємними складовими успіху будь-якого підприємства. Водночас досить важливим завданням є поєднання існуючих інформаційних систем в єдиний інформаційний простір підприємства, що дозволить забезпечити їх сумісність на рівні даних із можливістю проводити аналіз даних із подальшим прийняттям управлінських рішень.

Уперше сценарно-цільовий підхід для аналізу складних систем та об'єктів був розроблений С.А. Юдицьким [2] у вигляді методології формально-графічного опису та моделювання цільових сценаріїв. Надалі така методологія була використана А.П. Ладанюком і Л.О. Власенко для аналізу технологічного процесу цукрового виробництва та молокозаводу [3]. У своїх дослідженнях М.Д. Місюра [4] застосував його для опису технологічного процесу виробництва пива, а Н.А. Заєць [5] для аналізу електротехнічного комплексу харчових виробництв.

У закордонних наукових роботах сценарно-цільовий аналіз був використаний для розробки технічних вимог до системи проєктування Ц. Роландом та Г. Гроца [6], Юнь-Ло Пака, Х. Кайндла [7], Хаян-Су Джина [8]. Авторами Дж. Зумбач та П. Рейнман [9] даний підхід був направлений на ситуаційне навчання з елементами цільових сценаріїв.

Актуальним стає доповнення вже наявних традиційних систем керування технологічним процесом виробництва вершкового масла інформаційно-аналітичними підсистемами діагностики та прогнозування щодо стану технологічного процесу.

Метою дослідження є проведення системного аналізу технологічного процесу виробництва вершкового масла, а саме визначення та встановлення зв'язків між апаратурно-технологічними факторами процесу збивання, формування єдиних цілей та завдань для подальшого визначення сценаріїв їх функціонування, що впливають на вміст вологи у маслі задля оперативного реагування та стабілізації процесу.

Виклад основного матеріалу. Технологічні процеси харчової промисловості розрізняються за характером та складністю об'єктів, різноманітністю методів обробки сировини, напівфабрикатів чи готової продукції тощо.

- нестационарність і нестабільність режимів стадій технологічного процесу.

- відбиття зв'язків між цілями, показниками й діями.

Для виробництва вершкового масла графова модель відтворює фізичну структуру технологічної лінії та матеріальні зв'язки між ними. По кожній схемі матеріальних потоків технологічної лінії будується деякий орієнтований граф, в якому вершинами виступають технологічні ланки, а дугами – ланцюги переміщення потоків між ними. Технологічні ланки можуть бути зображені як один технологічний апарат або як група апаратів, тобто відповідати розгалуженій або згорнутій структурі. Ступінь такої деталізації зумовлюється ієрархічним рівнем системи та призначенням графа, що розробляється. На основі графової моделі

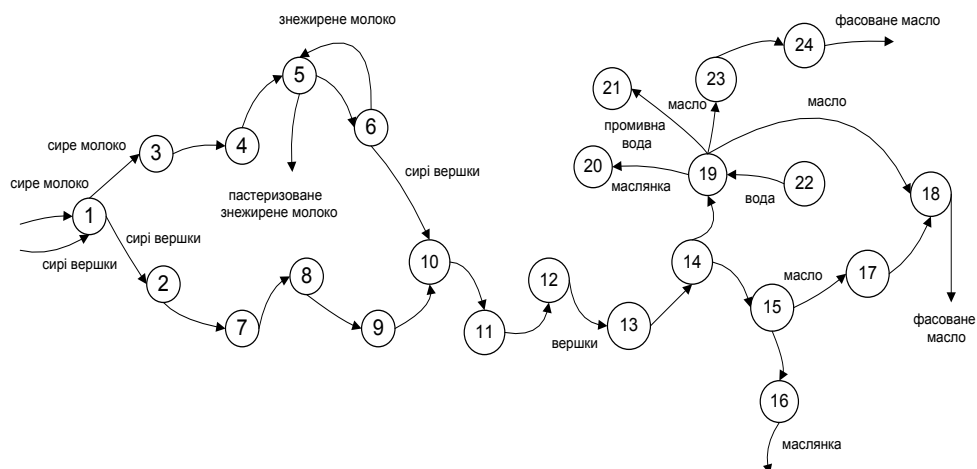


Рис. 1. Графова модель технологічного процесу виробництва вершкового масла методом збивання вершків

полегшується аналіз технологічного процесу, який відбувається в середині системи, показується логіка проходження операції та напрямок його руху, зв'язки між елементами. Але, граfi не дозволяють відслідковувати причинно-наслідкові зв'язки у часі задля оцінки причини виникнення певної нештатної ситуації.

Графова модель загальної структури виробництва вершкового масла методом збивання вершків показана на рис. 1. Умовні позначення вершин графа приведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Відповідність вершин графа технологічній схемі

Вершина графа	Технологічна ланка
1	Насос
2	Ваги
3	Місткість для молока
4	Насос
5	Пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка
6	Сепаратор-вершковідокремлювач
7	Приймальна ванна
8	Насос
9	Пластинчастий теплообмінник
10	Місткість для вершків
11	Насос
12	Пластинчаста пастеризаційно-охолоджувальна установка
13	Місткість для дозрівання вершків
14	Гвинтовий насос
15	Масловиготовлювач періодичної дії
16	Насос для маслянки
17	Гомогенізатор-пластифікатор
18	Фасувальна машина
19	Масловиготовлювач неперервної дії
20	Бачок для маслянки
21	Бачок для промивної води
22	Пристрій для дозування води в масло
23	Конвеєр для масла
24	Автомат для дрібного фасування

На основі графа будується базовий програф (процесно-ресурсно-об'єктний граф). Для побудови його проводиться ретельний аналіз технологічної лінії та виділяються: операції, які відбуваються; ресурси, які задіяні для проведення операції; цілі, які необхідно при цьому досягнути. Переходи, які показуються у прографі, несуть інформацію про факт передачі об'єкта від операції до операції, а події конкретизують об'єкт.

Для лінії виробництва вершкового масла базовий програф описується таким набором:

$$B = \langle F, C, T, O, R, P, S, \Theta, \gamma, \delta, \varepsilon, \pi \rangle, \quad (1)$$

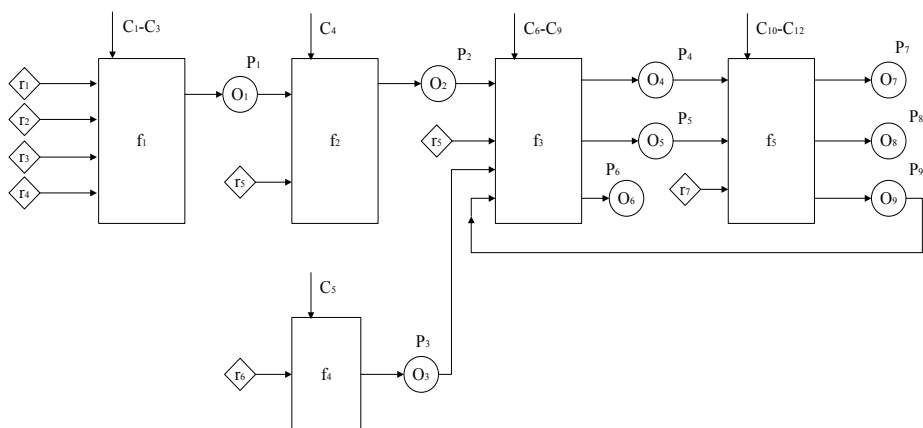


Рис. 2. Базовий програф етапу збивання вершків у вершкове масло неперервним способом

де $F = \{f_1, \dots, f_5\}$ – множина операцій; $C = \{c_1, \dots, c_{12}\}$ – множина цілей; $T = \{t_1, \dots, t_9\}$ – множина переходів; $O = \{o_1, \dots, o_9\}$ – множина об'єктів; $R = \{r_1, \dots, r_8\}$ – множина ресурсів; $P = \{p_1, \dots, p_9\}$ – множина позицій зберігання об'єктів; $S \subseteq 0 \times T$ – множина подій; $\Theta = \{0, 1, \dots, h\}$ – часова шкала; $\gamma : P \times F \cup F \times P \rightarrow \{0, 1\}$ – функція інцидентів «операції-позиції»; $\delta : R \times F \cup F \times R \rightarrow \{0, 1\}$ – функція інцидентів «операції-ресурси»; $\varepsilon : P \rightarrow 0$ – функція розміщення об'єктів за позиціями; $\pi : S \rightarrow 2^\Theta$ – функція часових міток позиції (2^Θ – множина всіх підмножин Θ).

Базовий програф для етапу збивання вершків у вершкове масло неперервним способом приведений на рис. 1, 2. Умовні позначення прографа наведені в табл. 2–6.

Таблиця 2

Операції лінії виробництва вершкового масла

Позначення	Зміст операції
f_1	Процес фізичного дозрівання вершків
f_2	Подача вершків після дозрівання до масловиготовлювача
f_3	Процес збивання вершків у масловиготовлювачі неперервної дії
f_4	Процес дозування нормуючого компонента у масловиготовлювач
f_5	Процес контролю якісних показників

Таблиця 3

Цілі лінії виробництва вершкового масла

Позначення	Зміст цілі
C_1	Забезпечити дозрівання не менше 4–12 год. при температурі 5–11 °C
C_2	Забезпечити дозрівання не більше 48 год. при температурі 6–8 °C
C_3	Підігріти до температури 13 °C
C_4	Подати вершки до масовиготовлювача
C_5	Забезпечити дозування нормуючого компонента
C_6	Підтримувати задану частоту обертання мішалки барабану збивального пристрою

Продовження таблиці 3

C_7	Здійснювати контроль температури збивання
C_8	Забезпечити контроль об'єму вершків у масловиготовлювачі
C_9	Забезпечити контроль рівня маслянки в шнековій камері текстуратора
C_{10}	Забезпечити перевірку якісних показників маслянки
C_{11}	Забезпечити перевірку якісних показників вершкового масла
C_{12}	Виробити можливі рекомендації щодо покращення проведення технологічного процесу

Таблиця 4

Ресурси лінії виробництва вершкового масла

Позначення	Зміст ресурсу
r_1	Пастеризовані вершки
r_2	Лід
r_3	Вода
r_4	Пар
r_5	Електроенергія
r_6	Нормуючий компонент
r_7	Реактиви та обладнання

Таблиця 5

Об'єкти лінії виробництва вершкового масла

Позначення	Зміст об'єкту
O_1	Вершки після дозрівання
O_2	Вершки, що надходять на збивання
O_3	Дозований нормуючий компонент
O_4	Масло
O_5	Маслянка
O_6	Промивна вода
O_7	Показники якості маслянки
O_8	Показники якості вершкового масла
O_9	Технологічні рекомендації

Таблиця 6

Події лінії виробництва вершкового масла

Позначення	Зміст події
S_1	Передати O_1 від f_1 до f_2 в момент часу t_1
S_6	Вилучити O_6 з f_3 в момент часу t_6
$S_3 - S_9$	Описуються аналогічно

Отже, результатом такого моделювання є множина технологічних змінних із встановленими взаємозв'язками, що впливають на якість готового продукту, а саме вміст вологості у маслі.

Наступним етапом сценарно-цільового аналізу є формування сценаріїв управління процесом виробництва вершкового масла. Важливим чинником при

формування можливих стратегій управління в умовах невизначеностей є формування механізмів синтезу сценаріїв певної поведінки технологічних параметрів процесу та можливості побудови множини стратегічних сценаріїв управління. Під сценарієм варто розуміти формалізований опис певної стандартної послідовності взаємопов'язаних фактів, що характеризують певну ситуацію в обраній предметній області.

Для технологічного процесу збивання вершкового масла неперервним способом будуються А- та С-сценарії на основі методології С.А. Юдицького. Основу А-сценарію складають макропредставлення про послідовність необхідних управлінь задля досягнення поставлених цілей, а С-сценарій деталізує ці послідовності.

Якість вершкового масла можна описати як гарантований випуск готової продукції найкращої якості, тобто отримання максимального прибутку при мінімальних затратах сировини.

Сценарій управління формується на основі визначень: цілей управління, факторів впливу на технологічний процес, операцій та міжопераційних зв'язків. Варто розуміти, що операція сценарію являється кроком сценарію та визначається по-різному для абстрактного (А) та структурного (С) сценаріїв. У першому випадку операція працює з неструктурованими об'єктами/не враховується внутрішня структура об'єкта, що перетворює вхідні об'єкти у вихідні / спосіб внутрішнього перетворення не розкривається, тобто операція трактується як «чорний ящик». С-сценарій виходить з того, що визначена внутрішня структура об'єктів, які описані наборами властивостей-атрибутів. Операція С-сценарію являє собою блок, в якому розміщені об'єкти з однаковим набором атрибутів, трактується як клас, екземпляри якого – об'єкти «живуть у деякому просторі».

На основі проходження технологічного процесу для А-сценарію було визначено об'єктні потоки (табл. 7), фактори впливу (табл. 8).

Таблиця 7

Позначення об'єктних потоків даних

Позначення	Зміст
P_1	Витрата вершків пастеризованих
P_2	Витрата льодяної води
P_3	Витрата пари
P_4	Витрата вершків після дозрівання
P_5	Витрата нормуючого компонента
P_6	Масло
P_7	Маслянка

Таблиця 8

Позначення факторів впливу

Позначення	Зміст
Φ_1	Кислотність вершків після дозрівання
Φ_2	Температура дозрівання вершків
Φ_3	Температура подачі вершків на збивання
Φ_4	Температура збивання вершків
Φ_5	Об'єм вершків, що подається на збивання
Φ_6	Частота обертів збивального пристрою (мішалки барабана)

Продовження таблиці 8

Φ_7	Рівень маслянки в шнековій камері текстуратора
Φ_8	Вміст жиру у вершках, що подається на збивання
Φ_9	Конструктивні особливості збивального пристрою
Φ_{10}	Період року
Φ_{11}	Режим дозрівання вершків
Φ_{12}	Йодне число

Сформоване графічне представлення А-сценарію процесу збивання вершків показано на рис. 3.

Наступним етапом є побудова С-сценарію на основі А-сценарію із виділенням атрибутів об'єкту (табл. 9) та описом станів його життєвого циклу (табл. 10).

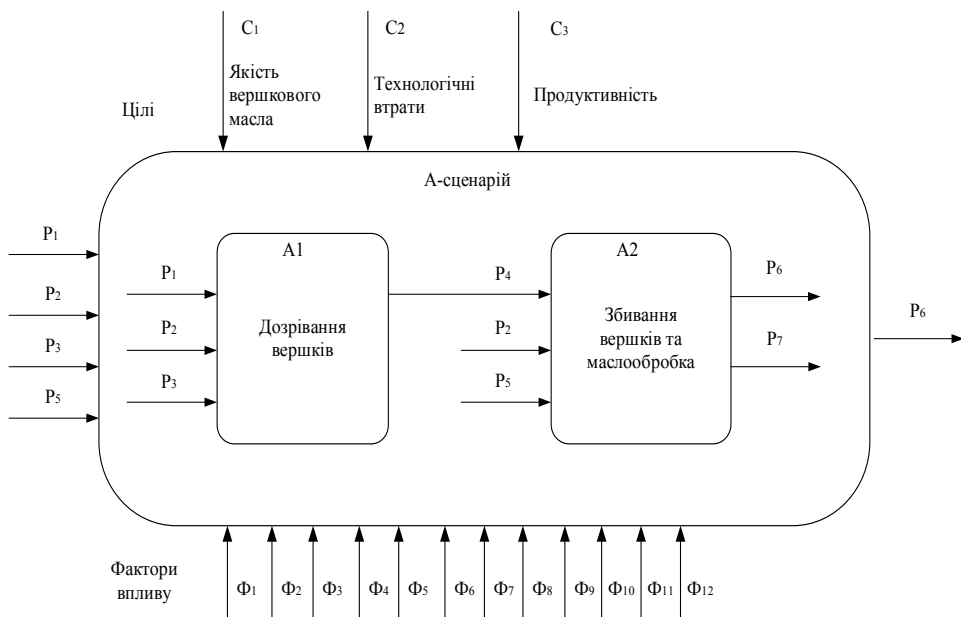


Рис. 3. А-сценарій процесу збивання вершків неперервним способом

Таблиця 9

Атрибути об'єктів С-сценарію

Клас	Позначення атрибута	Зміст атрибута
A2	a1.1	Вміст жиру у вершках 38-45%
	a1.2	Тривалість дозрівання
	a1.3	Кислотність вершків
	a1.4	Вміст води у маслі
	a1.5	Рівень маслянки
	a1.6	Швидкість подачі вершків
	a1.7	Витрата нормуючого компонента
	a1.8	Температура вершків, що надходять на збивання
	a1.9	Частота обертів мішалки збивального пристрою

Таблиця 10

Стани життєвого циклу об'єкту

Клас	Позначення атрибута	Зміст атрибута
A1	S1.1	Нормальний режим збивання
	S1.2	Збільшити температуру збивання
	S1.3	Зменшити температуру збивання
	S1.4	Збільшити частоту обертів текстуратора
	S1.5	Зменшити частоту обертів текстуратора
	S1.6	Зменшення вмісту вологи у маслі
	S1.7	Збільшення вмісту вологи у маслі
	S1.8	Отримання якісного масла
	S1.9	Нормальний режим оброблення масляного зерна
	S1.10	Збільшення навантаження маслоготовлювача
	S1.11	Зменшення навантаження маслоготовлювача
	S1.12	Коригування проходження технологічного процесу

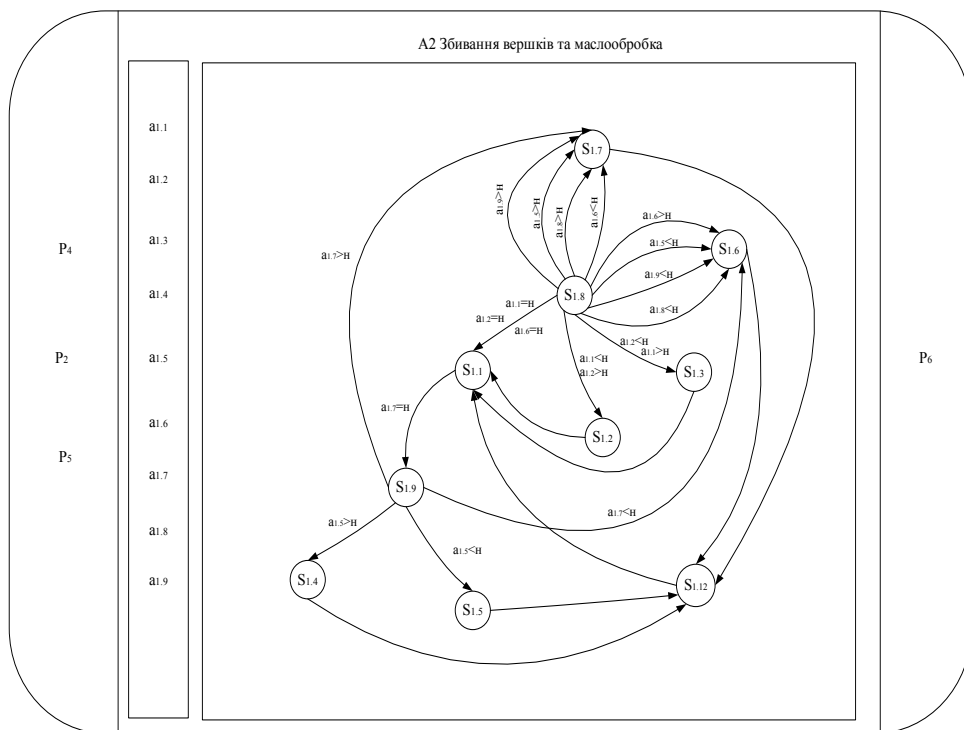


Рис. 4. Фрагмент С-сценарію, клас A2

Процес функціонування такої системи є недетермінований, адже не можливо повною мірою спрогнозувати поведінку системи у конкретний момент часу, проте він може бути формалізований у вигляді можливих сценаріїв.

Висновки. Представлено загальну модель системного аналізу технологічного процесу виробництва вершкового масла методом неперервного збивання із застосуванням сценарно-цільового підходу. Побудовано графову модель процесу, встановлено чіткі взаємозв'язки між технологічними апаратами. Графова модель розширена базовим прографом із виділеними ресурсами, які необхідно затратити для виконання певної операції за рахунок поставлених цілей. Побудовані А- та С-сценарії із виділеними атрибутами об'єкта, що дозволяють графічно формалізувати можливі сценарії розвитку процесу. Результатом є доповнення інформаційно-аналітичної складової підсистемами діагностики та прогнозування можливого технологічного стану процесу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дослідження інформаційно-технологічної моделі виробничого процесу / О.Ю. Криворучко, Ю.В. Костюк, Ю.О. Самойленко, О.В. Савчук. *ГРААЛЬ НАУКИ*. 2021. Вип. 2–3. С. 324–328.
2. Юдицкий С.А. Сценарно-целевой подход к системному анализу. *Автоматика и телемеханика*. 2001. № 4. С. 163–175.
3. Власенко Л.О., Савченко Т.В., Довженко Є.В. Особливості проведення системного аналізу технологічного комплексу молокозаводу на основі ситуаційно-сценарного підходу. *Вісник інженерної академії України*. 2014. № 1. С. 259–264.
4. Автоматизоване керування технологічним комплексом виробництва пива на основі сценарно-цільового підходу / Л.О. Власенко, М.Д. Місюра, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація* : збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. 2013. Вип. 26. С. 147–155.
5. Заєць Н.А., Роговик А.В., Власенко Л.О. Сценарно-цільовий аналіз електротехнічного комплексу харчових виробництв. *Енергетика і автоматика*. 20019. № 2. С. 58–73.
6. Rolland C., Grosz G., Kla R. Experience with goal-scenario coupling in requirements engineering. *Requirements Engineering : Proceedings of IEEE International Symposium*. 1999. P. 74–81.
7. Kaindl H. A design process based on a model combining scenarios with goals and functions. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans. IEEE Transactions*. 2000. P. 537–551.
8. A Study on Real-Time Progress Management System Modeling Using Goal and Scenario Based Requirements Engineering / J.-L. Park, H.-S. Jin, K.-H. Kim, J.J. Kim. *Computer Sciences and Convergence Information Technology*. Seoul, 2009. P. 262.
9. Zumbach J., Reimann P. Assessment of a goal-based scenario approach: A hypermedia comparison. *Internet-based teaching and learning*. 1999. № 98. P. 449–454.

REFERENCES:

1. Kryvoruchko, O.V., Kostiuk, Yu.V., Samoilenko, Yu.O., Savchuk O.V. (2021). *Doslidzhennia informatsiino-tekhnologichnoi modeli vyrobnychoho protsesu*. [Research of information-technological model of production process] *HRAAL NAUKY – GRAIL OF SCIENCE*, (2-3), 324–328 [in Ukrainian].
2. Iudytskyi, S.A. (2001). *Stsenarno-tselevoi podkhod k systemnomu analyzu*. [Scenario target Approach to Systems Analysis]. *Avtomatyka i telemekhanyka - Automation and telemechanics*, (4), 163–175 [in Ukrainian].
3. Vlasenko, L.O., Savchenko, T.V., Dovzhenko, Ye.V. (2014) *Osoblyvosti provedennia systemnoho analizu tekhnologichnoho kompleksu molokozavodu na osnovi sytuatsiino-stsenarnoho pidkhodu*. [Features of the system analysis of the technological complex of the dairy plant on the basis of the situational-scenario approach]. *Visnyk in-*

zhenernoi akademii Ukrainy – Bulletin of the Academy of Engineering of Ukraine, (1), 259–264 [in Ukrainian].

4. Vlasenko, L.O., Misiura, M.D., Ladaniuk, A.P., Kyshenko, V.D. (2013). Avtomatyzovane keruvannia tekhnolohichnym kompleksom vyrobnytstva pyva na osnovi stsenarno-tsilovoho pidkhodu. [Automated control of the technological complex of beer production based on the scenario-target approach] *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia: zbirnyk naukovykh prats Kirovohrads'koho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu – Engineering in agricultural production, branch mechanical engineering, automation: a collection of scientific works of Kirovograd National Technical University, (26), 147–155 [in Ukrainian].*

5. Zaiets, N.A., Rohovyk, A.V., Vlasenko, L.O. (2019) *Stsenarno-tsilovyi analiz elektrotekhnichnoho kompleksu kharchovykh vyrobnytstv. [Scenario-target analysis of the electrical complex of food production] “Enerhetyka i avtomatyka” – “Energy and automation”, (2), 58–73 [in Ukrainian].*

6. Rolland, C., Grosz, G., Kla, R. (1999) Experience with goal-scenario coupling in requirements engineering. *Proceedings of IEEE International Symposium “Requirements Engineering”*. 74–81.

7. Kaindl, H. (2000) A design process based on a model combining scenarios with goals and functions. *Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans. – IEEE Transactions*. 537–551.

8. Park, J.-L., Jin, H.-S., Kim, K.-H., Kim, J.J. (2009). A Study on Real-Time Progress Management System Modeling Using Goal and Scenario Based Requirements Engineering. *Computer Sciences and Convergence Information Technology*. Seoul, 262.

9. Zumbach, J., Reimann, P. (1999). Assessment of a goal-based scenario approach: A hypermedia comparison. *Internet-based teaching and learning*. (98). 449–454.

УДК 519.816+621.1.016

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.10>

АЛГОРИТМ ЕВОЛЮЦІЙНОГО ПОШУКУ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ОБІГРІВУ ВІДКРИТОЇ ПРОМИСЛОВОЇ ПЛОЩАДКИ З ТРУБЧАСТИМИ ГАЗОВИМИ НАГРІВАЧАМИ

Шаптала Д.Є. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інформаційних технологій та загальної підготовки
Дніпровського технологічного університету «ШАГ»
ORCID ID: 0000-0002-1045-0801

Дубровський С.С. – кандидат технічних наук,
ректор Дніпровського технологічного університету «ШАГ»
ORCID ID: 0000-0001-6957-6620

Іродов В.Ф. – доктор технічних наук,
професор кафедри інформаційних технологій та загальної підготовки
Дніпровського технологічного університету «ШАГ»
ORCID ID: 0000-0001-8772-9862

Ефективний обігрів відкритих промислових площадок – актуальна проблема використання промислових підприємств в Україні при реконструкції діючих підприємств. При опаленні промислових площадок в цехах промислових підприємств не має потреби створювати систему опалення всього цеху, а необхідно обігріти лише відкриту площадку в цеху який не опалюється. Для опалення відкритих площадок використовуються системи променевого опалення. Але променеве опалення відкритих площадок показало, що незважаючи на значні променеві теплові потоки охолоджене повітря проривається знизу на відкриту площадку. Нещодавно було запропоновано використовувати комбінований засіб опалення відкритих промислових площадок – на границі зони обігріву використовуються вузько направлено променевий обігрів, а також створення повітряної завіси від холодного повітря на рівні підлоги. Для трубчастих газових нагрівачів розташованих у горизонтальних каналах розроблена математична модель, яка може бути застосована для прийняття рішень в системі обігріву відкритої промислової площадки. Але для цієї математичної моделі не були розроблені критерії прийняття оптимальних рішень і не розроблений алгоритм вирішення задач оптимізації обігріву відкритої площадки з трубчастими газовими нагрівачами у каналах для створення повітряних завіс на границі зони обігріву. Розроблені критерії оптимізації обігріву відкритих площадок з трубчастими газовими нагрівачами в каналах. Для математичного моделювання теплообмінних процесів у трубчастих нагрівачах з подачею повітря для його підігріву застосовані раніше отримані експериментальні результати наукового дослідження авторів. Для математичного моделювання ефективності трубчастого нагрівача у якості повітряної завіси використовувались результати експериментальних досліджень повітряних завіс, які представлені у літературі. Сформульований вибір оптимальних багатокритеріальних рішень застосовуючи вибір у вигляді блокування. Для пошуку багатокритеріальних рішень при оптимізації обігріву відкритої площадки з трубчастими газовими нагрівачами в горизонтальному каналі розроблений алгоритм еволюційного пошуку з функцією відбору у вигляді блокування. Отримані результати чисельного пошуку багатокритеріальних рішень наведеної задачі оптимізації, з яких видно збіжність чисельних результатів пошуку рішень при застосуванні в алгоритмі декількох гілок еволюційного процесу.

Ключові слова: трубчастий газовий нагрівач, підземний горизонтальний канал, багатокритеріальна оптимізація, алгоритм еволюційного пошуку.

Shaptala D.E., Dubrovsky S.S., Irodov V.F. Algorithm of evolutionary search for multicriterial solutions for heating of an open industrial site with tabular gas heating

Effective heating of open industrial sites is an urgent problem of using industrial enterprises in Ukraine in the reconstruction of existing enterprises. When heating industrial sites in the shops of industrial enterprises there is no need to create a heating system of the whole shop, and it is

necessary to heat only the open area in the shop which is not heated. Radiant heating systems are used for heating open areas. But radiant heating of open areas has shown that despite significant radiant heat fluxes, cooled air penetrates from below to the open area. Recently, it was proposed to use a combined means of heating open industrial sites – on the border of the heating zone are used narrowly directed beam heating, as well as the creation of an air curtain of cold air at floor level. A mathematical model has been developed for tubular gas heaters located in horizontal channels, which can be used for decision-making in the heating system of an open industrial site. But for this mathematical model, the criteria for making optimal decisions have not been developed and no algorithm for solving problems of optimization of open site heating with tubular gas heaters in the channels to create air curtains at the boundary of the heating zone. Criteria for optimizing the heating of open areas with tubular gas heaters in the channels have been developed. For mathematical modeling of heat exchange processes in tubular heaters with air supply for its heating, the previously obtained experimental results of the authors' scientific research are used. For mathematical modeling of the efficiency of the tubular heater as an air curtain, the results of experimental studies of air curtains, which are presented in the literature, were used. The choice of optimal multicriteria solutions is formulated using the choice in the form of blocking. To find multi-criteria solutions for optimizing the heating of an open area with tubular gas heaters in a horizontal channel, an evolutionary search algorithm with a selection function in the form of blocking has been developed. The results of numerical search of multicriteria solutions of the given optimization problem are obtained, from which the convergence of numerical results of search of solutions at application in algorithm of several branches of evolutionary process is visible.

Key words: *tubular gas heater; underground horizontal channel, multicriteria optimization, evolutionary search algorithm.*

Постановка проблеми. Прилади та системи променевого опалення промислових підприємств використовуються в Україні на основі електричної енергії або газового палива, а в останній час – енергії деревини у вигляді паливних гранул (пелет). Протягом останніх років розроблені наукові та методичні основи використання систем газового променевого опалення для промислових підприємств. Застосування променевого опалення промислових підприємств виявило існування проблеми у забезпеченні обігріву відкритих площадок у цих підприємствах. Виявилось, що обігрів відкритих площадок, незважаючи на значні потоки променевої енергії, не забезпечують створення комфортних умов особливо в нижній частині опалювального простору через проникнення холодного повітря зовні промислової площадки. Нещодавно було запропоновано використовувати комбінований засіб опалення відкритих промислових площадок – на границі зони обігріву використовуються вузько направлено променевий обігрів, а також створення повітряної завіси від холодного повітря на рівні підлоги. Для трубчастих газових нагрівачів розташованих у горизонтальних каналах розроблена математична модель, яка може бути застосована для прийняття рішень в системі обігріву відкритої промислової площадки. Але для цієї математичної моделі не були розроблені критерії прийняття оптимальних рішень і не розроблений алгоритм вирішення задач оптимізації обігріву відкритої площадки з трубчастими газовими нагрівачами у каналах для створення повітряних завіс на границі зони обігріву.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості проєктування систем опалення з інфрачервоними трубчастими нагрівачами викладені в [1]. А у [2] викладені основні положення проєктування та оптимізації обігріву промислових приміщень. У цих роботах розглядалось опалення всього промислового приміщення у якого є огорожувальні конструкції і які не дозволяють проникати всередину значним витратам холодного повітря. Але ситуація змінюється, якщо розглядається обігрів відкритої промислової площадки, яка може бути розташована всередині великого цеху або зовні. Практика використання систем променевого обігріву відкритих площадок показала, що забезпечити комфортні умови

на відкритій площадці завдяки тільки променевому обігріву – не реально. Спеціальне дослідження [3] підкреслило ці особливості обігріву відкритих площадок. У цій роботі методом наведено результати чисельного аналізу параметрів системи радіаційного обігріву відкритої платформи – розміром 10×75 м. Температура радіатора розміром $0,3 \times 9$ м становила 600–900 К. Температура атмосферного повітря змінювалась у діапазоні від -10 до $+10^\circ\text{C}$ при швидкості вітру до 5 м/с. За умов комфортного обігріву людини приймалася температура на рівні її голови (175 см). Встановлено, що променевий обігрів не зовсім забезпечує комфортні умови на відкритій площадці. Так, в [3] встановлено, що температура на рівні верхівки голови людини становить від $2\text{--}3^\circ\text{C}$ до $16\text{--}18^\circ\text{C}$ при розташуванні радіаторів на висоті 4–8 м від поверхні платформи на навколишньому просторі. температура повітря 0°C та швидкість вітру 0,5–5 м/с. Показано, що при зниженні температури повітря до -10°C потрібне встановлення вітрозахисту. Нещодавно було запропоновано використовувати комбінований засіб опалення відкритих промислових площадок – на границі зони обігріву використовуються вузько направлено променевий обігрів, а також створення повітряної завіси від холодного повітря на рівні підлоги. Ці технічні рішення проілюстровані на рис. 1 та рис. 2. Для створення повітряної завіси використовуються трубчасті газові нагрівачі, які розташовані у горизонтальних каналах (рис. 1). Нагріте повітря підіймається від поверхні трубчастого нагрівача (рис. 2) і утворює повітряну завісу.

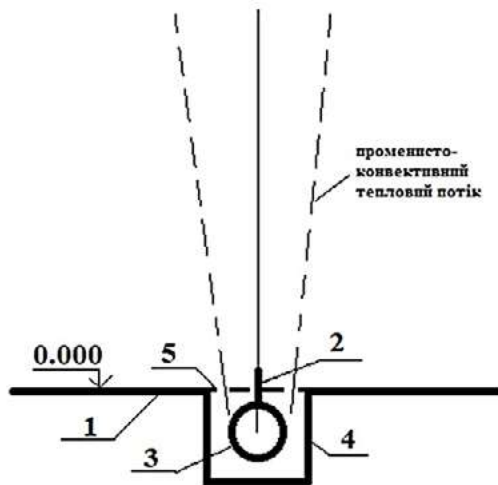


Рис. 1. Трубчастий газові нагрівач у горизонтальному каналі з використанням вузько направленного променевого обігріву

Процесам руху повітря і теплообміну при застосуванні повітряних завіс присвячено багато робіт [4–11]. Найбільш послідовне викладення наукових результатів з аналізу аеро- і термодинамічних процесів у отворі з повітряно-тепловою завісою наведено в [4]. Ю.В. Іванов [5] у своїй роботі найбільш повно вивчив розповсюдження струменів у потоці, що зносить. У його роботі розглянуті траєкторії одиночного прямокутного, плоского та круглого струменів в обмеженому та вільному поперечних потоках. Для того, щоб створити плоский струмінь, використовувались сопла з шириною 0,9; 2,7; 4 мм. Експерименти проводились при двох значеннях відношення абсолютних температур $T_2/T_1 = 1$ і 2. Зміни відношення

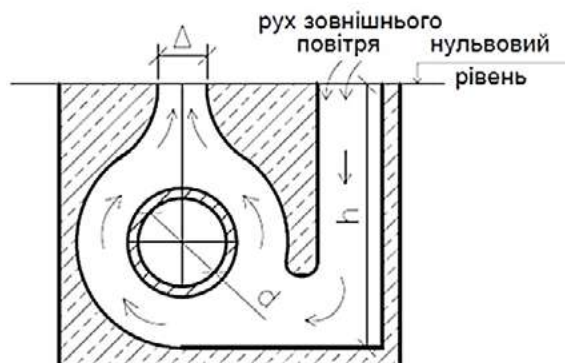


Рис. 2. Трубчастий газіві нагрівач у горизонтальному каналі для створення повітряної завіси на рівні підлоги

критичних енергій струменя к потоку, що зносить, складали від 400 до 12,5. Експерименти проводились с соплами, встановленими під кутами: $\alpha = 0^\circ\text{C}$ и $\alpha = 30^\circ\text{C}$. Розвиток струменя показаний на рис. 3.

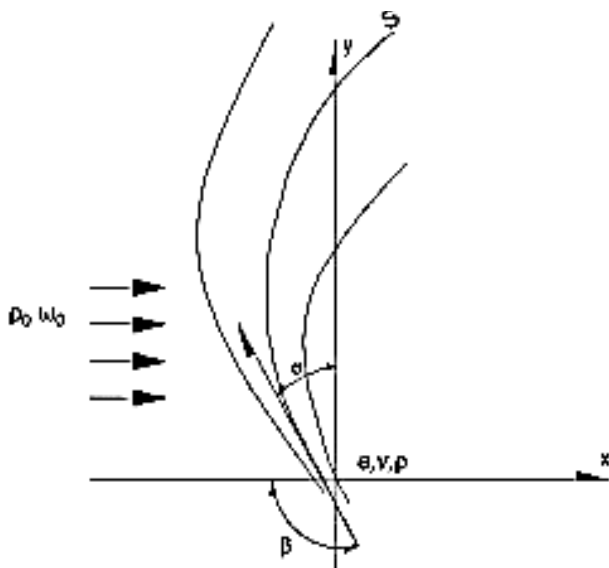


Рис. 3. Схема розвитку струменя у поперечному потоці

Після обробки експериментальних даних Ю.В. Іванов запропонував рівняння для розрахунку плоского струменя в потоці, яке мають вигляд:

$$\frac{a_x}{v_0} = 1.9 \left(\frac{\rho_0 \omega_0}{\rho v^2} \right) \left(\frac{a_y}{v_0} \right) + \frac{a_y}{v_0} \text{Ctg} \beta, \quad (1)$$

де y – відстань від вісі сопла по нормалі до потоку, що зносить; x – відстань від вісі сопла у напрямі потоку, що зносить; v_0 – половина ширини сопла; ω_0 – швидкість потоку, що зносить; v^2 – швидкість витоку газу; ρ – щільність газу; ρ_0 – щільність потоку, що зносить; a – коефіцієнт структури струменя.

Лінія, що поєднує точки з максимальними значеннями швидкостей прийнята Ю.В. Івановим як весь струменю.

Постановка завдання. Мета – розробити критерії та алгоритм прийняття рішень для трубчастого газового нагрівача, який використовується для повітряної завіси при обігріву відкритої площадки промислового підприємства.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для знаходження оптимального рішення для трубчастих газових нагрівачів, які розташовуються у горизонтальних каналах і застосовуються для повітряних завіс на границі опалювальної площадки, був використаний підхід з застосуванням бінарних відношень вибору, у відповідності з [12; 13]. У дослідженні використовується математична модель трубчастого газового нагрівача з екраном розташованим в горизонтальному каналі.

Математична модель теплових та гідравлічних режимів роботи трубчастих газових нагрівачів з екраном представлена [14] у вигляді:

$$M = \rho wF = \text{const}, \quad (2)$$

$$\rho = \rho RT, \quad (3)$$

$$dp = -\frac{\lambda}{D} \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \cdot dx + (\rho_a - \rho) \cdot g \cdot dh, \quad (4)$$

$$dQ_{1K} = \pi D dx \alpha_1 (T - T_w), \quad (5)$$

$$dQ_{1II} = \pi D dx c_o \varepsilon (T^4 - T_w^4) 10^{(-8)}, \quad (6)$$

$$dQ_1 = dQ_{1K} + dQ_{1II}, \quad (7)$$

$$dQ_{2K} = \pi D dx \alpha_1 (T_w - T_e), \quad (8)$$

$$dQ_{2II} = \pi D dx c_o \varepsilon_w (T_w^4 - T_e^4) 10^{(-8)}, \quad (9)$$

$$dQ_{2K} = \pi D dx \alpha_1 (T_w - T_e), \quad (10)$$

$$dQ_3 = dQ_{3K} + dQ_{3II}, \quad (11)$$

$$dQ_{3II} = \pi D dx c_o \varepsilon_e (T_e^4 - T_o^4) 10^{(-8)}, \quad (12)$$

$$dQ_3 = dQ_{3K} + dQ_{3II}, \quad (13)$$

$$dQ_1 = dQ_2 = dQ_3, \quad (14)$$

$$d(\rho w F C_p T) = -dQ_1 + dQ_0 \quad \text{for } 0 < x < L_f, \quad (15)$$

$$d(\rho w F C_p T) = -dQ_1 \quad \text{for } x > L_f, \quad (16)$$

$$dQ_0/dx = Q_0/S_f 2\pi \cdot y_f(x) \quad \text{for } 0 < x < L_f, \quad (17)$$

$$dp = -\frac{\lambda}{D} \cdot \rho \cdot \frac{w^2}{2} \cdot dx + (\rho_a - \rho) \cdot g \cdot dh, \quad (18)$$

$$d\rho = (dp - \rho R dt)/(RT), \quad (19)$$

$$dw = (-wF dp - \rho w dF)/(\rho F), \quad (20)$$

$$\int dp_i(x_i) + \Delta p_5 + \Delta p_6 = 0. \quad (21)$$

Основні параметри оптимізації – це x^1 – теплова потужність нагрівача, кВт; x^2 – витрата повітря, м³/год; x^3 – діаметр трубчастого нагрівача, м; x^4 – діаметр екрану, м; x^5 – довжина нагрівача, м; x^6 – довжина екрану, м.

Шукаючи рішення задачі оптимізації з математичною моделі (2)–(21), як знаходження найбільш переважного рішення, можна замість цього шукати блокуюче

рішення за трьома критеріями. У такому випадку відношення бінарного вибору (22) можна записати як:

$$x_1 R_{s,y_1} \equiv [E_2(x_1) \leq 0 \text{ and } E_2(y_1) > 0] \text{ and } [E_3(x_1) \leq 0 \text{ and } E_3(y_1) > 0] \\ \text{and } [E_l(x_1) \geq E_l(y_1)]. \quad (22).$$

Операторна схема алгоритму еволюційного пошуку представлена на рис. 4:

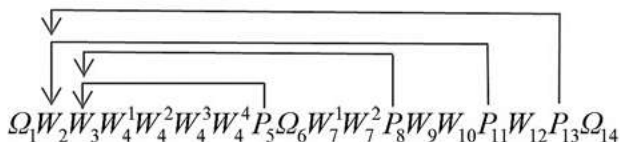


Рис. 4. Операторна схема алгоритму еволюційного пошуку

де: Ω_1 – початок пошуку; W_1 – генерація можливих значень $x = \{x^1, x^3, \dots, x^6\}$; W_3 – генерація можливого значення температури нагрівача на конкретному кроці інтегрування по довжині нагрівача; W_4^1 – обчислення витрат тепла $dQ_{1K}, dQ_{1IP}, dQ_{1I}$; W_4^2 – обчислення витрат тепла dQ_{2K}, dQ_{1IP} ; W_4^3 – обчислення температури поверхні екрану T_e ; W_4^4 – обчислення теплових витрат dQ_{3K}, dQ_{3IP} ; P_5 – чи досягнутий необхідний тепловий баланс на поверхні екрану? Якщо «НІ», то перехід на W_3 ; Ω_6 – початок інтегрування рівнянь (5; 6; 7); W_7^1 – обчислення параметрів руху і теплопередачі на початок ділянки; W_7^2 – обчислення параметрів руху і теплопередачі на кінці ділянки; P_8 – завершений процес інтегрування на кінець нагрівача? Якщо «НІ», то перехід до W_3 ; W_9 – обчислення трьох цільових функцій: цільової

Таблиця 1

Процес еволюційного пошуку рішень за оптимізації трубчастого газового нагрівача з екраном для повітряній завіси відкритої площадки

Ітерації	Параметри оптимізації X(I)						Функції – E		
	x^1	x^2	x^3	x^4	x^5	x^6	E1	E2	E3
KIT=1	3.518	592.056	0.180	0.321	73.416	25.191	0.595	0.000	0.125
	3.894	631.677	0.149	0.298	70.887	23.178	0.525	0.000	1.105
	3.849	594.436	0.180	0.325	80.495	28.241	0.601	0.000	0.194
	4.011	619.410	0.179	0.321	81.686	27.335	0.587	0.000	0.191
	3.835	571.418	0.180	0.290	76.128	32.977	0.610	0.000	0.225
	3.643	567.528	0.173	0.285	76.542	32.648	0.597	0.000	0.190
KIT= 2	2.863	547.761	0.180	0.328	78.954	29.200	0.611	0.000	0.000
	3.472	599.576	0.177	0.350	70.661	25.288	0.596	0.000	0.017
	3.758	596.245	0.180	0.349	71.335	25.340	0.609	0.000	0.164
	3.715	584.310	0.180	0.348	80.931	26.029	0.615	0.000	0.172
	3.485	544.538	0.180	0.350	74.191	26.945	0.636	0.000	0.194
	3.551	537.271	0.180	0.321	84.564	35.413	0.631	0.000	0.208
KIT=15	2.000	347.216	0.180	0.350	90.589	30.841	0.739	0.000	0.000
	2.000	347.217	0.180	0.350	69.723	29.083	0.739	0.000	0.000
	2.000	347.217	0.180	0.350	69.723	29.083	0.739	0.000	0.000
	2.000	347.240	0.180	0.350	64.000	26.414	0.739	0.000	0.000
	2.000	347.267	0.180	0.350	87.901	25.169	0.739	0.000	0.000

функції $E_1(x) = \eta$ – безрозмірна ефективність, $E_2(x)$ інтегральне відхилення струменя по вісі від максимального значення у відповідності з (1):

$$E_2(x) = \Sigma abs(x \cdot \partial x - x_{max}).$$

де $E_{31}(x)$ – безрозмірне відхилення втрат тиску в нагрівачі від максимального значення:

$$E_3(x) = E_{31}(x) + E_{32}(x).$$

$E_{32}(x)$ – безрозмірне відхилення температурного перепаду на екрані нагрівача від максимального перепаду температур.

$$E_{32}(x) = \Sigma(\Delta T_e(x_i)/T_{max},$$

де $\Delta T_e(x_i) = -(T_e(x_i) - T_{max})$ якщо $(T_e(x_i) \leq T_{max})$ та $\Delta T_e(x_i) = 0$ якщо $T_e(x_i) \geq T_{max}$; W_{10} – вибір N_k найбільш привабливих рішень для кожної гілки N_E еволюції; P_{11} – генерація можливих рішень для кожної гілки еволюції? Якщо «НІ», то перехід до W_2 ; W_{12} – обчислення параметрів пошуку для кожного кроку ітерації; P_{13} – досягнення заданої точності отримання найбільш привабливих рішень? Якщо «НІ», то перехід до W_2 ; Ω_{14} – кінець пошуку.

Бінарне відношення вибору приймалося у формі (22).

Результати еволюційного пошуку для вирішення задачі оптимізації трубчастого газового нагрівача з екраном, який застосовується при обігріві відкритої площадки представлені в табл. 1.

Висновки й перспективи подальших досліджень. Сформульовані критерії оптимізації рішень для трубчастих газових нагрівачів, що застосовуються для повітряних завіс на границі виділеної відкритої промислової площадки. Розроблений алгоритм багатокритеріальної оптимізації для прийняття рішень при застосуванні трубчастих газових нагрівачів для повітряних завіс відкритих промислових площадок. Проведені чисельні розрахунки багатокритеріальної оптимізації по розробленому алгоритму еволюційного пошуку. Розрахунки показали, що розроблений алгоритм еволюційного пошуку дозволяє отримати важливі параметри трубчастих газових нагрівачів з екраном, при застосуванні у повітряних завісах для відкритих площадках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Солод Л.В. Проектирование систем отопления с инфракрасными трубчатыми газовыми обогревателями. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия «Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве»*. 2013. Вып. 70. С. 202–208.
2. Ахрамович А.П., Дмитриев Г.М., Колос В.П. Оптимизация систем инфракрасного обогрева производственных цехов. *Промышленная теплотехника*. 2012. Т. 34. № 2. С. 77–80.
3. Процессы лучистого теплопереноса при обогреве открытых площадок / А.А. Редько, И.А. Редько, Ю.А. Бурда, А.Ф. Редько, С.В. Павловский. *Инженерно-физический журнал*. 2020. Т. 93. № 6. С. 1576–1583.
4. Григорьев А.Ю., Жигновская Д.В. Обзор и анализ аэро- и термодинамических процессов в проеме с воздушно-тепловой завесой. *Научный журнал Национального исследовательского университета ИТМО. Серия «Холодильная техника и кондиционирование»*. № 4. 2016. С. 6–15.
5. Иванов Ю.В. Плоская струя во внешнем поперечном потоке. *Известия Академии наук Эстонской Советской Социалистической Республики*. Таллин, 1953. Т. II. № 2. С. 33–68.

6. Палатник И.Б., Темирбаев Д.Ж. Закономерности распространения осесимметричной воздушной струи в сносящем однородном потоке. *Проблемы теплоэнергетики и прикладной теплофизики*. 1967. Вып. 4. С. 68–82.
7. Newman B.G. The Deflexion of Plane Jets by Adjacent Boundaries Coanda Effect Boundary Layer and Flow Control. *Pergamon Press. Oxford*. 1961. Vol. 1. P. 232–264.
8. Визель Я.М., Мостинский И.Л. Искривление струи в сносящем потоке. *Инженерно-физический журнал*. 1965. Т. 8. № 2. С. 58–67.
9. Шепелев И.А. Аэродинамика воздушных потоков в помещении. Москва, 1978. 145 с.
10. Шандров Г.С. Истечение из канала в неподвижную и движущуюся среду. *Журнал технической физики*. 1957. Т. 27. № 1. С. 92–108.
11. Григорьев А.Ю., Рубцов И.А. Моделирование пусковых режимов работы тепловой завесы. *Вестник Международной академии холода*. 2012. № 3. С. 32–35.
12. Юдин Д.Б. Вычислительные методы теории принятия решений. Москва : Наука, 1989. 320 с.
13. Yudin D.B. Generalized mathematical programming. *Economics and Mathematical Methods*. 1984. Vol. 20. P. 148–167.
14. Development of evolutionary search algorithms with binary choice relations for pellet tubular heaters / V. Irodov, M. Shaptala, K. Dudkin, D. Shaptala, H. Prokafieva. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. No. 3/8 (111). P. 50–59.
15. Experimental Simulation and Multiobjective Optimization of the Work of a Pellet Burner for a Tubular Gas Heater / V.F. Irodov, R.V. Barsuk, G.Ya. Chornomorets, A.A. Chernoyvan. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2021. Vol. 94. P. 227–233.

REFERENCES:

1. Solod, L.V. (2013) Proektirovanie system otoplenie s infrakrasnimi trubchatimi gasovimi nagrevatelyami [Design of heating systems with infrared tubular gas heaters]. *Stroitel'svo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Seriya: Energetika, ekologiya, kompyuternie tekhnologii v stroitel'stve - Construction. Materials Science. Mechanical engineering. Series: Energy, ecology, computer technologies in construction*, 70, 202–208 [in Russian].
2. Ahramovich, A.P., Dmitriev, G.M., Kolos, V.P. (2012) Optimizatsiya cistem infrakrasnogo obogreva proizvodstvenih tsekhov [Optimization of infrared heating systems for production halls]. *Prom. teplotekhnika – Industrial heating technology*, 2, 77–80 [in Russian].
3. Redko, A.A., Redko, I.A., Burda, Ya.A., Redko, A.F., Pavlovskii, S.V. (2020) Protssessy luchistogo teploperenosa pri obogreve otkrytykh ploshchadok [Radiant heat transfer processes when heating open areas]. *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal – Engineering Physics Journal*, 6, 1576–1583 [in Russian].
4. Grigoriev, A.Yu., Zhiganovskaya, D.V. (2016) Obzor i analiz aero- i termodinamicheskikh protsessov v proyeme s vozdušno-teplovoy zavesoy [Review and analysis of aerodynamic and thermodynamic processes in the opening with an air-thermal curtain]. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya "Kholodil'naya tekhnika i konditsionirovaniye" – Scientific journal of NRU ITMO. Series "Refrigeration and air conditioning"*, 4, 6–15 [in Russian].
5. Ivanov, Yu.V. (1953) Ploskaya struya vo vneshnem poperechnom potoke [Plane jet in external cross flow] *Izvestiya AN ESSR. Tallin – Izvestia of the Academy of Sciences of the ESSR. Tallinn*, 2, 33–68 [in Russian].
6. Palatnik, I.B., Temirbaev, D.Zh. (1967) Zakonomernosti rasprostraneniya osesimmetrichnoy vozduшной strui v snosyashchem odnorodnom potoke [Regularities of propagation of an axisymmetric air jet in a drifting homogeneous flow] *Problemy teploenergetiki i prikladnoy teplofiziki – [Problems of heat power engineering and applied thermal physics]*, 4, 68–82 [in Russian].

7. Newman, B.G. (1961) The Deflexion of Plane Jets by Adjacent Boundaries Coanda Effect Boundary Layer and Flow Control. *Pergamon Press. Oxford*, 1, 232–264.
8. Vizel, Ya.M., Mostinskii, I.L. (1965) Iskrivleniye strui v snosyashchem potoke [Curvature of a jet in a sweeping stream] *Inzhenerno-fizicheskiy zhurnal – Engineering Physics Journal*, 2, 58–67 [in Russian].
9. Shepelev, I.A. (1978) Aerodinamika vozdushnykh potokov v pomeshchenii [Indoor air flow aerodynamics]. Moscow, Russia: Nauka [in Russian].
10. Shandrov, G.S. (1957) Istecheniye iz kanala v nepodvizhnuyu i dvizhuyushchuyusya sredu [Outflow from a channel into a stationary and moving medium] *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki – Journal of Technical Physics*, 1, 92–108 [in Russian].
11. Grigoriev, A.Yu., Rubtsov, I.A. (2012) Modelirovaniye puskovykh rezhimov raboty teplovoy zavesy [Modeling of starting modes of operation of the thermal curtain] *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii kholoda – Bulletin of the International Academy of Refrigeration*, 3, 32–35 [in Russian].
12. Yudin, D.B. (1989) Vychislitel'nyye metody teorii prinyatiya resheniy [Computational methods of decision theory]. Moscow: Nauka. Gl. red. Fiz.-mat. lit. [in Russian].
13. Yudin, D.B. (1984) Generalized mathematical programming. *Economics and Mathematical Methods*, 20, 148–167.
14. Irodov, V., Shaptala, M., Dudkin, K., Shaptala, D., Prokafieva, H. (2021) Development of evolutionary search algorithms with binary choice relations for pellet tubular heaters. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3/8 (111), 50–59.
15. Irodov, V.F., Barsuk, R.V., Chornomorets, G.Ya., Chernoyvan, A.A. (2021) Experimental Simulation and Multiobjective Optimization of the Work of a Pellet Burner for a Tubular Gas Heater. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 94, 227–233.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEM ANALYSIS

УДК 624.074.04

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.11>

ВИКОРИСТАННЯ РОЗПОДІЛЬНОГО МЕТОДУ В МАТЕМАТИЧНОМУ МОДЕЛЮВАННІ

Каєун Г.М. – старший викладач кафедри менеджменту
та інформаційних технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-2912-4536

У статті розглянуто використання розподільного методу для розв'язування транспортних задач та охарактеризовано загальні підходи до постановки більш складних завдань.

Обґрунтовано актуальність питання з метою оптимального планування розподілу технічних ресурсів під час визначення потреби цих ресурсів та організації їх використання для підвищення ефективності роботи підприємств.

Розкрито необхідність удосконалення та оптимізації планів вантажоперевезень за допомогою методів математичного моделювання транспортної задачі, зокрема розподільного методу.

Досліджено розподільний метод та алгоритми його розв'язання щодо впровадження в процес розрахунку оптимальних планів перевезення вантажів. Охарактеризовано загальні підходи до складання моделі транспортної задачі та наведено критерії її оптимальності, кінцевим результатом якої буде можливість зіставляти свої ресурсні можливості з потребами підприємства, оцінювати їх з точки зору розвитку бізнесу для прийняття оптимальних рішень під час планування перевезень вантажу.

Отримано модель транспортної задачі, яка мінімізує затрати на перевезення вантажів за умови, що їх об'єми виражаються в різних одиницях виміру. Це дозволяє більш точно відобразити в цій моделі конкретне планування відповідної економічної задачі.

Охарактеризовано загальні підходи до оптимізації вантажоперевезень на підприємствах та наведено критерії оптимальності в сучасних умовах господарювання. З'ясовано необхідність використання математичних методів у плануванні та прогнозуванні роботи підприємств, а також вимоги до зменшення транспортних витрат, що потребують поглиблених досліджень та впровадження відповідних математичних моделей.

Обґрунтовано актуальність застосування цього методу для транспортних перевезень за різних одиниць виміру вантажу.

Ключові слова: модель, транспортне завдання, оптимізаційні моделі, ефективність, оптимальний план.

Kavun H.M. *Use of the distribution method in mathematical modeling*

The article considers the problem of using the distribution method to solve transport problems and describes the general approaches to setting more complex problems.

The urgency of the issue is substantiated in order to optimally plan the distribution of technical resources in determining the need for these resources and organize their use in order to improve the efficiency of enterprises.

The necessity of improvement and optimization of freight plans with the help of methods of mathematical modeling of the transport problem by the distribution method is shown.

The distribution method and algorithms for its solution before implementation in the process of calculating the optimal plans of cargo transportation are studied. The general approaches to drawing up of model of a transport problem are characterized and criteria of its optimum are resulted, the final result of which will be an opportunity to compare the resource possibilities with needs of the enterprise, to estimate them from the point of view of business development.

A model of the transport problem is obtained, which minimizes the cost of transporting goods, provided that their volumes are expressed in different units. This allows you to more accurately reflect in this model the specific planning of the relevant economic problem.

The general approaches to optimization of cargo transportation at the enterprises are characterized and the criteria of optimality in modern economic conditions are given. The need to use mathematical methods to plan and forecast the work of enterprises, as well as the growing demands to reduce the cost of transport costs, which require in-depth research and implementation of appropriate mathematical models.

The relevance of the application of this method for transportation with different units of cargo is substantiated.

Key words: model, transport problem, optimization models, efficiency, optimal plan.

Постановка проблеми. Під час вирішення завдання з оптимізації виробництва виникає необхідність застосування нових методів, які покращують організацію виробництва та заощаджують матеріальні ресурси. Більшість методів програмування призначена для визначеного кола задач, розв'язання яких спрощується у зв'язку з використанням їхніх специфічних властивостей. Найбільш поширеним методом є розподільний, який має різні види. Математична модель повинна відображати всі умови, які містяться в ній, і водночас не має включати вимоги, обумовлені лише алгоритмом розв'язку, але не властиві самій задачі, мусить доповнювати систему моделей господарства, виявляти додаткові можливості та резерви його розвитку. Дедалі очевиднішою стає необхідність створення такої моделі транспортної задачі, яка б мінімізувала затрати на перевезення вантажів за умови, що їх об'єми виражені в різних одиницях.

Метою дослідження є одержання за допомогою розподільного методу математичної моделі транспортної задачі, яка допоможе виконувати поточне й оперативне планування раціонального використання транспорту та забезпечить оптимальну структуру машинно-транспортного парку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Процес ефективного застосування здобутків математичного програмування в сучасних економічних дослідженнях органічно пов'язаний із досягненнями на попередніх етапах розвитку. Багато методів програмування пристосовані тільки для визначеного кола задач, розв'язання яких спрощується тільки з використанням їхніх специфічних властивостей. Труднощі виникають не під час складання моделі, а в процесі пошуку методів розв'язання сформульованих задач із вихідними даними. Питання пошуку методів економіко-математичного моделювання в процесі розрахунку оптимальних планів вантажоперевезень з метою підвищення економічної ефективності аграрного підприємства завжди є нагальним.

Виклад основного матеріалу. Задача про розподіл транспорту за видами робіт укладається в економіко-математичну модель так званої розподільної задачі. Одним із найважливіших методів, що використовується під час створення економіко-математичної моделі оптимізації затрат на виконання вантажоперевезень, є розподільний метод, який має певний алгоритм.

Необхідно знайти такий план $\{x_{ij}\}$, який задовольняє умові мінімуму сумарну вартість робіт. Позначимо: x_{ij} – кількість транспорту i -го типу, зайнятого на j -му виді робіт; b_j ($j = 1, 2, \dots, n$) – об'єми робіт, які необхідно виконати; a_i – наявна кількість транспорту ($i = 1, 2, \dots, m$) [1; 3].

Розглянемо обмеження, які потрібно враховувати під час розв'язання завдання:

Всі роботи повинні бути виконані. Для математичного запису цієї умови вводимо коефіцієнт λ_{ij} , який означає норму виробітку одного транспорту i -го типу на j -тій роботі за розглянутий період. Тоді ця умова записується так:

$$\sum_{i=1}^m \lambda_{ij} x_{ij} = b_j. \quad (1)$$

2. До виконання запланованих робіт буде повністю або частково задіяний виділений для цього парк транспорту:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i. \quad (2)$$

Ця умова передбачає можливе неповне використання наявних енергетичних можливостей, на що вказує знак нерівності.

3. Число транспорту не повинно бути від'ємним:

$$x_{ij} \geq 0. \quad (3)$$

Мінімізується лінійна функція:

$$C = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c'_{ij} \lambda_{ij} x_{ij}, \quad (4)$$

де c'_{ij} – вартість 1 га j -тої роботи, виконаної на i -му типі транспорту; $\lambda_{ij} c'_{ij}$ – вартість роботи, виконаної на i -му типі транспорту за весь період.

Цю задачу ще називають λ задачею. Від транспортної вона відрізняється тим, що об'єми в неї виражаються в різних одиницях виміру. Це дозволяє більш точно відобразити в моделі конкретний економічний зміст. Для компенсації різноманітності величин введено коефіцієнт λ . Розподільна задача складніша за транспортну, відповідно, ускладнюється й алгоритм її розв'язання.

Наведемо деякі вихідні дані про розподіл транспорту і розв'яжемо задачу розподільним методом [4].

Об'єми робіт, які потрібно виконати (в натуральних одиницях), наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Об'єми робіт, які потрібно виконати

I	II	III	IV	V
10000	5000	2000	10000	20000

Кількість вантажівок (за типами): $a_1 = 18$, $a_2 = 12$.

Сезонні норми виробітку (в натуральних одиницях) наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Сезонні норми виробітку

λ_{ij}	$j = 1$	$j = 2$	$j = 3$	$j = 4$	$j = 5$
$i = 1$	2770	485	2502	1740	7400
$i = 2$	1360	250	1080	1300	3780

У табл. 3 внесені значення c'_{ij} і $c_{ij} = \lambda_{ij} c'_{ij}$.

Таблиця 3

c'_{ij}	c_{ij}	$j=1$		$j=2$		$j=3$		$j=4$		$j=5$	
i=1	i=1	1,00	2770	3,20	552	1,27	3178	0,80	1392	0,27	1998
i=2	i=2	0,90	1224	3,40	850	1,00	1080	0,70	910	0,25	945

На перетині рядків і стовпців у табл. 4 проставлені дві величини: норми виробітку λ_{ij} – у верхньому лівому кутку; вартість сезонної роботи одного транспорту c_{ij} – у правому нижньому кутку. Крім цього, в кожній клітці є місце для елементів заданої матриці $\{x_{ij}\}$. Початковий план складають за правилом мінімального елемента по стовпцю. Для цього в першому стовпчику відшуковують рядок k з мінімальною величиною вартості та в обрану таким чином клітку k -1 записують таке число машин k -го типу, яке необхідне для виконання всього об'єму робіт виду 1.

Для визначення кількості машин необхідно розділити об'єм роботи v_1 на сезонну продуктивність λ_{k1} , тобто $\frac{10000}{1360} = 7,35$.

У другому стовпчику на роботі II мінімальну вартість мають автомашини другого типу, але машини другого типу, що залишилися ($17 - 7,35 = 7,65$), за продуктивності 250 га за сезон можуть виконати всього лише 1912 га ($7,65 \cdot 250 = 1912$) замість 5000 га. Тому під час виконання об'єму робіт типу II доведеться використати ще 6,36 машин першого типу. Всі залишкові роботи передбачається виконати також на тракторах першого типу, оскільки трактори другого зайняті на роботах I і II. Значення цільової функції дорівнює 41311.

Представляючи математично принцип розподілу вантажівок за правилом мінімального елемента по стовпцю, можна зазначити, що після вибору в k -му стовпцю j -го рядка з мінімальним значенням $c_{ij} c_{kj} = \min(c_{ij})$.

Таблиця 4

Тип машин	v_j u_i	Види робіт												Кількість машин
		I		II		III		IV		V		VI		
		0,863		3,200		0,954		0,800		0,270		0		
1	0	2770 2770		485 1552	6,36 7,32	2502 3178	0,80	1740 1392	5,75 5,75	77400 1998	2,70 20,70	1 1 80	0,23 20,23	18
2	-50	1360 1224	7,35 77,35	250 850	7,65	1080 1080	1,86	1300 910		33780 9945		1 1 80		15
Обсяг робіт, га		10000		5000		2000		10000		20000				

У клітку k_j вписують величину x_{kj} , яка дорівнює:

$$x_{kj} = \min\left(\frac{b_j}{\lambda_{kj}}, a_k - \sum_{lk \neq j} x_{kl}\right). \quad (5)$$

Якщо, згідно з цим правилом, у деякий s -й стовпчик записали величину

$$x_{ks} = a_k - \sum_{lk \neq j} x_{kl}, \quad (6)$$

то наступним кроком буде пошук в s -му стовпчику r -го рядка, який містить

$$c_{rs} = \min(c_{is}),$$

і заповнення клітки rs величиною

$$x_{kj} = \min\left(\frac{b_s - (a_k \sum_{lk \neq j} x_{kl}) \cdot \lambda_{ks}}{\lambda_{rs}}, a_r\right). \quad (7)$$

Після заповнення останнього п'ятого стовпця виявилося, що машини першого типу використані не повністю. Залишок у 2,39 записують в додатковий шостий стовпчик. Для зручності для подальших обчислень в цьому стовпці проставляють величини 1 і 0 [5; 6].

Розпочнемо тепер обчислення попередніх потенціалів, які в розподільному методі задовольняють такі умови:

$$\lambda_{ij} - v_j = c_{ij} \text{ якщо } x_{ij} > 0, j \leq n;$$

$$u_i = 0 \text{ якщо } x_{i,n+1} > 0.$$

Для потенціалів в оптимальному плані додаються умови:

$$u_i \geq 0, \text{ для всіх } i; \lambda_{ij} \cdot v_j - u_i \leq c_{ij} \text{ для всіх } i, j; \text{ якщо } jx_i = 0. \quad (8)$$

Одразу після обчислення потенціалів видно, що початковий план $C=41311$ у.о. не оптимальний, його необхідно покращити. Процес покращення плану в розподільному методі набагато складніший, ніж у транспортній задачі, йому повинна передувати допоміжна операція з викреслювання рядків і стовпців, яка полягає в послідовному вивченні рядків матриці X і викреслюванні тих із них, що містять всього одну заповнену клітку, тобто один ненульовий елемент.

$$X = \begin{pmatrix} 0 & 6,36^* & 0,80^* & 5,75^* & 2,70^* & 2,39^* \\ & 6 & 2 & 3 & 4 & 7 \\ 7,35^* & 7,65 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 5 & & & & \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Процес викреслювання закінчується тоді, коли всі ненульові елементи матриці будуть у викреслених рядках.

Складемо співвідношення $\frac{x_{lj}}{x_{ij}}$ для всіх $\bar{x}_{ij} > 0$, найменше з них приймають за 0 і за допомогою формули (18) отримують новий, більш економний варіант плану. Значення 0 проставляють у клітці $r_1 d_1$. Економія завдяки виправленню плану в першому випадку дорівнює θ_u , а у другому – $\theta_{\omega_{r2d1}}$. Пояснимо все сказане на подальшому прикладі. В нашому випадку серед величин u_1 і $v_{2111} = -342$. Отже, у новому плані величина θ повинна бути внесена до клітки 2111.

Складаємо два ланцюжки:

– перший $x_{211}, x_{111}^*, x_{117}$;

– другий x_{111}^*, x_{117} .

Знаходимо доданок $\bar{x} \frac{(1)}{ij}$ та $\bar{x} \frac{(2)}{ij}$:

$$\begin{aligned} \bar{x} \frac{(1)}{211} &= 1; \bar{x} \frac{(1)}{111} = -\frac{\lambda_{211}}{\lambda_{111}} \bar{x}_2^1 = -0,515; \bar{x}_{171}^1 = -\bar{x}_{111}^1 = 0,515. \\ \bar{x}_{111}^{(2)} &= \frac{1}{\lambda_{111}} = 0,000399; \bar{x}_{171}^{(2)} = -\bar{x}_{111}^{(2)} = -0,000399. \end{aligned} \quad (10)$$

Обчислюємо коефіцієнти $\bar{x}_{ij}$:

$$\begin{aligned}\bar{x}_{1\text{ II}} &= \bar{x}_{1\text{ III}}^{(1)} = -0,515, \\ \bar{x}_{1\text{ III}} &= \lambda_{2\text{ III}} \bar{x}_{1\text{ III}}^{(2)} = 0,434 \\ \bar{x}_{1\text{ V I}} &= \bar{x}_{1\text{ V I}}^{(1)} + \lambda_{2\text{ III}} \bar{x}_{1\text{ V I}}^{(2)} = 0,084, \\ \bar{x}_{2\text{ II}} &= \bar{x}_{2\text{ II}}^{(1)} = 1.\end{aligned}$$

Або у вигляді матриці:

$$\bar{X} = \begin{pmatrix} 0 & -0,515 & 0,431 & 0 & 0 & 0,084 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Визначаємо новий елемент плану θ за формулою:

$$\begin{aligned}\theta &= \min_{\bar{x}_{ij} > 0} \frac{x_{ij}}{\bar{x}_{ij}} = \min \left(\frac{x_{1\text{ III}}}{\bar{x}_{1\text{ III}}}, \frac{x_{1\text{ V I}}}{\bar{x}_{1\text{ V I}}}, \frac{x_{2\text{ II}}}{\bar{x}_{2\text{ II}}} \right) = \\ &= \min \left(\frac{0,80}{0,431}; \frac{2,39}{0,084}; \frac{7,65}{1} \right) = 1,86.\end{aligned}\quad (11)$$

Інші елементи плану записуємо до табл. 5.

Таблиця 5

Тип машин	v_j u_i	Види робіт												Кількість машин
		I		II		III		IV		V		VI		
		0,863		3,200		0,954		0,800		0,270		0		
1	0	2770 2770		485 1552	7,32 7,32	2502 3178		1740 1392	5,75 5,75	7400 1998	2,70 2,70	0 1 0	2,23 2,23	18
2	-50	1360 1224	7,35 7,35	250 850	5,79 5,79	1080 1080	1,86 1,86	1300 910		3780 945		0 1 0		15
Обсяг робіт, га		10000		5000		2000		10000		20000				

Попередні потенціали для другого плану (табл. 5) обчислені за формулами (8), причому нульове значення набуває знову u_1 , оскільки рядок 1 має зв'язок зі стовпцем $n + 1$. Як показують розрахунки u_i та v_{ij} , другий план С-40686 також не оптимальний, а мінімум досягається на $v_{2\text{ IV}} = -180$.

Знову залишаємо ланцюжки: перший $x_{2\text{ II}}', x_{1\text{ II}}^*, x_{1\text{ V I}}'$; другий $x_{1\text{ I V}}^*, x_{1\text{ V I}}'$.

Обчислюємо нові доданки $\bar{x}_{ij}^{(1)}$ та $\bar{x}_{ij}^{(2)}$:

$$\begin{aligned}\bar{x}_{2\text{ II}}^{(2)} &= 1; \bar{x}_{1\text{ III}}^{(1)} = -\frac{\lambda_{2\text{ II}}}{\lambda_{1\text{ II}}} \bar{x}_{2\text{ II}}^{(1)} = -0,515; \bar{x}_{1\text{ II}}^{(1)} = 0,515, \\ \bar{x}_{1\text{ I V}}^{(2)} &= \frac{1}{\lambda_{1\text{ I V}}} = 0,000575; \bar{x}_{1\text{ I V}}^{(2)} = -\bar{x}_{1\text{ I V}}^{(2)} = 0,000575\end{aligned}\quad (12)$$

та коефіцієнти $\bar{x}_{ij}$. В результаті отримуємо:

$$\bar{X} = \begin{pmatrix} 0 & -0,515 & 0 & 0,747 & 0 & -232 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Далі знаходимо:

$$\theta = \min \left(\frac{x_{1\text{ I V}}}{x_{2\text{ I V}}}, \frac{x_{2\text{ II}}}{x_{1\text{ II}}} \right) = \min \left(\frac{5,75}{0,747}, \frac{5,79}{1} \right) = 5,79.\quad (13)$$

Використовуючи величини θ та $\bar{x}_{ij}$, змінюємо план, згідно з формулою (18), та отримуємо третій варіант плану (табл. 6).

Таблиця 6

Тип машин	v_j u_i	Види робіт												Кількість машин
		I		II		III		IV		V		VI		
		0,863		3,200		0,954		0,800		0,270		0		
1	0	2770 2770		485 1552	7,32 7,32	2502 3178		1740 1392	5,75 5,75	7400 1998	2,70 2,70 2,70	0 1 0	3,57 2,23	18
2	-50	1360 1224	7,38 7,35	250 850	5,79 5,79	1080 1080	1,86 1,86	1300 910		3780 945		0 1 0		15
Обсяг робіт, га		10000		5000		2000		10000		20000				

Для цього плану $C=39645$ жодна з величин u_i, v_j не є негативною. Отже, отримано оптимальний варіант. Його реалізація обійдеться в 39 645 у. о, водночас як за першим планом було 41 311 у. о. Завдання вирішено. Оптимальний варіант розподілу машин за видами робіт знайдено [2; 3; 7].

Висновки і пропозиції. Однак слід звернути увагу на одну обставину. Рішення отримали не в цілих числах, тобто кількість машин виражається у вигляді дробових величин. Округлення до цілих порушило б оптимальність плану, тому рекомендується оперувати не кількістю машин, а кількістю машино-змін. Для цього треба помножити кожен із елементів x_{ij} на постійну величину – кількість змін у розрахунковому періоді. У такий спосіб отримують кількість змін, яку має відпрацювати i -та машина на j -й роботі.

Під час складання диспетчерського плану роботи машинного парку орієнтуються насамперед на кількість змін і потім на округлену до цілих кількість машин, передбачену оптимальним планом. При цьому число змін у розрахунковому періоді вже не буде постійним для всіх марок машин та видів роботи і визначається в кожному випадку запланованою кількістю змін.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Оптимізаційні методи і моделі / О.Г. Савченко та ін. Херсон : ТОВ «Айлайт», 2014. 430 с.
2. Іващук О.Т. Економіко-математичне моделювання. Тернопіль : ТНЕУ. 2008. 704 с.
3. Лобода О.М. Актуальні проблеми ідентифікації та моделювання структури управління підприємством. *Наука й економіка*. 2015. № 3. С. 130–134.
4. Гагаулін А.М. Економіко-математичні методи в плануванні сільськогосподарського виробництва. Київ : Вища школа, 2000. 260 с.
5. Вітлінський В.В. Аналіз, моделювання та управління економічним ризиком. Київ : КНЕУ, 2000. 292 с.
6. Лобода О.М., Димов В.С. Моделі та методи інформаційних технологій управління аграрного сектора економіки за допомогою достатніх умов оптимальності. *Проблеми інформаційних технологій*. Херсон, 2018. Вип. 1 (023). С. 104–110.
7. Influence of Mineral Nutrition and Combined Growth Regulating Chemical on Nutrient Status of Sunflower / E.O. Domaratskiy et al. *Indian Journal of Ecology*. 2018. Vol. 45. Issue 1. P. 126–129.

REFERENCES:

1. Savchenko, O.H., Kavun, H.M., Valko, N.V., Kuzmich, L.V. (2014) *Optyimizatsiyni metody i modeli* [Optimization Methods and Models]. Kherson : Ailight LLC. 430 p. [in Ukrainian]
2. Ivashchuk, O.T. (2008) *Ekonomiko-matematychne modelyuvannya* [Economic and Mathematical Modeling]. Ternopil : TNEU. 704 p. [in Ukrainian]
3. Loboda, O.M. (2015) Aktual'ni problemy identyfikatsiyi ta modelyuvannya struktury upravlinnya pidpryyemstvom [Actual Problems of Identification and Modeling of Enterprise Management Manufacturing]. *Science and Economics*. № 3. pp. 130–134. [in Ukrainian]
4. Hataulin, A.M. (2000) *Ekonomiko-matematychni metody v planuvanni sil's'ko-hospodars'koho vyrobnytstva* [Economic and Mathematical Methods in Agricultural Production Planning]. Kyiv : Higher School. 260 p. [in Ukrainian]
5. Vitlinsky, V.V. (2000) *Analiz, modelyuvannya ta upravlinnya ekonomichnym ryzykom* [Analysis, Modeling and Management of Economic Risk]. Kyiv : KNEU. 292 p. [in Ukrainian]
6. Loboda, O.M., Dymov, V.S. (2018) Modeli ta metody informatsiynykh tekhnolohiy upravlinnya ahrarnoho sektoru ekonomiky za dopomohoyu dostatnikh umov optimal'nosti [Models and methods of information technologies of management of economy's agrarian sector with the help of optimality's sufficient conditions]. *Problems of information technology*. Kherson. Issue 01 (023), pp. 104–110. [in Ukrainian]
7. Domaratskiy, E.O., Bazaliy, V.V., Domaratskiy, O.O., Dobrovol'skiy, A.V., Kyrychenko, N.V., Kozlova, O.P. (2018) Influence of Mineral Nutrition and Combined Growth Regulating Chemical on Nutrient Status of Sunflower. *Indian Journal of Ecology*. Vol. 45. Issue 1. P. 126–129. [in English]

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.661.2:005.591.6

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.12>

АНАЛІЗ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ВІТЧИЗНЯНОЇ СИРОВИНИ

Горач О.О. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-8737-5002

Михалик К.В. – студентка магістратури
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-4421-2729

Гусар А.О. – студентка магістратури
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-1742-1800

Важливим чинником здоров'я нації є повноцінне харчування населення, у зв'язку з цим проблема вивчення механізмів здоров'я та шляхів його збереження є надзвичайно актуальною. Одним зі способів реалізації державної політики в галузі здорового харчування населення України є розробка високоефективних технологій у переробних галузях агропромислового комплексу, пошук нових вітчизняних сировинних джерел та створення продуктів харчування нового покоління, збагачених есенційними мікронутрієнтами. Відповідно до тенденцій зростає кількість алергічних захворювань, зумовлена незасвоєністю певних харчових сполук, зокрема глютену. Проведений аналіз виробництва безглютенової продукції функціонального призначення дозволяє зробити висновок, що наразі основну частку на ринку безглютенових продуктів харчування в Україні займають продукти імпортного виробництва. Світовий досвід доводить, що сьогодні існує досить широкий вибір безглютенової продукції. Виробництво таких продуктів дозволить розширити асортимент вітчизняних виробників хлібопекарських виробів та дасть змогу замінити дорожчу імпортовану безглютенову продукцію власною, щорічно відновлюваною рослинною сировиною. Крім того, актуальним завданням є впровадження у вітчизняне виробництво інноваційних технологій із використанням рослинної вітчизняної сировини функціонального призначення для кафе, ресторанів та інших закладів громадського харчування. На основі світового досвіду можна зробити висновок, що впровадження у вітчизняне виробництво технологій одержання безглютенової продукції дозволить наповнити ринок України товарами на основі використання власної, щорічно відновлюваної сировини за умови розробки вітчизняних технологій переробки і рецептур одержання корисної та якісної

безглютенової сировини. У зв'язку з вищевикладеним особливою актуальністю набуває питання виробництва вітчизняної якісної та корисної безглютенової продукції на основі використання вітчизняної сировини.

Ключові слова: глютен, клітковина, борошно, хлібобулочні вироби, виробництво.

Gorach O.O., Muhaluk K.V., Husar A.O. Analysis of production of gluten-free products of functional purpose based on the use of domestic raw materials

An important factor in the health of the nation is the proper nutrition of the population, so the problem of studying the mechanisms of health and ways to preserve it is extremely important. One of the ways to implement the state policy in the field of healthy nutrition of Ukraine is to develop highly efficient technologies in the processing industries, search for new domestic raw materials and create a new generation of food enriched with essential micronutrients. According to trends, the number of allergic diseases caused by the inadequacy of certain food compounds, in particular gluten, is growing. The analysis of the production of gluten-free products for functional purposes allows us to conclude that today the main share in the market of gluten-free food in Ukraine is occupied by imported products. World experience allows us to conclude that today there is a wide range of gluten-free products. The production of gluten-free products will expand the range of domestic bakery producers and will replace expensive, imported gluten-free products with their own annually renewable vegetable raw materials based on the use and introduction of the latest technologies. In addition, the introduction into domestic production of innovative technologies using domestic raw materials for functional purposes for cafes, restaurants and other catering establishments is an urgent task in connection with the development. Based on world experience, we can conclude that the introduction of domestic production of gluten-free products will fill the Ukrainian market with goods based on the use of its own, annually renewable raw materials, provided the development of domestic processing technologies and recipes for useful, high-quality gluten-free raw materials. In connection with the above, the issue of production of domestic quality and useful gluten-free products based on the use of domestic raw materials becomes especially relevant.

Key words: gluten, fiber, flour, bakery products, production.

Постановка проблеми. Повноцінне і збалансоване харчування населення в Україні є одним із найважливіших чинників, що визначає здоров'я нації. Здоров'я нації – це показник цивілізованості держави, що відображає рівень її соціально-економічного розвитку, головний критерій доцільності та ефективності всіх сфер діяльності людини. Наразі в Україні тенденція до погіршення здоров'я населення набула загрозливого рівня. Це зумовлено багатьма чинниками, пов'язаними, зокрема, з погіршенням екологічної ситуації та споживанням харчової продукції сумнівної якості. З огляду на це проблема вивчення механізмів здоров'я та шляхів його збереження є надзвичайно актуальною. Розуміння суті здоров'я з позицій фізичного, психологічного, соціального й духовного добробуту дозволить виявити філософські, культурологічні, медико-біологічні й психолого-педагогічні аспекти його формування. Значущість цих чинників підтверджується пріоритетним напрямом державної політики [1].

Одним зі способів реалізації державної політики в галузі здорового харчування населення України є розробка високоефективних технологій у переробних галузях агропромислового комплексу, пошук нових вітчизняних сировинних джерел та створення продуктів харчування нового покоління, збагачених есенційними мікронутрієнтами. Відповідно до тенденцій зростає кількість алергічних захворювань, зумовлена незасвоєваністю певних харчових сполук, зокрема глютену. У зв'язку з вищевикладеним особливою актуальністю набуває питання виробництва продукції функціонального призначення з використанням безглютенової сировини.

Метою дослідження є визначення актуальності безглютенової продукції на основі використання вітчизняної, традиційно вирощуваної сировини для виробництва хлібобулочних виробів функціонального призначення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На основі проведеного аналізу сучасного виробництва безглютенової продукції можна зробити висновок, що наразі вітчизняний ринок представлений імпортованою продукцією та майже повністю відсутнє виробництво власної безглютенової продукції з використанням вітчизняних технологій і рецептур. Тому особливою актуальністю набуває питання створення вітчизняної інноваційної продукції на основі власної сировини. Сьогодні в Україні відсутні відомості щодо використання вторинних продуктів переробки зерна рису, що дало б змогу підвищити харчову цінність, дозволило б розширити асортимент для виробників, які займаються виготовленням хлібопекарської продукції дієтичного, профілактичного харчування, і забезпечило би безвідходність та екологічну чистоту виробництва рисової крупи.

Глютен, або клейковина, – це нерозчинний у воді білок, що міститься в зернах злакових рослин, зокрема пшениці, жита, ячменю та інших культур. Глютен найчастіше використовують в харчовій промисловості. Найпоширеніший вид глютену – це пшеничний, тобто суха пшенична клейковина (далі – СПК). Пшеничний глютен набирає популярності на ринку харчової промисловості, особливо з урахуванням порівняно невисокої частки якісного продовольчого зерна.

Глютен є одним із критеріїв оцінки якості борошна в хлібопекарській промисловості та найчастіше використовується в цій галузі. У борошномельній промисловості широко застосовуються поліпшувачі борошна, а глютен – найпоширеніший із них [2; 3].

Основні причини розвитку глютенного виробництва наведені на рис. 1.



Рис. 1. Чинники розвитку глютенного виробництва

Світовий ринок безглютенового хліба в 2015 р. становив 1 млрд доларів і складав майже третину всієї безглютенової продукції. Попит на безглютенову продукцію майже повністю задовольняється розвиненими країнами Північної Америки та Західної Європи [4].

Зернові культури забезпечують ресурсами круп'яну, борошномельну, макаронну та інші галузі промисловості. Виходячи з цього, основними продуктами переробки пшениці є крупи, зокрема булгур, кускус тощо, борошно, хлібобулочні вироби, кондитерські вироби, макарони, комбікорм.

Друга група продуктів переробки пшениці складається з крохмалю та його похідних: клейковини (глютена), глюкози, глюкозно-фруктозних сиропів, патоки, лізину, лимонної кислоти, висівок, клітковини.

Найширша сфера застосування – у виробництві крохмалю. Глютен, глюкоза, глюкозно-фруктозні сиропи, патока затребувані у багатьох сегментах харчової промисловості, а лізин – у тваринництві.

Виклад основного матеріалу дослідження. Україна ввозить великий перелік продуктів переробки зерна, оскільки внутрішнє виробництво більшості з них практично відсутнє. Місцеве виробництво може стати протидією залежності від імпортової продукції. Перевагою України у розміщенні заводу з переробки зерна є наявність основного ресурсу – пшениці. Завдяки фізичній та економічній доступності цієї злакової культури можна виробляти найрізноманітніші безглютенові продукти.

Розробці та вдосконаленню технологій хліба, збагаченого мікронутрієнтами, і безглютенових борошняних виробів приділяли велику увагу такі вчені: Л.І. Баранівська, О.М. Васильченко, Є.В. Єрмаков, В.Д. Макаренко, О.А. Опря, С.В. Петруха, П.Т. Саблук.

Враховуючи значні обсяги виробництва та переробки зерна рису в Україні, особливий інтерес представляє вторинна сировина його переробки – рисове борошно, яке є цінним джерелом харчових функціональних інгредієнтів і зараз практично не використовується.

З огляду на це актуальним є виробництво хлібобулочних виробів функціонального призначення на основі безглютенового борошна з використанням вторинних продуктів переробки зерна рису, що дозволить підвищити харчову цінність, розширити асортимент для виробників, які займаються виготовленням хлібопекарських виробів дієтичного, профілактичного харчування, та забезпечить безвідходність й екологічну чистоту виробництва рисової крупи. Виробництво безглютенової продукції дасть змогу замінити дорогі імпортовані безглютенові продукти власною, щорічно відновлюваною рослинною сировиною за умов використання та впровадження новітніх технологій. Крім того, впровадження у вітчизняне виробництво інноваційних технологій із використанням рослинної вітчизняної сировини функціонального призначення для кафе, ресторанів та інших закладів громадського харчування є актуальним завданням, зважаючи на розвиток туристичного сервісу.

Наразі відомі результати проведених досліджень компанії Pro-Consulting, яка вивчала світовий ринок глютену і продуктів переробки пшениці. У дослідженні розглядалися питання виробництва і зовнішньої торгівлі глютенем між різними країнами. Також було проаналізовано виробництво таких продуктів переробки пшениці, як крохмаль, глюкоза і глюкозно-фруктозні сиропи, лізин, лимонна кислота. Додатково вивчалася перспектива виробництва цих продуктів в Україні [5; 6].

Сьогодні кількість людей, які страждають на целиакію та непереносимість глютену, в Україні, за даними вітчизняних дослідників, наближається до 400 тис. осіб; 47,5 тис. дітей мають розлад аутичного спектра, 19,69 тис. страждають від дитячого церебрального паралічу, діагноз «целиакія» мають 2,5 тис. пацієнтів.

Безглютенова їжа стала характерною рисою харчування і життя в третьому тисячолітті. Зростання кількості хворих на непереносимість глютену та целиакію зумовлює збільшення споживання безглютенових харчових продуктів. Окрім того, мільйони людей у всьому світі стали споживати продукти, що не містять глютену, не лише через діагностику целиакії, а й через загальне уявлення про

підтримку здоров'я та профілактику хвороб. Інтенсифікація маркетингової діяльності та покращення каналів збуту сприяють необхідності виробництва продуктів, що не містять глютену.

У табл. 1 зазначені основні виробники безглютенової продукції в Україні.

Аналізуючи дані табл. 1, можна зробити висновок, що наразі в Україні продаж та виробництво безглютенових продуктів лише набирає обертів. Переважна кількість виробників знаходиться у столиці України. Більшість продуктів можна купити лише через інтернет або знайти на прилавках таких магазинів, як «Сільпо», «Фоззі», «Еколавка».

Таблиця 1

Виробники безглютенової продукції в Україні

Виробники	Місто	Назва продукту	Ціна та маса
ТМ «Asparagus»	Київ	Борошно соргове	75 грн/500 г
ТОВ «Крохмалпродукти України»	Київ	Крупа саго	49 грн/500 г
ТМ «Healthy Tradishion»	Київ	Сухий сніданок «Raw Granola»	190 грн/160 г
ТМ «Healthy Tradishion»	Київ	Поживні батончики без цукру з різними смаками	49,99 грн/38 г
ТОВ «Ай да Бейкер»	Київ	Печиво безглютенове «Кориця»	111 грн/60 г
ТМ «Будьмо здорові»	Львів	Печиво «Ванільне»	99 грн/110 г
ТМ «Eat Well»	Київ	Десерт «Манго – Маракуйя»	225 грн/125 г
ТМ «Good Line»	Київ	Кекс «Десертний»	50 грн/230 г
ТОВ «Паніні»	Дніпро	Спіральки кукурудзяні	41 грн/300 г

Зважаючи на результати проведених теоретичних досліджень, можна дійти висновку, що наразі основну частку на ринку безглютенових продуктів харчування в Україні становлять продукти імпортного виробництва.

Висновки. Світовий досвід виробництва безглютенових продуктів свідчить, що промисловий випуск такої продукції здійснюють фірми Dr. Shar (Італія), Glutano (Німеччина), Finax (Швеція), Moilas, Valio (Фінляндія) тощо. Вони пропонують досить широкий вибір продуктів для харчування хворих на целиакію: хліб, макаронні вироби, печиво, основи для піци, суміші для випічки тощо. Такі продукти запатентовані, їх вирізняє наявність на упаковці маркування «gluten-free». Безглютенову борошняну продукцію виробляють з рисової, кукурудзяної, гречаної муки і крохмалю, вони у кілька разів дорожчі за аналогічні вироби із пшеничного борошна. На основі вищевикладеного можна зробити висновок про необхідність забезпечення хворих на целиакію якісними і недорогими спеціалізованими продуктами вітчизняного виробництва, тож розробка рецептури та технології безглютенових хлібобулочних виробів вітчизняного виробництва є актуальним завданням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Депутатський запит щодо впровадження виробництва безглютенових продуктів в Україні : вебсайт. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/wcadr_document?DOCUMENT_ID=78054&DOCUMENT_TYPE=1.
2. Аналіз світового ринку глютену і продуктів переробки пшениці : вебсайт. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-mirovogo-rynka-glyutena-i-produktov-pererabotki-pshenicy-2019-god>.
3. Безглютенові продукти – найдинамічніший сегмент ринку хлібопродуктів : вебсайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/bezglyutenovi-produkty-naydynamicznishyy-segment-rynku-hliboproduktiv>.
4. Бабіч О.В., Віхот М.М. Проблема забезпечення спеціальними продуктами харчування хворих на целиацію в Україні. *Проблеми старіння і довголіття*. 2016. Т. 25. № 2. С. 230–234.
5. Эффективность продуктов из амаранта в безглютеновом питании детей с непереносимостью глютена / И.А. Бавыкина и др. *Вопросы питания*. 2017. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-produktov-iz-amaranta-vbezglyutenovom-pitanii-detey-s-neperenosimostyu-glyutena>.
6. Дробот В.І., Грищенко А.М. Технологічні аспекти використання борошна круп'яних культур у технології безглютенового хліба. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2013. Вип. 30. С. 52–58.

REFERENCES:

1. Deputatskyi zapyt shchodo vprovadzhennia vyrobnytstva bezghliutenovykh produktiv v Ukraini (2016). URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/wcadr_document?DOCUMENT_ID=78054&DOCUMENT_TYPE=1. [in Ukrainian]
2. Analiz svitovoho rynku hliutenu i produktiv pererobky pshenytsi (2019) : vebсайт. URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-mirovogo-rynka-glyutena-i-produktov-pererabotki-pshenicy-2019-god>.
3. Bezghliutenovi produkty – naidynamichnishyi sehment rynku khliboproduktiv : vebсайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua/bezglyutenovi-produkty-naydynamicznishyy-segment-rynku-hliboproduktiv>.
4. Babich, O.V., Vikhot, M.M. (2016) Problematyka zabezpechennia spetsialnymy produktamy kharchuvannia khvorykh na tseliakiiu v Ukraini [Problems of providing special food for celiac patients in Ukraine]. *Problemy starinnia i dovolittia*. T. 25. № 2. P. 230–234. [in Ukrainian]
5. Bavyikina, I.A I dr. (2017) Effektivnost produktov iz amaranta v bezglyutenovom pitanii detey s neperenosimostyu glyutena. *Voprosi Pitaniya* : vebсайт. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-produktov-iz-amaranta-vbezglyutenovom-pitanii-detey-s-neperenosimostyu-glyutena>.
6. Drobot, V.I., Hryshchenko, A.M. (2013) Tekhnolohichni aspekty vykorystannia boroshna krupianykh kultur u tekhnolohii bezghliutenovoho khliba [Technological aspects of the use of cereal flour in the technology of gluten-free bread]. *Obladnannia ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv*. No. 30. P. 52–58. [in Ukrainian]

УДК 664.661:664.537

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.13>

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БЕЗГЛЮТЕНОВОГО ПРІСНОГО ТІСТА

Дзюндзя О.В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-1996-7065

Scopus-Author ID: 57200823212

Руденко Є.О. – студентка магістратури
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0001-9077-420X

Куришко А.П. – студентка бакалаврату
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-3150-344X

Враховуючи темп життя сучасної людини та збільшення хвороб, які безпосередньо пов'язані з харчуванням, виникає необхідність перегляду раціонів та створення продуктів спеціального призначення. Відповідно до даних Всесвітньої організації охорони здоров'я щороку спостерігається збільшення хворих на целиакію, що викликана алергічною реакцією на глютен. Це хронічне довічне імунізапальне захворювання, через що хворим необхідно пожиттєво дотримуватися безглютенової дієти. Глютен міститься в білку злакових культур, таких як пшениця, овес, жито, ячмінь. Отже, виникає необхідність пошуку перспективних аналогів для виробництва борошняних страв і виробів.

Враховуючи попит на напівфабрикати борошняних кулінарних виробів, таких як вареники, пельмені, хінкалі тощо, у статті розглянуто можливість виробництва прісного безглютенового тіста для них. З огляду на різноманітні фактори предметом дослідження було обрано рисове та кукурудзяне борошно. Отримані дані свідчать, що водопоглинальна здатність борошна кукурудзяного і рисового наближена до контрольного зразка пшеничного борошна, тому використання цієї сировини не повинно сильно впливати на структурно-механічні властивості тіста.

Згідно з проведеними дослідженнями кінематичної в'язкості тіста визначено, що меншу в'язкість має тісто з рисового борошна, порівняно з кукурудзяним, а це призводить до необхідності збільшення частки цього виду борошна в рецептурі. Проведені експериментальні проробки з виробництва прісного тіста з борошна риса і кукурудзи у різних пропорціях доводять це твердження. Встановлено, що оптимальним є таке співвідношення борошна рисового до кукурудзяного: 75:25. За органолептичними показниками розроблена рецептура прісного тіста не поступалася контрольному зразку з пшеничного борошна. З огляду на це вважаємо, що зазначене дослідження має вагоме значення для хворих на целиакію і дає можливість розширити щоденний раціон різноманітними стравами.

Ключові слова: целиакія, прісне тісто, напівфабрикат, безглютенове борошно, глютен.

Dzyundzha O.V., Rudenko Ye.O., Kuryshco A.P. Comparative evaluation of raw materials for the production of gluten-free dough

Given the pace of life of modern man and the increase in diseases that are directly related to nutrition, there is a need to review diets and create special products. According to the WHO, every year there is an increase in patients with celiac disease, which is caused by an allergic reaction to gluten. This disease is defined as chronic, lifelong immunoinflammatory, as a consequence, patients need to follow a vital gluten-free diet. Gluten is found in the protein of cereals such as wheat, oats, rye, barley. Accordingly, there is a need to find promising analogues for the production of flour dishes and products.

Given the demand for semi-finished flour products, such as dumplings, dumplings, khinkali, etc., the article considers the possibility of producing fresh gluten-free dough for them. Rice and corn flour were selected taking into account various factors and factors. The obtained data indicate that the water absorption capacity of corn and rice flour is close to the control sample of wheat flour, so the use of this raw material should not greatly affect the structural and mechanical properties of the dough.

Studies of the kinematic viscosity of the dough have shown that the dough of rice flour has a lower viscosity compared to corn, which leads to the need to increase the proportion of this type of flour in the recipe. Experimental studies on the production of fresh dough from rice flour and corn in different proportions confirm this statement. It was found that the optimal ratio of rice flour to corn – 75:25. According to organoleptic parameters, the developed recipe of fresh dough was not inferior to the control sample of wheat flour. In view of this, we believe that this development is important for patients with celiac disease and makes it possible to expand the daily diet with a variety of dishes.

Key words: *tsiaklia, fresh dough, semi-finished product, gluten-free flour, gluten.*

Вступ. Незважаючи на значні напрацювання в харчовій галузі з виробництва продукції спеціального призначення [1–13], невирішеною залишається проблема виробництва продукції для осіб, що страждають на різноманітні специфічні захворювання, зокрема на целиацію. Перспективним з точки зору виробників є виробництво безглютенових борошняних виробів, зокрема з прісного тіста, що дозволить розширити асортимент страв для хворих. Використання нетрадиційної борошняної сировини дасть змогу створити новий якісний продукт, що не міститиме природний алерген – глютен.

Постановка проблеми. Враховуючи сучасні тенденції, дедалі більше споживачів у своєму раціоні використовують напівфабрикати різного ступеня готовності промислового виробництва. Великий попит має заморожена продукція: млинці, вареники, пельмені, равіоли, піци тощо. Однак, враховуючи специфічні потреби певних груп людей, виникає необхідність створення нових продуктів, що будуть відповідати критеріям раціонального харчування та задовольняти споживчі вимоги. Зважаючи на те, що целиація – це генетичне захворювання, яке вимагає позитивного дотримання аглютоенової дієти, створення продукції спеціального призначення є актуальним.

Метою статті є дослідження оптимального співвідношення рецептурних компонентів для виробництва безглютенових пельменів із використанням кукурудзяного, рисового та амарантового борошна, що відповідатиме вимогам раціонального харчування.

Відповідно до мети слід виконати такі завдання:

- визначити реологічні показники тіста;
- визначити оптимальне співвідношення рецептурних компонентів прісного тіста для аглютоенових борошняних кулінарних виробів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Целиація – це захворювання, спричинене несприйняттям організмом глютену, через що хворим доводиться впродовж життя бути на безглютеновій дієті, тобто вживати продукцію, яка містить не більше 200 мг глютену на 1 кг продукту в перерахунку на сухий зразок.

Виявлено, що офіційної статистики хворих на целиацію в Україні немає, однак під час аналізу інформаційних джерел було з'ясовано, що частка продажу безглютенової продукції в світі щороку збільшується на 10,4% [1; 2], що підтверджує необхідність виготовлення такої продукції.

З'ясовано, що основними інгредієнтами для виробництва безглютенових продуктів є [3–8]:

– різновиди борошна з високим вмістом крохмальних і некрохмальних полісахаридів (рисове борошно, кукурудзяне борошно, борошно вівсяне, борошно з псевдозернових (амаранта, гречки) та круп'яних культур (проса), борошно з сорго, пляне борошно, борошно з арахісу, люпинове борошно тощо);

– високобілкові інгредієнти (соеві ізоляти та концентрати, ізоляти білків гороху, люпину, казеїнати, концентрати сироваткових білків тощо);

– гідроколоїди (ксантан, гуарова камедь, різні види натуральних і модифікованих крохмалів (картопляний, кукурудзяний, рисовий, сорго тощо), мікробіальні полісахариди);

– емульгатори, розпушувачі, смакові інгредієнти (меланж, лецитин, харчова сода, сіль, цукор, ароматизатори, барвники, мінеральні добавки).

Резюмуючи результати низки останніх досліджень науковців з усього світу, було виявлено необхідність покращення харчової якості безглютенових продуктів на основі злакових культур, що характеризуються відмінним профілем поживних речовин. Таким чином, дедалі більше дослідження зосереджуються на використанні таких злакових культур в рецептурі високоякісних, здорових продуктів без глютену, зокрема хліба, макаронних виробів та іншої борошно-вмісної продукції. Однак комерціалізація цих продуктів все ще досить обмежена. Наявність смачних продуктів без глютену, що містять псевдозлаки, стане значним прогресом у забезпеченні адекватного споживання поживних речовин у пацієнтів із целиацією [9–12].

Виклад основного матеріалу. Найбільш поширеною безглютеновою сировиною є кукурудзяне і рисове борошно. Тому з метою створення оптимального рецептурного співвідношення основної борошняної сировини було розглянуто головні технологічні особливості.

Кукурудзяне борошно, залежно від сорту, містить до 10% білків та 5% жирів, до 70% крохмалю. Рисове борошно різних виробників містить 70% вуглеводів, із яких крохмалю – 55%, білків – до 10%, жирів – близько 1%.

Завдяки значному вмісту вуглеводів ці види борошна мають гарні цукроутворювальні властивості та клейстеризацію. Варто зауважити, що їх енергетична цінність нижча за інші безглютенові види борошна [13].

Враховуючи, що в'язкість тіста через значну кількість крохмалю може бути вищою за класичну рецептуру, необхідно встановити оптимальне співвідношення рецептурних компонентів. Тому було проведено низку експериментальних досліджень основних структурно-механічних характеристик, від яких залежить формування прісного тіста з безглютенового борошна. Відомо, що вироби з безглютенової сировини характеризуються низьким вмістом вологи, внаслідок чого щільність і пружність збільшуються, а пластичні властивості змінюються. Зі збільшенням пластичності тісто втрачає пружність, стає менш міцним, більш липким. Тому під час розробки нової продукції необхідно враховувати ці особливості.

Водопоглинальна здатність впливає на в'язкість досліджуваних зразків і вологість тіста, вихід та якість готових виробів. Водопоглинальна здатність визначається під час замісу тіста за температури 32°C. Динамічна в'язкість визначається за температури 20°C. На рис. 1 зображено результати дослідження водопоглинальної здатності різних видів борошна.

Враховуючи отримані результати, можемо стверджувати, що за показниками водопоглинальна здатність борошна кукурудзяного і рисового найбільш наближена до контрольного зразка пшеничного борошна, тому використання цієї сировини не повинно сильно впливати на структурно-механічні властивості тіста.

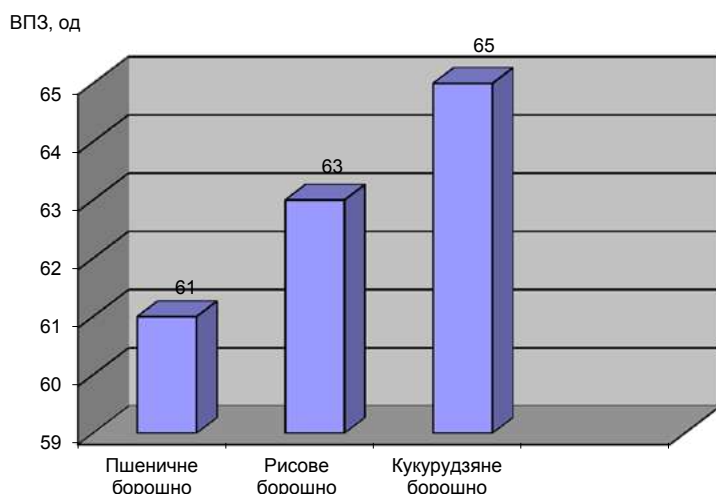


Рис. 1. Водопоглинальна здатність різних видів борошна

Зважаючи на технологічні особливості борошна, важливим є дослідження кінематичної в'язкості тіста, що безпосередньо впливає на якість готових виробів. Результати дослідження в'язкості наведено на рис. 2.

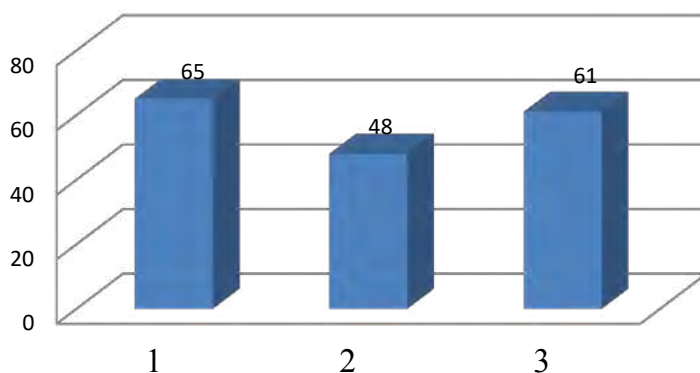


Рис. 2. Кінематична в'язкість тіста, де

1 – пшеничне борошно, 2 – рисове борошно, 3 – кукурудзяне борошно

Згідно з рис. 2 результати дослідження кінематичної в'язкості показують, що меншу в'язкість має тісто з рисового борошна, що веде до необхідності збільшення частки цього виду борошна в рецептурі. Тому для отримання визначених властивостей доцільно комбінувати рисове борошно з кукурудзяним, яке має підвищену кінематичну в'язкість, та іншими видами, що мають більш слабку кінематичну в'язкість. Адже безпосередній вплив на якість готових виробів мають основні борошняні компоненти, зокрема борошно, що використовується в рецептурі. Саме пропорційні співвідношення різних видів аглютененої сировини визначають органолептичні (табл. 1) та фізико-хімічні властивості готового виробу, тобто вареного прісного тіста.

Таблиця 1

Органолептична оцінка безглютенового тіста

Показники	Співвідношення рисового і кукурудзяного борошна, %		
	Дослід 1 50:50	Дослід 2 25:75	Дослід 3 75:25
Зовнішній вигляд	Поверхня гладка, без розривів, на розрізі тісто слоїться		
Консистенція	Однорідна маса без грудочок та слідів непромісу	Однорідна маса без грудочок та слідів непромісу	Однорідна, еластична маса без грудочок та слідів непромісу
Колір	Світлий, жовтуватий	Жовтуватий	Білий
Стан тіста після варіння	Гладка поверхня, без тріщин та розривів, щільне	Гладка поверхня, без тріщин та розривів, щільне з незначними рельєфами	Гладка поверхня, без тріщин та розривів, рівномірно щільне
Запах	Властивий прісному тісту, без сторонніх запахів		
Смак	Властивий прісному тісту, без сторонніх присмаків, відчутний присмак кукурудзяного борошна	Властивий прісному тісту, виражений смак кукурудзяного борошна	Властивий прісному тісту, без сторонніх смаків

В результаті експериментальних досліджень було з'ясовано, що найбільш оптимальним є співвідношення рисового і кукурудзяного видів борошна у пропорції 75:25. Ці зразки мали гарну еластичність, тісто добре замішувалося, після варіння спостерігалось збереження форми, варене тісто не злипалося. Однак умови збільшення частки кукурудзяного борошна щільність виробів зростала.

Зауважимо, що безглютенове прісне тісто має кращі показники, ніж класичне з пшеничного борошна (табл. 2).

Таблиця 2

Порівняльна характеристика прісного тіста

Показник	Пшеничне тісто (контроль)		Безглютенове тісто, співвідношення рисового і кукурудзяного борошна 75:25	
	До варіння	Після варіння	До варіння	Після варіння
Вологість, %	37±1	54±1	43±1	67±1
Маса, г	100±0,5	130±1	100±0,5	140±1

Отже, відповідно до даних табл. 2, спостерігаємо підвищення вологості тістових заготовок та збільшення ваги вареного дослідного зразка, порівняно з контролем, тобто привар на 7,7% більший.

Висновки і пропозиції. Відповідно до поставленої мети було:

- визначено перспективні види борошна для виробництва аглютонового прісного тіста;
- з'ясовано, що оптимальним для виробництва прісного безглютенового тіста є співвідношення рисового та кукурудзяного борошна, що становить 75:25.

Отже, результати проведених досліджень довели можливість приготування прісного безглютенового тіста, що є напівфабрикатом для низки борошняних кулінарних виробів, таких як вареники, пельмені, хінкалі тощо. Ця розробка має важливе значення для хворих на целиацію і дає змогу розширити їх щоденний раціон різноманітними стравами. Перспективою подальших досліджень є більш глибоке вивчення властивостей тіста і приготування з нього кулінарних страв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Market and Markets Gluten-Free Products Market by Type (Bakery Products, Pizzas & Pastas, Cereals & Snacks, Savories, and Others), Source (Oilseeds & Pulses, Rice & Corn, Dairy & Meat Products, and Other Crops), by Region-Global Trends & Forecast to 2020. URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/gluten-free-products-market-738.html> (accessed on: 31 July 2018).
2. Melini, V., Melini, F. Gluten-free diet: Gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients*. 2019. No. 11 (1). P. 170.
3. Ukrainets, A. et al. A study of the effect of enriched whey powder on the quality of a special purpose bread. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 2. Issue 11 (80). P. 32–41. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65778/.
4. Пахомська О.В. Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. № 2. С. 276–283.
5. Дробот В.І., Приходько Ю.С., Бережна Г.О. Борошно сорго у технології безглютенового хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2019. № 1. С. 208–214.
6. Медвідь І.М., Шидловська О.Б., Доценко В.Ф. Перспективи використання амілолітичних ферментів у технології рисового хліба для хворих на целиацію : збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». 2017. № 3. С. 154.
7. Дробот В.І., Михонік Л.А., Грищенко А.М. Вплив структуроутворювачів на якість безглютенового хліба із суміші рисового та кукурудзяного борошна. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2017. № 6. С. 169–175.
8. Христенко А.С. Хлібобулочні вироби з пониженим вмістом алергенів. *Вісник студентського наукового товариства «ВАТРА» Вінницького торговельно-економічного інституту КНТЕУ*. 2020. Вип. 98. С. 137–145.
9. Alvarez-Jubete, L., Arendt, E.K., Gallagher, E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. 2010. Vol. 21. Issue 2. P. 106–113.
10. Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., Li, Y. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. Vol. 103. P. 200–213.
11. Rai, S., Kaur, A., Chopra, C.S. Gluten-free products for celiac susceptible people. *Frontiers in nutrition*. 2018. № 5. P. 116.
12. Martínez-Villaluenga, C., Peñas, E., Hernández-Ledesma, B. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*. 2020. Vol. 137. P. 111–178. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111178.
13. Дзюндзя О.В., Звагольська К.М. Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. *Таврійський науковий вісник. Серія «Технічні науки»*. 2021. № 1. С. 22–29. DOI: 10.32851/tnv-tech.2021.1.4.

REFERENCES:

1. Market and Markets Gluten-Free Products Market by Type (Bakery Products, Pizzas & Pastas, Cereals & Snacks, Savories, and Others), Source (Oilseeds & Pulses, Rice & Corn, Dairy & Meat Products, and Other Crops), by Region-Global Trends & Forecast to 2020. Available online: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/gluten-free-products-market-738.html> (accessed on: 31 July 2018). [in English]
2. Melini, V., Melini, F. (2019) Gluten-free diet: Gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients*. Vol. 11 (1). pp. 170. [in Italian]
3. Ukrainets A. et al. (2016) A study of the effect of enriched whey powder on the quality of a special purpose bread. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2. Issue 11 (80). pp. 32–41. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.65778. [in Ukrainian]
4. Pakhom's'ka, O.V. (2019) Naukovyy pidkhid do stvorennya khlibobulochnykh vyrobiv funktsional'noho pryznachennya [Scientific approach to the creation of functional bakery products] *Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy*. Vol. 25. No 2, pp. 276–283. [in Ukrainian]
5. Drobot, V.I., Prykhod'ko, Yu.C., Berezhna, H.O. (2019) Boroshno sorho u tekhnolohiyi bezhlyutenovoho khliba [Sorghum flour in the technology of gluten-free bread]. *Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy*. Vol. 25. No. 1. pp. 208–214. [in Ukrainian]
6. Medvid', I.M., Shydlovs'ka, O.B., Dotsenko, V.F. (2017) Perspektyvy vykorystannya amilolitychnykh fermentiv u tekhnolohiyi rysovoho khliba dlya khvorykh na tseliakuyu [Prospects for the use of amylolytic enzymes in rice bread technology for patients with celiac disease] : zbirnyk tez dopovidey VI Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi molodykh uchenykh ta studentiv “Aktual'ni zadachi suchasnykh tekhnolohiy”. No. 3. pp. 154–154. [in Ukrainian]
7. Drobot, V.I., Mykhonik, L.A., Hryshchenko, A.M. (2017) Vplyv strukturoutvoryuvachiv na yakist' bezhlyutenovoho khliba iz sumishi rysovoho ta kukurudzianoho boroshna [Influence of structurants on the quality of gluten-free bread from a mixture of rice and corn flour]. *Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy*. Vol. 23. No. 6. pp. 169–175. [in Ukrainian]
8. Khrystenko, A.S. (2020). Khlibobulochi vyroby z ponyzhenym vmistom alerheniv [Bakery products with low allergen content]. *Visnyk students'koho naukovoho tovarystva “VATRA” Vinnyts'koho torhovelno-ekonomichnoho instytutu KNTEU*. Vol. 98. pp. 137–145. [in Ukrainian]
9. Alvarez-Jubete L., Arendt E.K., Gallagher E. (2010) Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 21. Issue 2. pp. 106–113. [in Ireland]
10. Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., Li, Y. (2020) Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*. Vol. 103. pp. 200–213. [in English]
11. Rai, S., Kaur, A., Chopra, C.S. (2018) Gluten-free products for celiac susceptible people. *Frontiers in nutrition*. Vol. 5. pp. 116. [in Indian]
12. Martínez-Villaluenga C., Peñas E., Hernández-Ledesma B. (2020) Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*. Vol. 137. P. 111–178. DOI: 10.1016/j.fct.2020.111178. [in Spain]
13. Dzyundzha, O.V., Zvagolska, K.V. (2021) Analiz netradytsiynoyi boroshnyanoyi syrovyny dlya vyrobnytstva khlibobulochnykh vyrobiv [Analysis of non-traditional flour raw materials for the production of bakery products] *Tavriys'kyy naukovyy visnyk. Seriya: Tekhnichni nauk*. No. 1, pp. 22–29. DOI: 10.32851/tnv-tech.2021.1.4. [in Ukrainian]

UDC 663.9:613.3

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.14>

RELEVANCE OF THE USE OF MICROALGAE IN THE CREATION OF NEW FUNCTIONAL DRINKS «DRY COCKTAIL» TYPE

Kondratiuk N.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Head of the Department of Food Technology

Oles Honchar Dnipro National University

ORCID ID: 0000-0002-0919-8979

Cheniyavs'ka A.Yu. – Candidate of Chemical Sciences,
Senior Lecturer at the Department of Food Technology

Oles Honchar Dnipro National University

ORCID ID: 0000-0002-0679-3457

Savchenko A.M. – Assistant at the Department of Food Technology

Oles Honchar Dnipro National University

ORCID ID: 0000-0002-0919-8979

Karpenko S.O. – Student at the Department of Food Technologies

Oles Honchar Dnipro National University

ORCID ID: 0000-0002-8283-2323

The main task of the WHO FAO is to urgently address the issue of protein-energy deficiency. Microalgae are recognized as a new platform for the production of food and feed with an increased protein component. The main task of technologists of food production and restaurant business is to increase the supply of food and dishes based on microalgae to regulate the lack of protein in the diets of various segments of the population. Existing food technologies using microalgae are highly efficient in terms of resource and energy conservation, environmentally friendly and in the long run meet the global needs of mankind related to protein and energy deficiency, cleansing the body of toxicants, improving metabolic processes, strengthening the immune system. The article describes the technology of dry drinks "dry cocktail" of high biological value with the addition of microalgae (spirulina and chlorella), the quantitative application of which depended on the content of biologically active substances – activators of metabolic processes – phycocyanin and folic acid, respectively. The dosage of spirulina and chlorella was 2.0–2.5 g and 1.0–1.25 g, respectively, per serving of beverage weighing 7.0–7.5 g. It is established that with the increase in the number of microalgae, the quality indicators of ready-made forms of dry cocktails (clumpiness, bad taste) and drinks based on them (poor dissolution and aftertaste) deteriorate. It was found that the introduction of microalgae at the final stage of homogenization of powders is optimal, because their state in the composite mixture is the smallest in dispersion, so it is better to envelop other particles with particles of microalgae and therefore the liquid phase dissolves faster and without clumping. The expediency of using microalgae in the production of beverages such as "dry cocktail" at a dose of 43,0–50,0%, which increases the nutritional value and allows us to recommend beverages such as functional products for long shelf life.

Key words: dry drinks, spirulina, chlorella, high protein product, protein deficiency, functional product.

Кондратиук Н.В., Чернявська А.Ю., Савченко А.М., Карпенко С.О. Актуальність використання мікрроводоростей у складі нових функціональних напоїв типу «dry cocktail»

Основним завданням Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН і Всесвітньої організації охорони здоров'я є термінове вирішення проблеми, пов'язаної з білково-енергетичною недостатністю. Мікрроводорості визнані новою платформою для виробництва продуктів харчування та кормів зі збільшеним білковим складником. Головним завданням технологів харчових виробництв та ресторанного бізнесу є збільшення пропозицій харчових продуктів і страв на основі мікрроводоростей для регулювання нестачі білка в раціонах різних верств населення. Наявні технології харчової продукції з використанням

мікробіодоростей високоефективні у плані ресурсо- та енергозбереження, досить екологічні та дозволяють у перспективі задовольнити глобальні потреби людства, пов'язані з білково-енергетичною недостатністю, очищенням організму від токсикантів, покращенням метаболічних процесів, зміцненням імунної системи. У статті наведено опис технології сухих напоїв типу «dry cocktail» підвищеної біологічної цінності з додаванням композиції мікробіодоростей (спіруліни та хлорели), кількісне внесення яких залежало від вмісту біологічно активних речовин – активаторів метаболічних процесів: фікоціаніну та фолієвої кислоти, відповідно. Дозування спіруліни та хлорели становило 2,0–2,5 г та 1,0–1,25 г, відповідно, на одну порцію напою масою 7,0–7,5 г. З'ясовано, що в разі збільшення кількості мікробіодоростей погіршуються показники якості готових форм сухих коктейлів (грудкуватість, поганий присмак) та напоїв на їхній основі (погане розчинення та післясмак). Виявлено, що оптимальним є внесення мікробіодоростей на заключній стадії гомогенізації порошків, адже їх стан у композиційній суміші є найдрібнішим за дисперсністю, тому відбувається краще обволікання інших частинками мікробіодоростей, через що суміш у рідкій фазі розчиняється швидше і без грудочок. Доведено доцільність використання мікробіодоростей під час виробництва напоїв типу «dry cocktail» в дозі 43,0–50,0%, що збільшує харчову цінність і дозволяє рекомендувати такі напої як функціональні продукти тривалого терміну зберігання.

Ключові слова: сухі напої, спіруліна, хлорела, високобілковий продукт, нестача білка, функціональний продукт.

Introduction. One of the key problems today is the imbalance of nutrition in many countries around the world. Unfortunately, the planned and generally accepted dynamics of changes in the nutrition systems of many developed countries do not have the information base and methodological recommendations that allow to make these changes in the right direction, given the adaptation period associated with the transition to increased vegetable protein consumption. In recent years, our country has seen a decrease in the consumption of meat, dairy and fish products, which are a natural source of protein, fat and other essential nutrients. Man-made environment constantly creates physical and emotional stress on modern society, causing the development of cardiovascular disease, metabolic disorders and more. The inclusion in the diet of products with functional ingredients or functional products is of particular importance for the prevention and treatment of a number of nutritional diseases, including acute infectious, viral, immune, etc. Decreased vitality and indigestion cause a decrease in immunity in most people, so a balanced (especially protein) diet is a major factor in studying the strategy of restoring metabolic processes, and the development of new functional drinks such as “dry cocktail” with high protein content due to microalgae is relevant and promising.

Formulation of the problem. The production of beverages does not lose its relevance. The most popular among protein drinks are milk, sour milk drinks. Companies that produce milk-like beverages based on vegetable raw materials (coconut, almonds, oats, rice, buckwheat, soybeans) are beginning to develop. The shelf life of such market offers is quite short.

In the sports nutrition sector, completely different proposals are popular, which are related to the specifics of demand and are produced with the content of proteins, their hydrolysates and isolates of both plant and animal origin. Widespread amino acid-based beverages in drinking and dry form. Products are produced in composition as monoproducts (one amino acid) and “mix” or “combi” products of several amino acids. Drinks from the sports and fitness sectors help to gain and maintain muscle mass, contain whey protein, casein, soy or egg white, hemp, pumpkin, sunflower and more. An alternative to these substances may be microalgae – spirulina and chlorella, the protein content of which in dry powder reaches 60% and 50%, respectively. They also contain polyunsaturated acids Omega 3 and Omega 6, which protect against diseases of the cardiovascular and nervous systems. Currently, the state of the market of domestic specialized

sports nutrition products, including beverages based on microalgae, remains unsatisfactory. The production of dry drinks consists only in the production of mixes, which include sugar, flavors and colors, some offer vitamins and vitamin-mineral complexes. There is a great lack of items that contain natural useful components. In isolated cases, such offers, enriched with fruit and berry powders, plant extracts, useful thickeners (pectin, xanthan) still contain large amounts of sugar, no protein and products are not on the shelves in mass markets in a wide range and do not focus on distribution to increase sales.

The aim of the study is analytical research of the market, technologies and development of technology for the production of new functional drinks such as “dry cocktail” based on chlorella and spirulina.

Analysis of recent research and publications. Due to their functionality, algae and their products are of particular importance in the food industry as components of additives for animal feed and additives to functional foods. Microalgae contain high-quality proteins with a high content of essential amino acids present only in animal proteins, polyunsaturated fatty acids (PUFA), including docosahexaenoic acid (DHA) and eicosapentaenoic acid (EPA), present only in fish and molecules such as phycocyanin, lutein or astaxanthin, which have a high level of protection of the human body from destructive environmental factors. Due to the high content of nutrients and healthy compounds, microalgae serve as fortifications for bakery and flour products [1; 2], sauces, [3] and even confectionery [4], and other foods [5; 6], including and ice cream [7]. Although the number of foods containing microalgae released on the market is increasing every year, microalgae products are not yet a common food ingredient, at least in Western cultures [1; 8–10]. Previous reports have suggested that the rich green color of chlorella and turquoise spirulina and their “marine” taste and odor limit their inclusion in a wide range of foods [11]. Moreover, the low production capacity of microalgae makes the biomass of microalgae inaccessible to the food industry, which operates at higher orders [12]. The third reason may be the lack/limited knowledge of consumers about the chemical composition, high nutritional and biological value of microalgae, environmental friendliness of its production and the ability to do so not in water but in specialized enterprises in hygienic conditions [1; 8]. Consumers do not have access to reliable scientific publications, and their knowledge of algae depends on Internet search results, which generally do not provide evidence for these health claims or do not link microalgae to biodiesel, aquaculture and wastewater treatment.

However, microalgae are currently the only solution as an alternative to animal protein. It is only necessary to properly conduct the adaptation period by forming a national understanding of the need and importance of the transition to alternative types of protein foods. The first steps in the restaurant industry were marked in this direction. In particular, the production of dishes containing microalgae in well-known restaurants under the brands of well-known chefs who have a high level of consumer confidence. Dishes based on microalgae have entered the most modern direction of avant-garde cuisine [13], in particular its sector – phycoastronomy [14].

Presentation of the main research material. The group of soft drinks combines a variety of raw materials, composition, properties and technologies of production of drinks that quench thirst and have a refreshing effect. These include mineral waters, fruit and berry soft drinks and kvass, dry cocktails. Sugar substances add nutritional value to soft drinks; biological – vitamins, minerals; refreshing effect – carbon dioxide and organic acids that are added or formed during the preparation of beverages. Many soft drinks have a preventive or curative effect. Dry cocktails are cocktails that, unlike all other cocktails, consist only of dry matter.

Presentation of cocktails in the form of powders is one of the modern ways of preserving beverages, designed to increase shelf life with reduced loss of quality, available for the production of soft drinks based on milk, coffee, juices and their mixes. The products do not require large production costs and a long technological process. Packaged drinks such as “dry cocktail” do not require special conditions during transportation, sale and are very convenient for consumption.

The market offers a wide range of dry drinks with different flavors, which are considered not only economical but also useful health products. However, there are a number of restrictions on the distribution of “dry cocktail” in the Ukrainian market. This is due to the limitation of raw materials for the production of such products, as well as an imperfect understanding of the importance of their consumption among the population and awareness of the technological processes of their production of enterprise technologists. The difficulty of testing technological processes is that the components of drinks such as “dry cocktail” have different degrees of dispersion, hygroscopicity and dissolution rate. Raw material components must undergo a stage of thorough preparation (drying, sieving, grinding, loosening). For the manufacture of finished products requires special equipment – homogenizers for dry matters with modules to improve the mixture at the stage of mixing and dosing. The components of the mix for dry cocktail drinks should be approximately the same in bulk density. Finished compositions, in addition to such characteristics as wettability, dispersibility and solubility, must have a short dissolution time (up to two minutes), fluidity, which affects the main organoleptic indicator – consistency, be balanced and rich in taste, aroma and color. In addition, it has a high nutritional value and gives a feeling of satiety when consuming a portion of 130–150 ml.

The development of the technology of a new drink such as “dry cocktail” “Fikosmuzi” was to model the recipe, optimize its main components for consistency, taste, speed and quality of dissolution and price. The basis of the idea of creating “Fikosmuzi” was a composition of spirulina and chlorella, the action of which is enhanced by additional vegetable powders and plant extracts, similar in properties and taste and designed for healthiness human body.

Spirulina extract is a unique complex of natural compounds that have a wide range of effects on the human body. This is primarily due to the high level of bioavailability of spirulina proteins, which are as close as possible to meat proteins. Spirulina is also a rich source of vitamins (especially beta-carotene, B vitamins), micro- and macronutrients, including magnesium, potassium, iron, copper, manganese, phosphorus, selenium, chromium and zinc. Spirulina contains a rare but vital antioxidant – phycocyanin, which acts as an inhibitor of oxidative processes that lead to aging, and prevents the formation of free radicals that stimulate the growth of cancer cells [4]. According to the content of the full spectrum of carotenoids, which synergistically interact with each other, enhancing the antioxidant effect, spirulina can be defined as the leader of “superfoods”.

Chlorella, like spirulina, is high in protein, B vitamins and carotenoids, trace elements and pigments, which improve metabolic processes in the human body, aimed at the synthesis of enzymes. The most important pigment – chlorophyll – “green gold”, because the structure is very similar to hemoglobin. Chlorella protein compounds have a unique feature – they produce similar structures 50 times faster than in other plants, making chlorella a promising source of protein. The chlorophyll content of chlorella has not yet surpassed any other plant in the world.

Chlorella contains such amounts of zinc, vitamin C and glycoproteins that it is recommended for use in disorders of the immune system, weak immunity. Disorders of the gastrointestinal tract are regulated by the content of polysaccharide fibers; detoxification

of the body is carried out due to the content in the cell walls of glucuronic acid and glutathione. Chlorella is recommended for consumption in the prevention and treatment of cancer, skin problems, bad breath or mouth, gum infections, stomatitis, periodontitis.

During the consumption of chlorella, brain activity and physical activity improve, the phase of active work during the working day is prolonged [15]. It is clear that spirulina and chlorella have somewhat common properties, the same nature of origin, but the chemical composition and indications for use, they are quite different, although they can harmoniously complement each other. This was the basis for the development of a new functional drink such as “dry cocktail” “Fikosmuzy”. The development belongs to the restaurant industry and can be used in the food industry.

The method of preparation of the dry mixture for the production of the drink “Fikosmuzy” is to mix the dry components in the direction of increasing the weight of the ingredients. First, the components with the lowest mass are mixed by hand, then the resulting mix is added to the components with a larger mass and even greater and mixed with mechanized equipment to a homogeneous mixture. At the food industry enterprises the finished semi-finished product is packed and packed. In restaurants – prepare a dish “Fikosmuzy” (“dry cocktail”), by adding a liquid base, mixing the dry mixture to form a homogeneous system with evenly distributed insoluble particles. The beverage is consumed after a short settling (30–60 s) and repeated stirring to transfer the sedimented particles into solution. The drink can be consumed either whole at once, or prolonged, but each time before a new sip, stir with a cocktail spoon or straw.

When diluting the semi-finished product with water in a ratio of 1:10–1:15 microalgae proteins, as well as polysaccharide fibers present in the mixture of other components with their hydrophilic groups are oriented to water molecules and their swelling occurs. The result is a uniform soft texture that is pleasant to eat. The brightness of the taste and aroma was due to the addition of flavorings “Vanilla”, “Coconut”, “Mint”, “Lemon”, “Green Apple”, “Kiwi”, “Berry Mix”, “Cactus”, “Lime”.

It was investigated that the addition of a hydromodule greater than a ratio of 1:15 deteriorates the taste and reduces the aroma of the finished drink, the consistency becomes more fluid and less pleasant to consume. The process of sedimentation is accelerated and stratification of the drink is observed. The drink becomes less rich in taste and aroma. There is an unpleasant aftertaste.

The addition of vegetable and berry powders, as well as plant extracts and “superfoods” to the mixture allowed to increase the nutritional value of the semi-finished product, increase the biological value by increasing the amount of essential and useful substances, improve the dry matter finished drink (more viscous and fluid enveloping consistency, improved appearance, pleasant aftertaste). When vegetable and berry powders are added, the binding of water is due to the hydration of polysaccharides, due to which the processes of swelling and dissolution take place simultaneously.

To improve the taste of the drink “Fikosmuzy” technological process involves the introduction of semi-finished sweeteners (sucralose, stevioside, erythritol). Dry drink type “dry cocktail” does not clump during storage, but requires storage conditions with moderate humidity. The humidity of the semi-finished product does not exceed 10%.

When mixing spirulina and chlorella powders with other components, the particles of these components are enveloped by microalgae particles, which improves the hydration process and accelerates the swelling and dissolution processes.

The table shows the approximate recipe of a new functional drink such as “dry cocktail” “Phytosmuzy”.

Table 1

Approximate recipe for the drink “Phytosmuzi” (1 serving)

Ingredients	Mass, g
Extract of sprouted wheat seeds	0,2
Flax seed extract	0,5
Chia seed extract	0,5
Broccoli extract	0,5
Spirulina (powder)	2,0–2,5
Chlorella (powder)	1,0–1,25
Berry extract (blueberries/cranberries/sea buckthorn/blackberries/currants/raspberries)	0,1–0,4
Ascorbic acid	0,04–0,1
Powders of vegetables and fruits (carrot/beet/pumpkin/apple)	0,1–0,3
Maltodextrin	2,0–3,0
Output 1 serving	7,0–7,5 г

Table 1 clearly shows that the proposed recipe mixture contains useful components and biologically active substances that can restore and improve metabolic processes and the state of the immune system. Given the technological properties and composition of macronutrients, the development can be positioned as a quality food product for different segments of the population.

Conclusions. The article presents the key elements of functional food innovations with the use of microalgae spirulina and chlorella, which are harmoniously combined with extracts of “superfoods” and fruit, vegetable and berry powders. The role of microalgae as promising alternatives to animal protein replacement is highlighted, recommendations for the implementation of the adaptive transition to new forms of nutrition and the need to consume microalgae and food compositions based on them. The expediency of using microalgae in the technology of new functional drinks such as “dry cocktail”, in particular in the product “Fikosmusi” was discussed.

BIBLIOGRAPHY:

1. Consumer knowledge and attitudes towards microalgae as food: The case of Spain / T. Lafarga et al. *Algal Research*. 2021. Vol. 54. DOI: 10.1016/j.algal.2020.102174.
2. Potential of the microalgae *Nannochloropsis* and *Tetraselmis* for being used as innovative ingredients in baked goods / T. Lafargaa et al. *LWT*. 2019. Vol. 115. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108439.
3. Physicochemical and rheological characterisation of microalgae-enriched ketch-ups and their sensory acceptability / Z. Uribe-Wandurraga et al. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2021. Vol. 26. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100424.
4. Румянцева В.В., Хмелева Е.В., Жижина Л.А. Перспективы использования микроводоросли *Spirulina Platensis* в технологии леденцовой карамели повышенной пищевой ценности. *Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств»*. 2018. № 3. С. 20–25.
5. Cultured Microalgae for the Food Industry: Current and Potential Applications / ed. T. Lafarga, G. Acien. *Imprint Academic Press*. 2021. 449 p.
6. Microalgae for high-value products: A way towards green nutraceutical and pharmaceutical compounds / S. Mehariya et al. *Chemosphere*. 2021. Vol. 280. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.130553.
7. Using spray-dried microalgae in ice cream formulation as a natural colorant: Effect on physicochemical and functional properties / Y. Durmaz et al. *Algal Research*. Vol. 47. DOI: 10.1016/j.algal.2020.101811.

8. Weickert S., Grahl S., Weinrich R. Algae production technology: Effect of framing on German consumer acceptance. *Algal Research*. 2021. Vol. 58. DOI: 10.1016/j.algal.2021.102401.
9. Physicochemical, textural, antioxidant and sensory characteristics of microalgae-fortified canned fish burgers prepared from minced flesh of common barbel (*Barbus barbus*) / A. Atitallah et al. *Food Bioscience*. 2019. Vol. 30. DOI: 10.1016/j.fbio.2019.100417.
10. Luzzi S.C., Gardner R.D., Hein B.J. Taste preference of *Chlorella* sp. algae from dairy wastewater by weaned dairy calves. *JDS Communications*. 2020. Vol. 1, Issue 2. P. 41–44.
11. Villaró S., Viñas I., Lafarga T. Chapter 14 – Consumer acceptance and attitudes toward microalgae and microalgal-derived products as food. *Cultured Microalgae for the Food Industry: Current and Potential Applications*. 2021. P. 367–385.
12. Хвойников А.Н., Сангалова Е.Д., Орлова О.Ю. Тенденции и статистика развития рынка микроводорослей. *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2021. № 4 (Ч. 2). С. 278–282.
13. Pérez-Lloréns J. Microalgae: From staple foodstuff to avant-garde cuisine. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 2020. Vol. 21. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2020.100221.
14. Mouritsen O., Rhatigan P., Pérez-Lloréns J. The rise of seaweed gastronomy: Phycogastronomy. *Botanica Marina*. 2018. Vol. 62 (3). DOI: 10.1515/bot-2018-0041.
15. Handbook of Marine Microalgae: Biotechnology Advances / ed. Se-Kwon Kim. *Imprint Academic Press*. 2015. 585 p.

REFERENCES:

1. Lafarga T., Rodríguez-Bermúdez R., Morillas-España A., Villaró S., García-Vaquero M., Morán L., Sánchez-Zurano A., González-López C., Acién-Fernández F. (2021). Consumer knowledge and attitudes towards microalgae as food: The case of Spain. *Algal Research*, 54. DOI: 10.1016/j.algal.2020.102174.
2. Lafarga T., Mayre E., Echeverría G., Viñas I., Villaró S., Acién-Fernández F., Castellari M., Aguiló-Aguayo I. (2019). Potential of the microalgae *Nannochloropsis* and *Tetraselmis* for being used as innovative ingredients in baked goods. *LWT*. P. 115. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.108439.
3. Uribe-Wandurraga Z., Igual M., Guallar-deRufino R., Savall C., García-Segovia P., Martínez-Monzó J. (2021). Physicochemical and rheological characterisation of microalgae-enriched ketchups and their sensory acceptability. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. No. 26. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2021.100424.
4. Rumyantseva V.V., Khmeleva E.V., Zhizhina L.A. (2018) Perspektivy ispol'zovaniya mikrovodorosli *Spirulina Platensis* v tekhnologii ledentsovoy karameli povyshennoy pishchevoy tsennosti [Prospects for the use of microalgae *Spirulina Platensis* in the technology of lollipop caramel of increased nutritional value]. *Scientific journal of NRU ITMO. Series "Processes and Apparatus for Food Production"*. No. 3, pp. 20–25. [in Russian]
5. Lafarga T., Acién G. (2021) Cultured Microalgae for the Food Industry: Current and Potential Applications. *Imprint Academic Press*, 449 p.
6. Mehariya S., Goswami R., Karthikeysan O., Verma P. (2021). Microalgae for high-value products: A way towards green nutraceutical and pharmaceutical compounds. *Chemosphere*, p. 280. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.130553.
7. Durmaz Y., Kiliclib M., Tokar O., Konar N., Palabiyik I., Tamtürk F. (2020). Using spray-dried microalgae in ice cream formulation as a natural colorant: Effect on physicochemical and functional properties. *Algal Research*. No. 47. DOI: 10.1016/j.algal.2020.101811.
8. Weickert S., Grahl S., Weinrich R. (2012) Algae production technology: Effect of framing on German consumer acceptance. *Algal Research*. P. 58. DOI: 10.1016/j.algal.2021.102401.

9. Atitallah A., Barkallah M., Hentati F., Dammak M., Hlima H., Fendri I., Attiac H., Michaud P., Abdelkafi S. (2019) Physicochemical, textural, antioxidant and sensory characteristics of microalgae-fortified canned fish burgers prepared from minced flesh of common barbel (*Barbus barbus*). *Food Bioscience*, p. 30. DOI: 10.1016/j.fbio.2019.100417.
 10. Luzzi S.C., Gardner R.D., Hein B.J. (2020) Taste preference of *Chlorella* sp. algae from dairy wastewater by weaned dairy calves. *JDS Communications*. No. 1 (2), pp. 41–44.
 11. Villaró S., Viñas I., Lafarga T. (2021) Chapter 14 – Consumer acceptance and attitudes toward microalgae and microalgal-derived products as food. *Cultured Microalgae for the Food Industry: Current and Potential Applications*, pp. 367–385.
 12. Khvoynikov A.N., Sangalova E.D., Orlova O.Yu. (2021) Tendentsii i statistika razvitiya rynka mikrovdorosley [Trends and statistics of development of the microalgae market]. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*. No. 4 (2), pp. 278–282. [in Russian]
 13. Pérez-Lloréns J. (2020) Microalgae: From staple foodstuff to avant-garde cuisine. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, p. 21. DOI: 10.1016/j.ijgfs.2020.100221.
 14. Mouritsen O., Rhatigan P., Pérez-Lloréns J. (2018) The rise of seaweed gastronomy: Phycogastronomy. *Botanica Marina*. No. 62 (3). DOI: 10.1515/bot-2018-0041.
 15. Se-Kwon Kim (2015) Handbook of Marine Microalgae: Biotechnology Advances. *Imprint Academic Press*, 585 p.
-

УДК 664.8/.9

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.15>

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ КУЛЬТИВОВАНИХ ГРИБІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ М'ЯСО-РОСЛИННИХ КОНСЕРВІВ

Ряполова І.О. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7672-6639
Scopus-Author ID: 57207853973

Верешко С. – студент магістратури
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0001-8517-2490

Радченко В. – студентка магістратури
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-9641-2127

Стаття присвячена обґрунтуванню можливості введення у склад м'ясо-рослинних консервів культивованих грибів, а саме гливи звичайної. Дана рослинна сировина володіє цілим рядом корисних властивостей: є низькокалорійним продуктом; джерелом калію; одним із найбагатіших джерел цинку, який сприяє підтримці імунітету людини; замість глюкози глива містить манітол, тому діабетики можуть сміливо включати в свою дієту страви з гливи; велику кількість вітамінів групи В і D; багато клітковини, яка покращує роботу травного тракту і нормалізує його мікрофлору.

Теоретичні розрахунки та практичні напрацювання дозволили розробити рецептуру м'ясо-рослинних консервів та запропонувати технологічну схему. Для порівняння використовували різні співвідношення м'яса свинини і грибів із роду глива, які були оброблені бланшуванням при температурі 80°C протягом 5 хвилин.

Аналіз сенсорної та профільної оцінки розробленої продукції свідчить про досить привабливі і гармонійні поєднання компонентів консерви у зразку №1, де вміст грибної сировини становить 23%. Даний варіант мав запах і смак властивий тушкованій свинині з незначним присмаком грибів, рівномірно розподілені шматочки м'яса і грибів і невелику кількість желеподібного бульйону. Встановлено, що м'ясо-рослинні консерви першого варіанту де кількість рослинних компонентів становить 23%, за нутрієнтним складом трохи поступають контролюемому зразку, але мають вищі показники ніж у другому варіанті (де 38% м'ясної сировини замінено грибами) за кількістю вітамінів (B_1 , B_2 , B_6 , B_{12} , Д, Е), мінералів (Na, P, Se, Zn). З точки зору макро- і мікронутрієнтного складу співвідношення м'ясної сировини до рослинної 65% / 23% є найбільш оптимальним.

Ключові слова: м'ясо-рослинні консерви, органолептичні показники, профільна оцінка, м'ясо охолоджене, м'ясо дефростоване, глива звичайна, нутрієнтний склад.

Ryapolova I.O., Vereshko S., Radchenko V. Experience of using cultivated mushrooms in the production of canned meat and vegetables

The article is devoted to the substantiation of the possibility of introducing cultivated mushrooms, namely oyster mushrooms, into the composition of canned meat and vegetables. This vegetable raw material has a number of useful properties: it is a low-calorie product; rich source of potassium; one of the richest sources of zinc, which helps maintain human immunity; instead of glucose, oyster mushrooms contain mannitol, so diabetics can safely include oyster mushrooms in their diet; a large number of vitamins B and D; a lot of fiber, which improves the digestive tract and normalizes its microflora.

Theoretical calculations and practical developments have made it possible to develop a recipe for canned meat and vegetables and to propose a technological scheme. For comparison, different ratios of meat and mushrooms of the fungus genus were used, which were blanched at 80°C for 5 minutes.

Analysis of sensory and profile evaluation of developed products shows a very attractive and harmonious combination of canned ingredients in sample №1, where the content of fungal raw materials is 23%. This variant had the smell and taste of stewed pork with a slight taste of mushrooms, evenly distributed pieces of meat and mushrooms and a small amount of jelly-like broth. It was found that canned meat and vegetable variant I, where the number of plant components is 23%, is slightly inferior to the control sample in terms of nutritional composition, but has higher rates than in the second variant (where 38% of raw meat is replaced by mushrooms). B1, B3, B6, B12, D, E, minerals (Na, P, Se, Zn). From the point of view of macro- and micronutrient composition, the ratio of raw meat to vegetable 65% / 23% is the most optimal.

Key words: *canned meat and vegetables, organoleptic characteristics, profile assessment, chilled meat, defrosted meat, common oysters, nutrient composition.*

Вступ. Збереження і зміцнення здоров'я людини за рахунок профілактики захворювань, обумовлених повноцінним і збалансованим харчуванням, формування розвинутої індустрії і інноваційних технологій виробництва харчових продуктів здорового харчування відносяться до основних пріоритетів держави.

У зв'язку із цим перед м'ясною промисловістю стоять завдання створення і збільшення випуску нових високоякісних і безпечних продуктів загального і спеціального призначення які містять широкий спектр фізіологічно затребуваних нутрієнтів і забезпечують прогнозовані властивості, конкурентоспроможність, соціально-економічну значущість і імпортозаміщення.

Постановка проблеми. Ми пропонуємо для створення функціональних властивостей м'ясо-рослинних консервів додати до свинини культивовані гриби, а саме гливу звичайну, яка володіє рядом корисних ознак:

1. Гриби гливи є низькокалорійним продуктом. Ця якість може допомогти підтримувати оптимальну масу тіла тим людям, які прагнуть зниження власної ваги. Збільшення споживання гливи зробить харчування більш збалансованим. У Європі розроблено грибні дієти за участю страв із гливи із загальною енергетикою не більше 1 100 ккал на день. Велика кількість клітковини у грибах дає відчуття ситості, незважаючи на низьку калорійність.

2. Гриби гливи є одним із найбагатших джерел цинку, який сприяє підтримці імунітету людини незалежно від його віку.

3. Глива є багатим джерелом калію, необхідний вміст якого в організмі покращує діяльність серця та нирок.

4. Замість глюкози глива містить манітол, тому діабетики можуть сміливо включати в свою дієту страви з гливи.

5. Глива містить велику кількість вітамінів групи В і D, які необхідні для підтримки здоров'я людини. Помірне щоденне споживання грибів забезпечить суттєву частку добової потреби людини у цих вітамінах.

6. Глива містить багато клітковини, яка покращує роботу травного тракту і нормалізує його мікрофлору.

7. Полісахариди та клітковина гливи є хорошими сорбентами і допомагають очищати організм від токсинів та важких металів.

У технології виробництва культивованих грибів є певні переваги. До них відносять безвідходність і екологічність. Для їх вирощування яке можна здійснювати круглий рік у різних кліматичних умовах, використовують різні рослинні субстрати з відходів насадництва, харчових виробництв, лісопереробної галузі причому субстрат можна використовувати двічі. Після використання живильний субстрат може бути внесений у ґрунт як біологічне добриво під овочеві культури та плодові дерева, а також його використовують у якості корму для тварин. Глива є лідером серед культивованих грибів за кількістю субстратів на яких її можна вирощувати.

Хімічний склад культивованих грибів може бути різним, що пов'язано з великим різноманіттям живильних субстратів які використовують для вирощування гливи. Питаннями вивчення хімічного складу, вирощування, зберігання гливи займалися багато науковців [1; 2; 3; 4].

Разом з тим, широке впровадження гливи у виробництво та просування її на споживчому ринку як екологічно чистого та корисного продукту обмежується відсутністю робіт, що висвітлюють наукові засади технології переробки грибів цього виду.

З досвіду використання гливи звичайної відомо, що вона має дуже добрі технологічні властивості, володіє значною швидкістю росту, також відомо про її лікувальні та профілактичні властивості, вона має виражені протипухлинні, радіопротекторні, антивірусні, гіпоглікемічні, імуномодельюючі властивості.

Але, поряд с тим необхідно відзначити, що обмежений термін придатності до споживання гливи, створює певні труднощі у потоковому виробництві м'ясних консервів з грибами без використання додаткових технологічних операцій. Тому розглядається можливість виробництва грибних напівфабрикатів. Ряд дослідників пропонують висушувати гриби і додавати до м'ясної сировини у вигляді порошку [5].

Мета досліджень. Метою досліджень є обґрунтування можливості використання гливи звичайної у виробництві м'ясо-рослинних консервів та проведення досліджень основних властивостей консервованої продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виробництво м'ясних консервів займає власну, досить велику частку у харчовій галузі. Асортимент продукції представлений м'ясо-рослинними паштетами, м'ясом тушкованим, м'ясо-рослинними кашами та ін. Аналіз літературних джерел свідчить, що науковці – технологи постійно вдосконалюють і пропонують нові рецептури даного виду продукції, додаючи до основної сировини (м'ясо, субпродукти) рослинні компоненти, які володіють функціональними властивостями [6; 7; 8]. Створення нових технологій та рецептур комбінованих м'ясних виробів сприяє підвищенню якості напівфабрикатів у порівнянні з вихідною сировиною, що відбувається за рахунок механічної деструкції грубих волокон сполучної тканини м'яса, використання додаткових інгредієнтів та добавок які покращують органолептичні показники готових м'ясних продуктів. Розроблені комбіновані продукти відрізняються високою біологічною цінністю, збалансованим аміно-, жирнокислотним, вітамінним і мінеральним складом, мають гідні органолептичні характеристики і добре засвоюються організмом людини.

Виклад основного матеріалу дослідження. Враховуючі переваги гливи, було зроблено експериментальні проробки щодо використання грибів у якості рослинного компоненту при виробництві м'ясо-рослинних консервів. М'ясна і рослинна сировина, яку будемо використовувати повинна відповідати певним вимогам. На гливу звичайну розповсюджується ДСТУ 7786:2015 Гриби. Глива звичайна свіжа. Технічні умови, в яких вказано перелік допустимих речовин. Свинина має відповідати вимогам ДСТУ 7158:2010 М'ясо. Свинина в тушах і півтушах. Технічні умови.

Теоретичні розрахунки та практичні напрацювання дозволили розробити рецептуру м'ясо-рослинних консервів та запропонувати технологічну схему. Для порівняння використовували різні співвідношення м'яса і грибів із роду глива, які були оброблені бланшуванням при температурі 800С протягом 5 хвилин.

Хімічний аналіз свинини і гливи звичайної які будуть основною сировиною при створенні м'ясних готових страв з рослинними компонентами, свідчить про добрий баланс між складовими нутрієнтами (рис. 1).

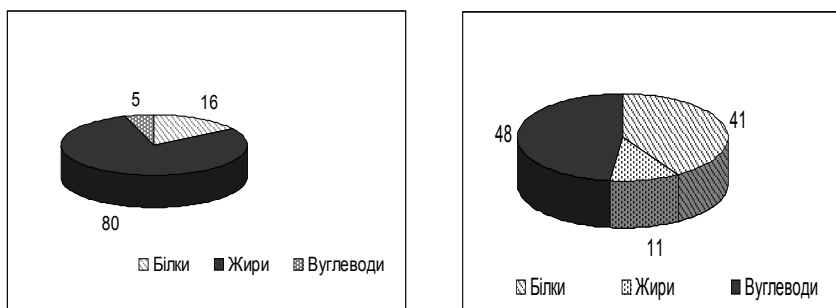


Рис. 1. Співвідношення основних нутрієнтів у свинині та у грибах

Як видно з діаграми співвідношення білків, жирів і вуглеводів у свинині становить 1 : 2,2 : 0,3, грибах – 1 : 0,2 : 1. Такі складові гливи звичайної як вуглеводи, клітковина можуть компенсувати надмірну кількість жиру що містить свинина, утворивши полікомпонентний комплекс. За рахунок введення грибів частково задовольняється потреба у цинку і вітамінах групи В (B_2, B_3, B_5, B_6, B_9), вітаміні Д, Е, біотині.

За контроль під час моделювання рецептури і вибору оптимального співвідношення основних компонентів та складових обрано м'ясні консерви з гречаною крупою які виробляються в умовах дослідного підприємства. У рецептурі даних м'ясо-рослинних консервів міститься 65% м'яса свинини і 23% гречаної крупи. Шляхом підбору було обрано два варіанти комбінацій вмісту грибів: у першому варіанті також додавали 23% бланшованих подрібнених грибів гливи, у другому варіанті зменшили кількість м'яса до 50% і збільшили кількість рослинного компоненту до 38%.

Склад основної та допоміжної сировини у контрольному варіанті і модельних зразках наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Комбінації компонентів м'ясо-рослинних консервів

Компоненти м'ясо-рослинних консервів, %	Каша гречана зі свининою	Варіант I	Варіант II
Свинина знежирована	65	65	50
Гриби (глива звичайна)	-	23	38
Крупа гречана	23	-	-
Олія соняшникова рафінована	5	5	5
Сіль кухонна харчова	1,5	1,5	1,5
Цибуля свіжа	5	5	5
Перець чорний мелений	0,5	0,5	0,5

Розробка технологічної схеми виробництва запропонованих м'ясо-рослинних консервів проводилася з урахуванням існуючої схеми виробництва контрольної продукції, а саме «Гречана каша зі свининою». Але при виробництві м'ясо-грибних консервів, є додаткова операція, що стосується підготовки грибів. Вони мають велику кількість води і закладати їх у банки необробленими не доречно, тому що це призведе до зменшення маси і утворення надмірної кількості бульйону. Отож, після інспекції та миття і перед подрібненням запропоновано попереднє бланшування

грибів. Таку ж операцію включено і для м'ясної сировини (свинини). У експериментальних зразках моделювали різну величину шматочків м'яса і грибів.

Таким чином, технологічна схема виробництва м'ясо-рослинних консервів включає декілька операцій: приймання м'ясної сировини, зберігання, миття, інспектування, бланшування, подрібнення; приймання додаткової сировини (гриби, цибуля, спеції), зберігання, миття грибів, інспектування, бланшування грибів, подрібнення, чищення та миття цибулі, її подрібнення; приймання пакувальних матеріалів, зберігання, миття банок та кришок; закладання сировини у тару, стерилізація, маркування та витримка у термостатній кімнаті.

Вивчення органолептичних показників, фізико-хімічних, структурно-механічних характеристик дозволить дізнатися про вплив взаємодії різних видів компонентів консерви на якісні характеристики готової продукції. Органолептичну оцінку модельних зразків розробленої продукції здійснювали за 5-ти бальною шкалою комісією у складі 6 чоловік які володіють навиками дегустаторів і можуть сприймати відтінки запаху, смаку, кольору. У готових зразках визначали весь вміст консервів: зовнішній вигляд, як розподіляються між собою складові, колір, запах і аромат у холодному та підігрітому до 35°C стані, консистенцію (ніжність, соковитість, пружність, щільність, розсипчастість), смак. Органолептичні показники розробленої продукції і контрольного зразку наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Оцінка органолептичних показників контрольного та модельних зразків м'ясо-рослинних консервів

Показник	Каша гречана зі свининою	Варіант I	Варіант II
Зовнішній вигляд, колір	М'ясо світло рожевого кольору, невеликими шматочками, без кісток, сухожилок, грубої сполучної тканини не переварене, рівномірно розподілене з гречаною крупною	М'ясо світло рожевого кольору, соковите, невеликими шматочками, без кісток, сухожилок, грубої сполучної тканини не переварене, між часточками м'яса рівномірно розподілені шматочки грибів сірого кольору, незначна кількість бульйону у вигляді желе	М'ясо світло рожевого кольору, невеликими шматочками, без кісток, сухожилок, грубої сполучної тканини не переварене, між часточками м'яса рівномірно розподілені шматочки грибів сірого кольору, желеподібний бульйон жовтуватого кольору
Запах і смак	Запах і смак властивий тушкованій свинині з ароматом гречаної каші	Запах і смак властивий тушкованій свинині з незначним присмаком грибів	Запах і смак властивий тушкованій свинині з явним смаком грибів
Консистенція	Розсипчаста, неоднорідна з рівномірно розподіленими компонентами	Неоднорідна, в міру еластична, соковита, ніжна	Неоднорідна, пружна, еластична, соковита

Для опрацювання органолептичних показників була використана сучасна методика сенсорного аналізу і проведено профілювання готової продукції. Це дало можливість здійснити порівняння показників між модельними зразками, розкладали їх на прості дескриптори і побудували профілограму (рис. 2).

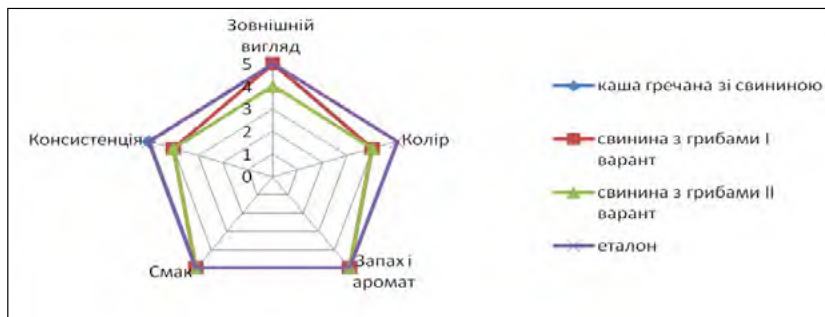


Рис. 2. Профільна оцінка м'ясо-рослинних консервів запропонованих варіантів

Аналіз сенсорної та профільної оцінки розробленої продукції свідчить про досить привабливі і гармонійні поєднання компонентів консерви у зразку № 1, де вміст грибної сировини становить 23%. Даний варіант мав запах і смак властивий тушкованій свинині з незначним ароматом і присмаком грибів, рівномірно розподілені шматочки м'яса і грибів і невелику кількість желеподібного бульйону.

Другий запропонований варіант мав більше розбіжностей з контрольним зразком і еталонними значеннями. Він оцінений нижче за зовнішнім виглядом, кольором і консистенцією, що мабуть пов'язано з процентним співвідношенням м'ясної і рослинної сировини.

Аналіз хімічного складу готових модельних зразків, зроблений на підставі даних довіднику хімічного складу харчових продуктів [9] свідчить, що м'ясо-рослинні консерви I варіанту де кількість рослинних компонентів становить 23%, за нутрієнтним складом трохи поступаються контрольному зразку, але мають вищі показники ніж у другому варіанті (де 38% м'ясної сировини замінено грибами) за кількістю вітамінів (B1, B3, B6, B12, Д, Е), мінералів (Na, P, Se, Zn). Отже, співвідношення м'ясної сировини до рослинної 65 / 23% є найбільш оптимальним з точки зору макро- і мікронутрієнтного складу.

Для отримання якісної і безпечної готової продукції необхідно мати якісну сировину яка відповідає санітарно-гігієнічним вимогам. Перед виготовленням модельних зразків розробленої продукції було проведено лабораторний аналіз м'ясної сировини. Визначено активну кислотність м'ясної сировини з охолодженого і дефростованого м'яса і м'ясо-грибної сировини, також оцінено ступінь свіжості м'яса в реакції з міді сульфатом у бульйоні (таблиця 3).

Отриманні значення рН та реакції з сульфатом міді свідчать, що м'ясо свинини отримане від здорових тварин, охолоджене і дефростоване м'ясо має показники, які відповідають нормативним показникам. М'ясо-грибна сировина має дещо вищі показники рН, що властиво рослинній продукції, а саме грибам які вводяться до складу консервів.

Для встановлення безпечності сировини за мікробіологічним критерієм ми провели визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) у 1 г м'яса свинини, грибах та спеціях які входять у рецептуру консервів шляхом висіву на МПА, бактерій групи кишкової палички

Таблиця 3

Показники ступеню свіжості сировини для м'ясо-рослинних консервів

Показник	Сировина			
	м'ясна (охолоджене м'ясо)	м'ясна (дефростоване м'ясо)	м'ясо-грибна з охолодженого м'яса	м'ясо-грибна з дефростованого м'яса
Значення pH	5,8±0,01	6,0±0,01	6,2±0,02	6,4±0,01
Значення реакції з міді сульфатом	м'ясний бульйон прозорий з голубим відтінком	м'ясний бульйон з крупними пластівцями	м'ясний бульйон прозорий з незначним помутнінням	м'ясний бульйон з помутнінням і крупними пластівцями

(БГКП) на агарі Ендо та порівняли з нормативними значеннями які викладені у гігієнічному критерію технологічного процесу для м'яса і м'ясних продуктів [10] (таблиця 4).

Таблиця 4

Показники мікробного забруднення сировини

Вид сировини, нормативні показники	Мікробіологічні показники		
	КМАФАнМ (КУО), у 1г	БГКП (КУО), у 1г	Сульфитредукуючі кlostридії в 0,01 гр
Свинина охолоджена	8,2x10 ⁵	2,8x10 ²	Не виявлено
Свинина дефростована	2,2x10 ⁶	4,5x10 ²	Не виявлено
Припустимі рівні	5,0x10 ⁵ -5x10 ⁶	50-5x10 ²	Не припустимо
Гриби глива звичайна	6,4x10 ³	Не виявлено	Не виявлено
Припустимі рівні	5,0x10 ⁴	100-1000	Не припустимо
Перець чорний	1,3x10 ³	Не виявлено	Не виявлено
Припустимі рівні	≤1000	Не припустимо	Не припустимо
Сіль	4,8x10 ²	Не виявлено	Не виявлено
Припустимі рівні	≤1000	Не припустимо	Не припустимо
Лавровий лист	2,6x10 ²	Не виявлено	Не виявлено
Припустимі рівні	≤1000	Не припустимо	Не припустимо

Отримані дані свідчать, що охолоджене м'ясо, яке надходить для виробництва консервів, має мікробіологічні показники в межах норми. Дефростоване м'ясо за рівнем мікробного забруднення наближається до граничних допустимих меж, що пояснюється швидким розвитком мікрофлори після розморожування. Гриби які ми плануємо використовувати для виробництва даного виду консервів, під час прийому мають припустимі рівні мікробного забруднення, це стосується і іншої допоміжної сировини, за винятком чорного перцю. Однак, треба зазначити, що після перемішування всіх інгредієнтів буде проведено стерилізацію, яка при дотриманні режимів дозволить знищити вегетативні та спорові форми.

Оцінка готової продукції, а саме консервів «Свинина з грибами» проведена згідно прийнятим методам дослідження в умовах виробничої лабораторії підприємства і лабораторії контролю якості і безпечності харчових продуктів Херсонського державного аграрно-економічного університету. Визначено кислотне число, вміст м'яса, жиру (таблиця 5).

Таблиця 5

Показники якості готової продукції

Показник	Каша гречана зі свининою	Варіант I	Варіант II
Кислотне число, мг КОН/г	1,07±0,02	1,03±0,01	1,04±0,01
Масова частка м'яса і жиру, % не менше	60,0±0,4	58,0±0,5	48,0±0,4
Масова частка жиру, % не більше	25,0±0,2	22,0±0,3	23,5±0,1
Сторонні домішки	не виявлено	не виявлено	не виявлено

Проведені дослідження показують, що під час закладання компонентів м'ясна сировина була свіжою з відповідною якістю на що вказує кислотне число. Масова частка жиру становить не більше 25% для контрольного зразка і від 22 до 23,5% для дослідних зразків, що є у межах нормативних показників.

Висновки й пропозиції. Проведений хімічний аналіз свинини і гливи звичайної які запропоновані при створенні м'ясних готових страв з рослинними компонентами, свідчить про добрий баланс між складовими нутрієнтами. Вуглеводи, клітковина яку містять гриби можуть компенсувати надмірну кількість жиру у свинині, утворивши полікомпонентний комплекс. За рахунок введення грибів частково задовольняється потреба у цинку і вітамінах групи В (В2,В3,В5, В6, В9), вітаміні Д, Е, біотині. Сенсорна та профільна оцінки розробленої продукції, свідчать про досить привабливі і гармонійні поєднання компонентів консерви у зразку №1, де вміст грибної сировини становить 23%, а м'ясної – 65%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сычев П.А., Ткаченко Н.П. Грибы и грибоводство. Донецк : «Издательство Сталкер», 2003. 512 с.
2. Крайнюк Л.Н., Мячикова Н.И. Пищевая ценность и основные направления переработки культивируемых грибов вешенка. *Прогресивні технології та удосконалення процесів харчових виробництв* : Збірник наукових праць. Ч. 1. Харків : ХДАТОХ, 2000. С. 21–26.
3. Літуєв Д.С., Федотов Д.В. Антиокисна активність деяких штамів їстівних грибів. *Методологические основы познания биологических особенностей грибов – продуцентов физиологически активных соединений и пищевых продуктов* : материалы II международной конференции. Донецк, 2002. С. 128–131.
4. Дудка І.О. Гриби природних зон Криму. Київ : Фітосоціоцентр, 2004. 452 с.
5. Ястреба Ю.А. Вдосконалення технології грибного напівфабрикату і комбінованих м'ясних продуктів з його використанням : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.16. Київ, 2018. 22 с.
6. Лялик А.Т., Криськова Л.П., Кравчук Л.О. Концепція функціональних харчових продуктів. *Стан і перспективи харчової науки та промисловості* : тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції, м. Тернопіль, 24 травня 2017 р. Тернопіль, 2017. С. 114–115.
7. Стеценко Н.О. Функціональні харчові продукти у забезпеченні здоров'я людини. *Die Relevanz und die Neuheit der modernen wissenschaftlichen Studien : der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten „ΛΟΓΟΣ“ zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz, Wien, 23 August 2019. Wien : NGO „Europäische Wissenschaftsplattform“, 2019. B. 3. S. 56–59.*
8. Функціональні харчові продукти з наповнювачами / В.В. Власенко, М.М. Бондар, Т.В. Семко, А.М. Соломон. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2016. № 3 (95). С. 106–109.

9. Скурихина И.М., Тутельяна В.А. Химический состав российских пищевых продуктов : Справочник. Москва : ДеЛи принт, 2002. 236 с.

10. Про затвердження Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 19 липня 2012 р. № 548. Додаток II / Міністерство охорони здоров'я України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1321-12#Text>.

REFERENCES:

1. Sychev, P.A., Tkachenko, N.P. (2003). Hryby y hrybovodstvo [Mushrooms and mushroom growing] D.: "Yzd-vo Stalker". 512 p. [in Ukrainian].

2. Kraynyuk, L.N., Myachykova, N.Y. (2000). Pyshcheyaya tsennost y osnovnye napravlenyya pererabotky kultyvuyemykh hrybov veshenka. [Nutritional value and main directions of processing of cultivated oyster mushrooms] *Prohresyvni tekhnolohiyi ta udoskonalennya protsesiv kharchovykh vyrobnytstv*: Zb. nauk. pr. CH.1. Kharkiv: KHDATOKH. 21–26 [in Ukrainian].

3. Lituyev, D.S., Fyedotov, D.V. (2002). Antyokysna aktyvnist deyakykh shtamiv yistivnykh hrybiv. [Antioxidant activity of certain strains of yeast fungi] "*Metodolohycheskye osnovy poznannya byolohycheskykh osobennostey hrybov – produtsentov fyzyolohychesky aktyvnykh soedynenyy y pyshchevykh produktov*". Materyaly II mezhdunarodnoy konferentsyy. Donetsk. 128–131 [in Ukrainian].

4. Dudka, I.O. (2004). Hryby pryrodnykh zon Krymu. [Mushroom natural areas of Krimu] K.: Fitosotsiotsentr. 452 p. [in Ukrainian].

5. Yastreba, YU.A. (2012). Vdoskonalennya tekhnolohiyi hrybnoho napivfabrykatu i kombinovanykh myasnykh produktiv z yoho vykorystanniam avtoref. [Improving the technology of mushroom semi-finished products and combined meat products with its use]. Kyiv. 22 p. [in Ukrainian].

6. Lyalyk, A., Kryskova, L., Kravchuk, L. (2017). Kontseptsiya funktsionalnykh kharchovykh produktiv. [The concept of functional foods] "*Stan i perspektyvy kharchovoyi nauky ta promyslovosti*": tezy dopovidey Mizhnarodnoyi naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi (24 travnya 2017) Ternopil. 114–115 [in Ukrainian].

7. Stetsenko, N.O. (2019). Funktsionalni kharchovi produkty u zabezpechenni zdorovya lyudyny. [Functional foods in human health]. *Die Relevanz und die Neuheit der modernen wissenschaftlichen Studien : der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten "LOHOS" zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz, Wien, 23 August, 2019. Wien : NGO "Europäische Wissenschaftsplattform", 3, 56–59* [in Austrian].

8. Vlasenko, V.V., Bondar, M.M., Semko, T.V., Solomon, A.M. (2016). Funktsionalni kharchovi produkty z napovnyuvachamy. [Functional food products with fillers] *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 3 (95), 106–109 [in Ukrainian].

9. Skurykhina, Y.M., Tutelyana, V.A. (2002) Khymycheskyy sostav rossiyskykh pyshchevykh produktov [Chemical composition of Russian food products]: Spravochnyk. DeLy print. 236 p. [in Russian].

10. Додаток 2 до Мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпеки харчових продуктів. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1321-12#Text> [in Ukrainian].

УДК 664.843.626

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.16>

ВПЛИВ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ЯКІСТЬ МАРИНОВАНИХ ОГІРКІВ

Шинкарук М.В. – асистент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-3036-6778

Бобирь С.В. – асистент кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-1443-6724

У статті представлено проблему щодо забезпечення населення біологічно цінними речовинами на цілий рік. Результати досліджень сучасного харчування населення свідчать про недостатнє споживання незамінних компонентів їжі, що знижує опір організму до впливу факторів навколишнього середовища, формує синдром хронічної втоми, депресії, знижує розумову та фізичну активність. Метою роботи є дослідження можливості виробництва маринованих огірків із використанням нетрадиційної сировини та дослідження впливу даної сировини на якість консервованих виробів у співвідношенні 100 кг червоної смородини та 1 кг квітів чорнобривців на 1 т готового продукту. Під час літературного огляду розглянуто принцип раціонального харчування та створення функціонального продукту з використанням нетрадиційної сировини. В умовах лабораторій Херсонського державного аграрно-економічного університету розроблялися декілька видів нових видів консервів, таких як «Мариновані огірки «Смаковиті» – з додаванням червоної смородини, «Мариновані огірки «Духмяні» – з додаванням квітів чорнобривців і «Мариновані огірки «Marigold» – з додавання червоної смородини та квітів чорнобривців. За аналог використовували мариновані огірки «По-Херсонські». Розроблено рецептури та технології виробництва маринованих огірків і заливки, що використовується під час приготування вищезазначених огірків. Проаналізовано органолептичну оцінку, розраховано харчову та біологічну цінність, визначено масову частку овочів від маси нетто, масову частку сухих речовин, вміст хлоридів, титровану (загальну) кислотність нового виду готового продукту. На останньому етапі досліджень проводили мікробіологічний контроль. Результати проведених досліджень показують, що нова розроблена консервована продукція «Мариновані огірки «Marigold» з додаванням нетрадиційної сировини функціонального призначення, а саме червоної смородини та квітів чорнобривців, має насичений пряний смак і аромат, помірну кількість хлоридів і кислотність, при цьому значно збільшилися показники біологічної та харчової цінності.

Ключові слова: мариновані огірки, нетрадиційна сировина, червона смородина, квітки чорнобривців, якість готового продукту.

Shinkaruk M.V., Bobyr S.V. Influence of non-traditional vegetable raw materials on the quality of marinated cucumbers

The article presents the problem of providing the population with biologically valuable substances for the whole year. The results of studies of modern nutrition indicate insufficient consumption of essential food components, which reduces the body's resistance to environmental factors, forms a syndrome of chronic fatigue, depression, reduces mental and physical activity. The aim of this work is to study the possibility of production of pickled cucumbers using non-traditional raw materials and to study the impact of this raw material on the quality of canned products in the ratio of 100 kg of red currants and 1 kg of marigold flowers per 1 ton of finished product. During the literature review the principle of rational nutrition and creation of a functional product with the use of non-traditional raw materials is considered. Several types of new types of canned food were developed in the conditions of KhDAEU and KhNTU, such as Marinated Cucumbers "Delicious" – with red currants, Marinated Cucumbers "Fragrant" – with the addition of marigold flowers and Marinated Cucumbers "Marigold" – with the addition of red currants marigold flowers. As an analogue used pickled cucumbers "Po-Kherson". Recipes and technologies for the production of pickles and bays used in the production of pickles have been developed. Organoleptic evaluation is considered, nutritional and biological value is

calculated, mass fraction of vegetables from net weight, mass fraction of dry substances, chloride content, titrated (total) acidity of a new type of finished product are determined. At the last stage of research, microbiological control was performed. It is concluded that the results of research show that the newly developed canned products "Marigold Marinated Cucumbers" with the addition of non-traditional raw materials for functional purposes, namely red currants and marigold flowers, has a rich spicy taste and aroma, a moderate amount of chlorides and acidity, while significantly increasing the biological and nutritional value.

Key words: pickles, unconventional raw materials, red currants, marigold flowers, quality of the finished product.

Консервна промисловість – одна з найважливіших галузей харчової промисловості України, що забезпечує консервування харчових продуктів, спеціалізуючись головним чином на виробництві плодоовочевих, м'ясних, рибних і молочних консервах. При цьому виготовлення плодоовочевих консервів займає майже 80% виробництва від всієї консервної продукції в країні. Адже плодоовочева продукція дає змогу забезпечити населення високо вітамінізованим, оздоровлюючим харчуванням. Такий вид продукції одержують безпосередньо із самої природи, і при правильній переробці рослинної сировини, плодоовочеві консерви тривалий час не лише зберігають, але й поліпшують свої поживні якості.

Значення консервування фруктів і овочів полягає в їх збереженні протягом тривалого часу, в одно час зберігаючи високі смакові та харчові властивості, що частково може компенсувати дефіцит свіжих плодоовочевих продуктів у зимово-весняний період. Плоди і овочі є важливим джерелом вуглеводів, органічних кислот, мінеральних солей і вітамінів, але їх споживання у свіжому вигляді значно обмежується через сезонність і територіальні відмінності природних умов. Тому консервування фруктів і овочів дозволяє ефективно вирішити нестачу поживних речовин у харчовому раціоні [1].

Натепер плодоовочева консервна промисловість в Україні займає одне з провідних місць, продукція її користується широким попитом серед споживачів. Консервовані харчові продукти дозволяють в значній мірі забезпечити населення біологічно цінними речовинами на цілий рік, а також створювати поточні, сезонні та страхові запаси. Результати досліджень сучасного харчування населення свідчить про недостатнє споживання незамінних компонентів їжі, що знижує опір організму до впливу факторів навколишнього середовища, формує синдром хронічної втоми, депресії, знижує розумову та фізичну активність. За дослідженням вчених, населенню України не вистачає поживних речовин, вітамінів у своєму щоденному раціоні, отже необхідно розробляти напрямки щодо збагачення продуктів функціональними інгредієнтами. Одним з найважливіших напрямів в вирішенні проблеми раціонального харчування – є підвищення біологічної цінності харчових продуктів. Тому створення доступних і збалансованих у харчовому відношенні, біологічно повноцінних продуктів для населення України є актуальною задачею для науковців харчової промисловості [2; 3].

Створення нового функціонального продукту харчування – це інноваційне розроблення та впровадження у виробництво і просування на ринок, тобто створення та використання продукту, доведення нових оригінальних ідей до реалізації їх у вигляді готового товару і спосіб його презентації споживачеві, тобто звичайні харчові продукти стають функціональними в результаті часткової заміни інгредієнтів компонентами корисних для здоров'я людини.

Раціональне харчування є важливішою умовою збереження здоров'я населення. Повноцінне харчування протягом року цілком можна забезпечити використовуючи

в раціоні консервовану продукцію. Огірки займають одне з перших місць серед овочевих культур за вмістом біологічно активних речовин. Вони містять до 95% води та дуже малу кількість білків, жирів, вуглеводів. Вітаміну С міститься до 10 мг / 100 г продукту. Важлива перевага огірків – це свіжий аромат. Крім цього в огірках гарне співвідношення мінеральних речовин лужної реакції, якій нині придається велике значення в процесі обміну речовин.

Натепер в Україні випускається багато видів консервованих огірків. Новим технологіям приділяють увагу багато вчених, таких як О.В. Стоянова й К.В. Зубкова [4], які розробили технологію виробництва маринованих огірків де одним із головних компонентів маринаду є оцтова есенція, яку отримують при сухій перегонці деревини хімічним шляхом.

Ще одним науковцем, Н.В. Кацеріковою [5], була запропонована заміна оцтової кислоти в маринаді шляхом використання нетрадиційної сировини – молочної сироватки. Було встановлено, що в маринадах на основі молочної сироватки вміст сухих речовин вище, ніж в маринадах на оцті.

Науковцями А.А. Лисенко й С.А. Бажай [6] була запропонована рецептура з додаванням суміші прянощів «Духмяний», яка містить компоненти у наступних співвідношеннях: петрушка – 15%, лавровий лист – 2%, селера – 20%, м'ята – 3%, майоран – 20%, базилік – 20%, кріп – 15%, коріандр – 5%. Розроблена суміш прянощів має вишуканий смак та щадний вплив на шлунково-кишковий тракт, що дозволяє розширити коло споживачів, включаючи тих, яким не можна вживати гостру їжу.

Науковцями кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету розроблялися декілька видів консервів, таких як «Мариновані огірки «Смаковиті» – з додаванням червоної смородини, «Мариновані огірки «Духмяні» – з додаванням квітів чорнобривців та «Мариновані огірки “Marigold” – з додавання червоної смородини та квітів чорнобривців. За аналог використовували мариновані огірки «По-Херсонські» [7–9].

Дослідження розпочиналося з розроблення нової консервованої продукції маринованих огірків «Смаковиті» з додаванням червоної смородини у кількості 10% від основної сировини. Новий інгредієнт значно підвищив кількість вітамінів, а також покращив органолептичні показники. Зведена дегустаційна оцінка показала, що така продукція краще за контрольний зразок: смак і аромат більш приємний та насичений, добре відчувається червона смородина, яка гармонійно поєднується з огірками, зросли показники якості заливки.

Якісні показники харчового складу нового продукту вище ніж у контрольного зразка, а саме збільшилися калорійність на 10%, вміст вуглеводів – на 10%, харчові волокна – на 15%, вітаміни B_6 – на 3% та С – на 22%, але зменшився вміст вітаміну B_9 на 4%, РР – на 10%. Вміст мінеральних речовин також змінився, а саме зросли показники калію на 8%, кальцію – на 2%, заліза – на 11%, водночас знизилися показники натрію на 2%, магнію – на 3%, селену – на 60% та хрому – на 9%. Збільшився вміст моносахаридів на 7%, дисахаридів – на 7%, глюкози – на 12%, сахарози – на 25% та фруктози – на 18%.

Проект був основою для розроблення нового виду консервованої продукції. Але цього було замало – оскільки червона смородина не є нетрадиційним джерелом. Наступним етапом було розглянуто квіти чорнобривців, як нетрадиційну сировину лікувально-профілактичного характеру. Було розроблено ще одну консервовану продукцію – мариновані огірки «Духмяні». Виготовлено 2 партії – в одну додавалося 0,5% квітів, а в іншу – 1%. Проаналізувавши органолептичні

властивості було зроблено висновок, що отриману продукцію не можна пускати в реалізацію через присутній сильний присмак ефірних олій, які є у чорнобривців. Ефірні олії придали неприємну гіркоту та терпкість огіркам. Було вирішено з'єднати два види нових консервів в один та розробити рецептуру з розглянутими і вирішеними помилками згідно проведених досліджень.

У запропонованій рецептурі нового виду консервів «Мариновані огірки «Marigold» розглядався різний вміст червоної смородини та квітів чорнобривців, а саме у відсортваному співвідношенні червоної смородини – 5%, 10% та 15%, та квітів чорнобривців 0,5%, 1% та 1,5%. Така рецептура наведена в таблиці 1.

До складу маринадної заливки входить вода, сіль, цукор, лимонна кислота замість оцтової та екстракт часнику. Згідно технологічної схеми приготування заливки, сіль і цукор просіюють, пропускають через магнітний сепаратор, відважують необхідну кількість згідно рецептури та загрузають в спеціальний чан (станція приготування маринадної заливки), далі розчиняють у необхідній кількості теплої води, доводять до кипіння, кип'ятять 10–15 хвилин. Після чого додають екстракт часнику, відстоюють протягом 2 годин і фільтрують. До відфільтрованого розчину додають необхідну кількість, згідно рецептури, лимонної кислоти та воду (замість тієї, що випарилася). Маринована заливка готується у посудині з матеріалу, що не окислюється, безпосередньо перед фасуванням.

Таблиця 1

Рецептура виробництва консервів «Мариновані огірки «Marigold»

Назва інгредієнту	На 1 т готового продукту, кг		
	1 зразок	2 зразок	3 зразок
Огірки	450	400	350
Залива	500	500	500
Червона смородина	50	100	150
Цукор білий	25	25	25
Сіль	17,0	17,0	17,0
Лимонна кислота	1,5	1,5	1,5
Насіння гірчиці	1,7	1,7	1,7
Кріп свіжий	20	20	20
Перець стручковий гострий	0,465	0,465	0,465
Часник	0,570	0,570	0,570
Лавровий лист	0,2	0,2	0,2
Квіти чорнобривців	0,5	1,0	1,5

Рецептура маринадної заливки наведена у таблиці 2.

Таблиця 2

Рецептура маринадної заливки

Назва інгредієнту	На 100 л	На 900 л	На 1000 л
Сіль	3,4	30,6	34
Цукор	4,4	40	44,4
Кислота лимонна	0,17	1,2	1,6
Екстракт часнику	0,0003	0,0027	0,003

Згідно з розробленою рецептурою запропоновано технологічну схему виробництва консервів «Маріновані огірки "Marigold"» в умовах лабораторії плодоовочевого комбінату «Херсон» та наукової лабораторії Херсонського державного аграрно-економічного університету. Технологічна схема включає наступні процеси: приймання сировини – овочі повинні бути чисті, не гнілі, без плісняви, без механічних пошкоджень та без пошкоджень зроблених шкідниками; миття сировини – відбувається в три етапи – спочатку у щітково-мийній машині, далі у барабанній щітково-мийній машині, а після цього у вентиляторній; ополіскування водою відбувається під час пересування сировини по транспортеру; калібрування й інспектування – на інспекційному транспортері; бланшування сировини відбувається у бланшувачі протягом 3–5 хвилин за температури 50–60°C. Температура та час бланшування залежать від обрізання кінців, підготовки спецій, приготування заливки, фасування, сорту і розміру огірків. Після бланшування огірки негайно охолоджують проточною водою. Обрізання кінців – частіше всього відбувається вручну; фасування – на фасувальних машинах куди подається трубопроводом маринадна заливка та транспортером підготовлена тара; укупорювання – на укупорювальних машинах куди подається підготовлені кришки; стерилізація – готова консервована продукція тельфером завантажується в автоклави заповнені водою, яка підігріта до 40°C, закривається ретельно кришкою, за допомогою води та манометру робиться протитиск і розпочинається стерилізація. Стерилізація – підігрів 20 хвилин, стерилізація 8 хвилин при температурі 100°C та охолодження 25 хвилин до температури 20°C. Після цього готова продукція направляється у складські приміщення [10].

На першому етапі було проаналізовано органолептичну оцінку нового виду маринованих огірків. При додаванні смородини в кількості 50 кг та 0,5 кг квітів чорнобривців на 1 т готового продукту смакові показники покращилися, але майже не змінилися. При додаванні червоної смородини 150 кг та 1,5 кг квітів чорнобривців на 1 т готового продукту зовнішній вигляд, колір та консистенція покращилися але смак і запах погіршився завдяки великій кількості чорнобривців. Велика кількість квітів надає гіркоту та сторонній неприродний присмак ефірних олій. При додаванні червоної смородини у кількості 100 кг та 1 кг квітів чорнобривців на 1 т готового продукту було отримано оптимальний результат, де гармонійно поєднується зазначене співвідношення сировини.

Аналіз експериментальних досліджень показує, що зовнішній вигляд майже не змінився – грони червоної смородини та декілька квітів чорнобривців дуже яскраво прикрашають зміст банки з готовим продуктом. Колір і консистенція повністю відповідають тим вимогам, які були поставлені на початку експериментів. Смак і запах вишукані, з присмаком червоної смородини та пряним ароматом.

Наступним етапом дослідження є розрахунок харчової та біологічної цінності маринованих огірків. Показники якості хімічного складу нового продукту мариновані огірки "Marigold" вище ніж у контрольного зразка, а саме збільшилися калорійність на 10%, вміст вуглеводів – на 8%, харчові волокна – на 19%, вітаміни B₆ – на 6%, B₉ – на 7% та C – на 11%, але вітамін PP зменшився на 5%. Змінився також вміст мінеральних речовин, а саме збільшилися показники калію на 7%, заліза – 5%, а зменшилися показники магнію на 1%, селену – на 6% та хрому – на 10%. Зріс вміст моносахаридів на 5%, дисахаридів – на 5%, глюкози – на 12%, сахарози – на 25% та фруктози – на 15%.

На наступному етапі визначалася масова частка овочів від маси нетто консервів. Згідно з ДСТУ 7989:2015 вона повинна бути не менш 50% – у контролі норма витримується чітко, а у новому виді консервованих огірків 55%, що теж

не є порушенням нормативу. Масова частка овочів змінилася завдяки малій формі плодів червоної смородини, оскільки вона заповнила пустоти між огірками та завдяки цьому збільшила показник у розробленому виді маринованих огірків.

Далі визначалася масова частка сухих речовин рефрактометричним методом. Метод ґрунтується на визначенні коефіцієнту заломлення сухих речовин у розчині за допомогою рефрактометра зі шкалою, яка показує вміст цукру у вагових відсотках. Згідно з ДСТУ 7989:2015 сухі речовини маринадної заливки повинні бути 11,5–12,5%. У контрольному зразку та новому виді консервів масова частка сухих речовин майже не відрізняється.

На наступному етапі визначався вміст хлоридів зворотним титруванням за Фольгардом. Отримані результати свідчать, оскільки у рецептурі вміст солі не змінювався то і вміст хлоридів майже не відрізняється від контролю, але за рахунок додаткового цукру, що міститься у червоній смородині, показники мають деякі розбіжності.

Далі визначалася титрована (загальна) кислотність нового виду консервів «Мариновані огірки “Marigold” титрометричним методом. Під титрованою кислотністю продукту розуміють вміст всіх кислих складових частин, які відтитровуються розчином лугу. У контрольному зразку масова частка титрованих кислот складає 0,55%, а у новому розробленому зразку – 0,52%, це пояснюється тим, що згідно встановленим рецептурним даним використовували оцтову кислоту, а у новій продукції лимонну, до того ж в меншій концентрації.

Отже, у зразках показники титрованої кислотності маринадної заливки відповідають вимогам нормативної документації. Активна кислотність змінилася незначно, тому режим стерилізації можна залишити без змін, оскільки діапазон кислотності рН 0,52–0,55 дає можливість не підвищувати встановлену температуру та час стерилізації.

Для підтвердження цього припущення було проведено мікробіологічний контроль: визначалася загальна бактеріальна обнасіненість, кількість дріжджів і пліснявих грибів. Під час проведення технологічного процесу в напівфабрикати можуть потрапити мікроорганізми внаслідок порушення технологічної обробки сировини та в подальшому призвести готову продукцію до браку.

Показники безпечності у свіжій, помитій, що пройшла необхідну попередню підготовку, сировині та готових видах консервів після 4 місяців зберігання наведено в таблиці 3.

Аналізуючи результати досліджень мікробіологічних показників сировини та консервів, можна відзначити наступне. Початкова кількість МАФАНМ у всіх пробах сировини становить – $2,3 \times 10^2$ – $1,05 \times 10^3$ КУО/г та не перевищує нормативні данні. Аналогічну закономірність відмічаємо й при обнасіненні грибами та дріжджами, яка характеризується незначним початковим вмістом дріжджів, пліснявих грибів в огірках і червоній смородині.

Таблиця 3

Мікробіологічні показники якості сировини

Сировина	Мікробіологічні показники якості		
	Число МАФАНМ, КУО / г	Дріжджі, плісняві гриби, КУО / г	Патогенні мікроорганізми
Огірки	$1,05 \times 10^3$	$4,7 \times 10^2$	не виявлено
Червона смородина	$2,3 \times 10^2$	$3,3 \times 10^2$	не виявлено

У консервах зазначених мікроорганізмів не встановлено, що, очевидно, пов'язано з несприятливими умовами для їх розвитку. В обох дослідних зразках не виявлено патогенних мікроорганізмів. Це підтверджує, що кислотність даних консервів є достатньою для їх використання у виготовленні овочевих маринадів.

Результати проведених експериментальних досліджень свідчать, що нова розроблена консервована продукція «Мариновані огірки "Marigold"» з додаванням нетрадиційної сировини функціонального і лікувально-профілактичного призначення, а саме квітів чорнобривців, має приємний насичений пряний смак і аромат, помірну кількість хлоридів і кислотність, показники біологічної та харчової цінності значно збільшилися.

За умови промислового виробництва запропонованих консервів, населення України зможе отримати новий вид харчового продукту з додатковим джерелом вуглеводів, органічних кислот, мінеральних солей і вітамінів. Споживання маринованих огірків за нової технологією дозволить частково вирішити нестачу поживних речовин у харчовому раціоні людини у зимово-весняний період.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ульяненко О.В., Прозорова Н.В. Стан та перспективи розвитку овочепереробної галузі України. *Вісник харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва. Серія «Економічні науки»*. 2014. № 7. С. 49–57.
2. Герасименко Б.О. Сучасний стан та перспективи розвитку харчової промисловості України в системі євроінтеграційних координат. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2014. Вип. 1. С. 50–54.
3. Єгоров Б.В., Мардар М.Р. Розробка збагачених харчових продуктів із покращеними споживчими властивостями. *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків : Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2012. С. 124–126.
4. Удосконалення технології овочевих маринадів / М.І. Валько, Г.А. Тіхосова, О.В. Стоянова, К.В. Зубкова. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2019. № 2 (57). С. 113–117.
5. Кацерикова Н.В. Технология продуктов функционального питания : Учебное пособие / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2004. 146 с.
6. Лисенко А.А., Бажай-Жежерун С.А. Суміш прянощів «Духмяні». *Праці 84 Міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів*, м. Київ, 23–24 квітня 2018 р. Київ : Національний університет харчових технологій, 2018. С. 12.
7. Кірова Я.В., Шинкарук М.В. Застосування нетрадиційної сировини у виробництві консервованих огірків. *Сучасний стан та перспективи розвитку тваринництва України в умовах євроінтеграції* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Херсон, 11 вересня 2020 р. Херсон, 2020. С. 302–304.
8. Кірова Я.В., Шинкарук М.В. Розробка рецептури консервованих огірків з додаванням нетрадиційної сировини. *Інноваційні технології та перспективи розвитку м'ясопереробної галузі* : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Херсон, 24 листопада 2020 р. Херсон, 2020. С. 302–304.
9. Шинкарук М.В., Кірова Я.В. Використання нетрадиційної рослинної сировини функціонального призначення у виробництві консервованих огірків. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2020. Т. 31 (70). № 3. С. 201–207.
10. Технологія виробництва маринованих огірків. *Смекни!* : вебсайт. URL: <https://smekni.com/a/125048-2/tekhnologiya-virobnitstva-marinovanih-ogrkv-2/>.

REFERENCES:

1. Ul'yanenko, O.V., Prozorova, N.V. (2014) Stan ta perspektyvy rozvytku ovoche-pererobnoyi haluzi Ukrayiny. Visnyk kharkivs'koho natsional'noho ahrarnoho universytetu im. V.V. Dokuchayeva. Ekonomichni nauky, 7, 49–57 [in Ukrainian].
2. Herapsymenko, B.O. (2014) Suchasnyy stan ta perspektyvy rozvytku kharchovoyi promyslovosti Ukrayiny v systemakh yevrointehratsiynykh koordynat. Hlobal'ni ta natsional'ni problemy ekonomiky Mykolayivs'koho natsional'noho universytetu imeni V.O. Sukhomlyns'koho, 1, 50–54 [in Ukrainian].
3. Yehorov, B.V., Mardar, M.R. (2012) Rozrobka zbahachenykh kharchovykh produktiv iz pokrashchenymy spozhyvchymy vlastyvestyamy. Prohresyvna tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho ta hotel'noho hospodarstva ta torhivli: materialy Mizhnar. nauk.-prakt. konf. Kharkiv. KHDUKHT. 124–126 [in Ukrainian].
4. Val'ko, M.I., Tikhosova, H.A., Stoyanova, O.V., Zubkova, K.V. (2019). Udoskonalennya tekhnolohiyi ovochevykh marynadiv. Visnyk KHNTU. 2 (57), 113–117 [in Ukrainian].
5. Katserikova, N.V. (2004). Tekhnolohiya produktiv funktsional'noho pryznachennya: Navchal'nyy posibnyk. Kemerovs'kyy tekhnolohichnyy instytut kharchovoyi promyslovosti. Kemerovo, 146 p. [in Ukrainian].
6. Artem Lysenko, Svitlana Bazhay. (2018). Sumish pryanostey “Dukhmyani” : Pratsi 84 mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi molodykh vchenykh, aspirantiv ta studentiv. m. Kyiv, 23–24 kvitnya 2018 r., Kyiv NUKHT. 12 [in Ukrainian].
7. Kirova, YA.V., Shinkaruk, M.V. (2020). Ispol'zovaniye netraditsionnogo syr'ya v proizvodstve konservirovannykh ogurtsov. Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya zhivotnovodstva Ukrainy v usloviyakh yevrointegratsii: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Kherson, 11 sentyabrya 2020 g. Kherson. 302–304 [in Ukrainian].
8. Kirova, YA.V., Shinkaruk, M.V. (2020). Razrabotka retseptury konservirovannykh ogurtsov s dobavleniyem netraditsionnogo syr'ya. Innovatsionnyye tekhnologii i perspektivy razvitiya myasopererabatyvayushchey otrasli: mater. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., g. Kherson, 24 noyabrya 2020 g. Kherson. 302–304 [in Ukrainian].
9. Shinkaruk, M.V., Kirova, YA.V. (2020). Ispol'zovaniye netraditsionnogo rastitel'nogo syr'ya dlya funktsional'nogo naznacheniya v proizvodstve konservirovannykh ogurtsov. Uchenyye zapiski Tavricheskogo gosudarstvennogo universiteta imeni V.I. Vernadskogo. Tekhnicheskkiye nauki, 31 (70), 3, 201–207 [in Ukrainian].
10. Mir izvesten. Tekhnologiya proizvodstva marinovannykh ogurtsov. [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa. <https://smekni.com/a/125048-2/tekhnologiya-virobnitstva-marinovanikh-ogrkv-2/1> [in Ukrainian].

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

HYDRAULIC CONSTRUCTION,
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 626.81/84; 631.67

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.17>

ВИРОБНИЧИЙ ДОСВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОТИФІЛЬТРАЦІЙНОГО ПОКРИТТЯ ПІД ЧАС БУДІВНИЦТВА ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ЗРОШУВАЛЬНИХ КАНАЛІВ

Морозов О.В. — доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-5617-0813

Морозов В.В. — кандидат сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри гідротехнічного будівництва, водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2594-883X

Козленко Є.В. — кандидат сільськогосподарських наук, докторант
Інституту зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0003-3001-8220

Введення додаткових площ зрошення в результаті будівництва нових внутрішньогосподарських зрошувальних систем та реконструкції наявних каналів із застосуванням сучасних техніко-технологічних і конструктивних рішень, матеріалів та обладнання дасть можливість створити системи з найвищим рівнем економічної ефективності, надійності та екологічної безпечності їх функціонування. Наразі переважна більшість каналів у зрошувальних системах потребує відновлення протифільтраційного покриття. В разі здійснення зазначених заходів перевагу слід надавати найсучаснішим інноваційним матеріалам та техніко-технологічним і конструктивним рішенням з метою досягнення економічної ефективності, надійності й екологічної безпечності під час функціонування зрошувальних систем. Мета дослідження — з'ясування можливості й адаптація застосування сучасної інноваційної технології протифільтраційного облицювання під час будівництва та ремонтів зрошувальних каналів у південному регіоні України на прикладі Інгулецької зрошувальної системи. Об'єкт дослідження — магістральний і розподільні канали Інгулецької зрошувальної системи, протифільтраційне облицювання поліетиленовою геомембраною зрошувальних каналів. Інгулецька зрошувальна система має відповідний досвід відновлення протифільтраційного облицювання каналів. Магістральний та розподільні канали, які облицьовані монолітним бетоном і залізобетонними плитами (частина дна магістрального каналу взагалі не має жодного облицювання), перебувають

в робочому стані, завдяки ним сільгосптоваровиробники щорічно отримують воду для зрошення. Але переважна більшість каналів потребує капітального ремонту, зокрема сучасного протифільтраційного облицювання. За умови здійснення таких заходів буде значно підвищено експлуатаційну надійність каналів та забезпечено зменшення втрат води з каналів на фільтрацію, а, відповідно, зменшено собівартість водоподачі. Перспективним є застосування протифільтраційного екрана з геомембрани HDPE (поліетилену високої щільності Solmax 440-70007 $t = 1$ мм) на дослідно-виробничій ділянці Інгулецького магістрального каналу, який забезпечив суттєве зменшення фільтраційних втрат і може використовуватися для подальшого відновлення наявного протифільтраційного облицювання. Зважаючи на цілі та завдання, визначені Стратегією зрошення і дренажу в Україні на період до 2030 р., доцільною та необхідною є модернізація магістральних і розподільних каналів зрошувальних систем у сухостеповій зоні України для подальшого надійного та ефективного функціонування і відновлення зрошувальних систем із застосуванням сучасних інноваційних матеріалів, технологій та із залученням сучасної дощувальної техніки й обладнання. Подальші науково-виробничі дослідження мають встановити всі характеристики і нормативи для визначення надійності гідротехнічних споруд. Інформація, наведена у статті, є матеріалом для формування бази знань експертної системи гідробудівельних проєктів в Україні.

Ключові слова: зрошувальні системи, фільтрація, облицювання, інноваційна гідробудівельна конструкція, протифільтраційна геомембрана, Інгулецький магістральний канал.

Morozov O.V., Morozov V.V., Kozlenko Ye.V. Production experience of implementation of innovative technology of anti-filtration coating during construction and reconstruction requested

The introduction of additional irrigation areas as a result of construction of new on-farm irrigation systems and reconstruction of existing canals using modern technical and technological and design solutions, materials and equipment will create systems with the highest level of economic efficiency, reliability and environmental safety. Currently, the vast majority of canals on irrigation systems need to restore the anti-leakage coating. In the implementation of these measures, preference should be given to the most modern innovative materials and technical, technological and design solutions, in order to achieve economic efficiency, reliability and environmental safety in the operation of irrigation systems. The purpose of the study is to establish the possibility and adaptation of modern innovative technology of anti-filtration lining in the construction and repair of irrigation canals in the Southern region of Ukraine on the example of Ingulets irrigation system. The object of research is the main and distribution channels of the Ingulets irrigation system, anti-filtration lining with polyethylene geomembrane of irrigation canals. The Ingulets irrigation system has relevant experience in restoring anti-leakage canal lining. The main and distribution canals, which are lined with monolithic concrete and reinforced concrete slabs (part of the bottom of the main canal has no cladding at all), are in working order, with their help farmers receive water for irrigation annually. However, the vast majority of canals need major repairs, namely, equipment with modern anti-leakage cladding. The implementation of this measure will significantly increase the operational reliability of canals and reduce water losses from canals to filtration, and, accordingly, reduce the cost of water supply. Promising is the use of anti-filtration screen made of HDPE geomembrane (high density polyethylene Solmax 440-70007 $t = 1$ mm) in the research and production section of the Ingulets main canal, which has significantly reduced filtration losses and can be used to further restore the existing anti-leakage coating. Taking into account the goals and objectives set by the Irrigation and Drainage Strategy of Ukraine until 2030, it is expedient and necessary to modernize the main and distribution channels of irrigation systems in the dry steppe zone of Ukraine for further reliable and efficient operation and restoration of irrigation systems. innovative materials, technologies and the introduction of modern sprinklers and equipment. Further research and development is necessary to establish all the characteristics and standards to determine the reliability of hydraulic structures. The information provided in this article is the material for the formation of the knowledge base of the expert system of hydraulic engineering projects in Ukraine.

Key words: irrigation systems, filtration, cladding, innovative hydraulic structure, anti-filtration geomembrane, Ingulets main canal.

Постановка проблеми. Стратегічні напрями державної політики щодо зрошення та дренажу, забезпечення сталого екологічно збалансованого розвитку землеробства в країні визначені Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 р., яка схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 серпня

2019 р. № 688-р (далі – Стратегія) [1]. Завданням № 2 Стратегії передбачено здійснення модернізації міжгосподарських мереж, а завданням № 4 – будівництво нових внутрішньогосподарських зрошувальних систем на міжгосподарських зрошувальних системах. Введення додаткових площ зрошення в результаті будівництва нових внутрішньогосподарських зрошувальних систем та реконструкції наявних каналів із застосуванням сучасних техніко-технологічних і конструктивних рішень, матеріалів та обладнання дасть можливість створити системи з найвищим рівнем економічної ефективності, надійності й екологічної безпечності їх функціонування. Обидва завдання передбачають модернізацію магістральних та розподільних каналів зі здійсненням заходів із облаштування протифільтраційних облицювань у каналах [1; 2].

Мета дослідження – з’ясування можливості й адаптація застосування сучасної інноваційної технології протифільтраційного облицювання під час будівництва і ремонтів зрошувальних каналів у південному регіоні України на прикладі Інгулецької зрошувальної системи.

Об’єкт дослідження – магістральний і розподільні канали Інгулецької зрошувальної системи, протифільтраційне облицювання поліетиленовою геомембраною зрошувальних каналів.

Матеріали і методи дослідження. Були використані матеріали виробничих досліджень Держводагентства України, управління каналів Інгулецької зрошувальної системи, дані Інституту водних проблем і меліорації НААН, Снігурівської гідрогеолого-меліоративної партії.

Методи дослідження: натурний польовий виробничий експеримент, спостереження, аналітичний огляд технічної літератури, аналіз та узагальнення фактичних даних виробничого досвіду. Типовість інженерно-геологічних умов Інгулецької зрошувально-обводнювальної системи для сухостепової зони України була обґрунтована методом районування території [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значна роль у вивченні особливостей інженерно-геологічних, геоморфологічних і водогосподарських умов проєктування, будівництва та експлуатації гідромеліоративних систем і гідротехнічних споруд меліоративного призначення в Україні належить Держводагентству України, ВАТ «Укрводпроєкт», Інституту водних проблем і меліорації НААН (О. Олійник, М. Ромащенко, Б. Чалий, П. Коваленко, В. Лелявський, В. Дупляк, М. Губіна та інші) [4].

Вирішенням проблем інженерного захисту територій і споруд від підтоплення та затоплення займалися Український державний науково-дослідний інститут проблем водопостачання, водовідведення та охорони навколишнього природного середовища «УкрВОДГЕО» (О. Абрамович, В. Єгупов, С. Разметаєв, О. Чебанов), Український державний головний науково-дослідний та виробничий інститут інженерно-технічних та екологічних вишукувань (А. Головков, О. Куденко, В. Соколов, Ю. Солодовніков, Г. Стрижельчик), Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій (Я. Червінський, В. Шумінський), Дніпропетровський державний проєктний інститут житлового і цивільного будівництва (С. Домашенко, А. Самойленко, Л. Самойленко), Харківська національна академія міського господарства (В. Таранов) [5] та інші. Однак актуальним завданням в Україні залишається розробка порядку експертизи проєктів гідротехнічного будівництва на завершальному етапі проєктування за аналогією з чинним Порядком затвердження проєктів будівництва і проведення їх експертизи, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 11.05.2011 р. № 550. Для цієї роботи,

а також для вдосконалення оперативної роботи управлінь каналів із реконструкції зрошувальної мережі необхідні відповідні бази даних і знань, що складаються, зокрема, з узагальнення сучасного виробничого досвіду в цій галузі.

Виклад основного матеріалу. Інгулецька зрошувальна система має відповідний досвід відновлення протифільтраційного облицювання каналів. Магістральний та розподільні канали, які облицьовані монолітним бетоном і залізобетонними плитами (частина дна магістрального каналу взагалі не має жодного облицювання), перебувають в робочому стані, завдяки ним сільгосптоваровиробники щорічно отримують воду для зрошення. Але переважна більшість каналів потребує капітального ремонту, зокрема сучасного протифільтраційного облицювання. За умови здійснення таких заходів буде значно підвищено експлуатаційну надійність каналів та забезпечено зменшення втрат води із каналів на фільтрацію, а, відповідно, зменшено собівартість водоподачі.

До таких заходів належить застосування протифільтраційного екрана з геомембрани HDPE (поліетилену високої щільності Solmax 440-70007 $t = 1$ мм) на дослідно-виробничій ділянці Інгулецького магістрального каналу [6], яке забезпечило суттєве зменшення фільтраційних втрат і може використовуватися для подальшого відновлення наявного протифільтраційного облицювання (рис. 1).

Під час виконання робіт з укладання геомембрани з метою досягнення максимального протифільтраційного ефекту слід обов'язково дотримуватися відповідної технології, яка пройшла апробацію на каналах Інгулецької зрошувальної системи. Перед початком укладання та зварювання мембрани виконується підготовка основи й облаштування ущільненого підстеляючого шару ґрунту. Земляні роботи з підготовки основи виконуються відповідно до вимог ДБН. Основа повинна бути



Рис. 1. Процес укладання геомембрани HDPE (поліетилену високої щільності Solmax 440-70007 $t = 1$ мм) на дослідно-виробничій ділянці Інгулецького магістрального каналу

ущільнена та спланована до потрібних відміток згідно з проектною документацією. Підстеляючий ґрунтовий шар облаштовується товщиною 0,1–0,5 м, проектною товщини слід дотримуватися з точністю до 5,0 см (але не менш ніж 0,1 м). Ґрунт, що використовується для створення підстеляючого та захисного шарів, не повинен містити необкочені уламки гірських порід і гострокутні включення, що можуть пошкодити полімерний матеріал. Облаштування підстеляючого шару ґрунту повинно проводитися завчасно, до робіт з укладання та зварювання поліетиленових рулонів, але не має випереджати більше ніж на 2 робочі зміни. Слід передбачити заходи, які виключають можливість утворення накопичень води на поверхні підстеляючого шару ґрунту. Не допускається наявність в підстеляючому шарі ґрунту таких дефектів, як: тріщини завширшки та завглибшки понад 120 мм; набухання чи спучування ґрунту; наявність каверн, порожнин, сміття тощо.

Допускається укласти поліетиленову мембрану на природну ґрунтову основу, що відповідає вимогам ДБН та переліченим вище вимогам до підстеляючого шару, з обов'язковим плануванням та укатуванням її до проектною щільності.

Під час облаштування захисних і підстеляючих шарів із бетону та залізобетону слід вживати інженерних заходів, що виключають можливість проколу полімерного полотна по краях бетонних та залізобетонних плит чи на нерівностях бетонної поверхні. З цією метою рекомендується використання опалубки, що забезпечує закругленість кутів та країв плит, а також застосування додаткових захисних прокладок.

Контроль якості підстеляючого шару ґрунту повинен реалізовуватися через постійний ретельний огляд поверхні з метою перевірки її відповідності вищевказаним вимогам та через проведення контрольних замірів товщини шару. Проїзд механізмів та автотранспорту по підготовленому підстеляючому шару ґрунту забороняється.

Укладання полімерних рулонних матеріалів виконується відповідно до групового планування, на якому вказана конфігурація та розташування полотнищ, орієнтація польових швів тощо. Укладання полімерних полотнищ не повинно проводитися під час інтенсивних атмосферних опадів, у місцях зі стоячою водою або під час сильних вітрів. Для виключення впливу вітру та утворення парусності необхідно тимчасово навантажити укладені полотнища, для чого можуть бути використані мішки з ґрунтом, автомобільні покришки тощо. Механізми та обладнання, які використовуються під час укладання поліетиленової мембрани, не повинні пошкоджувати полотнище та поверхню основи. Забороняється ходіння працівників по поверхні полімерних матеріалів у взутті, яке може її пошкодити. Рулонні полімерні матеріали укладаються вільно, без натягнення, з перекриттям 100–150 мм.

З'єднання рулонів полімерних матеріалів слід проводити контактним або екструзійним зварюванням зі створенням шва внапусток або Т-подібного шва. Стикове зварювання матеріалів не допускається. За контактного способу зварювання здійснюється нагрітим клином, який встановлено на самохідному апараті. Клин нагріває полотнища в місці їх контакту вище за точку плавлення полімеру. Притискні ролики створюють необхідний зварювальний тиск. Таким чином, здійснюється процес дифузії молекул полімеру в зоні контакту та формується зварний шов. У результаті контактного зварювання гарячим клином створюється подвійний шов із каналом для випробування герметичності шва.

Процес контактного зварювання полімерних рулонних матеріалів складається з таких операцій:

- рулони полімерних матеріалів укладають внапусток із перекриттям країв на 10–15 см, без зморшок і вигинів;

- очищують ділянку шва від вологи, пилу та бруду;
- зварювальний апарат із заданим режимом зварювання встановлюють на початок шва та вмикають;

- переміщуючись вздовж країв укладених полотнищ, виконується зварювання.

Перевірка герметичності шва здійснюється за допомогою подачі надмірного тиску повітря в перевірочний канал, створений під час контактного зварювання апаратом «гарячий клин». Перевірка здійснюється не раніше ніж через годину після зварювання [7].

Ключовими перевагами застосування технології гідроізоляції геомембраною HDPE (поліетиленом високої щільності Solmax440-70007 $t = 1$ мм) є:

- довговічність і витривалість системи гідроізоляції до впливу метеоумов;
- стійкість системи до можливих механічних навантажень та сейсмічної активності;
- простота та висока швидкість виконання з мінімальними підготовчими роботами;

- високий ступінь адаптації конструктивних рішень до проєктних вимог.

Середня вартість одного квадратного метра геомембрани HDPE (поліетилену високої щільності Solmax 440-70007 $t = 1$ мм) становить 110 грн.

Накопичений виробничий досвід свідчить про можливість здійснення власними силами управління каналів поточного ремонту каналів бетонуванням (виконується щорічно в ремонтний період) та капітального ремонту каналів за визначеною технологією – укладанням залізобетонних плит на півці. Але наразі перевагу слід надавати найсучаснішим інноваційним техніко-технологічним і конструктивним рішенням із метою досягнення техніко-економічної ефективності, надійності та екологічної безпечності під час функціонування зрошувальних систем. Під надійністю в такому випадку розуміють безперебійне функціонування



Рис. 2. Укладання шипоподібної мембрани Izolit та металевої арматури перед проведенням бетонних робіт на каналі Р-4-2 Інгулецької зрошувальної системи

гідротехнічних об'єктів, збереження проєктних значень всіх технічних параметрів упродовж запланованого періоду, стійкість еколого-економічних показників, перспективність проєктних інженерних рішень [8].

Під час здійснення капітального ремонту ділянки розподільного каналу Р-4-2 Інгулецької зрошувальної системи було застосовано монолітний бетон із металевим армуванням по шипоподібній мембрані Izolit (рис. 2). Переваги застосування шипоподібної мембрани Izolit:

- запобігає підвищенню рівня капілярної вологи до фундаментної плити;
- виключає міграцію бетонного молочка в піщану підготовку;
- збільшує швидкість укладання;
- заощаджує кошти.

Середня вартість одного квадратного метра шипоподібної мембрани Izolit становить 32 грн.

Для захисту стін докової частини головної насосної станції (далі – ГНС) від просочування води крізь монолітний бетон застосовувалися матеріали: «Аквафікс», «Аквамат-пенетрат» (обмазувальна ізоляція проникної дії). Основні переваги застосування матеріалу «Аквамат-пенетрат»:

- ефект гідроізоляції визначається не поверхневою герметизацією, а насамперед закупорюванням капілярів у тілі бетону;
- конструкції, що гідроізольовуються матеріалом «Аквамат-пенетрат», не чутливі до механічних пошкоджень;
- бетон, оброблений матеріалом «Аквамат-пенетрат», захищений від корозії арматури, підвищується його ударна міцність, стійкість до заморожування, відтаювання та інших атмосферних впливів.

Ремонт покрівлі ГНС і боксів майстерні в окремих місцях виконано із застосуванням двокомпонентної гідроізоляційної бітумно-поліуретанової рідкої еластичної мембрани «Гіпердесмо ПБ-2К» [9]. Ці інженерно-технічні рішення довели свою надійність та ефективність в процесі експлуатації гідротехнічних споруд.

Висновки і пропозиції. З урахуванням цілей і завдань, що визначені Стратегією зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 р., доцільною й необхідною є модернізація магістральних та розподільних каналів зрошувальних систем у сухостеповій зоні України для подальшого надійного й ефективного функціонування та відновлення зрошувальних систем із застосуванням сучасних інноваційних матеріалів, технологій та із залученням сучасної дощувальної техніки й обладнання.

Наразі переважна більшість каналів у зрошувальних системах потребують відновлення протифільтраційного покриття. Під час здійснення зазначених заходів перевагу слід надавати найсучаснішим інноваційним матеріалам та техніко-технологічним і конструктивним рішенням з метою досягнення економічної ефективності, надійності та екологічної безпечності під час функціонування зрошувальних систем. Подальші науково-виробничі дослідження мають встановити всі характеристики і нормативи для визначення надійності гідротехнічних споруд. Інформація, наведена у статті, є матеріалом для формування бази знань експертної системи гідробудівельних проєктів в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 р. : розпорядження Кабінету Міністрів України від 14 серпня 2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-p#Text>.

2. Шляхи реалізації Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 р. на Інгулецькій зрошувальній системі / Р.А. Вожегова та ін. *Зрошуване землеробство*. Херсон, 2021. № 75. С. 10–15.
3. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Науково-методологічне обґрунтування типовості Інгулецького зрошуваного масиву для сухостепової зони України. *Аграрні інновації*. Херсон. 2021. № 6. С. 21–30.
4. ДБН В.2.4-1-99. Меліоративні системи і споруди. Київ, 2000. 199 с.
5. ДБН В.1-25-2009. Інженерний захист територій і споруд від підтоплення та затоплення. Київ, 2010. 52 с.
6. Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Застосування геомембрани Solmaxhdpe з поліетилену високої щільності при відновленні протифільтраційного облицювання зрошувальних каналів у південному регіоні України. *Таврійський науковий вісник. Серія: «Технічні науки»*. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 4. С. 68–74.
7. Типовая технологическая карта по устройству противофильтрационных экранов из полимерных полотен (мембран) на основе полиэтилена. Дзержинск : ООО «РОСПРОМТЕКС инжиниринг», 2010. 15 с.
8. Морозов В.В. Основи системного аналізу в гідромеліорації : навчальний посібник. Херсон : Видавництво ХДУ, 2008. 64 с.
9. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку : монографія. Херсон : Айлант, 2020. 204 с.

REFERENCES:

1. Stratehiia zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 r. [Irrigation and drainage strategy in Ukraine for the period upto 2030]: skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 14.08.2019 r. № 688-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-r#Text>. [in Ukrainian]
2. Vozhehova, R.A., Kozlenko, Ye.V., Morozov, O.V., Morozov, V.V. (2021) Shliakhy realizatsii Stratehii zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 r. na Inhuletskii zroshuvalnii systemi [Ways to implement the Irrigation and Drainage Strategy in Ukraine for the period up to 2030 on the Ingulets irrigation system]. *Zroshuvane zemlerobstvo*. No. 75, pp. 10–15. [in Ukrainian]
3. Morozov, O.V., Morozov, V.V., Kozlenko, Ye.V. (2021) Naukovo-metodolohichne obgruntuvannya tipovosti Inhulets'koho zroshuvanoho masyvu dlya sukhostepovoyi zony Ukrayiny. *Ahrarni innovatsiyi*. Kherson. № 6. P. 21–30. [in Ukrainian]
4. DBN V.2.4-1-99. Melioratyvni systemy i sporudy [DBN B.2.4-1-99. Reclamation system sandstructures]. Kyiv. [in Ukrainian]
5. DBN V.1-25-2009. Inzhenernyy zakhyst terytoriy ta sporud vid pidtoplennya ta zatoplennya. Kyiv, 2010. 52 s.
6. Morozov, O.V., Morozov, V.V., Kozlenko, Ye.V. (2021) Zastosuvannya heomembrany Solmaxhdpe z polietylenu vysokoyi shchil'nosti pry vidnovlenni protyfil'tratsiynoho oblytsyuvannya zroshuval'nykh kanaliv v pivdennomu rehioni Ukrayiny. *Tavriys'kyi naukovyy visnyk. Seriya: tekhnichni nauky*. Kherson : Vydavnychyy dim "Hel'vetyka". Vyp. 4. P. 68–74. [in Ukrainian]
7. Tipovaya tekhnologicheskaya karta po ustroystvu protivofil'tratsionnykh ekrano-vizpolimernykh poloten (membran) na osnove polietilena. Dzerzhinsk : ООО "ROSPROMTEKS inzhiniring", 2010. 15 s. [in Russian]
8. Morozov, V.V. (2008) Osnovy systemnoho analizu v hidromelioratsiyi : navch. posib. Kherson : Vyd-vo KHDU. 64 s. [in Ukrainian]
9. Kozlenko, Ye.V., Morozov, O.V., Morozov, V.V. (2020) Inhulets'ka zroshuval'na systema: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku : monohrafiya. Kherson : Aylant. 204 s. [in Ukrainian]

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

УДК 624.01

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.18>

ПРО ДОЦІЛЬНІСТЬ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНИХ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ СТЕРЖНЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ХОЛОДНОГНУТИХ ПРОФІЛІВ

Перельмутер А.В. – доктор технічних наук,
старший науковий співробітник, головний науковий співробітник

НВТ «СКАД Софт»

ORCID ID: 0000-0001-9537-2728

Scopus Author ID: 6602444316

Юрченко В.В. – доктор технічних наук, професор,

професор кафедри металевих та дерев'яних конструкцій

Київського національного університету будівництва та архітектури

ORCID ID: 0000-0003-4513-809X

Scopus Author ID: 25637856200

Web of Science Researcher ID: AAG-3365-2019

У статті висвітлено проблему використання методів оптимізації конструкцій інженерами, які практикують. Розглянуто сфери ефективного застосування методів оптимізації під час проектування будівельних конструкцій: розробку будівельних конструкцій принципово нового типу, проектування споруд для використання у незвичайних умовах, удосконалення багатосерійних конструкцій, а також проектування об'єктів дуже високої одиначної вартості.

Обґрунтовано доцільність постановки та розв'язку задач оптимального проектування металевих конструкцій, виготовлених із холодногнутих профілів. Для металевих конструкцій, що виготовляються з застосуванням тонкостінних холодногнутих профілів, основним сенсом рішення задач оптимізації є їхня висока повторюваність. Такі конструкції стали популярними у будівництві малоповерхових комерційних, легких промислових та сільськогосподарських споруд з невеликими прольотами, а їх виробництво побудовано на принципах виготовлення масового індустріального продукту.

Наведено постановки задач пошуку оптимальних проектних рішень стержневих конструкцій із холодногнутих профілів. Сформульовано задачу оптимізації розмірів поперечних перерізів стержневих елементів із холодногнутих профілів, задачу пошуку оптимальної форми холодногнутого профілю, задачу побудови оптимального сортаментного ряду холодногнутих профілів заданого типу, а також задачу пошуку оптимальних параметрів стержневих конструкцій каркасів будівель, виготовлених із холодногнутих профілів.

Запропоновано генетичні алгоритми як метод розв'язку задач оптимального проектування конструкцій із холодногнутих профілів. Наведено огляд праць у галузі оптимального проектування стержневих конструкцій із холодногнутих профілів.

Ключові слова: оптимізація, холодногнутий профіль, стержнева система, генетичний алгоритм.

Perelmuter A.V., Yurchenko V.V. On the expediency and formulation of searching problems for optimal design solutions of steel structures made from cold formed profiles

The problem of using structural optimization methods by practicing engineers has been considered by the paper. Areas of the effective application of optimization methods in the design procedures for building structures have been also discussed. The following areas have been considered: development of building structures of a fundamentally new type, design of building devoted to operation in unusual conditions, multi-series building structures improvement, as well as the design of building objects with very high unit value.

The expediency of statement and solving the optimal design problems for steel structures made of cold-formed profiles has been substantiated. For steel structures made from thin-walled cold-formed profiles, the main meaning to solve optimization problems is their high repeatability. Such building structures have become popular for the construction of low-rise commercial, light industrial and agricultural buildings with small spans, and their production is based on the principles of mass production of industrial products.

Problem formulations relating to searching for optimum design decisions of steel structures made from cold-formed profiles have been presented. The problem of cross-sectional size optimization of structural members made from cold-formed profiles, the problem of shape optimization of cold-formed profile, the problem of constructing the optimal range of cold-formed profiles of a given shape, and, finally, the parametric optimization problem for structural system made from cold-formed profiles have been formulated.

Genetic algorithms have been proposed as a method to solve the formulated optimization problems for building structures made from cold-formed profiles. A brief overview of the publications in the field of optimal design of steel structures made from cold-formed profiles has been also presented.

Key words: optimization, cold-formed profile, steel structure, genetic algorithm.

ВСТУП

Питання оптимального проектування будівельних конструкцій здавна привертають увагу дослідників. Активно вони почали вирішуватися з другої половини ХХ ст. завдяки досягненням теорії прийняття рішень і теорії дослідження операцій, а також у зв'язку з поширенням обчислювальної техніки. Це дозволило розробити відповідні методи, у доступні терміни прораховувати численні варіанти проектних рішень і вирішувати складні математичні задачі. Наразі теорія оптимального проектування є одним із розділів механіки деформованого твердого тіла, що розвивається. Кількість публікацій у цій галузі наразі вимірюється багатьма сотнями і продовжує постійно збільшуватися. Стають дедалі різноманітнішими постановки задач оптимального проектування та методи їх розв'язку. Оптимізаційні підходи в деякому сенсі розглядаються як майже обов'язкові. Так, у роботі [1] зазначено: «Етика нашої професії сьогодні не дозволяє проектувати конструкції без оптимізації».

Прикладні задачі оптимального проектування металевих конструкцій формуються як задачі пошуку таких значень невідомих параметрів системи, що забезпечують найменше (або найбільше) значення вибраного критерію оптимальності в межах допустимих проектних рішень.

У більшості робіт із оптимізації металевих конструкцій розглядаються так звані параметричні задачі, обмежені попереднім визначенням конструктивної форми за можливості зміни її параметрів. Базуючись на виборі конструктивного рішення об'єкта, прийнятого на стадії технічного проекту, оптимізація заданої конструктивної форми здійснюється варіюванням її параметрів за заданих конструктивних форм, умов закріплення її на опорах, характеру з'єднання елементів у вузлах та чинних навантажень.

Математична модель задачі оптимального проектування конструкцій об'єднує критерій якості, множину незалежних змінних проектування та обмеження, які відображають в загальному випадку нелінійні взаємозв'язки між ними. Вона формується, як правило, з урахуванням можливостей методу її розв'язку, що використовує той чи інший автор. Саме цим можна пояснити велике розмаїття моделей і методів розв'язку задач оптимального проектування конструкцій.

1. ЗАГАЛЬНІ МІРКУВАННЯ ЩОДО ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1. Проблема використання методів оптимізації конструкцій інженерами, які практикують. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють якщо не повністю, то значною мірою подолати труднощі, пов'язані зі складністю розв'язку задач оптимального проектування, і в більшості випадків отримати рішення розумно сформульованих задач оптимального проектування. А ось відсутність у промислових програмних продуктах, орієнтованих на будівельне проектування, опцій та процедур, пов'язаних із пошуком оптимальних проектних рішень, змушує задуматися про причини такого явища. Розробники програмних комплексів у галузі розрахунку та проектування будівельних конструкцій, безумовно, відгукнулися би на реальний ринковий попит щодо реалізації зазначених опцій, і якщо це не відбулося дотепер, то очевидно, що реальний попит досі явно не проявився.

Таким чином, постає питання: чому методика оптимального проектування за понад 50-річний термін існування не стала звичайним робочим інструментом проєктувальника, як, наприклад, метод скінченних елементів, що з'явився навіть дещо пізніше? Який чинник гальмує цей процес?

Слід зазначити, що такі питання лунають не вперше. Деякий огляд проблеми наведено у відомій праці [2], в якій автори дають відповіді на питання щодо неохочого використання методів оптимізації конструкцій інженерами, які практикують. При цьому автори серед інших міркувань зазначають, що оптимальні конструкції, отримані за допомогою детермінованої оптимізації, можуть мати недостатню надійність, оскільки оптимальне проектне рішення часто досягається у точці, яка лежить на межі допустимої ділянки пошуку, де одночасно перетинаються декілька обмежень-нерівностей, що може призвести до вичерпання несучої здатності конструкції одночасно за кількома критеріями. Окрім цього, у роботі [2] висловлюється думка про недостатню наближеність оптимальних проектних рішень до реальної практики проектування, що обумовлює невеликий попит на пошук оптимальних проектних рішень від інженерів, які практикують.

З метою наближення отримуваних оптимальних проектних рішень до реальної практики проектування до складу системи обмежень математичної моделі необхідно залучати додаткові обмеження, що описують, зокрема, умови конструювання, виготовлення та зведення. Наразі вибір конструктивної форми не спирається на чітко формалізовані наукові положення і багато в чому є актом, що більш наближений до мистецтва, ніж до науки. Й якщо розрахункові процедури, які реалізують статичний чи динамічний аналіз конструкцій, базуються на добре розвинутих і формалізованих наукових основах (теорія пружності, теорія пластичності та механіка деформівного твердого тіла), то оптимізаційні процедури, які охоплюють важко формалізовані умови конструювання, такої основи не мають.

1.2. Сфери ефективного застосування методів оптимізації під час проектування будівельних конструкцій. Конструктивні рішення будівель і споруд, які зазвичай використовуються у проєктній практиці, застосовувалися десятки тисяч

разів. Ця практика, яку можна розглядати в якості такого собі пошукового експерименту (можливо, погано організованого, але об'єктивно наявного), призвела до набору типових конструктивних форм, які досить важко істотно покращити. Така практика зазвичай добре досліджена, і рекомендації, що випливають з неї, наведені в технічній літературі [3; 4].

Зіставлення оптимальних проєктних рішень з рішеннями, отриманими на основі досвіду проєктування досліджуваного класу конструкцій, рідко вказує на економію, що перевищує одиниці відсотків. У тих випадках, коли розробники методів оптимізації говорять про більш значні ефекти, найчастіше з'ясовується, що в якості прикладу для порівняння був обраний свідомо невдалий варіант або ж оптимальне рішення ще потребує уточнення, оскільки під час оптимізації не були враховані деякі вимоги, які неможливо було формалізувати на етапі постановки задачі оптимізації.

На жаль, автори більшості робіт із оптимізації будівельних конструкцій розглядають добре вивчені та перевірені практикою проєктування конструкції. Якщо метою розгляду таких конструкцій є демонстрація того, що подолано небезпеку отримання вироджених або інших «патологічних» проєктних рішень, тоді такий підхід може вважатися виправданим. Але якщо метою є демонстрація ефективності оптимізаційного підходу, тоді їм слід було б розглянути зовсім інші конструкції та типи оптимізаційних задач.

На нашу думку, існують три основні сфери ефективного застосування методів оптимізації під час проєктування будівельних конструкцій, зокрема:

а) розробка будівельних конструкцій принципово нового типу або проєктування споруд для використання у незвичайних умовах. Природно, що в таких випадках майже неможливо спиратися на попередній досвід (через його відсутність). При цьому отримане оптимальне проєктне рішення, навіть у випадку, коли не повністю враховані деякі важко формалізовані умови, може бути гарним початковим наближенням до реального проєктного рішення;

б) удосконалення багатосерійних конструкцій, коли навіть незначна економія дає великий ефект через велику кількість повторювань. Тут слід звернути увагу на такі труднощі: умови застосування таких конструкцій можуть сильно варіюватися, ця обставина змушує вирішувати ще одну оптимізаційну задачу, пов'язану з розумною уніфікацією серійного рішення [5];

в) проєктування об'єктів дуже високої одиничної вартості, де навіть невелике зниження ваги помітно перекиває всі витрати, пов'язані з пошуком оптимального проєктного рішення, навіть тоді, коли ефект оптимізації порівняно невеликий.

2. ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ХОЛОДНОГНУТИХ ПРОФІЛІВ

Для металевих конструкцій, що виготовляються з застосуванням тонкостінних холодногнутих профілів, основним сенсом рішення задач оптимізації є їх висока повторюваність. Такі конструкції стали популярними у будівництві малоповерхових комерційних, легких промислових та сільськогосподарських споруд із невеликими прольотами, а їх виробництво побудовано на принципах виготовлення масового індустріального продукту.

Вимоги, які висуваються до будівельних конструкцій із холодногнутих профілів за їх оптимального проєктування, враховуються комплексно за допомогою математичної моделі. Математична модель задачі оптимального проєктування конструкцій об'єднує критерій якості, множину незалежних змінних проєктування

та обмеження, які відображають у загальному випадку нелінійні взаємозв'язки між змінними. Рівень достовірності моделі визначимо відповідністю її структури нормативним вимогам і можливістю реалізації практичного досвіду проєктування цього класу конструкцій [6].

Змінні проєктування (невідомі параметри конструкції) перебувають у нелінійній залежності один від одного. Орієнтація на числові методи математичного програмування дозволяє зберегти загальноприйнятий підхід до проєктування і досить точно описати умови роботи конструкції в складі тонкостінної стержневої конструкції.

2.1. Оптимізація розмірів поперечного перерізу стержневого елемента з холодногнутого профілю. Характерною особливістю роботи тонкостінного стержневого елемента з холодногнутого профілю є можливість його закритичної роботи – здатність чинити опір зовнішнім навантаженням після втрати місцевої стійкості стиснутих елементів перерізу та/або після втрати стійкості форми перерізу, яка ототожнюється з втратою стійкості елемента жорсткості (що підкріплює полицки профілю) за згинальною формою його випинання [7]. З огляду на це задача параметричної оптимізації розмірів поперечного перерізу стержневого елемента з холодногнутого профілю може формулюватись як: *за заданої довжини стержневого елемента, заданих значень внутрішніх зусиль, що діють у розрахункових перерізах стержневого елемента, заданої товщини та довжини розгортки холодногнутого профілю, а також за заданого типу поперечного перерізу профілю визначити його оптимальні розміри за критерієм максимізації несучої здатності стержневого елемента з урахуванням його закритичної роботи та конструктивних вимог.*

У разі, коли в якості критерію оптимальності розглядається максимізація несучої здатності стержневого елемента, цілком очевидно, що в постановці задачі параметричної оптимізації необхідно розглядати обмеження на об'єм матеріалу (товщину та довжину розгортки профілю). Оскільки несуча здатність стержневих елементів конструкцій визначається здебільшого їхньою здатністю чинити опір втраті загальної стійкості, то в якості критерію оптимальності доцільно розглядати максимізацію несучої здатності саме на втрату загальної стійкості. Таким чином, у наведеній вище постановці задачі параметричної оптимізації оптимальні розміри профілю залежатимуть від довжини стержневого елемента.

У праці [8] розглядалася задача параметричної оптимізації розмірів поперечного перерізу С-подібного холодногнутого профілю, що працює в умовах центрального стиску. За критерій оптимальності брався критерій максимізації несучої здатності профілю на втрату загальної стійкості за центрального стиску, представлений у формі лінійної розгортки несучих здатностей, що враховують згинальне, крутильне та згинально-крутильне випинання стержневого елемента, визначені відповідно до нормативних вимог. Пошук оптимальних розмірів реалізований з урахуванням закритичної роботи тонкостінного холодногнутого профілю, що характеризується місцевою втратою стійкості та втратою стійкості форми перерізу. Результати виконаних оптимізаційних розрахунків дозволяють розробити рекомендації щодо оптимального розподілу матеріалу в перерізах несучих елементів досліджуваного класу конструкцій та служать базою для створення ефективних національних сортamentів стандартних гнутих профілів.

У праці [9] аналізувався вплив параметрів форми гнутих профілів на їх ефективність під час роботи на згин і на стиск. За критерій оптимальності автори брали відношення максимального згинального моменту, який здатний сприйняти

поперечний переріз у пружній стадії роботи сталі, до площі поперечного перерізу, що характеризує витрату матеріалу. Зображено та проаналізовано закономірності впливу ширини поясу та ширини одинарного відгину у С-подібних та Z-подібних холодногнутих профілях на ефективність їх роботи в умовах поперечного згину за різних товщин профілю та різних характеристик міцності сталі.

У роботі [10] проаналізовано результати розрахунку стійкості холодногнутого С-подібного профілю з висотою перерізу 250 і 300 мм, що працює в умовах центрального стиску. Авторами виявлено закономірності впливу розмірів профілю на ефективність перерізу та визначено найбільш ефективні параметри перерізів.

У статті [11] розглядалися холодноформовані тонкостінні балки із Z-подібним, С-подібним перерізом та перерізом у формі клотоїди. Змінними проєктування були розміри перерізів. Авторами подано короткий огляд оптимальних конструкцій тонкостінних балок із відкритими перерізами, описано геометричні характеристики трьох перерізів залежно від змінних проєктування, сформульовано обмеження міцності, загальної та місцевої стійкості тонкостінних балок, що працюють в умовах поперечного згину.

2.2. Задачі пошуку оптимальної форми холодногнутого профілю. Важливим чинником, що ініціює рішення задач оптимізації, є наявність питання про пошук конфігурації холодногнутого профілю. Якщо для фасонного прокату це питання давно вирішене у металургійній промисловості та жорстко регламентується наявністю прокатного обладнання, то виробництво холодногнутих профілів має більше можливостей для їх створення. І ці можливості доцільно використовувати для пошуку найкращих рішень.

Якщо до цього додати, що навіть невеликий економічний ефект від покращення геометрії перерізу холодногнутого профілю значно збільшується завдяки його масовому застосуванню у каркасах будівель і споруд, то стане зрозумілою не тільки доцільність, але й перспективність рішення такої оптимізаційної задачі.

З огляду на особливості розрахунку та конструювання, а також з урахуванням практичного попиту задачу пошуку оптимальної форми холодногнутого профілю для стержневого елемента зазвичай формулюють як: *за заданої довжини стержневого елемента, заданих значень внутрішніх зусиль, що діють в його розрахункових перерізах, заданої товщини та довжини розгортки холодногнутого профілю визначити оптимальну форму та розміри поперечного перерізу профілю за критерієм максимізації його несучої здатності з урахуванням закритичної роботи, конструктивних вимог та обмежень на кількість кутів згину профілю.*

Дослідження авторів робіт [12; 13] були спрямовані на оптимізацію форми перерізу колони з холодноформованої сталі за максимізації її несучої здатності на дію поздовжньої сили стиску. У складі системи обмежень автори розглядали також обмеження на кількість роликів, за допомогою яких формується профіль. В результаті авторами були отримані нові оптимальні форми профілів, які можуть бути використані для розвитку нових видів комерційних продуктів.

У працях [14; 15] наведені математична модель та метод, що використовуються для оптимізації форми холодноформованих профілів. До складу системи обмежень автори додали обмеження, що описують умови виготовлення холодноформованих профілів. В якості критерію оптимальності розглянуто співвідношення маси перерізу профілю до його опору. Точність та працездатність запропонованого алгоритму перевірена його реалізацією для оптимізації опору перерізу із замкнутих холодногнутих профілів, симетричних стосовно двох головних осей інерції, для яких відомий аналітичний розв'язок.

2.3. Побудова оптимального сортаментного ряду холодногнутих профілів.

Технологія виготовлення холодноформованих профілів дозволяє отримувати профілі з заданим типом поперечного перерізу за варіації розмірів перерізу в широкому діапазоні. Внаслідок цього перед кожним виробником холодногнутого профілю на початку запуску виробництва постає завдання побудови їх оптимального сортаментного ряду.

У роботі [16] було доведено, що за побудови сортаментного ряду оптимальні розміри профілів у сортаменті залежать від конструктивної ролі стержневого елемента і є різними, наприклад, для балкових та колонних двотаврів. Адже у випадку балкових двотаврів за заданого об'єму матеріалу максимізації підлягає фактично момент опору перерізу, а у випадку колонних двотаврів – радіус інерції перерізу.

Якщо обмежитися розглядом стержневих несучих елементів із наперед заданим характером роботи у конструкції (балці, колоні), тоді задачу про побудову оптимального сортаментного ряду холодногнутих профілів із визначеним типом поперечного перерізу (наприклад, С- чи Z-подібним) можна звести до низки задач параметричної оптимізації розмірів поперечного перерізу стержневого елемента з холодногнутого профілю, формулювання яких наведено вище. При цьому тип поперечного перерізу та об'єм матеріалу (товщина і довжина розгортки профілю) є заданими константами, а варіюванню підлягають розміри поперечного перерізу профілю. В разі, якщо розглядається задача побудови оптимального сортаментного ряду для профілів, що будуть використовуватися у конструкції в якості балок, за критерій оптимальності беруть максимізацію несучої здатності стержневого елемента з холодногнутого профілю на дію згинального моменту. Якщо ж профілі будуть використовуватися в якості колон (переважно центрально-стиснутих), тоді за критерій оптимальності беруть максимізацію несучої здатності стержневого елемента на дію поздовжньої сили стиску. У складі системи обмежень необхідно обов'язково розглядати конструктивні вимоги, що описують обмеження технологічних ліній із виготовлення холодногнутих профілів.

Задача про побудову оптимального сортаментного ряду холодногнутих профілів із визначеним типом поперечного перерізу зводиться до ряду задач параметричної оптимізації розмірів поперечного перерізу стержневого елемента, якщо розглядати внутрішні зусилля, що діють у розрахункових перерізах стержневого елемента, як змінні вихідні дані задачі оптимізації. При цьому варіювання певного силового фактору (наприклад, згинального моменту в разі, коли розглядається задача пошуку оптимального сортаментного ряду для холодногнутих балок) може виконуватися відповідно до ряду чисел, побудованого на основі геометричної прогресії, де знаменник геометричної прогресії (коефіцієнт градації) може бути прийнятий як $\sqrt[3]{10} \approx 1.12$. Відносні перевитрати за такого коефіцієнта градації становитимуть 5,66% [16].

2.4. Оптимальне проєктування стержневих конструкцій із холодногнутих профілів. Використання холодногнутих профілів у конструкціях будівельних каркасів, порівняно з традиційними конструктивними рішеннями, які використовують фасонний прокат, має значно меншу історію. З'ясовано, що не завжди можна спиратися на досвід, накопичений під час проєктування конструкцій із прокатних профілів.

Самі властивості роботи тонкостінних стержнів, які працюють у більшості випадків у закритичній стадії роботи (після втрати місцевої стійкості та/або стійкості форми перерізу) [7], ставлять під сумнів можливість безпосереднього застосування відомих конструктивних рішень, що були знайдені для стержневих конструкцій, виготовлених із прокатних профілів.

Окрім того, використання вузлових з'єднань без застосування зварювання впливає на топологію стержневої системи, оскільки існує тенденція конструювати вузли з меншою кількістю елементів, що примикають до цих вузлів.

І ще одне важливе зауваження: розробка конструкції з використанням холодногнутих профілів (особливо за конструювання об'єктів масового призначення) може виконуватися з одночасним пошуком оптимальної форми холодногнутих профілів, які найкраще підходять до шуканої конструктивної схеми. Такого розширення можливостей немає під час використання прокатних профілів, тому можна сподіватися на досягнення більшого економічного ефекту.

З огляду на особливості розрахунку та конструювання, а також з урахуванням практичного попиту задачі параметричної оптимізації стержневих конструкцій будівель і споруд із холодногнутих профілів часто формують як [17]: *за заданої топології стержневої конструкції з холодногнутих профілів, типів поперечних перерізів її елементів, умов закріплення на опорах та схеми розрахункових навантажень визначити оптимальні параметри геометричної схеми, оптимальні значення зусиль попереднього напруження (за наявності) та оптимальні розміри поперечних перерізів її елементів з урахуванням закритичної роботи стержневих елементів, обмежень функціонального об'єму та конструктивних вимог.*

Вектор змінних проєктування містить розміри поперечних перерізів елементів стержневої системи, зусилля попереднього напруження (за наявності) та параметри геометричної схеми. За критерій оптимальності беруть визначений техніко-економічний показник конструкції: масу матеріалів, їх вартість, зведені витрати або інші детерміновані показники якості. Обмеження математичної моделі описують задані умови проєктування, які забезпечують необхідну несучу здатність та жорсткість як стержневої конструкції загалом, так і окремих елементів конструкції, а також конструктивні, архітектурні, технологічні та інші додаткові вимоги.

У праці [17] розглядалася задача параметричної оптимізації поперечної рами каркаса будівлі з решічастими несучими елементами, виконаними із холодногнутих профілів. Задача оптимізації формувалась як задача пошуку оптимальних параметрів геометричної схеми рами та розмірів поперечних перерізів її наскрізних елементів за мінімізації маси металу або кошторисної вартості та задоволення системи обмежень, що відображала вимоги до забезпечення несучої здатності стержневих елементів рами і деформативності каркаса загалом, відповідно до вимог будівельних норм, з урахуванням обмежень функціонального об'єму та конструктивних вимог. При цьому вихідними даними були топологія і генеральні розміри стержневої системи, типи поперечних перерізів її елементів, умови закріплення на опорах та схема розрахункових навантажень. В межах запропонованої пошукової методології автором були сформульовані і розв'язані нові задачі пошуку оптимальної конструктивної форми великопрольотних поперечних рам каркасів будівель комплектного постачання, виготовлених із тонкостінних холодногнутих профілів, та виявлена їх техніко-економічна ефективність.

3. ГЕНЕТИЧНІ АЛГОРИТМИ ЯК МЕТОД РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ПРОЄКТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ ХОЛДНОГНУТИХ ПРОФІЛІВ

Наведені вище міркування дозволяють обґрунтовано стверджувати доцільність використання методів оптимізації під час проєктування конструкцій із холодногнутих профілів і формулювання відповідних задач досліджень, які поєднують пошук не тільки оптимальної форми перерізів елементів стержневої системи, але й її оптимальної топології.

Для вирішення задач такого типу найчастіше використовуються методи, що реалізує цілеспрямований перебір скінченної множини варіантів проєктних рішень. До таких методів належать еволюційні методи, що формалізуються за допомогою генетичних алгоритмів та базуються на моделюванні генетичних процесів біологічних організмів [18] й еволюційного розвитку популяцій [19]. Теоретичні засади генетичного підходу до розв'язку задач оптимізації заклали та розвинули Дж. Голланд [20], Д. Гольдберг [19] і Л. Девіс [21]. Генетичні алгоритми є одними з сучасних методів структурної та параметричної оптимізації конструкцій, які дозволяють отримати близькі до глобального оптимуму проєктні рішення і знаходять дедалі більше застосування на практиці [22].

Генетичний алгоритм використовує деяке кодування множини шуканих параметрів системи замість значень цих параметрів, тому його можна застосовувати для розв'язування задач дискретної оптимізації. При цьому шукані параметри задають як на числових множинах, так і на скінченних множинах довільної природи. Стратегія пошуку в таких алгоритмах побудована на обчисленні та порівнянні значень деякої функції оцінки проєктних рішень в точках простору пошуку, що розглядаються. Водночас вимоги до унімодальності, неперервності, диференційованості такої функції не висуваються. Це обумовлює можливість використання генетичного алгоритму для широкого класу функцій, зокрема для функцій, які не мають аналітичного опису.

Робота [23] присвячена огляду праць, в яких для реалізації задач оптимального проєктування конструкцій було використано генетичні алгоритми. Автор показав, що, попри обмеженість у застосуванні генетичних алгоритмів через значний обсяг прямих розрахунків напружено-деформованого стану системи, цей метод знаходить дедалі більше поширення на практиці.

Цикл праць [24; 25] присвячений питанню оптимального проєктування ферм за допомогою генетичного алгоритму. Змінними параметрами ферм є площі поперечних перерізів стержнів та координати вузлів ферм. До системи обмежень включені обмеження міцності стержнів та переміщень вузлів, а також рівняння рівноваги методу скінченних елементів. На численних прикладах показано ефективність застосування генетичних алгоритмів для цього класу конструкцій.

У роботах [26; 27] наведено застосування генетичних алгоритмів для розв'язку задач оптимізації ферм за критерієм мінімуму ваги з урахуванням обмежень міцності, стійкості та жорсткості. Змінні проєктування задачі оптимізації включають кількість стержнів (інформацію про наявні стержні), площі поперечних перерізів елементів та координати вузлів ферми.

Так, наприклад, у роботі [28] розглянуто задачу оптимізації двосхилої поперечної рами, що використовується в складі легкого каркаса будівлі промислового або сільськогосподарського призначення. Як неперервні змінні проєктування розглядалися крок поперечних рам та ухил ригеля рами, а як дискретні змінні проєктування – розміри поперечних перерізів її несучих елементів. Для мінімізації вартості поперечної рами будівлі автори використали генетичний алгоритм із дійсним кодуванням змінних проєктування.

У роботі [29] була розглянута задача оптимізації двосхилих симетричних ферм покриття житлових будинків, виконаних із холодногнутих профілів. В якості змінних проєктування розглядались нахил покрівлі, конфігурація (топология) ферми та координати вузлів ферми. Критерієм оптимальності автори обрали максимізацію сумарного опору елементів ферми за міцністю на дію поздовжньої сили за одночасної мінімізації ваги ферми. До системи обмежень додали обмеження несучої здатності елементів ферми, сформульовані для першої групи граничних

станів, а також обмеження переміщень вузлів ферми, сформульовані для другої групи граничних станів. Для пошуку оптимальних проектних рішень конструкцій автори використали генетичний алгоритм.

Ефективний пошуковий метод оптимізації, що базується на гібридному генетичному алгоритмі, запропонований авторами досліджень [30; 31]. Початкове наближення, що локалізується в ділянці екстремуму функції мети, знаходять з використанням генетичного алгоритму, а згодом розташування екстремуму уточнюють за допомогою градієнтного методу [32; 33]. У такому разі пришвидшується збіжність ітеративного процесу пошуку та підвищується точність розв'язку. До того ж у межах числового алгоритму, розробленого на основі градієнтних методів, можна використати аналіз чутливості, що є корисним інструментом у процесі пошуку оптимального проектного рішення [34].

ВИСНОВКИ

У статті висвітлено проблему використання методів оптимізації конструкцій інженерами, які практикують, та розглянуто сфери ефективного застосування методів оптимізації під час проектування будівельних конструкцій. Обґрунтовано доцільність постановки та розв'язку задач оптимального проектування будівельних конструкцій із холодногнутих профілів.

Наведено постановки задач пошуку оптимальних проектних рішень стержневих конструкцій із холодногнутих профілів. Сформульовано задачу оптимізації розмірів поперечних перерізів стержневих елементів із холодногнутих профілів, задачу пошуку оптимальної форми холодногнутого профілю, задачу побудови оптимального сортаментного ряду холодногнутих профілів заданого типу, задачу пошуку оптимальних параметрів стержневих конструкцій каркасів будівель із холодногнутих профілів. Запропоновано генетичні алгоритми як метод розв'язку задач оптимального проектування конструкцій із холодногнутих профілів. Наведено огляд праць у сфері оптимального проектування конструкцій із холодногнутих профілів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mungan I. Structural engineering and structures from antiquity to the present. *Proceedings IASS Symposium*. 2001. P. 1–3.
2. Elishakoff I., Ohsaki M. Optimization and Anti-Optimization of Structures under uncertainty. London : Imperial College Press, 2010. 402 p.
3. Никонов Н.Н. Большепролетные покрытия: анализ и оценка : учебное пособие для студентов вузов. Москва : Издательство АСВ, 1998. 432 с.
4. Стрелецкий Н.С., Стрелецкий Д.Н. Проектирование и изготовление экономических металлических конструкций. Москва : Стройиздат, 1964. 359 с.
5. Перельмутер А.В. Выбор оптимальных параметров для ряда однотипных объектов. *Теория и практика металлических конструкций : сборник трудов международной конференции*. 1997. Том 2. С. 10–13.
6. Пермяков В.А. Обобщенная задача оптимального проектирования стержневых систем. *Актуальные проблемы строительства* : доклады II международной конференции. 1990. С. 81–85.
7. Юрченко В.В., Перельмутер А.В. Несуча здатність стержневих елементів конструкцій із холодногнутих профілів. Київ : Каравела, 2020. 308 с.
8. Bilyk S.I., Yurchenko V.V. Size optimization of single edge folds for cold-formed structural members. *Strength of Materials and Theory of Structures* : Scientific-and-technical collected articles. 2020. Issue 105. P. 73–86. DOI: 10.32347/2410-2547.2020.105.73-86.
9. Кикоть А.А. Влияние ширины поясов и отгибов в сечениях С- и Z-образных стальных тонкостенных холодногнутих профилей на эффективность работы в условиях изгиба. *Ползуновский вестник*. 2011. № 1. С. 70–75.

10. Галкина А.А., Кикоть А.А. Влияние параметров сечения на эффективность центрально-сжатого тонкостенного холодногнутого С-образного профиля. *Ползуновский альманах*. 2017. № 2. С. 95–98.
 11. Lewinski J., Magnucki K. Optimization of anti-symmetrical cross-sections of cold-formed thin-walled beams. *Journal of theoretical and applied mechanics*. 2009. Vol. 47. P. 553–571.
 12. Leng J.Z., Guest J.K., Schafer B.W. Shape optimization of cold-formed steel columns. *Thin Walled Structures*. 2011. Vol. 49. P. 1492–1503.
 13. Leng J.Z., Li Z.J., Guest J.K., Schafer B.W. Shape optimization of cold-formed steel columns with fabrication and geometric end-use constraints. *Thin Walled Structures*. 2014. Vol. 85. P. 271–290.
 14. Wang B. et al. Shape Optimisation of ColdFormed Steel Profiles with Manufacturing Constraints. Part I: Algorithm. *22nd International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures*. 2014. № 2.
 15. Wang, B. et al. Shape Optimisation of ColdFormed Steel Profiles with Manufacturing Constraints. Part II: Applications. *22nd International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures*. 2014. № 3.
 16. Пермяков В.А., Перельмутер А.В., Юрченко В.В. Оптимальное проектирование стальных стержневых конструкций. Київ : ТОВ «Видавництво «Сталь», 2008. 538 с.
 17. Юрченко В.В. Удосконалення конструктивної форми легких каркасів будівель із холодногнутих профілів на базі рішення задачі оптимального проектування : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.23.01. Київ, 2019. 44 с.
 18. Лима-ле-Фариа А. Эволюция без отбора: автоэволюция формы и функции. Москва : Мир, 1991.
 19. Goldberg D.E. Genetic algorithms in search, optimization and machine learning. Reading, MA : Addison-Wesley, 1989.
 20. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor : University of Michigan Press, 1975.
 21. Davis L. Adaptive design for layout synthesis. Dallas : Texas Instruments, 1985.
 22. Gen M. Genetic algorithms and engineering design. John Wiley & Sons, 1997.
 23. Бараненко В.О. Генетичні алгоритми в оптимальному проектуванні конструкцій. Огляд. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва й архітектури. Науковий та інформаційний бюлетень*. 2002. № 10. С. 4–9.
 24. Czarnecki S. Multithreaded genetic program in truss shape optimization. *Theoretical Foundations of Civil Engineering*. 2000. Vol. 8. P. 556–560.
 25. Czarnecki S. Optimal structural design using a genetic algorithm. *Theoretical Foundations of Civil Engineering*. 1999. Vol. 7. P. 201–210.
 26. Burczynski T. et al. Evolutionary computation in optimization and identification. *Computer assisted mechanics and engineering sciences*. 2002. Vol. 9. P. 3–20.
 27. Burczynski T., Kus W., Orantek P. Optimization of plane truss structures using evolutionary algorithm. *Computer assisted mechanics and engineering sciences*. 2002. No. 9. P. 3–20.
 28. Phan T.D. et al. Design optimization of cold-formed steel portal frames taking into account the effect of building topology. *Engineering Optimization*. 2013. Vol. 45. No. 4. P. 415–433. DOI: 10.1080/0305215X.2012.678493.
 29. Kok K.Y. et al. Design optimisation for cold-formed steel residential roof truss using genetic algorithm. *World Journal of Engineering*. 2018. Vol. 15. No. 5. P. 575–583. DOI: 10.1108/WJE-10-2017-0322.
 30. Permyakov V.O., Yurchenko V.V., Peleshko I.D. An optimum structural computer-aided design using hybrid genetic algorithm. *Proceeding of the International Conference "Progress in Steel, Composite and Aluminium Structures"*. 2006. P. 819–826.
 31. Peleshko I.D., Yurchenko V.V. Hybrid genetic algorithm with gradient learning of the best individual for optimum computer-aided design of steel structural systems. *Proceedings of 8th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization*. 2009. P. 40.
-

32. Yurchenko V.V., Peleshko I.D. Improved gradient projection method for parametric optimisation of bar structures. *Magazine of Civil Engineering*. 2020. No. 98 (6). Article 9812. DOI: 10.18720/MCE.98.12.

33. Peleshko I.D., Yurchenko V.V. An improved gradient-based method to solve parametric optimisation problems of the bar structures. *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles*. 2020. Issue 104. P. 265–288. DOI: 10.32347/2410-2547.2020.104.265-288.

34. Yurchenko V.V., Peleshko I.D. Searching for optimal pre-stressing of steel bar structures based on sensitivity analysis. *Archives of Civil Engineering*. 2020. Vol. 66. No. 3. P. 525–540. DOI: 10.24425/ACE.2020.134411.

REFERENCES:

1. Mungan, I. (2001) Structural engineering and structures from antiquity to the present. *Proceedings IASS Symposium*, pp. 1–3.

2. Elishakoff, I., Ohsaki, M. (2010) Optimization and Anti-Optimization of Structures under uncertainty. London: Imperial College Press.

3. Nikonov, N.N. (1998) Bolsheproletnyie pokryitiya: Analiz i otsenka: Uchebnoe posobie dlya studentov vuzov [Large-span roof structures: analysis and estimation: tutorial for IHE students]. Moscow: Izdatelstvo ASV. (in Russian)

4. Streletskiy, N.S., Streletskiy, D.N. (1964) Proektirovanie i izgotovlenie ekonomichnyih metallicheskih konstruktсий [Economic steel structures: design and fabrication]. Moscow: Stroyizdat. (in Russian)

5. Perelmuter, A.V. (1997) Vyibor optimalnyih parametrov dlya ryada odnotipnyih ob'ektov [Choice of optimum parameters for a number of objects of the same type]. *Sbornik trudov mezhdunarodnoy konferentsii "Teoriya i praktika metallicheskih konstruktсий"*, vol. 2, pp. 10–13. (in Russian)

6. Permyakov, V.A. (1990) Obobshchennaya zadacha optimalnogo proektirovaniya sterzhnevyyih sistem [Generalized optimum design problem for bar structures]. *Aktualnyie problemy stroitelstva: doklady II mezhdunarodnoy konferentsii*, pp. 81–85. (in Russian)

7. Yurchenko, V.V., Perelmuter, A.V. (2020) Nesucha zdatnist sterzhnevyykh elementiv konstruktсий iz kholodnohnutykh profiliv [Load-bearing capacity of structural members made from cold-formed profiles]. Kyiv: Karavella. (in Ukrainian)

8. Bilyk, S.I., Yurchenko, V.V. (2020) Size optimization of single edge folds for cold-formed structural members. *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles*, issue 105, pp. 73–86.

9. Kikot', A.A. (2011) Vliyanie shiriny pojasov i otgibov v secheniyah C- i Z-obraznyih stalnyih tonkostennyih holodnognutyyh profiley na effektivnost raboty v usloviyah izgiba [Influence of flange width and edge fold size in C- and Z-thin-walled cold-formed profiles on the effective structural behavior under the bending]. *Polzunovskiy vestnik*, no. 1, pp. 70–75. (in Russian)

10. Galkina, A.A., Kikot', A.A. (2017) Vliyanie parametrov secheniya na effektivnost tsentralno-szhatogo tonkostennogo holodnognutogo S-obraznogo profilya [Influence of cross-section sizes of C-cold-formed profile on the effective structural behavior under central compression]. *Polzunovskiy almanah*, no. 2, pp. 95–98. (in Russian)

11. Lewinski, J., Magnucki, K. (2009) Optimization of anti-symmetrical cross-sections of cold-formed thin-walled beams. *Journal of theoretical and applied mechanics*, vol. 47, pp. 553–571.

12. Leng, J.Z., Guest, J.K., Schafer, B.W. (2011) Shape optimization of cold-formed steel columns. *Thin Walled Structures*, vol. 49, pp. 1492–1503.

13. Leng, J.Z., Li, Z.J., Guest, J.K., Schafer, B.W. (2014) Shape optimization of cold-formed steel columns with fabrication and geometric end-use constraints. *Thin Walled Structures*, vol. 85, pp. 271–290.

14. Wang, B. et al. (2014) Shape Optimisation of ColdFormed Steel Profiles with Manufacturing Constraints – Part I: Algorithm. *22nd International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures*, 2.

15. Wang, B. et al. (2014) Shape Optimisation of ColdFormed Steel Profiles with Manufacturing Constraints – Part II: Applications. *22nd International Specialty Conference on Cold-Formed Steel Structures*, 3.
 16. Permyakov, V.A., Perelmuter, A.V., Yurchenko, V.V. (2008) Optimalnoe proektirovanie stalnykh sterzhnevyykh konstruktсий [Optimum design of steel structures]. Kyiv: Izdatelstvo Stal'. (in Russian)
 17. Yurchenko, V.V. (2019) Udoshkonalennia konstruktyvnoi formy lehkykh karkasiv budivel iz kholodnohnutykh profiliv na bazi rishennia zadachi optymalnoho proektuvannia [Development of structural form of light gauge steel structures made from cold-formed profiles based on solution of the optimization problem] (Dr. Sc. Thesis), Kyiv: Kyiv National University of Construction and Architecture. (in Ukrainian)
 18. Lima-le-Faria, A. (1991) Evolyutsiya bez otbora: Avtoevolyutsiya formy i funktsii [Evolution without selection: form and function by authevolution]. Moscow: Mir. (in Russian)
 19. Goldberg, D.E. (1989) Genetic algorithms in search, optimization and machine learning. Reading, MA: Addison-Wesley.
 20. Holland, J.H. (1975) Adaptation in natural and artificial systems. Ann Arbor: University of Michigan Press.
 21. Davis, L. (1985) Adaptive design for layout synthesis. Dallas: Texas Instruments.
 22. Gen, M. (1997) Genetic algorithms and engineering design. John Wiley & Sons.
 23. Baranenko, V.O. (2002) Henetychni alhorytmy v optymalnomu proektuvanni konstruktсий. Ohliad [Genetic algorithms in optimum design of building structures]. *Prydniprovskaya derzhavna akademiya budivnytstva ta arkhitektury. Visnyk akademii: Naukovyi ta informatsiyni biuleten*, no. 10, pp. 4–9. (in Ukrainian)
 24. Czarnecki, S. (2000) Multithreaded genetic program in truss shape optimization. *Theoretical Foundations of Civil Engineering*, vol. 8, pp. 556–560.
 25. Czarnecki, S. (1999) Optimal structural design using a genetic algorithm. *Theoretical Foundations of Civil Engineering*, vol. 7, pp. 201–210.
 26. Burczynski, T. et al. (2002) Evolutionary computation in optimization and identification. *Computer assisted mechanics and engineering sciences*, vol. 9, pp. 3–20.
 27. Burczynski, T., Kus, W., Orantek, P. (2002) Optimization of plane truss structures using evolutionary algorithm. *Computer assisted mechanics and engineering sciences*, no. 9, pp. 3–20.
 28. Phan, T.D. et al. (2013) Design optimization of cold-formed steel portal frames taking into account the effect of building topology. *Engineering Optimization*, vol. 45, no. 4, pp. 415–433.
 29. Kok, K.Y. et al. (2018) Design optimisation for cold-formed steel residential roof truss using genetic algorithm. *World Journal of Engineering*, vol. 15, no. 5, pp. 575–583.
 30. Permyakov, V.O., Yurchenko, V.V., Peleshko, I.D. (2006) An optimum structural computer-aided design using hybrid genetic algorithm. *Proceeding of the International Conference "Progress in Steel, Composite and Aluminium Structures"*, pp. 819–826.
 31. Peleshko, I.D., Yurchenko, V.V. (2009) Hybrid genetic algorithm with gradient learning of the best individual for optimum computer-aided design of steel structural systems. *Proceedings of 8th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization*, p. 40.
 32. Yurchenko, V.V., Peleshko, I.D. (2020) Improved gradient projection method for parametric optimisation of bar structures. *Magazine of Civil Engineering*, 98 (6), no. 9812.
 33. Peleshko, I.D., Yurchenko, V.V. (2020) An improved gradient-based method to solve parametric optimisation problems of the bar structures. *Strength of Materials and Theory of Structures: Scientific-and-technical collected articles*, issue 104, pp. 265–288.
 34. Yurchenko, V.V., Peleshko, I.D. (2020) Searching for optimal pre-stressing of steel bar structures based on sensitivity analysis. *Archives of Civil Engineering*, vol. 66, no. 3, pp. 525–540.
-

УДК 624.073

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.19>

ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВІДКРИТОГО СКЛАДСЬКОГО МАЙДАНЧИКА

Романенко С.М. – старший викладач кафедри будівництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-0443-3896

Розвиток діяльності українських річкових портів можливий завдяки розширенню номенклатури логістичних послуг, що надаються.

Для успішного функціонування, підвищення якості обслуговування, повного задоволення попиту на роботи й послуги, пов'язані з перевезеннями й перевантаженнями на внутрішніх водних шляхах України, а також для визначення стратегії подальшого розвитку підприємства існує доцільність у створенні логістичних центрів.

У статті розглядаються питання, пов'язані зі створенням на підприємстві логістичного центру з удосконаленням вантажної роботи, яке спрямовано на повне задоволення попиту на перевезення вантажів, підвищення якості надання послуг і розвиток підприємницької діяльності.

Для здійснення перевантаження та зберігання матеріалів на території підприємства передбачається будівництво нового відкритого складського майданчика з монолітним цементобетонним покриттям і системою дощоприймальних колодязів і лотків, розташованого на території причалу, обладнаного крановими коліями й залізничними шляхами.

Метою дослідження є розрахунок у програмному комплексі «Ліра САПР 2019» монолітної цементобетонної плити відкритого складського майданчика, розташованого на одному планувальному рівні з автомобільною дорогою.

Конструювання покриття виконувалось з урахуванням величини й характеру прикладання навантажень, кліматичних, гідрологічних, санітарно-гігієнічних вимог, а також наявності місцевих будівельних матеріалів.

Проектування монолітного цементобетонного покриття здійснюють згідно із чинними будівельними нормами в такій послідовності:

1. Збір необхідних даних для розрахунку (навантаження, об'ємно-конструктивні рішення).

2. Розрахунок армування плити.

3. Розробка робочих креслень розрахованої конструкції.

Результати проведених досліджень використані під час розробки проектно-кошторисної документації.

Ключові слова: монолітне цементобетонне покриття, навантаження, композитна арматура.

Romanenko S.M. Design and calculation of an open warehouse

The development of Ukrainian river ports is possible due to the expansion of the range of logistics services provided.

For successful operation, improving the quality of service, full satisfaction of demand for works and services related to transportation and transshipment on inland waterways of Ukraine, as well as to determine the strategy of further development of the enterprise, it is advisable to create logistics centers.

The article considers the issues related to the creation of a logistics center at the enterprise with the improvement of freight operations, which is aimed at fully meeting the demand for freight transportation, improving the quality of services and business development.

To carry out reloading and storage of materials on the territory of the enterprise it is planned to build a new open warehouse with a monolithic cement-concrete coating with a system of rain-water wells and trays, located on the berth, equipped with crane tracks and railways.

The purpose of the study is to calculate in the software package "Lira CAD 2019" monolithic cement-concrete slab of an open warehouse, located on the same planning level with the highway.

The design of the coating was performed taking into account the size and nature of the application of loads, climatic, hydrological, sanitary and hygienic requirements, as well as the availability of local building materials.

Design of monolithic cement-concrete covering is carried out according to operating building norms in the following sequence:

- 1. Collection of necessary data for calculation (load, volume-design decisions).*
- 2. Calculation of plate reinforcement.*
- 3. Development of working drawings of the calculated design.*

The results of the research were used in the development of design and estimate documentation.

Key words: *monolithic cement-concrete covering, loading, composite reinforcement.*

Вступ. Водний транспорт відіграє значну роль в економіці багатьох країн. Зокрема, за показниками енерговитрат річковий транспорт майже в 5 разів ефективніше залізничного транспорту й майже в 10 разів – автомобільного, забезпечуючи при цьому ще й низьку собівартість перевезень.

Причалні споруди забезпечують можливість підходу, швартування та безпечну стоянку суден біля рейдових і берегових причальних комплексів і можливість виконання перевантажувальних операцій [1].

Конструкції причальних споруд настільки складні і різноманітні, що в даний час не існує їх суворої загальноприйнятої класифікації. Часто застосовуються комбіновані причальні споруди – в одному і тому ж спорудженні застосовуються конструктивні елементи різних типів. Для експлуатаційної діяльності портів істотного значення має спеціалізація причалів. Залежно від роду вантажу, напрямку вантажопотоку, розміру суден і ряду інших чинників нормами технологічного проєктування портів передбачена спеціалізація (класифікація) причалів по вантажним районам.

Причали для штучних вантажів, металовиробів та обладнання, навалочних вантажів потребують значної площі складування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конструювання покриттів портової території необхідно виконувати з урахуванням величини та характеру застосування навантажень, кліматичних, гідрологічних, санітарно-гігієнічних вимог. необхідно керуватися будівельними нормами та правилами, державними стандартами та іншими нормативними документами, що регламентують вимоги до матеріалів та правил виконання будівельних робіт.

Усі внутрішньопортові вантажні оперативні та складські майданчики, проїзди, дороги та під'їзди повинні мати вдосконалені постійні покриття, тип та вид яких залежно від їхнього технологічного призначення, як правило, виконуються з монолітного цементобетонного покриття, асфальтобетонне або зі збірних залізобетонних плит.

Аналізуючи світовий досвід будівництва цементобетонних доріг набули поширення три типи монолітних цементобетонних покриттів [2]: цементобетон із поперечними швами на відстані близько 5 м один від одного зі сталевими штирями в поперечних швах і з анкерними штирями в поздовжніх (JPCP – Jointed plain concrete pavement) - цементобетонні покриття звичайного типу [2; 3]; армований цементобетон (залізобетон) з поперечними швами на відстані від 9 до 12 м зі сталеву сіткою, яка повинна стримувати розкриття поперечних тріщин, і зі сталевими штирями в поперечних швах і з анкерними штирями в поздовжніх (JRCP – Jointed reinforced concrete pavement) та неперервноармований цементобетон без поперечних швів, у якому арматури більше, ніж в армованому цементобетоні (CRCP – Continuously reinforced concrete pavement) [2; 4].

У вітчизняній дорожній практиці значний внесок з підвищення довговічності цементобетонних покриттів автомобільних доріг від впливу усадки

цементобетону, зміни температури та дії пневматичних коліс транспортних засобів, внесли такі вчені: І.П. Бабяк, В.В. Болотін, І.П. Гамеляк, В.І. Гуляєв, О.Л. Дворкін, Л.Б. Каменецкий, П.В. Кривенко, Ю.Ф. Левицький, В.А. Малицкий, А.В. Мішутін, А.М. Онищенко, О.В. Панченко, А.В. Перельмутер, В.Я. Савенко, М.А. Саницький, Я.М. Якименко, В.М. Нагайчук, Р.Ф. Рунова, В.О. Чернигов, С.М. Толмачев, В.В. Чистяков, А. Goldbeck, E. Winkler, H. Westergaard та інші дослідники.

Використання неметалевої композитної арматури в бетонних конструкціях займалися вчені А.М. Бамбура, А.Я. Барашиков, Ю.М. Вильдановський, Ю.А. Клімов, В.М. Канюк, Д.В. Кузеванов, К.В. Михайлов, І.І. Овчинников, Б.М. Ониськів, О.С. Солдатченко, L. Bank, V.B. Brik, E. Fares та інші.

Постановка проблеми. Приватне акціонерне товариство (далі – ПрАТ) «Херсонський комбінат хлібопродуктів» (далі – «Херсонський КХП») надає послуги з перевезення сипучих мінерально-будівельних вантажів, вантажів у біг-бегах, послуги зважування та зберігання вантажів. Ураховуючи перспективи розвитку логістичної діяльності операторів річкових вантажних перевезень, стратегією розвитку ПрАТ «Херсонський КХП» є забезпечення розвитку та ефективної діяльності щодо організації та надання перевалочних (перевантажувальних) та інших послуг з метою отримання прибутку.

Для здійснення логістичної діяльності підприємством вирішено побудувати новий складський відкритий майданчик для перевалки експортних вантажів з залізничного та автотранспорту на водний транспорт.

Мета дослідження. Метою досліджень є визначення розміру складського відкритого майданчика, можливого допустимого навантаження на покриття від матеріалів та розрахунок монолітного цементобетонного покриття в програмному комплексі «Ліра САПР 2019». Запроектувати складський відкритий майданчик згідно з вимогами санітарного й природоохоронного законодавства України.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основним об'єктом будівництва є: улаштування відкритого складського майданчика біля причалу № 8 і № 9 на території ПрАТ «Херсонський КХП» за адресом: м. Херсон вул. Порт-елеватор, 5.

Призначенням об'єкту є перспектива забезпечення вантажно-розвантажувальних і складських робіт з приймання, зберігання і відвантаження різних експортних вантажів на перевантажувальному комплексі причалу № 8 і № 9. Причал обладнаний крановими коліями з встановленням на вантажному фронті порталного крану. Система зливовідведення вирішена системою дощоприймальних колодязів та лотків.

Досліджуваний майданчик під будівництво відкритого складського майданчику з півдня-сходу обмежений прямовисною стіною причалу, з північно-заходу – фундаментом зруйнованого будинку складу і існуючими залізничними під'їзними шляхами (рис. 1).

Робочою документацією передбачається будівництво відкритого складського майданчика на одному планувальному рівні з автомобільною дорогою. Склади призначені для прийому, розміщення, оперативного зберігання, накопичення, підготовки та формування партій вантажів.

Основними параметрами складу є площа, місткість і допустима технологічна навантаження від закладеного вантажу на покриття складу.

Площа відкритого складу комплектації P_{oc} квадратних метрах визначалась за формулою:

$$P_{oc} = \frac{E_{oc}}{g \cdot K_n}, \quad (1)$$

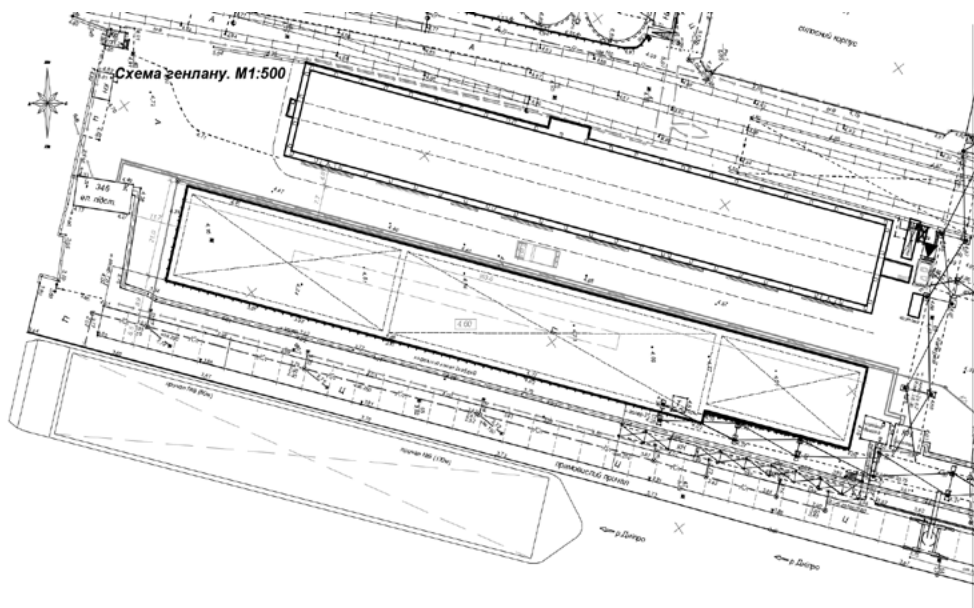


Рис. 1. Схема розміщення відкритого складського майданчика на території підприємства

де: E_{oc} – місткість відкритого складу, т;
 q – технічне навантаження від складованого вантажу, 4,0 тс/кв. м (в залежності від виду складу і характеру вантажу q приймають за таблицями);

K_{μ} – коефіцієнт використання площі відкритих складів: в зоні дії порталних кранів і перевантажувачів – 0,8; поза зоною дії порталних кранів і перевантажувачів – 0,7.

Розрахункова місткість складу в тонах визначається за формулою:

$$E = k + e_3, \quad (2)$$

де: k – коефіцієнт складності вихідного вантажопотоку, що враховує необхідне перевищення наявної кількості вантажу в зв'язку з вимогами раціонального завантаження судна і можливим невідповідністю вантажу і судна по портам призначення, приймають рівним 1,3;

D – чиста вантажопідйомність розрахункового судна, прийнята згідно таблиці 2, т;

e_3 – запас місткості, т.

Таблиця 2

Вантажомісткість судна

Найменування судна	Довжина / ширина судна, м	Вантажомісткість судна по cargo plan, ум. т	Розрахунковий об'єм трюмів, м ³
“M. IZMIR”	111,6 / 18,0	5 700	8 142,9
“BAHAR K”	120,6 / 17,0	7 900	11 285,7
“ALTENAVI”	107,55 / 16,4	6 400	9 142,8
“PHRYGIA”	116,03 / 13,0	3 000	4 285,7

Запас місткості визначають за формулою

$$e_3 = P \cdot n, \quad (1.3)$$

де: P – інтенсивність вантажних робіт на причалі по найбільшому розрахунковому судну, т / сут;

n – нормативний запас часу. За рівномірної роботи залізничного транспорту, що не залежить від режиму підходу судів, нормативний запас приймають рівним 2 діб, а при нерегулярному судноплавстві – 4 діб.

У всіх випадках місткість прикордонного складу на одному причалі повинна бути в межах:

$$1,3D < E < 2,5D.$$

Згідно з даними, наданими підприємством, виконано розрахунок відкритих складів для матеріалів і прийнято 3 відкритих складських майданчика (рис. 2).

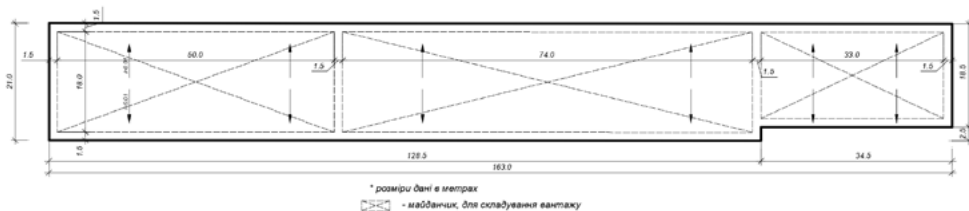


Рис. 2. План відкритого складського майданчика

Між штабелями на складах передбачені проходи шириною не менше 1 м і проїзди, ширина яких залежить від габаритів транспортних засобів і вантажно-розвантажувальних механізмів.

Зовнішні мережі дощової каналізації та очисні споруди розроблені за завданням на проектування. Проектом передбачається прокладання нових мереж дощової каналізації з поліетиленових труб діаметром 200–160 мм на території підприємства за ДСТУ Б В.2.7-151:2008, ДБН В.2.5-75-2013, ДСТУ Б В.2.5-32:2007.

Планування землі та покриття складського майданчика передбачено з ухилом до дощоприймальних решіток в колодязях ДК-1-ДК-5 та до наявних.

Очищенню від нафтопродуктів і зважених речовин підлягають всі забруднені поверхневі стоки з територій відкритих складів і під'їзних доріг вантажних причалів. Очищені дощові стоки використовуються на полив території і інші технологічні потреби.

Зберігання вантажів, представлених в таблиці 1, передбачено на майданчиках відкритих складів.

Кількість вантажів, що укладаються на 1 кв. м площі відкритих складів, визначається умовами складських робіт, що допускаються навантаженнями на покриття складу і вимогами збереження вантажу і його упаковки. Середня маса вантажу, що укладається на 1 кв. м площі складу, зайнятої під складування, розрахована на навантаження 12 т/м².

Всі внутрішні портові вантажні оперативні та складські майданчики, проїзди, дороги і під'їзди повинні мати вдосконалені постійні покриття, тип і вид яких в залежності від їх технологічного призначення, як правило, приймають монолітні цементобетонні.

Конструкції покриттів повинні відповідати таким вимогам:

– мати міцність, що забезпечує надійну і довговічну експлуатацію при прийнятих розрахункових (рухливих, статичних) навантаженнях;

Таблиця 1

Перелік матеріалів для складування

Кут природного ухилу	Вантаж насипом	Висота насипу, м	Розрахунковий обсяг, м ³	Примітки
20°	Цемент	4,6	5575,2	Питома вага 0,9-1,6 т/м ³
30°	Аміачна селітра	6,9	8362,8	Питома вага 0,86 - 1,1 т/м ³
34°	Сухий пісок	8,1	9817,2	Питома вага 1,44 т/м ³
35°	Сульфат амонію, металобрухт	8,4	10180,8	Питома вага 0,71 - 0,77 т/м ³
40°	металобрухт	10,1	12141,2	Питома вага 7850 кг/м ³
«біг-беги»	Борошно, мінеральні добрива, цемент, будматеріали	6,0	11780,0	Розмір «біг-бега»-1х1х1,2(н) м Вага «біг-бега» -1,0 т Штабелювання до 5 ярусів зі зміщенням на 1/2 «біг-бега» со 2 яруса

- протистояти пластичних деформацій;
- бути морозо- і тріщиностійкість;
- мати рівну поверхню, що забезпечує організований водовідвід;
- володіти шорсткістю для надійного зчеплення з колесами машин внутрішньопортового транспорту;
- володіти антикорозійними властивостями (на причалах хімічних, санітарно-небезпечних і тому подібних вантажів).

План монолітного цементобетонного покриття з деформаційними швами представлений на рис. 3.

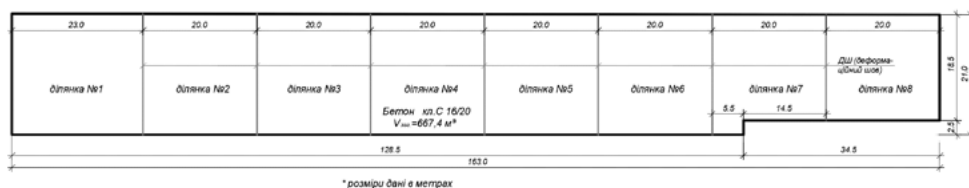


Рис. 3 Опалубний план монолітної цементобетонної плити майданчика

Монолітне цементобетонне покриття товщиною 200 мм запроєктовано з бетонної суміші згідно ДСТУ Б В.2.7-46, ДСТУ Б В.2.7-176, ДСТУ Б В.2.7-75, ДСТУ Б В.2.7-34, ДСТУ Б В.2.7-39, ДСТУ Б В.2.7-43, ДСТУ Б В.2.7-32, ДСТУ Б В.2.7-210.

Для виконання проєкту представлені інженерно-геологічні вишукування, які виконані закритим акціонерним товариством «ХЕРСОНВОДПРОЄКТ». Основою для монолітного цементобетонного покриття є суглинок легкий з фізико-механічними характеристиками $\rho = 1,73 \text{ г/см}^3$, $\phi = 22^\circ$, $c = 0,17 \text{ кг/см}^2$.

Для розрахунку прийняті тимчасові [5] навантаження та навантаження від конкретних матеріалів, які передбачається складувати на майданчику, згідно

таблиці 1, що відповідають граничним навантаженням. Всі характеристики бетону визначають за [6; 7; 8].

Виконано розрахунок монолітного цементобетонного покриття однієї з частин складського майданчика, відокремленої деформаційними швами, в програмному комплексі «Ліра САПР 2019». Механічні характеристики композитної арматури на основі скляного ровінгу АКС800 для розрахунку частково взяті з протоколу сертифікаційних випробувань арматури, проведених товариством з обмеженою відповідальністю «Будівельна лабораторія» м. Миколаїв та ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012 [9].

На рис. 4, 5 представлені результати розрахунку максимальних значень діаметру елементів армування плити.

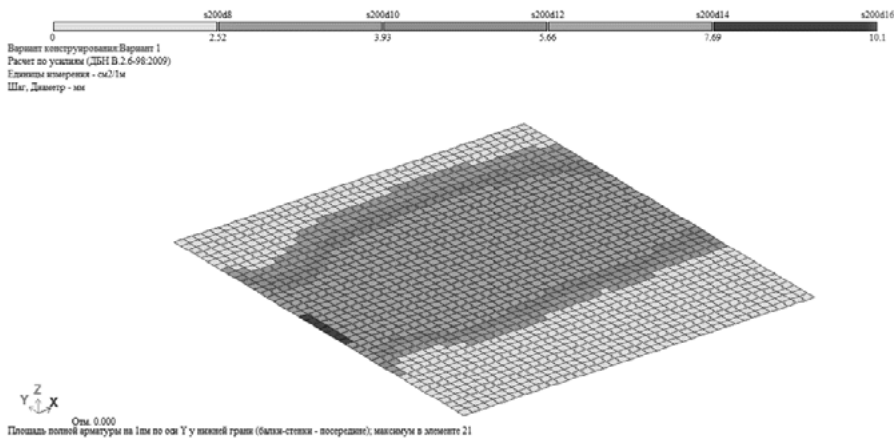


Рис. 4. Схема армування по осі Y

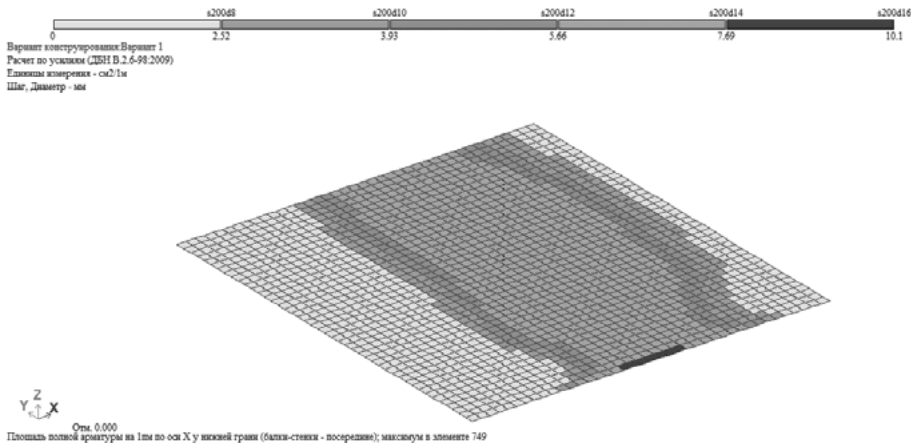


Рис. 5. Схема армування по осі X

Висновки й пропозиції. У результаті розрахунку в персональному комп'ютері «Ліра САПР 2019» було отримано, що для армування монолітного цементобетонного покриття необхідна композитна арматура Ø16АКС800 і Ø10АКС800.

Результати проведених досліджень використані під час розробки проектно-кошторисної документації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Організація виконання вантажних і складських операцій : Навчальний посібник / О.В. Лаврухін, Д.В. Ломотько, Є.С. Альошинський та ін. ; за заг. ред. С.В. Панченка. Харків : УкрДУЗТ, 2015. 181 с., рис. 29, табл. 1.
2. Гамеляк І.П. Нові перспективи дорожнього цементобетону на Україні. 31 січня 2020 р. *Національна Асоціація Дорожників України* : вебсайт. URL: <https://nadu.com.ua/novi-perspektivi-dorozhnogo-cementobetonu-na-ukra%D1%97ni/>.
3. Радовский Б.С. Цементобетонные покрытия в США: конструкции. *Автомобильные дороги*. 2015. № 2. С. 48–57.
4. Нагайчук В.М., Радовський Б.С. Світовий досвід та сучасні підходи до використання цементобетонного покриття. *Дороги і мости*. 2020. Вип. 21. С. 188–200.
5. ДБН В.1.2.-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проєктування. [Чинний від 2007-01-01]. Видання офіційне. Київ : Міністерство будівництва України, 2006. 78 с.
6. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Введено в дію від 2011-07-01 зі скасуванням в Україні СНиП 2.03.01-84*]. Видання офіційне. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 70 с.
7. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проєктування. [Чинний від 2011-06-01] Видання офіційне. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 115 с.
8. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проєктування. [Чинний від 2007-01-01]. Видання офіційне. Київ : Мінбуд України, 2006. 14 с.
9. ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012 Настанова з проєктування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінту. [Чинний від 2013-04-01]. Видання офіційне. Київ : Мінрегіон України, 2012. 28 с.

REFERENCES:

1. Lavrukhin, O.V., Lomotjko, D.V., Aljoshynsjkyj, Je.S. (2015). Orghanizacija vykonannja vantazhnykh i skladsjkykh operacij [Organization of cargo and warehousing operations]. Kharkiv: UkrDUZT [in Ukrainian].
2. Ghameljak, I.P. (2020, Janvarj 31). "Novi perspektyvy dorozhnjogho cementobetonu na Ukrajinii" ["New perspectives of road cement concrete in Ukraine"]. Retrieved from: <https://nadu.com.ua/novi-perspektivi-dorozhnogo-cementobetonu-na-ukra%D1%97ni/> [in Ukrainian].
3. Radovskij, B.S. (2015). Cementobetonnye pokrytyja v SShA: konstrukcyi [Cement concrete coatings in the USA: constructions]. *Avtomobyl'nye doroghy*, 2, 48–57 [in Ukrainian].
4. Naghajchuk, V.M., Radovskij, B.S. (2020). Svitovyj dosvid ta suchasni pidkhody do vykorystannja cementobetonnogho pokryttja [World experience and modern approaches to the use of cement concrete coating]. *Doroghy i mosty*, 21, 188–200 [in Ukrainian].
5. *Navantazhennja i vplyvy. Normy proektuvannja* [Loads and impacts. Design standards]. (2006). DBN V.1.2.-2:2006 from 1st Sichnja 2007. Kyiv: Minbud Ukrajinjy [in Ukrainian].
6. *Konstrukciji budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstrukciji. Osnovni polozhennja* [Constructions of houses and buildings. Concrete and reinforced concrete structures. Substantive provisions]. (2011). DBN V.2.6-98:2009 from 1st lypnja 2011. Kyiv: Minreghionbud Ukrajinjy [in Ukrainian].
7. *Konstrukciji budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstrukciji z vazhkogho betonu. Pravyla proektuvannja* [Constructions of houses and buildings. Concrete and

reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules]. (2011). DSTU B V.2.6-156:2010 from 1st Chervnja 2011. Kyiv: Minreghionbud Ukrainy [in Ukrainian].

8. *Systema zabezpechennja nadijnosti ta bezpeky budivelnjnykh ob'ektiv. Proghyny i peremishhennja. Vymoghy proektuvannja* [System for ensuring the reliability and safety of construction sites. Deflections and displacements. Design requirements]. (2011). DSTU B V.1.2-3:2006 from 1st Sichnja 2007. Kyiv: Minbud Ukrainy [in Ukrainian].

9. *Nastanova z proektuvannja ta vyghotovlennja betonnykh konstrukcij z nemetalevoju kompozytnoju armaturoju na osnovi bazal'ito- i sklorovinghu* [Guidelines for the design and manufacture of concrete structures with non-metallic composite reinforcement based on basalt and glass roving]. (2013). DSTU-N B V.2.6-185:2012 from 1st April 2013. Kyiv: Minreghion Ukrainy [in Ukrainian].

УДК 624.01

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.6.20>

ЗАЛІЗОБЕТОННІ БАЛКИ, ПІДСИЛЕНІ СТРИЖНЕВО-КОТКОВОЮ СИСТЕМОЮ

Чеканович М.Г. – кандидат технічних наук,
професор кафедри будівництва, архітектури та дизайну
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-9110-4109
Scopus-Author ID: 57192938389&
Журахівський В.П. – асистент кафедри будівництва,
архітектури та дизайну
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7746-6162

Розроблена система підсилення залізобетонних балок, що дозволяє підсилити не лише розтягнуту нижню її зону при навантаженні, але й верхню стиснену. При цьому досягається це дією лише одного гнучкого сталевго стрижневого елемента, що зв'язує стиснену і розтягнену зони балки.

Вперше вдалося підсилити стиснену зону балки не традиційними масивними стиснутими елементами, а гнучкими розтягнутими елементами мінімального поперечного перерізу. Для зміни напрямку дії сил на балку від стиску розтягнутої зони до розтягу стиснутої її зони застосована система котків. Корегування сил тертя кочення на котках дозволило автоматично регулювати співвідношення сил між стиском балки у відповідній зоні та її розтягом для досягнення максимального ефекту підсилення.

У статті викладена методика розрахунку напружено-деформованого стану залізобетонних балок, підсилених новою зовнішньою стрижнево-котковою системою, що дозволяє врахувати тертя системи підсилення, дійсні діаграми бетону й сталі, а також деформаційну модель роботи конструкції під навантаженням.

Представлено нову конструкцію для посилення однопрогонових залізобетонних балок прямокутного перерізу з використанням зовнішніх гнучких сталевих стрижнів. Схему посилення балок забезпечує система котків. У дослідженні пропонується метод розрахунку таких посилених балок. Спосіб розрахунку враховує втрату натягу через тертя при контакті зовнішнього дроту з роликами.

Процедура розглядає повну діаграму роботи бетону з низхідною гілкою та дискретно лінійну роботу сталі. Модель враховує деформації конструкції під навантаженням. Для армованих підсилених балок визначається розрахунковий згинальний момент.

Ключові слова: міцність, підсилення, зовнішня стрижнево-коткова система, деформаційна модель, тертя.

Chekanovych M.H., Zhurakhivskiy V.P. Reinforced concrete beams strengthened with a rod-roller system

A system of strengthening reinforced concrete beams has been developed, which allows us to strengthen not only the stretched lower zone under load, but also the upper compressed one. This is achieved by the action of only one flexible steel rod element that connects the compressed and stretched zones of the beam.

For the first time it became possible to strengthen the compressed zone of the beam not with traditional massive compressed elements, but with flexible stretched elements of minimal cross-section. For changing the direction of the action of forces on the beam from the compression of the stretched zone to the tension of the compressed zone a system of rollers is used. The adjustment of rolling friction forces on rollers allowed automatical regulation of the balance of forces between the compression of the beam in the corresponding zone and its tension to achieve the maximum effect of strengthening.

The article describes the method of calculating the stress-strain state of reinforced concrete beams reinforced with a new external rod-roller system, which allows taking into account the friction of the reinforcement system, actual concrete and steel diagrams, as well as the deformation model of the structure under load.

A new system for strengthening single-span reinforced concrete beams of rectangular cross-section using external flexible steel rods is presented. The procedure of strengthening of beams is provided by the system of rollers. The study proposes a method of calculating such reinforced beams. The calculation method considers the loss of tension due to the friction when the external wire is in contact with the rollers.

The procedure considers a complete diagram of the work of concrete with a descending branch and discrete linear behavior of steel. The model takes into account the deformation of the structure under load. The paper determines the estimated bending moment for reinforced concrete beams.

Key words: strength, reinforcement, external rod-roller system, deformation model, friction.

Вступ. На сучасному етапі економічного розвитку України важливим завданням будівельної галузі представляється не тільки нове будівництво, але й відновлення, реконструкція не тільки житлових будівників, а й виробничих будівель і інженерних споруд, де проблема підсилення залізобетонних балок за допомогою зовнішньої саморегульованої системи для забезпечення міцності є актуальною [1–3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі у будівельній практиці залізобетонні балки підсилені зтяжками різного типу. Традиційно зтяжка розташовується у нижній розтягнутій зоні балки і закріплена по кінцях біля опор балки на торцях. Робота зтяжки при навантаженні балки підсилює її нижню розтягнуту зону і не впливає на міцність стиснутої верхньої зони балки. З технологічної точки зору важко, а інколи і неможливо закріпити зтяжку на торцях балки через відсутність достатнього зазору [1–4].

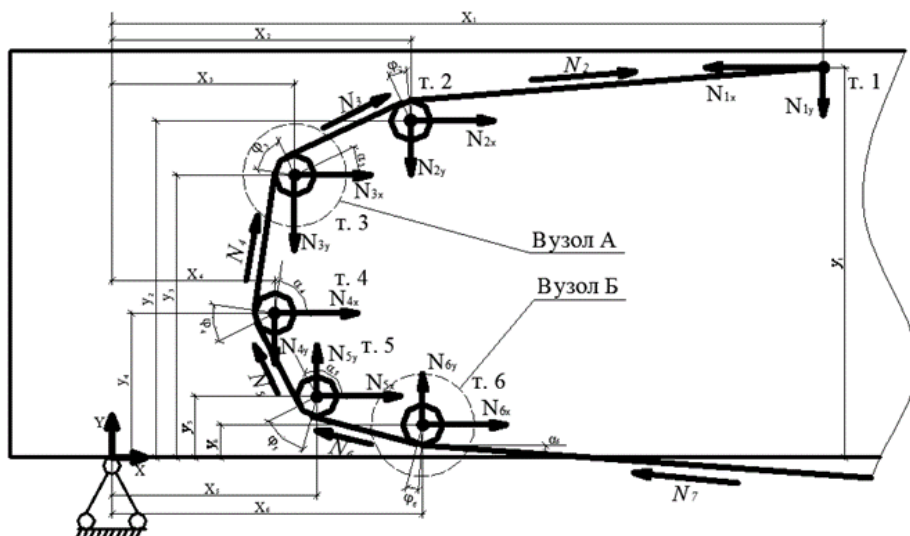
Більш сучасним удосконаленням зтяжки може вважатися шпренгельна зтяжка, де кінці останньої закріплюються у верхній зоні балки над її опорами. В цьому випадку при навантаженні балки остання прогинається, гнучка зтяжка напружується, і її кінці дотискають стиснену верхню зону балки. Це знижує міцність верхньої зони балки через додаткові напруги від шпренгеля і негативно впливає на її роботу [5].

Постановка проблеми. Для використання резерву міцності стиснутої зони балки, розвантаження її системою підсилення постала нагальна потреба розробки нової системи зовнішнього підсилення. Така система повинна забезпечити можливість підсилення як нових балок, так і тих, що вже тривалий час експлуатуються не тільки у нижній розтягнутій зоні, але й у верхній стиснутій зоні балки.

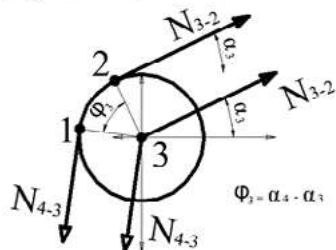
При проведенні підсилення залізобетонних балок зовнішньою сталевією системою постає проблема оцінки ефективності їх роботи. Для цього необхідно розробити спеціальний розрахунковий апарат, що дозволить визначити напружено-деформований стан підсиленої балки.

Метою дослідження є розробка стрижнево-коткової системи підсилення та розробка основ методики розрахунку напружено-деформованого стану залізобетонних балок, підсилених новою зовнішньою стрижнево-котковою системою, що дозволяє врахувати дійсні діаграми бетону і сталі, а також деформаційну модель роботи конструкції під навантаженням.

Виклад основного матеріалу дослідження. У рамках роботи запропоновано нову стрижнево-коткову систему підсилення і методику розрахунку підсилених нею балок [6]. Розглянемо алгоритм розрахунку підсиленої балки. При розрахунку приймається однопрогонова шарнірно обперта балка, яка завантажена двома зосередженими зусиллями, прикладеними в третинах прольоту та зосередженим навантаженням у вигляді власної ваги балки та ваги конструкції підсилення.



Вузол А



Вузол Б

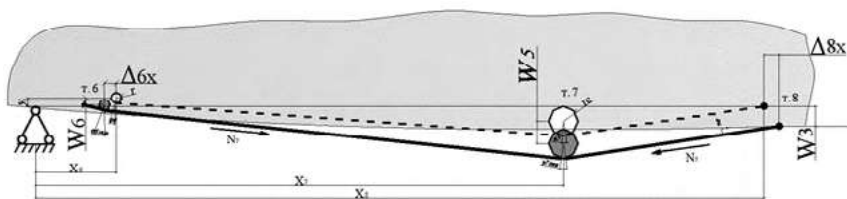
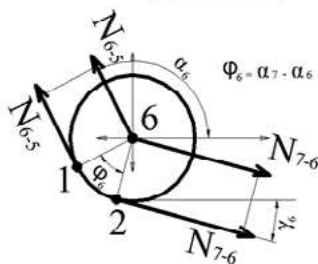


Рис. 1. Схема розподілу зусиль від дії конструкції підсилення:
 X_p, Y_i – координати розташування котків та точок закріплення зовнішньої арматури на балці, N_i – зусилья в гілці зовнішньої арматури системи підсилення на відповідній ділянці, φ – кут, за яким відбувається контакт гілки та котку, w_i – вертикальні переміщення (прогини), Δ_i – горизонтальні переміщення

Для розв'язання задачі необхідно мати наступні вихідні дані: геометричні параметри перерізу балки: b , h та довжину L ; параметри діаграми деформування бетону: f_{cd} , f_{ck} , $f_{ctk0.05}$, E_{cd} , E_{ck} , ε_{cl} , $\varepsilon_{cl,ck}$, $\varepsilon_{cuL,ck}$; параметри армування балки: f_{yk} , E_s , ε_{ud} , d_a – діаметр арматури, a_o – величину захисного шару бетону.

Розрахунковий блок «стрижнево-коткова система підсилення» включає наступні вихідні дані: параметри стрижнево-коткової системи підсилення: $d_{азов}$ – діаметр зовнішньої арматури системи підсилення, параметри діаграми « σ_s - ε_s » роботи сталі зовнішньої арматури та її аналітичний опис, $f_{yk3ов}$, $E_{s3ов}$, N_0 – початкове зусилля в нижній частині гілки зовнішньої арматури, d – діаметр котка посередині прольоту, r – діаметр котків напівкільцевої закладної деталі на бічній грані балки, f – коефіцієнт тертя сталі по сталі, $X_1, Y_1, X_2, Y_2, \dots, X_8, Y_8$ – координати точок котків, що можуть розташовуватися на напівкільцевій закладній деталі на бічній грані балки.

Методика враховує втрати напруження через тертя [7] на котках сегментної напівкільцевої закладної деталі в гілці зовнішньої арматури підсилення. Схема зусиль в гілці зовнішньої арматури підсилення і на котках представлена на рис. 1.

За наведеною вище схемою (рис. 1) було знайдене результуюче зусилля на боковій направляючій деталі від системи зовнішнього підсилення. Враховано втрати зусилля натягу в арматурі конструкції підсилення на котках через тертя. Розрахунок проводиться в кожній нижній арматурній гілці системи підсилення балки. Зусилля в зовнішній арматурі на кожній ділянці, починаючи від т. 7 до т. 1, знаходиться за формулою Ейлера [7]:

$$N_{i-1} = \frac{N_i}{e^{f \cdot \varphi_{i-1}}}, \quad (1)$$

де N_i – зусилля у ведучій гілці; N_{i-1} – зусилля у гілці, що ведеться; f – коефіцієнт тертя сталі по сталі; φ – кут, за яким відбувається контакт гілки та котку.

Після знаходження результуючого горизонтального і вертикального зусилля на сегментній закладній деталі основна розрахункова схема підсиленої балки має вигляд, представлений на рис. 2.

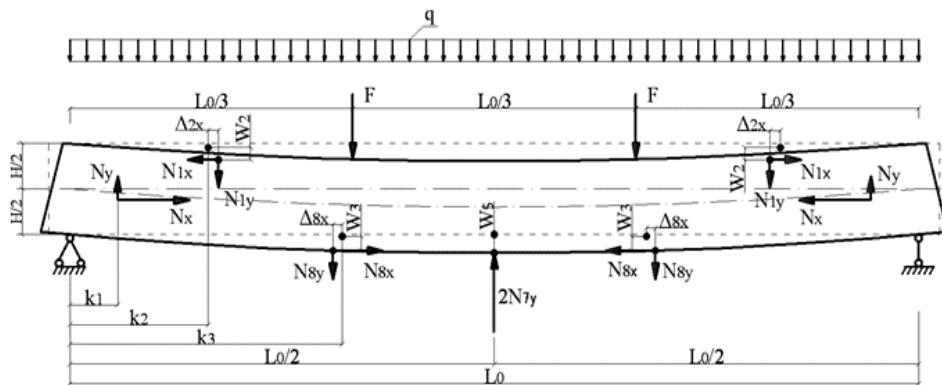


Рис. 2. Розрахункова схема балки, підсиленої зовнішньою арматурою, під дією двох зосереджених зусиль F та власної ваги q

Для розрахунку такої підсиленої балки було застосовано алгоритм визначення напружено-деформованого стану нормальних перерізів, наведений в діючих нормах [2; 3; 8] з урахуванням повної діаграми роботи бетону.

Осереднена кривизна вигнутої осі в перерізі визначається залежністю:

$$\chi = \frac{1}{r} = \frac{\varepsilon_{c(1)} - \varepsilon_{c(2)}}{h}, \quad (2)$$

де $\varepsilon_{c(1)}$ і $\varepsilon_{c(2)}$ – відносні фіброві деформації бетону.

Відповідно до [8] можливі два розрахункові випадки:

1) поздовжня арматура працює пружно;

2) поздовжня арматура знаходиться у стані текучості, і напруження в ній σ_s дорівнює розрахунковому значенню міцності на границі текучості $-f_{yd}$.

З урахуванням залежностей, наведених у п. 4.2 [2], отримаємо:

$$\chi = \frac{A_s E_s \varepsilon_{c(1)} - N}{2 A_s E_s z_s} + \frac{\sqrt{(A_s E_s \varepsilon_{c(1)} - N)^2 + 4 A_s E_s z_s b f_{cd} \varepsilon_{c1} \Sigma}}{2 A_s E_s z_s}, \quad (3)$$

де

$$\Sigma = \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+1} \gamma^{k+1}.$$

У другому випадку, коли $\sigma_s = -f_{yd}$, вираз для кривизни має вигляд:

$$\chi = \frac{b f_{cd} \varepsilon_{c1} \Sigma}{f_{yd} A_s + N}. \quad (4)$$

Висота стиснутої зони бетону:

$$x_1 = \frac{\varepsilon_{c(1)}}{\chi}. \quad (5)$$

Відносна кривизна:

$$\bar{\chi} = \frac{\chi}{\varepsilon_{c1}}. \quad (6)$$

Відносна деформація арматури:

$$\varepsilon_s = \chi(x_1 - z_s), \quad (7)$$

де z_s – відстань від розтягнутої нижньої арматури до найбільш стиснутої грані перерізу.

Напруження в арматурі визначається за формулою:

$$\sigma_s = \varepsilon_s E_s. \quad (8)$$

Згинальний момент, що сприймається перерізом:

– для першого випадку розрахунку, коли арматура працює пружно, і весь переріз стиснутий:

$$M_{Rd} = \frac{b f_{cd}}{\chi^2} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{c(1)}^{k+2} - \varepsilon_{c(2)}^{k+2}}{\varepsilon_{c1}^{k+2}} \right) + \sigma_s A_s (x_1 - z_s); \quad (9)$$

– для першого випадку розрахунку, коли арматура перебуває у стадії текучості, і весь переріз стиснутий:

$$M_{Rd} = \frac{b f_{cd}}{\chi^2} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \left(\frac{\varepsilon_{c(1)}^{k+2} - \varepsilon_{c(2)}^{k+2}}{\varepsilon_{c1}^{k+2}} \right) + \sigma_s A_s (x_1 - z_s); \quad (10)$$

– для другого випадку розрахунку, коли арматура працює пружно і в перерізі є зона розтягу:

$$M_{Rd} = \frac{b f_{cd}}{\chi^2} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \gamma^{k+2} + \sigma_s A_s (x_1 - z_s); \quad (11)$$

– для другого випадку розрахунку, коли арматура перебуває у стадії текучості, і в перерізі є зона розтягу:

$$M_{Rd} = \frac{bf_{cd}}{\chi} \sum_{k=1}^5 \frac{a_k}{k+2} \gamma^{k+2} - f_{yd} A_s (x_1 - z_s), \quad (12)$$

де

$$\gamma = \frac{\varepsilon_{c(l)}}{\varepsilon_{cl}}.$$

Після знаходження моменту, що сприймає арматура каркасу та бетон балки, визначається додатковий момент від системи підсилення. Для цього був замінений вплив системи підсилення силами, що діють балку в місцях їх контакту. Сумарний, інтегральний момент опору залізобетонної балки і стрижнево-коткової системи підсилення визначає несучу здатність конструкції.

Висновки й пропозиції.

1. Розроблено нову стрижнево-коткову систему підсилення залізобетонних балок, яка включає гнучкі сталеві елементи, що охоплюють групу котків біля опор балки.

2. Запропоновано методику врахування дії зусиль стрижнево-коткової системи підсилення, що дозволяє оцінити зміцнення підсиленого зовнішньою сталевую арматурою згинаного залізобетонного елемента.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бабич С.М., Бабич В.С. Розрахунок і конструювання залізобетонних балок : навчальний посібник. 2-ге видання, перероблене і доповнене. Рівне : НУВГП, 2017. С. 10–64.
2. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонные и железобетонные конструкции из тяжелого бетона. Основные положения. [Действителен от 2011-06-01]. Киев, 2011. 71 с. (Государственные строительные нормы Украины).
3. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонные и железобетонные конструкции из тяжелого бетона. Правила проектирования. [Действителен от 2011-06-01]. Киев, 2011. 166 с. (Национальный стандарт Украины).
4. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд : навчальний посібник. Київ : «Центр навчальної літератури», 2004. 171 с.
5. Онуфриев Н.М. Усиление железобетонных конструкций промышленных зданий и сооружений. Ленинград, 1965. 342 с.
6. Конструкція балкова : пат. України (UA) № 109379 С2, МПК 2006 E04C 3/20, E04G 23/02 / М.Г. Чеканович, В.П. Журахівський, О.М. Чеканович ; заявник : М.Г. Чеканович, В.П. Журахівський, О.М. Чеканович ; патентовласник : М.Г. Чеканович ; № 201410316 заявл. 22.09.2014 ; опубл. 10.08.2015. Бюл. № 15. 3 с.
7. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. Москва, 1972. С. 94–103.
8. Чеканович М.Г., Янін О.С. Розрахунок будівельних конструкцій : навчальний посібник. Видання 2-ге, доповнене і перероблене. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. С. 57–77.

REFERENCES:

1. Babich, Ye.M., Babich, V.Ye. (2017). Rozrakhunok i' konstruyuvannya zali'zo-betonnikh balok: navchal'nij posi'bnik/ Ye.M. Babich, V.Ye. Babich. Ri'vne: NUVGP, 10–64 [in Ukrainian].
2. DBN V.2.6-98:2009. Betonnye i zhelezobetonnye konstruktсии iz tyazhelogo betona. Osnovnye polozheniya [Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Basic Provisions]. Kyiv. 2011. 71 s. <http://www.dbn.at.ua> [in Russian].
3. DSTU B V.2.6-1568:2010. Betonnye i zhelezobetonnye konstruktсии iz tyazhelogo betona. Pravila proektirovaniya [Concrete and reinforced concrete structures made of heavy concrete. Design rules]. Kyiv. 2011. 166 s. <http://www.dbn.at.ua> [in Russian].

4. Klimenko, E.V. (2004). *Tekhnichna ekspluatatsiya ta rekonstruktsiya budivel i sporud: navchalnyi posibnik* / E.V. Klimenko. Kyiv: Tsentr navchalnoyi literaturi, 171 [in Ukrainian].
 5. Onufriev, N.M. (1965). *Usilenie zhelezobetonnykh konstruktsiy promyshlennykh zdaniy i sooruzheniy* [Reinforcement of reinforced concrete structures of industrial buildings and structures]. Leningrad. 342 s. [in Russian].
 6. Pat. №109379 Ukrayina, MPK E 04S 3/20. *Konstruktsiya balkova* / Chekanovich M.G., Zhurahivskiy V.P., Chekanovich O.M.; *zayavnik i patentovlasnik*: Chekanovich M.G. №a 201410316; *zayavl.* 22.09.2014; *opubl.* 25.02.2015, *Byul.* № 4. <http://uapatents.com/6-109379-konstrukciya-balkova.html>.
 7. Targ, S.M. (1972). *Kratkiy kurs teoreticheskoy mehaniki* [A short course of theoretical mechanics]. Moscow. 94–103 [in Russian].
 8. *Rozrakhunok budivelnnykh konstruktsii: navchalnyi posibnyk* / M.H. Chekanovich, O.Ie. Yanin. Kherson: OLDI-PLIuS, 2021, 57–77 [in Ukrainian].
-

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Бобирь С.В.	124	Мельник О.В.	36
Верешко С.	115	Михалик К.В.	94
Герасименко О.Ю.	3	Морозов В.В.	132
Гетьман І. А.	15	Морозов О.В.	132
Горач О.О.	94	Несен Є. М.	15
Гуйда О.Г.	43	Омецинська Н.В.	43
Гусар А.О.	94	Павловський С.М.	31
Держевецька М. А.	15	Перельмутер А.В.	140
Дзюндзя О.В.	100	Поплавська С.О.	31
Дубровський С.С.	77	Радченко В.	115
Журахівський В.П.	162	Романенко С.М.	153
Зівакін В. Д.	23	Руденко Є.О.	100
Іродов В.Ф.	77	Руденко М.В.	50
Кавун Г.М.	86	Ряполова І.О.	115
Карпенко С.О.	107	Савченко А.М.	107
Ківа І.Л.	43	Савчук Т.О.	50, 58
Козленко Є.В.	132	Самойленко Ю.О.	66
Колесніченко С.Л.	31	Скрипка К.І.	43
Кондратюк Н.В.	107	Фекете Д.М.	3
Костюк Ю.В.	66	Чеканович М.Г.	162
Криворучко О.В.	66	Чернявська А.Ю.	107
Кузьма К.Т.	36	Шаптала Д.Є.	77
Куришко А.П.	100	Шинкарук М.В.	124
Кучевський Ю.А.	58	Юрченко В.В.	140
Лісовець С.М.	43		

ЗМІСТ

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	3
Герасименко О.Ю., Фекете Д.М. Інформаційна система для мінімізації харчових відходів у межах концепції «zero waste».....	3
Гетьман І.А., Держевецька М.А., Несен Є.М. Розробка проекту програмного комплексу для оптимізації розташування елементів лікарняного фонду	15
Зівакін В.Д. Дослідження імітації одновимірних вибірок із використанням поліноміальних сплайнів	23
Колесніченко С.Л., Павловський С.М., Поплавська С.О. Програмне забезпечення для галузі ресторанного господарства	31
Кузьма К.Т., Мельник О.В. Дослідження методів векторизації текстів у задачах валідації відповідей, поданих природною мовою	36
Лісовець С.М., Омецинська Н.В., Гуйда О.Г., Скрипка К.І., Ківа І.Л. Особливості програмування панелі оператора ИП320 для використання як людино-машинного інтерфейсу	43
Савчук Т.О., Руденко М.В. Удосконалений алгоритм проведення інтерактивних презентацій зі зворотною комунікацією.....	50
Савчук Т.О., Кучевський Ю.А. Визначення коефіцієнту унікальності текстового документу з використанням коефіцієнту Жаккарда	58
Криворучко О.В., Костюк Ю.В., Самойленко Ю.О. Сценарно-цільовий аналіз технологічного процесу виробництва вершкового масла.....	66
Шаптала Д.Є., Дубровський С.С., Іродов В.Ф. Алгоритм еволюційного пошуку багатокритеріальних рішень для обігріву відкритої промислової площадки з трубчастими газовими нагрівачами	77
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ	86
Кавун Г.М. Використання розподільного методу в математичному моделюванні	86
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	94
Горач О.О., Михалик К.В., Гусар А.О. Аналіз виробництва безглютенової продукції функціонального призначення на основі використання вітчизняної сировини	94
Дзюндзя О.В., Руденко Є.О., Куришко А.П. Порівняльна оцінка сировини для виробництва безглютенового прісного тіста	100
Kondratiuk N.V., Cheniyavs'ka A.Yu., Savchenko A.M., Karpenko S.O. Relevance of the use of microalgae in the creation of new functional drinks «dry cocktail» type.....	107
Ряполова І.О., Верешко С., Радченко В. Досвід застосування культивованих грибів при виробництві м'ясо-рослинних консервів.....	115
Шинкарук М.В., Бобирь С.В. Вплив нетрадиційної рослинної сировини на якість маринованих огірків	124

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ	132
Морозов О.В., Морозов В.В., Козленко Є.В. Виробничий досвід впровадження інноваційної технології протифільтраційного покриття під час будівництва та реконструкції зрошувальних каналів	132
БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ.....	140
Перельмутер А.В., Юрченко В.В. Про доцільність та формулювання задач пошуку оптимальних проєктних рішень стержневих конструкцій із холодногнутих профілів	140
Романенко С.М. Проєктування та розрахунок відкритого складського майданчика	153
Чеканович М.Г., Журахівський В.П. Залізобетонні балки, підсилені стрижнево-котковою системою	162

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY	3
Herasymenko O.Yu., Fekete D.M. Architecture of information system for food waste minimization according the “zero waste” concept	3
Getman I.A., Derzhevetska M.A., Nesen Ye.M. Development of the software complex project to optimize the location of the elements of the hospital fund	15
Zivakin V.D. Research of simulation of one-dimensional samples using polynomial splines.....	23
Kolesnichenko S.L., Pavlovsky S.N., Poplavska S.A. Software for the restaurant industry	31
Kuzma K.T., Melnyk O.V. Research of methods for text vectorization in the tasks of validation the answers presented in natural language	36
Lisovets S.M., Ometsynska N.V., Guida O.G., Skrypka K.I., Kiva I.L. Features of operator panel programming ИП320 for use as a human-machine interface.....	43
Savchuk T.O., Rudenko M.V. Improved algorithm for interactive representations with feedback	50
Savchuk T.O., Kuchevskyi Y.A. Calculation of a coefficient of uniqueness for text document using Jaccard similarity	58
Kryvoruchko O.V., Kostyuk Yu.V., Samoilenko Yu.O. Scenario target analysis of the technological process of butter production.....	66
Shaptala D.E., Dubrovsky S.S., Irodov V.F. Algorithm of evolutionary search for multicriterial solutions for heating of an open industrial site with tabular gas heating	77
SYSTEM ANALYSIS	86
Kavun H.M. Use of the distribution method in mathematical modeling	86
FOOD TECHNOLOGY	94
Gorach O.O., Muheluk K.V., Husar A.O. Analysis of production of gluten-free products of functional purpose based on the use of domestic raw materials	94
Dzyundzha O.V., Rudenko Ye.O., Kuryshco A.P. Comparative evaluation of raw materials for the production of gluten-free dough.....	100
Kondratiuk N.V., Cheniayvs'ka A.Yu., Savchenko A.M., Karpenko S.O. Relevance of the use of microalgae in the creation of new functional drinks «dry cocktail» type.....	107
Ryapolova I.O., Vereshko S., Radchenko V. Experience of using cultivated mushrooms in the production of canned meat and vegetables	115
Shinkaruk M.V., Bobyr S.V. Influence of non-traditional vegetable raw materials on the quality of marinated cucumbers	124

HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES	132
Morozov O.V., Morozov V.V., Kozlenko Ye.V. Production experience of implementation of innovative technology of anti-filtration coating during construction and reconstruction requested.....	132
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING	140
Perelmuter A.V., Yurchenko V.V. On the expediency and formulation of searching problems for optimal design solutions of steel structures made from cold formed profiles.....	140
Romanenko S.M. Design and calculation of an open warehouse	153
Chekanovych M.H., Zhurakhivskyi V.P. Reinforced concrete beams strengthened with a rod-roller system.....	162

Таврійський науковий вісник

Випуск 6

Технічні науки

Підписано до друку 07.12.2021 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 14,13.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
73021, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а
Телефони: +38 (0552) 39-95-80, +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.