

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»
2023

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

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 5 від 28.12.2023 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 6. 274 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; **Гопеснко В.** – проректор з наукової роботи, директор навчальної програми магістратури «Комп'ютерні системи» Університету прикладних наук ISMA, Dr.sc.ing., професор (Рига, Латвійська Республіка); **Горальчук А.Б.** – професор кафедри харчових технологій в ресторанній індустрії Харківського державного університету харчування та торгівлі, д.т.н., професор; **Димова Г.О.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н.; **Коваленко О.О.** – завідувач кафедри біоінженерії і води Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., професор; **Ковальчук П.І.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., професор; **Кузьмич Л.В.** – головний науковий співробітник Інституту водних проблем і меліорації НААН, д.т.н., доцент; **Кузьміна Т.О.** – професор кафедри товарознавства, стандартизації та сертифікації Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Лобода О.М.** – доцент кафедри менеджменту та інформаційних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, к.т.н., доцент; **Марасанов В.В.** – член спеціалізованої Вченої ради ДФ 67.052.003 Херсонського національного технічного університету, д.т.н., професор; **Матяш Т.В.** – старший науковий співробітник, завідувач відділу інформаційних технологій та маркетингу інновацій Інституту водних проблем і меліорації НААН, к.т.н.; **Отрош Ю.А.** – начальник кафедри пожежної, профілактики в населених пунктах факультету пожежної безпеки Національного університету цивільного захисту України, д.т.н., професор; **Пневматікос Н.** – доцент кафедри будівництва Університету Західної Аттики, к.т.н., доцент (Афіни, Греція); **Романенко Р.П.** – доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету, к.т.н.; **Степанчиков Д.М.** – доцент кафедри енергетики, електротехніки і фізики Херсонського національного технічного університету, к.ф.-м.н., доцент; **Сурьянінов М.Г.** – завідувач кафедри будівельної механіки Одеської державної академії будівництва та архітектури, д.т.н., професор; **Ткаченко О.Б.** – професор, завідувачка кафедри технології вина та сенсорного аналізу Одеської національної академії харчових технологій, д.т.н., доцент; **Турченко В.О.** – професор кафедри водної інженерії та водних технологій Національного університету водного господарства та природокористування, д.т.н., доцент.

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

УДК 621.38+621.37

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.1>

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ ВИБІРКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ: АНАЛІЗ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ

*Антипчук Б. О. – викладач першої категорії кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
Житомирського агротехнічного фахового коледжу
ORCID ID: 0000-0002-1426-4782*

*Логвінов Г. С. – викладач вищої категорії кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
Житомирського агротехнічного фахового коледжу
ORCID ID: 0000-0002-4406-3367*

*Лаєрищев О. О. – викладач-методист кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
Житомирського агротехнічного фахового коледжу
ORCID ID: 0000-0002-0051-3039*

*Мельничук В. В. – викладач-методист кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
Житомирського агротехнічного фахового коледжу
ORCID ID: 0000-0002-1126-9000*

*Дурас М. В. – викладач першої категорії кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
Житомирського агротехнічного фахового коледжу
ORCID ID: 0009-0000-5810-1566*

Аналогово-цифрові (АЦП) і цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП) – невід’ємна складова інформаційно-вимірювальних систем, тому багато в чому обумовлюють ефективність їх роботи. Використання АЦП і ЦАП у вимірювальних системах вимагає модернізації їх аналогових і цифрових пристроїв: підсилювачів, комутаторів, фільтрів, пристроїв керування, пристроїв вибірки і зберігання тощо.

Отже, модернізація та удосконалення елементної бази АЦП і ЦАП дасть змогу виключити статичні й динамічні складові загальної похибки, оптимізуючи весь тракт вимірювального сигналу.

Саме питання вдосконалення роботи АЦП, а точніше сказати, його структурного елементу – пристрою вибірки і зберігання, є ключовим в даній роботі. В статті проводиться порівняльний аналіз роботи модернізованого, запатентованого групою авторів цієї статті пристрою [6, с. 4.22] з його прототипом, пристроєм вибірки і зберігання (ПВЗ), який широко застосовується в автоматичній, електроніці і радіотехніці [9, с. 981].

Детально дано опис принципової схеми модернізованого ПВЗ і його прототипу, вказується на недоліки в роботі вже відомого пристрою, деталізується причина цих недоліків та показано, як ці недоліки усуваються в новоствореному пристрої, а саме принципом роботи його електричної схеми: модернізований пристрій додатково забезпечений підсилювачем рівня сигналу та додатковим резистором зворотного зв’язку.

Також наведено дані процесу моделювання вже відомого і новоствореного ПВЗ в програмі EveryCircuit, на графіках якої чітко зображено якість обробленого сигналу: видно, що модернізований пристрій працює краще, тобто обробка аналогового сигналу відбувається якісніше і динамічніше, що є вкрай важливим для отримання точних даних і виключення похибки вимірювання при швидкозмінному сигналі в аналогово-цифровому перетворювачі.

Ключові слова: аналогово-цифрове перетворення, аналоговий ключ, резистор, підсилювач, інтегруючий пристрій, діод.

Antypchuk B. O., Logvinov H. S., Lavrishchev O. O., Melnychuk V. V., Duras M. V. Comparative analysis of the operation of the modernized sampling and storage device with its prototype

Analogue-to-digital converters (ADCs) and digital-to-analog converters (DACs) are an integral part of information and measurement systems, and therefore largely determine the efficiency of their operation. The use of ADCs and DACs in measuring systems requires the modernization of their analog and digital devices: amplifiers, switches, filters, control devices, sampling and storage devices, etc.

Therefore, modernization and improvement of the element base of ADC and DAC will make it possible to exclude static and dynamic components of the total error, optimizing the entire path of the measurement signal.

The very issue of improving the operation of the ADC, or rather, its structural element – the sampling and storage device, is the key in this work. The article compares the operation of the modernized device patented by the group of authors of this article [6, с. 4.22] with its prototype, the sampling and storage device (SSD), which is widely used in automation, electronics and radio engineering [9, с. 981].

A detailed description of the basic scheme of the modernized PVZ and its prototype is given, the shortcomings in the operation of the already known device are indicated, the cause of these shortcomings is detailed, and it is shown how these shortcomings are eliminated in the newly created device, namely the principle of operation of its electrical circuit: the modernized device is additionally equipped with a signal level amplifier and an additional feedback resistor.

The data of the modeling process of the already known and newly created PVZ in the EveryCircuit program are also given, the graphs of which clearly show the quality of the processed signal: it can be seen that the modernized device works better, that is, the processing of the analog signal is more qualitative and dynamic, which is extremely important for obtaining accurate data and excluding measurement errors at a rapidly changing signal in an analog-to-digital converter.

Key words: analog-to-digital conversion, analog key, resistor, amplifier, integrating device, diode.

Вступ. Широке впровадження засобів інформаційно-вимірювальної та електронно-обчислювальної техніки в наукову, виробничу, військову та соціально-побутову сфери діяльності людини сприяє розвитку науково-технічного прогресу, що, в свою чергу, розширює галузі застосування електронних систем і пристроїв, а це спонукає до вдосконалення їхніх показників. Все це також позначається на

розвитку аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП), пристроїв, які є сполучною ланкою між аналоговими сигналами фізичного світу й цифрових засобів їхнього вимірювання, реєстрації, обробки й відображення.

Вимірювання й обробка низькочастотних сигналів АЦП ставить вимоги до точності їх застосування при одночасно високих вимогах до їхньої динамічності, тому, при аналогово-цифровому перетворенні процесів, які швидко протікають, обов'язковою умовою є застосування пристроїв вибірки і зберігання (ПВЗ), які необхідні для зменшення динамічних похибок, що виникають при дискретизації безперервних сигналів, які змінюються в часі. Їхня робота основана на принципі фіксації миттєвого значення сигналу на час, необхідний до наступного перетворення в аналого-цифрових перетворювачах.

Постановка проблеми. Основними характеристиками ПВЗ є точність та динамічність (швидкодія). З урахуванням того, що прототип модернізованого ПВЗ має ряд недоліків, які впливають на якість його основних характеристик, метою при написанні статті було: по-перше, провести порівняльний аналіз роботи модернізованого [6, с. 422] та його прототипу (вже досить відомого) [9, с. 981] пристроїв вибірки та зберігання й показати, як удосконаливши електричну схему ПВЗ, можна значно зменшити або уникнути похибок вимірювання в роботі аналогово-цифрових перетворювачів; по-друге, ознайомити широке коло фахівців в галузі електроніки, автоматики та радіотехніки з запатентованим ПВЗ.

Виклад основного матеріалу. Вже відомий пристрій вибірки та зберігання (Рис. 1) містить підсилювач сигналу, аналоговий ключ, інтегруючий пристрій, два резистора завдання коефіцієнта передачі, другий із яких являє собою ланцюг зворотного зв'язку, компенсуючий резистор та ланцюг зворотного зв'язку у вигляді ємності, причому вхід пристрою підключений до першого резистора завдання коефіцієнта передачі, неінвертуючий вхід підсилювача сигналу підключений між двома резисторами завдання коефіцієнта передачі, а його інвертуючий вхід підключений до компенсуючого резистора, другий вивід якого заземлений, крім того, вхід ключа аналогового сигналу підключений до виходу підсилювача сигналу, а вихід – підключений до інвертуючого входу інтегруючого пристрою, неінвертуючий вхід якого заземлений, причому інвертуючий вхід інтегруючого пристрою та його вихід підключені до ланцюгу зворотного зв'язку у вигляді ємності, одночасно з цим вихід інтегруючого пристрою підключений до другого виводу другого резистора завдання коефіцієнта передачі, який являє собою ланцюг зворотного зв'язку, при цьому, підсилювач сигналу та інтегруючий пристрій виконані у вигляді операційного підсилювача [9, с. 981].

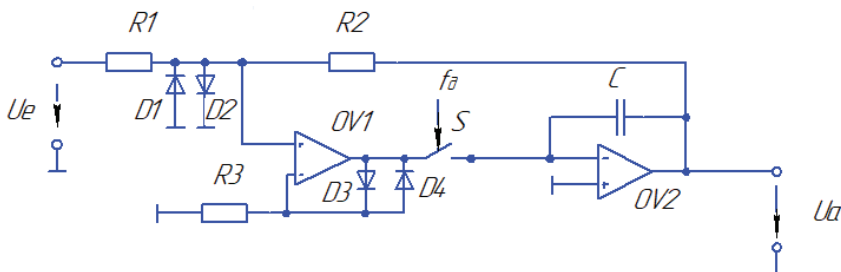


Рис. 1. Принципова схема прототипу модернізованого ПВЗ [8, с. 981]

Однак, у вже відомому пристрої вибірки та зберігання, який було описано вище, можливе перевантаження вхідного підсилювача в режимі зберігання, що негативно впливає на швидкодію та точність пристрою в цілому.

Крім того, у цьому пристрої недопущення перевантаження OV1 вирішується за допомогою діодних обмежувачів D1 та D4. Але рівень напруги обмежених діодами (для кремнієвих діодів $\pm 0,6\text{--}0,7$ В й $\pm 0,3\text{--}0,4$ В для діодів Шоткі та германієвих), є надто високим для надійного захисту операційного підсилювача OV1 від перевантажень. При цьому, слід підкреслити, що точність пристрою вибірки та зберігання буде обмежуватися діодами D1 і D2, так як вони не охоплені зворотним зв'язком і похибки, що вносяться ними, будуть накладеними на вихідний сигнал. Похибки, що вносяться зворотними струмами діодів, мають нелінійну залежність від величини вхідного сигналу і від температури навколишнього середовища. (значення зворотних струмів для кремнієвих діодів становить величину $0,1\text{--}1$ мкА, і подвоюється зі зростанням температури на 9°C). Так при зворотному струмі 1 мкА і величині резистора R1, що дорівнює 5 кОм, величина похибки становитиме 5 мВ [5, с. 3].

Під час розробки нового, модернізованого ПВЗ була поставлена задача: створити пристрій, який забезпечить надійний захист від перевантаження вхідного підсилювача у режимі зберігання з одночасним збільшенням точності цього пристрою.

Розроблена та вже існуюча електричні схеми були змодельовані в програмі EveryCircuit на визначення якості та динамічності вимірювального сигналу. При введенні однакових параметрів для обох електричних схем ПВЗ було з'ясовано, що модернізована схема працює краще: швидкість обробки інформації аналогового сигналу в цифрову форму здійснюється швидше і точніше, тобто оптимізується весь тракт проходження вимірювального сигналу (Рис. 2, 3).

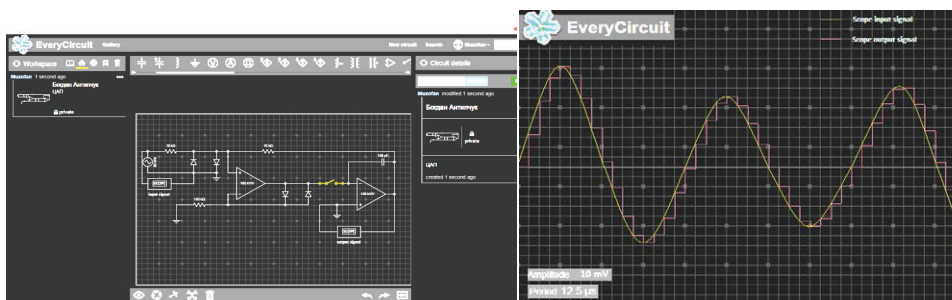


Рис. 2. Принципова схема (а) та модуляція обробленого сигналу (б) прототипом модернізованого ПВЗ

Поставлена задача при розробці модернізованого ПВЗ (Рис. 4) була вирішена за рахунок того, що в пристрої вибірки та зберігання, що містить підсилювач сигналу, аналоговий ключ, інтегруючий пристрій, два резистора завдання коефіцієнта передачі, другий із яких являє собою ланцюг зворотного зв'язку, компенсуючий резистор та ланцюг зворотного зв'язку у вигляді ємності, причому вхід пристрою підключений до першого резистора завдання коефіцієнта передачі, неінвертуючий вхід підсилювача сигналу підключений між двома резисторами завдання коефіцієнта передачі, а його інвертуючий вхід підключений до компенсуючого резистора,

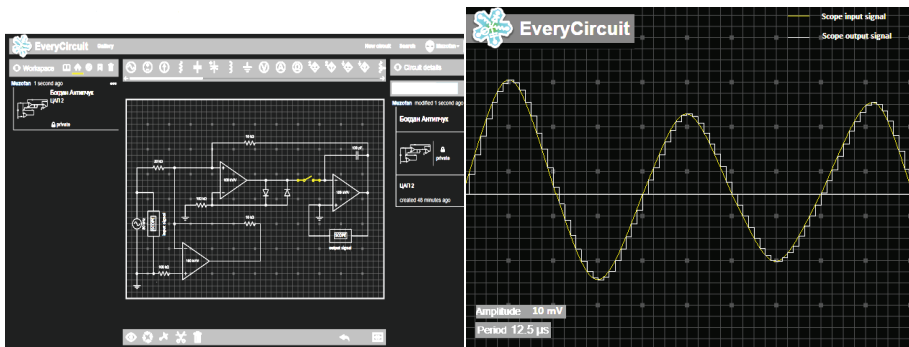


Рис. 3. Принципова схема (а) та модуляція обробленого сигналу (б) модернізованим ПВЗ

другий вивід якого заземлений, крім того, вхід ключа аналогового сигналу підключений до виходу підсилювача сигналу, а вихід – підключений до інвертуючого входу інтегруючого пристрою, неінвертуючий вхід якого заземлений, причому інвертуючий вхід інтегруючого пристрою та його вихід підключені до ланцюгу зворотного зв'язку у вигляді ємності, одночасно з цим, вихід інтегруючого пристрою підключений до другого виводу другого резистора завдання коефіцієнта передачі, який являє собою ланцюг зворотного зв'язку, відповідно до поставленої задачі, модернізований пристрій додатково забезпечений підсилювачем рівня сигналу та додатковим резистором зворотного зв'язку, причому інвертуючий вхід підсилювача рівня сигналу з'єднаний з двома резисторами завдання коефіцієнта передачі та додатковим резистором зворотного зв'язку, другий вивід якого з'єднаний з виходом підсилювача рівня сигналу, причому неінвертуючий вхід підсилювача рівня сигналу заземлений [5, с. 1–2].

Ознайомимось з принциповою схемою роботи модернізованого ПВЗ (Рис. 4): пристрій вибірки та зберігання містить підсилювач сигналу 1, інтегруючий пристрій 2, підсилювач рівня сигналу 3, виконані на базі операційних підсилювачів. Між підсилювачем сигналу 1 та інтегруючим пристроєм 2 встановлений аналоговий ключ 4. В зворотному зв'язку інтегруючого пристрою 2 встановлена ємність 5. Підсилювач сигналу 1, аналоговий ключ 4 та інтегруючий пристрій 2 охоплені зворотнім зв'язком у вигляді резистора 6. Інвертуючий вхід підсилювача сигналу 1 підключений до заземленого компенсуючого резистора 7. Підсилювач рівня сигналу 3 охоплений зворотним зв'язком у вигляді резистора 8, причому одночасно його інвертуючий вхід підключений до неінвертуючого входу підсилювача сигналу 1 та вхідного резистора 9. Неінвертуючі входи інтегруючого пристрою 2 і підсилювача рівня сигналу 3 заземлені [5, с. 5].

Пристрій, що зберігає – інтегруючий пристрій 2. У цьому випадку аналоговий ключ 4 розміщується в точці охопленій негативним зворотним зв'язком, що спрощує керування цим аналоговим ключем 4 і збільшує точність пристрою в цілому [5, с. 4].

Вихідна напруга U_a пристрою вибірки та зберігання у включеному стані повторює вхідну напругу U_e . Однак при вимкненні вихідна напруга U_a запам'ятовується, тобто відбувається стеження та запам'ятовування. Перемикання з режиму стеження в режим запам'ятовування здійснюється за зовнішнім сигналом частоти

дискретизації f_d . Тривалість режиму зберігання визначається часом, необхідним для перетворення аналого-цифровим перетворювачем отриманого миттєвого значення вхідної величини в цифрову форму.

Накопичувальна ємність 5 функціонує як запам'ятовуючий пристрій. При замкнутому аналоговому ключі 4 відбувається заряд ємності 5 до рівня вхідної напруги U_e . При розімкнутому аналоговому ключі 4 напруга на ємності 5 залишається незмінною до закінчення перетворення аналого-цифровим перетворювачем. При замкнутому аналоговому ключі 4 вихідна напруга U_a встановлюється на рівні вхідної напруги U_e помноженої на коефіцієнт, пропорційний відношенню резистора зворотного зв'язку 6 до вхідного резистора 9. Підсилювач сигналу 1, завдяки високому коефіцієнту підсилення, скорочує час інтегрування та усуває напругу зміщення інтегруючого пристрою 2 та похибку, яку вносить аналоговий ключ 4.

Коли аналоговий ключ 4 розімкнений, струм через ємність 5 припиняється, а вихідна напруга U_a зберігається незмінною. У цій ситуації загальний зворотний зв'язок розімкнений, тому підсилювач сигналу 1 може перейти в режим перевантаження (як наслідок високого коефіцієнту підсилення). Перевантаження підсилювача сигналу 1 неприпустиме, оскільки підсилювач повернеться в нормальний стан тільки через деякий час. Це обмежуватиме швидкодію всього пристрою та частоту дискретизації вхідного сигналу f_d . Додатковий підсилювач рівня сигналу 3 запобігає перевантаженню підсилювача сигналу 1 [5, с. 4].

Деякі особливості принципової схеми модернізованого ПВЗ треба враховувати при її реалізації [5, с. 4]:

по-перше, для збереження коефіцієнта передачі рівного одиниці номінал резистора 9 вибирають в два рази менше кожного із резисторів 6 і 8, оскільки при замкнутому аналоговому ключі 4 резистори 6 і 8 вважаються включеними паралельно;

по-друге, напругу живлення U_e додаткового інтегруючого пристрою 2 вибирають в 2 рази більшою за вхідний сигнал $\pm 2V$, що необхідно у зв'язку з тим, що при розімкнутому аналоговому ключі 4 діапазон вихідної напруги підсилювача рівня сигналу 3 буде вдвічі вищим, порівняно з часом, коли аналоговий ключ 4 замкнутий.

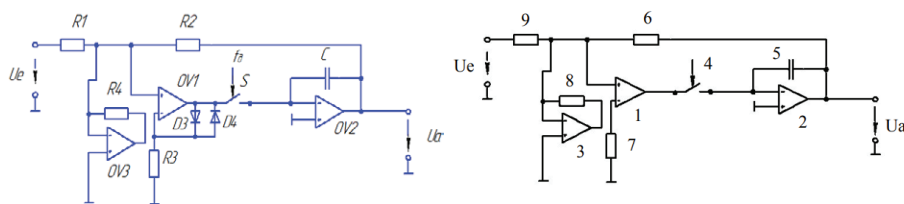


Рис. 4. Принципова схема модернізованого ПВЗ

Слід зауважити, що у модернізованому ПВЗ кожний із пристроїв у вигляді підсилювача сигналу, інтегруючого пристрою та підсилювача рівня сигналу може бути виконаний як операційний підсилювач.

Додаткове забезпечення модернізованого ПВЗ підсилювачем рівня сигналу та додатковим резистором зворотного зв'язку, причому з'єднання інвертуючого входу підсилювача рівня сигналу з двома резисторами завдання коефіцієнта передачі

та додатковим резистором зворотного зв'язку, з'єднання другого виводу якого з виходом підсилювача рівня сигналу, причому заземлення неінвертуючого входу підсилювача рівня сигналу, дозволяє уникнути можливої ситуації перевантаження вхідного підсилювача в режимі зберігання. Таким чином введення додаткового підсилювача рівня сигналу з резистором в негативному зворотному зв'язку, вхід якого включений в точку «віртуального нуля» підсилювача сигналу, дає можливість в режимі зберігання забезпечувати низький рівень сигналу на рівні десятків мікрвольт завдяки зворотному зв'язку додаткового операційного підсилювача, рівень цієї напруги залежить від рівня вхідного сигналу та коефіцієнта посилення додаткового підсилювача рівня сигналу без зворотного зв'язку [5, с. 3].

Висновок. Застосування модернізованого ПВЗ дозволяє забезпечити наступний технічний результат [5, с. 4]:

- забезпечується більш надійний захист від перевантаження вхідного підсилювача і як наслідок цього, більша швидкодія приладу в цілому;
- підвищується точність пристрою за рахунок відсутності обмежуючих діодів і похибок, які вносяться ними;
- забезпечується низький рівень сигналу на вході підсилювача в режимі зберігання, при чому цей сигнал не буде більшим порівняно з сигналом у режимі вибірки.

Крім того:

- забезпечується підвищена надійність зберігання інформації пристроєм вибірки та зберігання;
- підвищується конкурентноздатність приладу, що використовує даний пристрій вибірки та зберігання.

Запропонований модернізований ПВЗ може бути використаний в аналогово-цифрових системах автоматизованих виробничих процесів та у вимірювальній техніці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Азаров О. Д., Снігур А. В. Багатоканальні ІВС опрацювання стрибкоподібних сигналів на базі АЦП із ваговою надлишковістю : монографія. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 138 с.
2. Азаров О. Д., Фігас О. С. Високолінійна система аналог-код-аналог з ваговою надлишковістю на базі перетворення струмів. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2022. № 2. С. 68–73.
3. Бичков В. С., Мрачковський О. Д., Правда В. І. Сучасні пристрої оптимальної фільтрації для активної радіолокаційної системи. *Вісник Національного технічного університету України "КПІ"*. Серія: Радіотехніка. Радіоапаратобудування. 2006. № 33. С. 39–46.
4. Крупельницький Л. В., Азаров О. Д. Аналогово-цифрові пристрої систем, що самокоригуються, для вимірювань і оброблення низькочастотних сигналів : монографія / під заг. ред. О. Д. Азарова. Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005. 167 с.
5. Опис до патенту на корисну модель №154251 UA. URL: <https://iprop-ua.com/inv/pdf/02gyrr2g-pub-description.pdf>
6. Патент на КМ 154251 UA, МПК G11C 27/02 (2006.01) Пристрій вибірки та зберігання / Г. С. Логвінов, О. О. Лаврішев, Б. О. Антипчук, М. В. Дурас, В. В. Мельничук. № u 2023 01581 ; заявл. 11.04.2023 ; опубл. 25.10.2023, Бюл. № 43 (кн. 1), 2023 р. С. 4.22.
7. Рубан В. П. Адаптоване стробоскопічне перетворення відео імпульсних сигналів у радіолокаційних системах : дис... канд. фіз.-мат. наук : 01.04.01. Харків, 2020. 182 с.

8. Рудик А. В., Рудик В. А., Матей М. І. Пристрої для вимірювання шумів операційних підсилювачів. *Вісник інженерної академії наук*. 2020. № 1. С. 121–125.

9. Tietze Ulrich, Schenk Christoph. Halbleiter-Schaltungen / unter mitarbeit von E. Gamm. Ausgabe 12. Berlin : Springer ; New York : Heidelberg, 2002. S. 981.

REFERENCES:

1. Azarov, O. D., & Snihur, A. V. (2008). Bahatokanalni IVS opratsiuvannia srybkopodibnykh syhnaliv na bazi ATsP iz vahovoiu nadlyshkovistiu [Multi-channel IBS processing of hopping signals based on ADC with weight redundancy]: monohrafiia. Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia [in Ukrainian].

2. Azarov, O. D., & Fihias, O. S. (2022). Vysokoliniina systema analog-kod-analog z vahovoiu nadlyshkovistiu na bazi peretvorennia strumiv [Highly linear analog-code-analog system with weight redundancy based on current conversion]. *Informatsiini tekhnologii ta kompiuterna inzheneriia*. (Num. 2), (pp. 68-73) [in Ukrainian].

3. Bychkov, V. S., & Mrachkovskiy, O. D., & Pravda, V. I. (2006). Suchasni prystroi optymalnoi filtratsii dlia aktyvnoi radiolokatsiinoi systemy [Modern optimal filtering devices for an active radar system]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy "KPI"*. Seriya: Radiotekhnika. Radioaparaturbuduvannia. (Num. 33), (pp. 39-46) [in Ukrainian].

4. Krupelnyskyi, L. V., & Azarov, O. D. (2005). Analogovo-tsyfrovii prystroi system, shcho samokoryhuiutsia, dlia vymiriuvan i obrobliannia nyzkochastotnykh syhnaliv [Analog-digital devices of self-correcting systems for measuring and processing low-frequency signals]: monohrafiia / pid zah. red. O. D. Azarova. Vinnytsia : UNIVERSUM-Vinnytsia [in Ukrainian].

5. Opis do patentu na korysnu model №154251 UA [Description to a utility model patent №154251 UA]. URL: <https://iprop-ua.com/inv/pdf/02gyrr2g-pub-description.pdf> [in Ukrainian].

6. Lohvinov, H. S., & Lavrishchev, O. O., & Antypchuk, B. O., & Duras, M. V., & Melnychuk, V. V. (2023). Prystrii vybirky ta zberihannia [Sampling and storage device]: patent na KM 154251 UA, MPK G11C 27/02 (2006.01) № u 2023 01581; zaiavl. 11.04.2023; opubl. 25.10.2023, Biuleten. № 43 (kn. 1), (p. 4.22) [in Ukrainian].

7. Ruban, V. P. (2020). Adaptovane stroboskopichne peretvorennia video impulsnykh syhnaliv u radiolokatsiinykh systemakh [Adapted stroboscopic conversion of video pulse signals in radar systems]: dys... kand. fiz.-mat. nauk : 01.04.01. Kharkiv [in Ukrainian].

8. Rudyk, A. V., & Rudyk, V. A., & Matei, M. I. (2020). Prystroi dlia vymiriuvannia shumiv operatsiinykh pidsyliuvachiv [Devices for measuring the noise of operational amplifiers]. *Visnyk inzhenernoi akademii nauk*. (Num. 1), (pp. 121-125) [in Ukrainian].

9. Tietze Ulrich, Schenk Christoph (2002). Halbleiter-Schaltungen [Semiconductor circuitry] / unter mitarbeit von E. Gamm. Ausgabe 12. Berlin : Springer ; New York : Heidelberg, (s. 981) [in German].

УДК 004.93

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.2>

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОБЛИЧЬ НА ЗОБРАЖЕННІ

Зінов'єва О. Г. – старший викладач кафедри комп'ютерних наук
Таврійського державного агротехнологічного університету
імені Дмитра Моторного
ORCID ID: 0000-0003-3760-8952

Стаття присвячена дослідженню та аналізу методів ідентифікації обличь на зображеннях. Розглядаються актуальні підходи та технології, що використовуються для розпізнавання осіб у великому обсязі даних. Зокрема, досліджуються методи машинного навчання, нейронні мережі та комп'ютерне бачення, які застосовуються для вдосконалення точності ідентифікації та розпізнавання осіб на зображеннях.

Ідентифікація обличь на зображенні – це завдання комп'ютерного зору, спрямоване на розпізнавання та класифікацію облич людей або інших об'єктів на фотографіях чи відео. Завдання розпізнавання осіб має безліч додатків в таких галузях, як біометрія, організація відеоконференцій, системи машинного зору в робототехніці, інтелектуальні системи безпеки і контролю доступу і т. п. Завдання виявлення обличчя на зображенні часто є першим кроком у процесі розв'язання задачі вищого рівня – розпізнавання обличчя, деталей обличчя або його міміки. Крім того, інформація про присутність та кількість осіб на зображенні може бути корисною в системах автоматичного обліку числа відвідувачів; системах пропускового контролю в установах, аеропортах та метро; автоматичних системах запобігання нещасним випадкам; інтелектуальних інтерфейсах «людина-комп'ютер»; у фототехніці для автоматичного фокусування на обличчі людини, а також для стабілізації зображення обличчя з метою полегшення розпізнавання емоцій; для розширення зони стереобачення під час створення систем 3D відображення. Аналіз методів ідентифікації облич на зображеннях відіграє важливу роль у розвитку технологій комп'ютерного зору та розпізнавання образів.

Стаття висвітлює основні виклики у цьому напрямку, такі як забезпечення стійкості до змін освітлення, позиції обличчя та зовнішніх факторів. Досліджуються також питання конфіденційності та етичних аспектів використання технологій розпізнавання облич у різних сферах, включаючи безпеку, медицину та соціальні системи. Надається огляд сучасних досягнень у сфері ідентифікації облич та вказано на перспективи подальших досліджень у цьому напрямку. Робота може бути корисною для фахівців у галузі комп'ютерного зору, машинного навчання, а також для тих, хто цікавиться етичними аспектами застосування технологій розпізнавання облич.

Ключові слова: розпізнавання обличь, аналіз зображень, алгоритми ідентифікації.

Zinovieva O. G. Analysis of face identification technologies in the image

The article is devoted to research and analysis of face identification methods in images. Current approaches and technologies used for recognizing persons in large volumes of data are considered. In particular, the methods of machine learning, neural networks and computer vision are investigated, which are used to improve the accuracy of identification and recognition of persons in images.

Image face recognition is a computer vision task aimed at recognizing and classifying faces of people or other objects in photos or videos. The task of face recognition has many applications in fields such as biometrics, organization of video conferences, machine vision systems in robotics, intelligent security and access control systems, etc. The task of detecting a face in an image is often the first step in the process of solving a higher-level problem – recognition of a face, details of a face or facial expressions. In addition, information about the presence and number of people in the image can be useful in systems of automatic accounting of the number of visitors; access control systems in institutions, airports and subways; automatic accident prevention systems; intelligent human-computer interfaces; in photography for automatic focusing on a person's face, as well as for stabilizing the image of a face in order to facilitate the recognition of emotions; to expand the area of stereo vision during the creation of 3D display systems. Analysis of face identification methods on images plays an important role in the development of computer vision and pattern recognition technologies.

The article highlights the main challenges in this direction, such as ensuring resistance to changes in lighting, facial position and external factors. Issues of privacy and ethical aspects of the use of facial recognition technologies in various fields, including security, medicine and social systems, are also explored. An overview of modern achievements in the field of face identification is provided and the prospects for further research in this direction are indicated. The work may be useful for specialists in the field of computer vision, machine learning, as well as for those interested in the ethical aspects of the use of face recognition technologies

Key words: face recognition, image analysis, identification algorithms.

Постановка проблеми. Зважаючи на частіші випадки тероризму, в сучасному світі особливо гостро постає проблема забезпечення безпеки людини в громадському транспорті, офісних приміщеннях, громадських місцях і т.д., тому завдання ідентифікації людини на зображенні, особливо по обличчю, набуває найімовірно важливого значення. Вирішення завдання ідентифікації осіб передбачає етапи отримання зображення, попередньої обробки, пошуку та виявлення осіб та подальшої ідентифікації особи з урахуванням знайдених характеристик.

Проблема ідентифікації осіб має ключову роль у системах відеоспостереження (наприклад, CCTV), а також сучасних охоронних комплексах. Також завдання ідентифікації осіб може застосовуватися в різних взаємодіях людини з машиною, наприклад, сучасні соціальні мережі виконують пошук за завантаженими зображеннями в соціальну мережу, ідентифікуючи знайдених людей, і пропонуючи їм асоціювати фотографію з їх акаунтом в мережі. Ще одним варіантом застосування завдання ідентифікації осіб є область «доповненої реальності», що набрала популярності останнім часом.

На сьогоднішній день сфера застосування алгоритмів виявлення осіб динамічно розвивається. Дані алгоритми знаходять застосування в різних системах, що вбудовуються, а умови застосування даних систем обумовлюють суттєві відмінності в якості зображень. Вимоги обробки в режимі реального часу унеможливають пост-обробку зображень або залучення оператора для, тому важливо розробляти стійкі до дефектів зображень алгоритми, що мають обчислювальну ефективність.

Таким чином, актуальність роботи полягає в тому, що завдання ідентифікації осіб є одним з найважливіших напрямків розвитку різних сучасних систем, таких як системи безпеки, системи машинно-людської взаємодії і т.д.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема розпізнавання осіб розглядалася ще на ранніх стадіях комп'ютерного зору. Ряд компаній протягом понад 40 років активно розробляють автоматизовані, а зараз і автоматичні системи розпізнавання людських осіб: Smith & Wesson (система ASID – Automated Suspect Identification System); ImageWare (система FaceID); Imagis, Epic Solutions, Spillman, Miros (система Trueface); Vissage Technology (система Vissage Gallery); Visionics (система FaceIt). Багато методів ідентифікації осіб засновані на принципі, який вперше був застосований для розпізнавання задач, викладеному в [1].

Проблема формалізації та автоматизації процесу розпізнавання людських осіб була порушена ще на ранніх стадіях розвитку систем розпізнавання образів і залишається актуальною досі. Однак протягом останніх 10 років кількість наукових досліджень і публікацій з цієї тематики зросла в кілька разів, що свідчить про зростання актуальності цієї проблеми. За останні роки було запропоновано безліч різних алгоритмів обробки, локалізації та розпізнавання осіб такі, як нейронні мережі (Fe-rand, Rowley), власні особи (Turk, Pentland), ланцюги Маркова (Slimane) тощо.

Виклад основного матеріалу. Ключовим кроком на шляху до ідентифікації особи людини на зображенні є виявлення обличчя. Існує безліч різних технологій та алгоритмів виявлення осіб на зображеннях. Розглянемо найзначніші їх.

OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – це відкрита бібліотека комп'ютерного зору та машинного навчання, яка надає різноманітні інструменти для обробки зображень та відео. Ця бібліотека має реалізації для різних мов програмування, таких як C++, Python, Java, і інших.

Крім кросплатформенності та підтримки багатьох мов програмування, які дозволяють використовувати програми на різних системах, бібліотека OpenCV дуже ефективна (в порівнянні з іншими схожими бібліотеками) з точки зору обчислень, так як майже всі функції та оператори в ній векторизовані

Основні модулі бібліотеки можна віднести до 4 груп (розділів):

- Модулі `core`, `highgui`, що реалізують базову функціональність (базові структури, математичні функції, генератори випадкових чисел, лінійна алгебра, швидке перетворення Фур'є, введення/виведення зображень і відео, введення/виведення у форматах XML, YAML та ін.).

- Модулі `imgproc`, `features2d` для обробки зображень (фільтрація, геометричні перетворення, перетворення кольорних просторів, сегментація, виявлення особливих точок та ребер, контурний аналіз та ін.).

- Модулі `video`, `objdetect`, `calib3d` (калібрування камери, аналіз руху та відстеження об'єктів, обчислення положення у просторі, побудова карти глибини, детектування об'єктів, оптичний потік).

- Модуль `ml`, що реалізує алгоритми машинного навчання (метод найближчих сусідів, наївний класифікатор байєсу, дерева рішень, бустинг, градієнтний бустинг дерев рішень, випадковий ліс, машина опорних векторів, нейронні мережі та ін.).

На особливу увагу заслуговує підтримка роботи з xml-файлами. Результати проміжних обчислень можна зберігати в xml-файлах, а потім їх прочитати, наприклад, в іншій програмі, що полегшує розробку алгоритму частинами, роботу над алгоритмом цілою командою.

Також варто зауважити, що бібліотека OpenCV реалізує, як правило, лише базові операції, які використовуються у комп'ютерному зорі. Таким чином, її можна розглядати як загалом низькорівневу бібліотеку комп'ютерного зору. Для вирішення серйозних завдань необхідно на основі наданих бібліотекою модулів створювати складніші програми, що реалізують необхідні завдання комп'ютерного зору.

Для вирішення завдання виявлення образів у бібліотеці OpenCV реалізовано алгоритм, що ґрунтується на ознаках Хаара. Ознаки Хаара – ознаки цифрового зображення, які використовуються для розпізнавання образів. Своєю назвою вони завдячують інтуїтивним подібності до вейвлетів Хаара. Ознаки Хаара використовувалися у першому детекторі осіб, що у реальному часі.

Історично склалося так, що алгоритми, що працюють тільки з інтенсивністю зображення (наприклад, значення RGB у кожному пікселі), мають велику обчислювальну складність. У роботі Папагеоргіу була розглянута робота з безліччю ознак, заснованих на вейвлетах Хаара. Віола та Джонс адаптували ідею використання вейвлетів Хаара та розробили те, що було названо ознаками Хаара. Ознака Хаара складається із суміжних прямокутних областей. Вони позиціонуються на зображенні, далі підсумовуються інтенсивності пікселів в областях, після чого обчислюється різниця між сумами. Ця різниця і буде значенням певної ознаки, певного розміру, певним чином позиціонованого на зображенні.

Наприклад, можна розглянути базу даних з людськими особами. Спільним для всіх зображень є те, що область в районі очей темніша, ніж область в районі щік. Отже загальною ознакою Хаара для осіб є 2 суміжні прямокутні регіони, що лежать на очах і щоках.

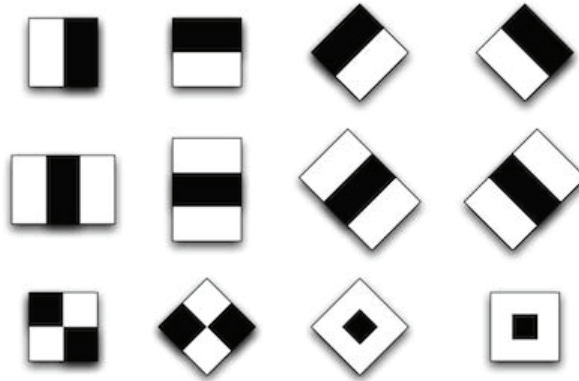


Рис. 1. Приклад ознак Хаара

На етапі виявлення у методі Віоли – Джонса вікно встановленого розміру рухається зображення, і кожній області зображення, над якою проходить вікно, розраховується ознака Хаара. Наявність або відсутність предмета у вікні визначається різницею між значенням ознаки та порогом, що навчається. Оскільки ознаки Хаара мало підходять для навчання або класифікації (якість трохи вища ніж у випадкової нормально розподіленої величини), для опису об'єкта з достатньою точністю необхідно більше ознак. Тому в методі Віоли-Джонса ознаки Хаара організовані в каскадний класифікатор.

Ключовою особливістю ознак Хаара є найбільша, проти іншими ознаками, швидкість. При використанні інтегрального представлення зображення ознаки Хаара можуть обчислюватися за постійний час (приблизно 60 процесорних інструкцій на ознаку з двох областей).

Бібліотека dlib

Dlib – це універсальна програмна бібліотека, написана мовою програмування C++. На його дизайн значною мірою впливають ідеї від проектування за контрактом та розроблення програмного забезпечення на основі компонентів. Таким чином, це насамперед набір незалежних програмних компонентів. Це програмне забезпечення з відкритим кодом, випущене під ліцензією Software Boost.

Основні функції та особливості бібліотеки dlib включають:

- розпізнавання облич: Dlib має реалізації для різних методів розпізнавання облич, включаючи багатопланові перцептрони та зглиблені згорткові мережі;
- виявлення об'єктів: бібліотека має ефективні алгоритми для виявлення об'єктів на зображеннях, що може бути використано для різних завдань;
- трекінг об'єктів: Dlib надає засоби для трекінгу об'єктів в реальному часі на відеопослідовностях;
- оптимізовані імплементації алгоритмів машинного навчання;

- обробка обличчя та обличчя-ключі: Dlib дозволяє визначати ключові точки на обличчі, використовуючи свої алгоритми, що може бути важливим для відомих задач, таких як розпізнавання емоцій;
- робота із зображеннями та відео: бібліотека має засоби для роботи зі зображеннями та відео, включаючи обробку та аналіз кадрів;
- зручний інтерфейс для Python.

Dlib є популярною серед розробників завдяки своїм потужним можливостям та оптимізованим реалізаціям. Бібліотека широко використовується в дослідженнях, розробці програм та прикладних рішеннях у сферах комп'ютерного зору та машинного навчання

Для виявлення осіб у бібліотеці використовується алгоритм, що базується на гістограмах спрямованих градієнтів, у поєднанні з лінійним класифікатором та методом ковзних вікон.

Гістограма спрямованих градієнтів (англ. Histogram of Oriented Gradients, HOG) – дескриптори особливих точок, які використовуються в комп'ютерному зорі та обробці зображень з метою розпізнавання об'єктів. Ця техніка заснована на підрахунку кількості напрямків градієнта у локальних областях зображення. Цей метод схожий на гістограми напрямку краю, дескриптори SIFT і контексти форми, але відрізняється тим, що обчислюється на щільній сітці рівномірно розподілених осередків і використовує нормалізацію локального контрасту, що перебивається, для збільшення точності [4].

Навніт Далал і Білл Тріггс, дослідники INRIA, вперше описали гістограму спрямованих градієнтів у своїй роботі на CVPR у червні 2005 року. У цій роботі вони використовували алгоритм для знаходження пішоходів на статичних зображеннях, хоча згодом розширили сферу застосування до знаходження людей на відео, а також різних тварин та машин на статичних зображеннях.

Основною ідеєю алгоритму є припущення, що зовнішній вигляд та форма об'єкта на ділянці зображення можуть бути описані розподілом градієнтів інтенсивності або напрямом країв. Реалізація цих дескрипторів може бути здійснена шляхом поділу зображення на маленькі зв'язкові області, іменовані осередками, і розрахунком для кожного осередку гістограми напрямків градієнтів або напрямків країв для пікселів, що знаходяться всередині осередку. Комбінація цих гістограм і є дескриптором. Для збільшення точності локальні гістограми зазнають нормалізації за контрастом. З цією метою обчислюється міра інтенсивності на більшому фрагменті зображення, який називається блоком, та отримане значення використовується для нормалізації. Нормалізовані дескриптори мають кращу інваріантність по відношенню до освітлення.

Дескриптор HOG має кілька переваг над іншими дескрипторами. Оскільки HOG працює локально, метод підтримує інваріантність геометричних і фотометричних перетворень, крім орієнтації об'єкта. Такі зміни з'являються лише у великих фрагментах зображення. Більш того, як виявили Далал і Тріггс, грубе розбиття простору, точне обчислення напрямків та сильна локальна фотометрична нормалізація дозволяють ігнорувати рух пішоходів, якщо вони підтримують вертикальне положення тіла. Дескриптор HOG, таким чином, є добрим засобом знаходження людей на зображеннях.

Першим кроком обчислень у багатьох детекторах особливих точок є нормалізація кольору та гамма-корекція. Далал і Тріггс встановили, що для дескриптора HOG цей крок можна опустити, оскільки подальша нормалізація дасть той самий результат. Тому на першому етапі розраховуються значення градієнтів. Найпоширенішим

методом є застосування одновимірної маски, що диференціює, в горизонтальному і/або вертикальному напрямку. Цей метод вимагає фільтрації колірної або яскравості за допомогою наступних фільтруючих ядер: $[-1,0,1]$ і $[-1,0,1]^T$.

Далал і Тріггс використовували більш складні маски, такі як Собел 3×3 або діагональні маски, але ці маски показали нижчу продуктивність для цього завдання. Вони також експериментували з розмиттям по Гауссу перед застосуванням маски, що диференціює, але також виявили, що пропуск цього кроку збільшує швидкість без помітної втрати якості.

На наступному етапі обчислюються гістограми осередків. Кожен піксель у осередку бере участь у зваженому голосуванні для каналів гістограми напрямів, заснованому значенні градієнтів. Осередки можуть бути прямокутної або круглої форми, канали гістограми рівномірно розподіляються від 0 до 180 або від 0 до 360 градусів, залежно від того, обчислюється «знаковий» або «беззнаковий градієнт». Далал і Тріггс виявили, що беззнаковий градієнт разом із дев'ятьма каналами гістограми дає найкращі результати при розпізнаванні людей. При розподілі ваги в голосуванні вага пікселя може задаватися або абсолютним значенням градієнта, або деякою функцією від нього; у реальних тестах абсолютне значення градієнта дає найкращі результати. Іншими можливими варіантами можуть бути квадратний корінь, квадрат або абсолютне урізане значення градієнта.

Для врахування яскравості і контрастності градієнти слід локально нормувати, навіщо осередки необхідно згрупувати у великі зв'язкові блоки. Дескриптор HOG, таким чином, є вектором компонента нормованих гістограм осередків з усіх областей блоку. Кінцевим кроком розпізнавання об'єктів з використанням HOG є класифікація дескрипторів за допомогою системи навчання з учителем.

Порівняння бібліотек виявлення осіб

У таблиці 1 наведено результати порівняння технологій виявлення облич OpenCV (вейвлети Хаара), dlib (гістограми спрямованих градієнтів, HOG), а також примітивний алгоритм SIFT (Scale-invariant feature transform). Як набір зображень були використані бази даних пішоходів Массачусетського технологічного інституту (MIT), а також база даних людей Національного дослідницького інституту Франції (INRIA). База даних INRIA відрізняється тим, що в ній зображені люди у різних позах та ракурсах.

Таблиця 1

Результати порівняння технологій виявлення осіб

Алгоритм	Набір зображень	Частка пропущених зображень	Частка помилок першого роду
HOG	MIT	~ 0	10-4
HOG	INRIA	0,1	10-4
Вейвлети Хаара	MIT	0,01	10-4
Вейвлети Хаара	INRIA	0,3	10-4
SIFT	MIT	0,1	10-4
SIFT	INRIA	0,5	10-4

Висновки. З результатів проведеного дослідження випливає, що на вибірці людей, звернених в камеру безпосередньо, обидва алгоритми показують приблизно однакові результати, проте на зображеннях людей під різним ракурсом, алгоритм, що використовує метод ознак Хаара, значно поступається алгоритму,

заснованому на гістограмах градієнтів. У свою чергу, примітивний алгоритм SIFT явно поступається обом алгоритмам, що доводить їхню актуальність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Edwards G. J. Cootes T. F. Taylor C. J. Face recognition using active appearance models. *Computer Vision*. Volume 1407 of the series Lecture Notes in Computer Science, 2006, p. 581–595.
2. S. Sankaranarayanan, A. Alavi, C. Castillo, R. Chellappa, Triplet Probabilistic Embedding for Face Verification and Clustering. *2016 IEEE 8th International Conference on Biometrics Theory, Applications and Systems (BTAS)*. 2016, p. 1–8.
3. T. Zhang, Lu Bao-Liang “Selecting optimal orientations of Gabor wavelet filters for facial image analysis”, 2010, p. 218–227.
4. Довбиш, А.С. Основи теорії розпізнавання образів: навч. посіб. Суми: Сумський державний університет, 2015. Ч. 1. 109 с.
5. Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В. Методи обробки зображень та комп'ютерний зір: Навчальний посібник. Дніпро: ЛІРА, 2016. 148 с.
6. Лисенко А. М. Застосування біометричних систем для ідентифікації особи. Вісник Київського нац. ун.-ту ім. Т.Шевченка, Юридичні науки, 2004, №60/62, с. 87–91.

REFERENCES:

1. Edwards G. J. Cootes T. F. Taylor C. J. (2006). *Face recognition using active appearance models*. *Computer Vision*. Volume 1407 of the series Lecture Notes in Computer Science, p. 581–595.
2. Sankaranarayanan, S., Alavi, Castillo, C & Chellappa, R. (2016) *Triplet Probabilistic Embedding for Face Verification and Clustering*. *2016 IEEE 8th International Conference on Biometrics Theory, Applications and Systems (BTAS)*, p. 1–8.
3. T. Zhang & Lu Bao-Liang (2010). *Selecting optimal orientations of Gabor wavelet filters for facial image analysis*, p. 218–227.
4. Dovbysh, A.S. (2015). *Basics of pattern recognition theory*. Sumy: Sumy State University, Vol. 1.
5. Vovk, S. M., Hnatushenko, V.V. & Bondarenko, M.V. (2016)/ *Image processing methods and computer vision*. Dnipro: LIRA.
6. Lysenko A. M. (2004)/ *Application of biometric systems for personal identification*/ *Visnyk Kyivskoho nats. un.-tu im. T.Shevchenka, Yurydychni nauky*, №60/62, pp. 87–91.

УДК 004.92+004.5

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.3>

ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДОРОЖНЬОЇ КАРТИ ВСТУПУ ДО ЗАКЛАДУ ВИЩОЇ ОСВІТИ НА ОСНОВІ ВЕБ-ТЕХНОЛОГІЙ

Качурівський В. О. – кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій та вищої математики
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»
ORCID ID: 0000-0002-7357-8706

Качурівська Г. М. – кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційних технологій та вищої математики
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»
ORCID ID: 0009-0007-2710-4343

Дорожня карта представляє інформацію у вигляді зрозумілої візуальної діаграми, яка допомагає зрозуміти як проєкт просувається до мети, на якому етапі зараз перебуває користувач. Основні етапи подають у вигляді геометричних фігур з відповідним текстовим наповненням. Послідовністю їх проходження задається різноманітними односторонніми стрілками або маркерами руху від одного етапу до іншого. Кожен етап може мати декілька станів у системі, котрі повинні мати свій, оригінальний стиль оформлення. Для візуалізації дорожньої карти проєкту можуть використовуватись різні види діаграм: Ганта, PERT, ієрархії процесів.

Розглянуто програмну реалізацію дорожньої карти вступу до ЗВО на основі PERT-діаграми, за допомогою веб-технологій програмного стеку: HTML, CSS, Javascript. Визначено три способи організації відображення PERT-діаграми: блочний, табличний та SVG-графіка.

Визначено етапи імплементації дорожньої карти на веб-сторінці сайту закладу вищої освіти: створення HTML-документа дорожньої карти; розробка стилів подання етапів відповідно їх стану візуального контролю користувачем; розроблено javascript-сценарій застосування стилів до етапів дорожньої карти на основі критичних параметрів.

Визначено три стани етапів: очікування, активний, завершено. Розроблено css-стилі оформлення етапу, котрий перебуває у визначеному стані.

Для автоматичного управління стилями етапів визначено параметри, які впливають на зміну станів, зокрема календарна дата та астрономічний час. Розроблено javascript-сценарій, який відповідає за накладання стилю етапу на основі критичного параметру зміни стану.

Візуалізація дорожньої карти є одним із способів графічного подання інформації про розвиток об'єкту управління. Також вона сприяє синхронізації поведінки користувача, мобілізації його ресурсів на досягнення поставлених цілей.

Ключові слова: дорожня карта, javascript-сценарій, візуалізація, PERT-діаграма, програмування.

Kachurivskiy V. O., Kachurivska H. V. Visualization of the road map for admission to an institution of higher education based on web technologies

The roadmap presents information in the form of a clear visual diagram that helps to understand how the project is progressing towards the goal, at which stage the user is now. The main stages are presented in the form of geometric figures with appropriate text content. The sequence of their passage is specified by various one-way arrows or markers. Each stage can have several states in the system, which must have their own, original design style. Various types of diagrams can be used to visualize the project roadmap: Gantt, PERT, process hierarchies.

The software implementation of the road map for admission to higher education institutions based on a PERT diagram, using web technologies of the software stack: HTML, CSS, Javascript, is considered. There are three ways of organizing the display of the PERT diagram: block, tabular and SVG graphics.

The stages of implementation of the road map on the web page of the website of the higher education institution were defined: creation of the HTML document of the road map; development

of presentation styles of stages according to their state of visual control by the user; developed a javascript for applying styles to the stages of the road map based on critical parameters.

Three stage states are defined: waiting, active, completed. The CSS styles of the stage, which is in a certain state, have been developed.

To automatically control the styles of the stages, parameters that affect the change of states are defined, in particular, the calendar date and astronomical time. A javascript has been developed which is responsible for overlaying the stage style based on the critical parameter of the state change.

Visualization of the road map is one of the ways of graphically presenting information about the development of the management object. It also helps to synchronize the user's behavior and mobilize his resources to achieve the set goals.

Key words: *roadmap, javascript, visualization, PERT diagram, programming code.*

Актуальність. Дорожня карта – це покроковий сценарій розвитку об'єкта управління, наочно представлений у вигляді графа процесу управління, на якому відображені стратегічно значущі події, що визначають розвиток об'єкта управління, і послідовність їх настання [1, с. 310–316]. Дорожня карта – це наочне уявлення покрокового сценарію досягнення стратегічних цілей [2].

Для наочного та візуального сприйняття дорожньої карти, основні етапи подають у вигляді геометричних фігур з відповідним текстовим наповненням та послідовністю їх проходження. Напрямок руху від одного етапу до іншого супроводжують різноманітними односторонніми стрілками або маркерами, які вказують напрямок руху [3, с. 210–212]. Існує ряд графічних редакторів, які дозволяють розробити якісні дорожні карти у формі малюнку формату JPG, PNG, GIF та інших. Дані формати презентують статичні дорожні карти – етапи не змінюють візуального образу. Користувачу самому необхідно відслідкувати на якому етапі він перебуває, адже малюнок є незмінним.

Необхідним є проектування інтерактивної дорожньої карти процесу, де кожен етап, з якого складається дорожня карта, візуалізується новим стилем оформлення, який відрізняється від загального та підказує стан проходження по системі. Кожен етап може мати декілька станів у системі. Отже кожен стан повинен мати свій, оригінальний стиль оформлення.

Зміна формату відображення етапу може відбуватися як в ручному режимі, зокрема адміністратором системи, так і автоматично – через програмний код управління за визначеним сценарієм.

Мета дослідження – створення інтерактивної дорожньої карти з автоматичною зміною представлення етапів в залежності від стану проходження по системі.

Об'єкт дослідження – етапи процесу вступу абітурієнтів до закладу вищої освіти.

Предмет дослідження – веб-технології створення інтерактивної дорожньої карти вступу до закладу вищої освіти.

При створенні веб-сторінки інтерактивної дорожньої карти необхідно вирішити такі завдання:

1. Визначити вид діаграми, яка буде презентувати дорожню карту.
2. Виокремити етапи дорожньої карти відповідно до обраного виду діаграми.
3. Розробити структуру дорожньої карти засобами веб-технологій.
4. Визначити стан етапу та формати візуалізації його при проходженні по дорожній карті.
5. Визначити чинники, які впливають на зміну стану етапу дорожньої карти.
6. Розробити javascript-сценарій інтерактивної зміни стану етапу дорожньої карти.

Розробка дорожньої карти проекту потребує вибору типу діаграми, якою вона буде реалізована. Для візуалізації дорожньої карти проекту можуть використовуватись різні види діаграм:

1. Діаграма Ганта (Gantt chart) – це графічне уявлення термінів виконання завдань та їх взаємозв'язків.
2. Діаграма PERT або Дерево рішень – це уявлення про зв'язки між завданнями та можливими сценаріями розвитку подій.
3. Діаграма ієрархії процесів – це візуалізація завдань ієрархічної структури.

Аналізуючи етапи вступу до закладу вищої освіти (ЗВО), зокрема Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів та природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут» [5], ми зробили висновок, що для діаграма Ганта та діаграма PERT найбільш відповідають завданням для створення дорожньої карти. Етапи вступної кампанії є чітко визначеними у часі, мають завершений характер та визначену лінійну послідовність настання.

Найвідоміша частина PERT – це діаграми взаємозв'язків робіт і подій. PERT пропонує використовувати діаграми-графи з роботами на вузлах, з роботами на стрілках (мережеві графіки) [4, с. 25–36].

Діаграма PERT (Program Evaluation and Review Technique) – це метод візуалізації завдань та їх взаємозв'язків. Така діаграма є графом, де кожна задача представлена у вигляді вузла, а залежності між завданнями позначаються ребрами. Вона допомагає оцінити час, необхідний для виконання кожного завдання, і навіть визначити критичний шлях проекту, тобто мінімальний період часу, необхідний для завершення всіх завдань.

Розглянемо програмну реалізацію дорожньої карти вступу до ЗВО на основі PERT-діаграми за допомогою веб-технологій програмного стеку: HTML, CSS, Javascript, яка легко інтегрується на сайті закладу вищої освіти незалежно від системи у якій він розроблений.

Основу веб-сторінки складає мова гіпертекстової розмітки HTML5. Аналіз структури дорожньої карти дозволяє виділити три способи організації її відображення засобами гіпертекстової розмітки:

Спосіб 1: Блочний. Етапи подаються прямокутними блоками за допомогою парного тегу `<div></div>` (контейнери). Контейнер містить текстову інформацію, що описує призначення етапу дорожньої карти. Між блоками можуть бути допоміжні блоки, вмістом яких є маркери напрямку. Блоки дозволяють організацію проходження по дорожній карті за напрямками: зліва направо або зверху вниз. Даний спосіб доцільно використовувати у випадку, коли дорожня карта має лінійний характер.

Спосіб 2: Табличний. Дорожня карта подається як цілісний об'єкт таблиця тегом `<table></table>`. Рядки таблиці (теги `<tr></tr>`) презентують етапи. Рядки які містять маркери напрямку визначимо як допоміжні. Табличний спосіб доцільно використовувати при представлення етапів у вертикальному представленні (згори донизу). При порядку проходження етапів в горизонтальному напрямі (зліва на право) – етапи презентують колонки таблиці. Табличний спосіб доцільно використовувати у випадку, коли дорожня карта має лінійний характер.

Спосіб 3: SVG графіка. SVG це мова XML розмітки, яка може використовуватися для малювання векторної графіки. Вона може бути використана для створення зображення шляхом вказівки всіх необхідних ліній і форм. Кожен етап подається графічним примітивом. Графічними примітивами є: прямокутники різного виду, кола, лінії, багатокутники та інше. Даним способом можна створювати дорожні

карти не тільки лінійної структури, але і розгалуженої або циклічної структури (гілки, спіралі, кола та інше). Переваги: зображення SVG не втрачають своєї якості при збільшенні чи зміні розміру; доступні та анімовані; SVG підтримує градієнти, обертання, фільтри, анімації, взаємодію з JavaScript і т.д. Враховуючи переваги SVG можна створювати масштабовані та анімовані дорожні карти. SVG зображення може стати як завгодно складним. Даний спосіб є найбільш зручним для створення ефектних дорожніх карт.

Щоб імплементувати інтерактивну дорожню карту на веб-сторінці сайту закладу вищої освіти, необхідно пройти такі етапи:

- *Етап 1:* Створення HTML-документа дорожньої карти за допомогою блочної, табличної структури або SVG-графіки.
- *Етап 2:* Розробка стилів подання етапів, відповідно їх стану для візуального контролю користувачем.
- *Етап 3:* Програмування javascript-сценарію застосування стилів до етапів дорожньої карти на основі критичних параметрів зміни стилю подання.

Розглянемо детально створення інтерактивної дорожньої карти вступу на здобуття вищої освіти за освітнім ступенем «Магістр» до Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут» згідно правил прийому на навчання на 2023 рік [5].

Реалізація етапу 1: Створення HTML-документа дорожньої карти.

Аналізуючи умови прийому можна визначити, що дорожня карта вступу на ОС «Магістр» складається з шести основних етапів:

1. Реєстрація електронних кабінетів вступників.
2. Проведення вступних випробувань.
3. Прийом заяв та документів.
4. Оприлюднення рейтингового списку вступників закладом вищої освіти.
5. Виконання вимог до зарахування.
6. Зарахування вступників.

Саме ці етапи є вузлами графа. Проведення етапів є чітко регламентовані у календарному часі та настають один за одним. Отже, дорожня карта має лінійний характер та напрямок руху по ній, в залежності від представлення (зліва направо або згори донизу). Для конструювання дорожньої карти у вигляді PERT-діаграми можна використати блочний або табличний спосіб організації її відображення засобами гіпертекстової розмітки.

Фрагмент HTML-документа дорожньої карти такий:

```
<table style="width: 100%; font-size:16px;" class="tm">
<thead> <tr>
<td style="text-align: center;">
<strong><em>Етапи вступної компанії</em></strong> </td>
<td style="text-align: center;width:250px;" >
<strong><em>Строки проведення</em></strong> </td> </tr> </thead>
<tbody>
<tr><td colspan="2" style="text-align:center; font-size: 26px;"><i class="far
fa-play-circle"></i></td></tr>
<tr id="stage1">
<td> <p>Реєстрація електронних кабінетів вступників, завантаження необхід-
них документів</p> </td>
<td> <p>з 1 липня 2023р. <br> по 30 липня 2023р.</p> </td> </tr>
```

```

<tr><td colspan="2" style="text-align:center; font-size: 26px;"><i class="fas
fa-arrow-down"></i></td></tr>
<tr id="stage2">
<td><p>Проведення вступних випробувань</p></td>
<td><p>з 31 липня 2023р. <br> по 14 серпня 2023р.</p>
</td></tr>
<tr><td colspan="2" style="text-align:center; font-size: 26px;"><i class="fas fa-ar-
row-down"></i></td></tr>
<tr id="stage3"> </tr>
...
</tbody> </table>

```

В даному фрагменті наведено конструювання таблиці з одним етапом дорожньої карти.

Реалізація етапу 2: Розробка стилів подання етапів.

Одним із важливих питань є визначення стилів візуального відображення етапів дорожньої карти в процесі її реалізації. Для відображення вузлових етапів слід визначити стан, у якому перебуває той чи інший етап. На зміну стану впливає певний чинник. Таким чинником може бути певний числовий або логічний параметр, на основі якого приймається рішення про зміну стану. Визначено три стани етапів системи:

- **Стан 1:** Етап перебуває у стані очікування. В даному стані етап не доступний до настання події, згідно визначеного параметру.
- **Стан 2:** Активний етап. Подія наступила і триває до часу її завершення.
- **Стан 3:** Етап завершений. Етап завершився після його проходження та більше недоступний до реалізації.

Коротко назвемо стани етапів як: етап 1 – *недоступний*, етап 2 – *активний*, етап 3 – *завершений*. При реалізації дорожньої карти засобами веб-технологій визначимо три правила стильового оформлення елементів, які їх презентують та відповідають класам CSS. Так: недоступному стану визначимо клас `.gray` – сірий фон та графічний елемент квадрат (\square) перед текстовим описом призначення етапу; активному стану визначено клас `.green` – білий фон та графічний елемент у вигляді галочки у квадраті (P) зеленого кольору перед текстовим описом етапу; стан завершено визначено клас `.roze` – графічний елемент у вигляді знаку ікс у колі (c) червоного кольору та штрихований фон блоку, який його відображає. Графічні елементи представимо за допомогою шрифту Font Awesome 5 Free.

Наприклад, код CSS-класу `.roze` є таким:

```

.roze td:first-child p:before{
font-size:20px; font-family: "Font Awesome 5 Free"; margin-right:20px; content:"\
f057"; color:#dd0101;}
.roze{
background-image:url(/images/banners/diagonal_bg.png);}

```

Реалізація етапу 3: Програмування javascript-сценарію застосування стилів.

Як зазначалося вище, можуть бути різноманітні чинники для зміни стану етапу дорожньої карти. Для автоматичного управління форматами етапів необхідно визначити параметри, які впливають на зміну станів. Одним з таких параметрів може виступати календарна дата та астрономічний час проведення етапу. Так, кожен етап вступної компанії має чітко визначені часові маркери його проведення, тобто можна визначити дату початку етапу та дату його завершення. Для прикладу, етап 2 «Проведення вступних випробувань», має такі часові маркери: початок 31 липня 2023 року, закінчення 14 серпня 2023 року.

Для аналізу стану проходження етапів на основі маркера календарного часу необхідно розробити javascript-сценарій, який відповідає за візуалізацію станів. Для цього javascript-сценарію необхідно мати доступ до часових міток початку та завершення етапу та проводити їх аналіз з системною датою, коли відкрита веб-сторінка на якій презентовано дорожню карту.

HTML5 спроектований з можливістю розширення даних асоційованих з будь-яким елементом, але водночас необов'язково мають певне значення. Атрибути data-* дозволяють зберігати додаткову інформацію в стандартних елементах HTML, без нестандартних атрибутів, зайвих DOM-властивостей [6].

Введемо два атрибути часових міток до етапів: data-start – початок етапу, data-end – закінчення відповідного етапу.

Звичайно, що теги гіпертекстової розмітки, які формують таблиці необхідно модифікувати додавши дані атрибути. Наприклад, тег формування другого етапу будуть такими:

```
<tr id="stage2" data-start="2023-07-31 0:0:0" data-end="2023-08-14 23:59:59">
```

Алгоритм роботи сценарію з автоматичного додавання стилю стану до етапу на основі часових міток є таким:

1. Визначення системної дати та часу: new Date();
2. Вибірка рядків таблиці у яких присутній атрибут часової мітки data-start або data-end:

```
row_table = document.querySelectorAll("tr[data-start]");
```

```
3. Перебір елементів колекції: for (let el of row_table){}
```

```
4. Додавання класу оформлення до відповідного елементу: classList.add();
```

Javascript-сценарій для надання CSS-класу стану етапу є таким:

```
let today = new Date();// системна дата
```

```
//let today =new Date("2023-08-18T09:24:00");
```

```
// вибірка рядків таблиці які містять атрибут data-start
```

```
var row_table = document.querySelectorAll("tr[data-start]");
```

```
// цикл по колекції рядків
```

```
for (let el of row_table) {
```

```
    let stage_start=el.getAttribute("data-start");
```

```
    let stage_end=el.getAttribute("data-end");
```

```
    // вибірка дат
```

```
    let start_date = new Date(stage_start);
```

```
    let end_date = new Date(stage_end);
```

```
    // Додавання стилів стану до етапів
```

```
    if(start_date>today){
```

```
        el.classList.add("gray"); } }
```

```
    if(start_date<=today && today<=end_date){
```

```
        el.classList.add("green");}
```

```
    if(end_date<today){
```

```
        el.classList.add("roze");}}
```

Результат розробки структури дорожньої карти та виконання javascript-сценарію контролю стану її етапів подано на рис. 1.

Дорожня карта, як координаційний документ, має на меті більш ефективне інформування користувача. Візуалізація дорожньої карти є одним із способів графічного подання інформації про розвиток об'єкту управління. Також вона сприяє синхронізації поведінки користувача, мобілізації його ресурсів на досягнення поставлених цілей.

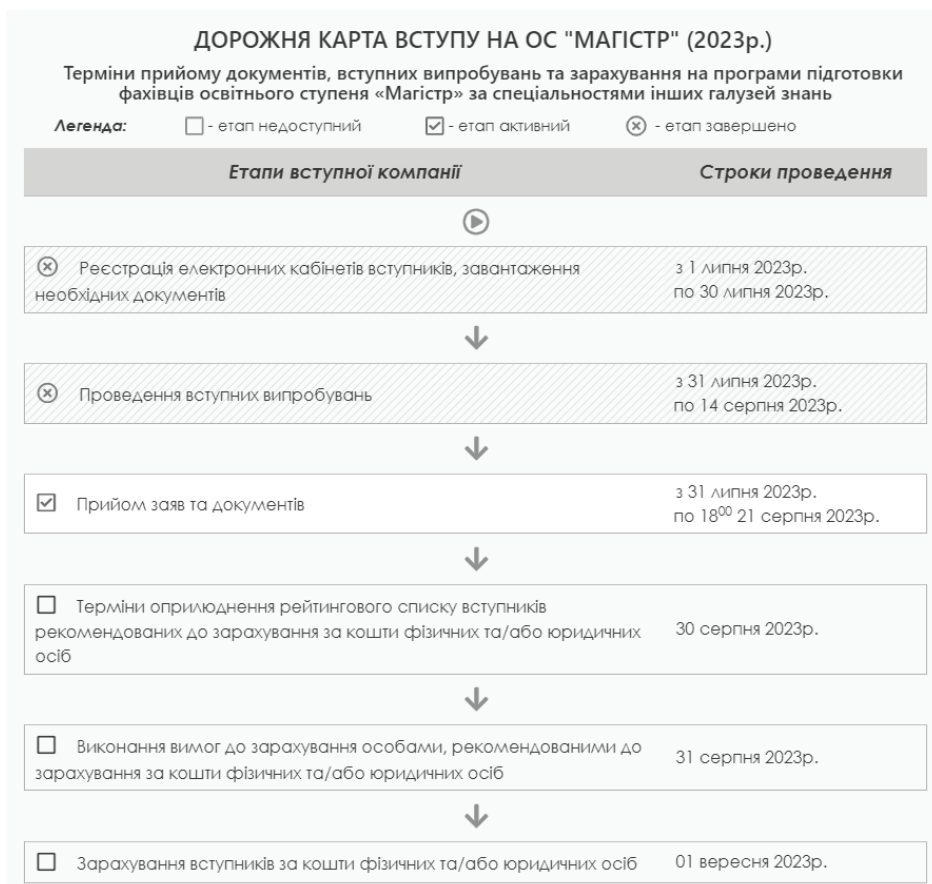


Рис. 1. Скріншот візуалізації дорожньої карти при настанні календарної дати 18.08.2023 р.

Проведені дослідження потребують подальшого розвитку візуалізації дорожньої карти, представленої за допомогою SVG-графіки, адаптації до екранів мобільних пристроїв.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Полянська А.С., Мажак А.П. Дорожня карта формування компетенцій сучасного менеджера. «Молодий вчений». № 5 (57) травень, 2018 р. С. 310–316.
2. Ярмош О.В. Розробка дорожньої карти інноваційного проекту як інструмент стратегічного менеджменту / О. В. Ярмош // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2014. № 6(1). С. 149–152.
3. Качурівський В., Ковалик Я. HTML структура для візуалізації етапів дорожньої карти процесу. *Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення*, матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, присвячені 125-річчю НУБіП України. Запоріжжя: ФОП Однорог Т.В., 2023. С. 210–212.
4. Великодний С. С., Бурлаченко Ж. В., Зайцева-Великодна С. С. Розробка архітектури програмного засобу для управління мережевим плануванням реінжинірингу програмного проекту. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. Харків, 2019. №2(8). С. 25–35.

5. Правила прийому на навчання до Відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів та природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут» на 2023 рік. URL: https://www.bati.nubip.edu.ua/images/ABIT/RULES_bati_2023.pdf (дата звернення: 20.12.2023)

6. Using data attributes. URL: https://developer.mozilla.org/en/docs/Learn/HTML/Howto/Use_data_attributes. (дата звернення: 07.04.2023)

REFERENCES:

1. Polyanska A.S. & Mazhak A.P. (2018) Dorozhnyya karta formuvannya kompetentsiy suchasnoho menedzhera. «*Molodyy vchenyy*». № 5 (57), 310-316.

2. Yarmosh O.V. (2014) Rozrobka dorozhn'oyi karty innovatsynoho proektu yak instrument stratezhichnoho menedzhmentu / O.V. Yarmosh // *Visnyk Khmel'nyts'koho natsional'noho universytetu. Ekonomichni nauky*. № 6(1), 149-152.

3. Kachurivskiy V., & Kovalyk Y. (2023) HTML struktura dlya vizualizatsiyi etapiv dorozhn'oyi karty protsesu. *Stalyy rozvytok ahrarynoyi sfery: inzhenerno-ekonomichne zabezpechennya, materialy VI Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi, prysvyacheni 125-richchyu NUBiP Ukrainy. Zaporizhzhya: FOP Odnoroh T.V.*, 210-212.

4. Velykodnyy S.S., Burlachenko ZH. V., & Zaytseva-Velykodna, S. S. (2019). Rozrobka arkhitektury prohramnoho zasobu dlya upravlinnya merezhhevym planuvanniam reinzhyrnynhu prohramnoho proektu. *Suchasnyy stan naukovykh doslidzhen ta tekhnolohiy v promyslovosti.*, 2(8), 25-35.

5. Pravylya pryymu na navchannya do Vidokremlenoho pidrozdilu Natsionalnoho universytetu bioresursiv ta pryrodokorystuvannya Ukrainy «Berezhanskyiy ahrotekhnichnyy instytut» na 2023 rik. *bati.nubip.edu.ua* Retrieved from https://www.bati.nubip.edu.ua/images/ABIT/RULES_bati_2023.pdf (data zvernennya: 20.12.2023).

6. Using data attributes. *developer.mozilla.org* Retrieved from https://developer.mozilla.org/en/docs/Learn/HTML/Howto/Use_data_attributes. (data zvernennya: 07.04.2023).

УДК 004.042

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.4>

РЕАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РОЗГОРТАННЯ ПРОГРАМ У КОНТЕЙНЕРІ

Киричек Г. Г. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж
Національного університету «Запорізька політехніка»
ORCID ID: 0000-0002-0405-7122

Тягунова М. Ю. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж
Національного університету «Запорізька політехніка»
ORCID ID: 0000-0002-9166-5897

Смірнов В. В. – магістр факультету комп'ютерних наук та технологій
Національного університету «Запорізька політехніка»
ORCID ID: 0009-0006-3314-5072

Застосування віртуалізації та контейнеризації в хмарі, створює рівень абстракції між апаратними ресурсами та програмними компонентами, спрощуючи управління ресурсами та підвищуючи їх ефективність. Усі ці фактори підкреслюють важливість впровадження додатків у хмарі, як фундаментальної стратегії сучасних організацій, що прагнуть зберегти конкурентоспроможність та адаптивність в умовах постійних змін та зростаючих вимог інформаційного ринку. Метою роботи є дослідження методів та реалізація технологій для розгортання програм у контейнері. Об'єктом дослідження є процес реалізації системи розгортання програм у контейнері із використанням Google Kubernetes Engine, Terraform та Tekton. Предметом дослідження є моделі, методи та засоби реалізації системи розгортання програм у контейнері. Виходячи з того, що контейнери є самодостатніми віртуальними середовищами, які містять додатки та їх залежності, маємо можливість ефективно створювати, розгортати і керувати контейнерами для різних хмарних додатків і сервісів, забезпечуючи гнучкість та оптимальне використання ресурсів. Цей підхід сприяє швидкому масштабуванню додатків і забезпечує їх єдність у різних середовищах хмарного обчислення. Само розгортання застосунків, пов'язане з використанням інтерфейсів і стандартів взаємодії між частинами системи, розташованими в хмарі, що потребує підтримки обміну даними та ресурсами через мережу, використовуючи методи балансування та віртуалізації. Тому важливим є створення модульних та незалежних компонентів, які є масштабованими і розгортаються окремо. Також, балансування завантаження є методом, що використовується в інформаційних системах та комп'ютерних мережах з метою розподілу запитів, завдань та трафіку між різними серверами або ресурсами для досягнення найкращої продуктивності, надійності та доступності системи. А віртуалізація є технологією, яка дозволяє створювати віртуальні версії обчислювальних, мережевих, та інших ресурсів, забезпечуючи абстракцію між апаратними ресурсами та програмними засобами або сервісами, які їх використовують.

Ключові слова: кластер, контейнер, kubernetes, docker, віртуалізація.

Kyrychek H. H., Tiahunova M. Yu., Smirnov V. V. Implementation of technologies for deploying programs in a container

Application of virtualization and containerization in the cloud creates a level of abstraction between hardware resources and software components, simplifying resource management and increasing their efficiency. All these factors emphasize the importance of implementing applications in the cloud, as a fundamental strategy of modern organizations that seek to maintain competitiveness and adaptability in the face of constant changes and growing requirements of the information market. The purpose of the work is to research methods and implement technologies for deploying applications in a container. The object of research

is the process of implementing a system of deploying applications in a container using Google Kubernetes Engine, Terraform and Tekton. The subject of research is the models, methods and means of implementation of the application deployment system in the container. Based on the fact that containers are self-sufficient virtual environments that contain applications and their dependencies, we have the ability to efficiently create, deploy and manage containers for various cloud applications and services, ensuring flexibility and optimal use of resources. This approach facilitates the rapid scaling of applications and ensures their unity in different cloud computing environments. Application deployment itself involves the use of interfaces and standards of interaction between parts of the system located in the cloud, which requires support for the exchange of data and resources over the network, using methods of balancing and virtualization. Therefore, it is important to create modular and independent components that are scalable and deployable separately. Also, load balancing is a method used in information systems and computer networks to distribute requests, tasks and traffic between different servers or resources to achieve the best performance, reliability and availability of the system. And virtualization is a technology that allows you to create virtual versions of computing, network, and other resources, providing abstraction between hardware resources and software or services that use them.

Key words: cluster, container, kubernetes, docker, virtualization.

Постановка проблеми. На даний час підприємства та організації пристосовуються до змін та забезпечують доступність своїх сервісів, залишаючись попереду в технологічних інноваціях [1]. Одним із ключових підходів для досягнення цих цілей є розгортання застосунків у хмарі, що є частиною процесу управління хмарними ресурсами хмарних обчислень [2]. Під системою розгортання застосунків у хмарі, розуміємо набір програмних компонентів і інструментів, які дозволяють організаціям розгортати застосунки, які упаковані разом з усіма залежностями в один автономний об'єкт – контейнер. Контейнери запускаються на будь-якій хмарній інфраструктурі, що підтримує контейнерні технології [3]. Така система складається з декількох формуючих її компонентів та, зазвичай, включає: контейнерний менеджер, що відповідає за запуск, зупинку, перезапуск та масштабування контейнерів; контейнерний реєстр, що дозволяє зберігати та керувати контейнерами та скрипти розгортання, які автоматизують процес розгортання застосунків у хмарі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Найбільш популярною технологією керування контейнерами є Kubernetes, так як більшість інструментів розгортання контейнеризованих застосунків його підтримують. Хоча альтернативою є інші технології, такі як Docker Swarm або Mesos [3,4]. Також найбільш популярними хмарами є Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure і Google Cloud Platform (GCP), але інструменти розгортання контейнеризованих застосунків підтримують більшість хмарних платформ. При чому Google Kubernetes Engine (GKE) [5] є хмарним сервісом, який дозволяє розгортати та експлуатувати контейнеризовані застосунки на Google Cloud Platform та використовує Kubernetes для управління контейнеризованими застосунками. Маючи велику кількість CI/CD (Continuous Integration/Continuous Delivery) інструментів, в першу чергу орієнтуємось на ті, які є універсальними та кросплатформеними для використання на різних хмарних платформах, тому аналізуємо наявні інструменти, такі як [6, 7]: Tekton CI/CD; Jenkins; Bitbucket Pipelines та GitHub Actions [8]. Починаючи з інструментів автоматизації інфраструктури, що дозволяє створювати, змінювати та знищувати інфраструктуру в середовищах, обираємо для аналізу Terraform [6], Docker [3], Habitat [5] та Ansible [4]. Усі інструменти забезпечують автоматизацію процесу розгортання контейнеризованих застосунків у хмарі, а також підтримують масштабованість, моніторинг і логування, технологію контейнеризації та мікросервісну архітектуру [9]. Та за результатами порівняння робимо висновки,

що всі ці інструменти мають майже однаковий функціонал, а відрізняються лише у способах реалізації та інтерфейсах. Всі вони є потужними інструментами, які можуть використовуватися для створення, розгортання та управління контейнеризованими застосунками в мікросервісній архітектурі [4].

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження методів та реалізація технологій для розгортання програм у контейнері. Об'єктом дослідження є процес реалізації системи розгортання програм у контейнері із використанням Google Kubernetes Engine, Terraform та Tekton. Предметом дослідження є моделі, методи та засоби реалізації системи розгортання програм у контейнері. Виходячи з того, що контейнери є самодостатніми віртуальними середовищами, які містять додатки та їх залежності, маємо можливість ефективно створювати, розгортати і керувати контейнерами для різних хмарних додатків і сервісів, забезпечуючи гнучкість та оптимальне використання ресурсів [4]. Цей підхід сприяє швидкому масштабуванню додатків і забезпечує їх єдність у різних середовищах хмарного обчислення.

Хмарна інфраструктура забезпечує фізичні елементи для розгортання контейнерів, включаючи сервери, мережі та сховища. Розробники та адміністратори використовують будь-яку хмарну інфраструктуру, яка підтримує контейнери, надаючи їм можливість легко масштабувати ресурси, забезпечувати гнучкість та швидкість реагування на зміни в робочих навантаженнях [10]. При цьому контейнери, як стандартизовані одиниці, працюють на будь-якому хмарному або фізичному сервері, який їх підтримує.

Виклад основного матеріалу. Реєстр контейнерів функціонує як централізований сервіс зберігання та керування контейнерами, дозволяючи використовувати вже створені контейнери та є або загальнодоступним, як Docker Hub, чи приватним, як Amazon Elastic Container Registry [11]. Контролер розгортання відповідає за керування процесом розгортання контейнерів, отримує деталі програм від розробників, планує та виконує розгортання контейнерів на хмарних ресурсах (рис. 1). Структурований та модульний підхід до розгортання контейнеризованих систем у хмарі забезпечує спрямований робочий процес, надає можливості адаптації до потреб та ефективній інтеграції з іншими компонентами системи, сприяючи підвищенню її ефективності та продуктивності, створюючи комплексне та добре взаємодіюче інфраструктурне середовище.

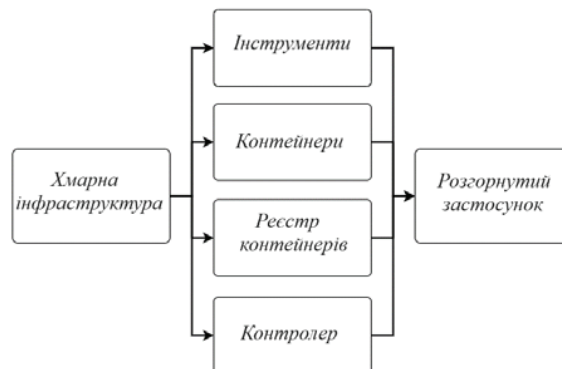


Рис. 1. Модель системи

На основі наведеної моделі побудуємо компоненти модулів, отримавши в кінцевому результаті цілісну систему. Архітектура самої системи є ефективним рішенням для розгортання та управління контейнеризованими застосунками, маючи структурований та модульний підхід (рис. 2).



Рис. 2. Модулі розгортання

Хмарною платформою є Google Cloud Platform, з необхідною вбудованою інфраструктурою, системою Google Kubernetes Engine та можливістю інтеграції з Terraform та Tekton CI/CD [12]. Тому першим етапом є реалізація скриптів для автоматизованого розгортання контейнерів та ресурсів у середовищі Google Kubernetes Engine, яке надає інфраструктуру для розгортання контейнерів Kubernetes у хмарі Google Cloud Platform.

В процесі реалізації системи маємо завдання з розгортання всього програмного забезпечення. Тому, для неперервної інтеграції та постійної доставки (CI/CD), застосовуємо фреймворк Tekton, що надає можливості автоматизувати етапи реалізації, розгортання і управління програмним забезпеченням. Тобто, за допомогою цього фреймворку розв'язуємо наступні завдання: створення контейнерних зображень; запуск тестових сценаріїв для перевірки якості програм; розгортання

програмного забезпечення у інфраструктурі; управління моніторингом та масштабуванням системи [4]. При цьому Tekton дозволяє автоматизувати виконання усіх цих завдань.

Розглянемо архітектуру проекту, який починається з репозитарію на GitHub, де зберігається весь вихідний код, конфігураційні файли та інші ресурси. Цей репозитарій є центральним елементом для спільної роботи команди та автоматизації процесу розгортання. У вигляді системи для контейнеру, як сутності, використовуємо Kubernetes у середовищі Google Kubernetes Engine, а як допоміжні інструменти застосовуємо Terraform та Tekton [4]. Текстові файли конфігурації використовують Terraform для опису інфраструктури Google Cloud Platform, такої як мережі, класи машин, а також інших ресурсів. Ці файли конфігурації зберігаємо в окремій теці у репозитарії. Automated Deployment Pipeline: Tekton використовується для створення автоматизованого конвєса розгортання. Пайплайн Tekton включає кроки з побудови інфраструктури за допомогою Terraform, розгортання Kubernetes-кластера та завантаження контейнерів з додатком WordPress у Google Kubernetes Engine. Kubernetes Cluster використовує Kubernetes у середовищі Google Kubernetes Engine (GKE). Він відповідає за керування контейнерами, оркестрацію служб, масштабування та управління ресурсами, де керування кластером здійснюється за допомогою kubectl. WordPress Docker Image застосовує образ WordPress разом з конфігураційними файлами та іншими ресурсами, розміщений у репозитарії на GitHub та використовується під час розгортання. Kubernetes дозволяє масштабувати додаток та проводити оновлення без перерв у роботі сервісу, а Tekton допомагає автоматизувати виконання процесів. На рисунку 3 наведена архітектура реалізованої системи.

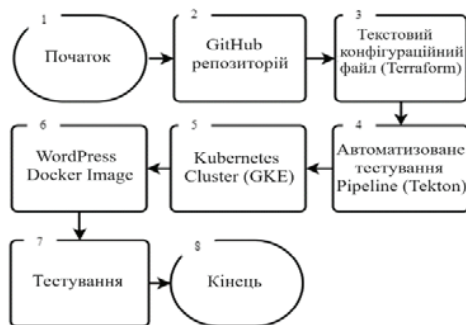


Рис. 3. Архітектура системи

При тестуванні застосовуємо тести, які перевіряють конфігурацію Kubernetes, переконуючись, що ресурси правильно налаштовані та готові до роботи. Це допомагає уникнути проблем, пов'язаних з неправильною конфігурацією під час розгортання, а інтеграція тестування з GitHub дозволяє автоматично запускати тести при кожному внесенні змін до репозитарію, що забезпечує швидке виявлення та вирішення проблем.

На першому етапі створюємо та налаштовуємо репозитарій на GitHub. Він є центральним місцем зберігання вихідного коду, конфігурацій та Docker-образів додатку, що дозволяє спільно працювати над додатком та автоматизувати процеси розгортання:

```
curl -u 'юзернейм' https://api.github.com/user/repos -d '{"name":"назва_репозитарію"}'
```

```
git clone https://github.com/юзернейм/назва_репозитарію.git  
cd назва_репозитарію
```

Далі проводимо його ініціалізацію та додаємо файли README.md, .gitignore та LICENSE:

```
echo "# Project Title" >> README.md  
git add README.md  
git commit -m "Додано README"  
git add .gitignore  
git commit -m "Додано .gitignore"  
git add LICENSE  
git commit -m "Додано ліцензію"
```

Наступним етапом є налаштування Terraform для опису інфраструктури Google Cloud Platform, створення та керування інфраструктурними компонентами, такими як мережі, класи машин, тощо, що забезпечує автоматизоване розгортання та управління інфраструктурою додатка. Третім етапом є налаштування конвеєра розгортання за допомогою Tekton, який автоматизує розгортання додатків, включаючи етапи побудови інфраструктури, розгортання Kubernetes-кластера та завантаження додатку, забезпечуючи швидкі та стабільні цикли розробки. На четвертому етапі створюємо та конфігуруємо Kubernetes-кластер в середовищі Google Kubernetes Engine (GKE). Він відповідає за управління контейнерами, забезпечуючи їхню оркестрацію, масштабування та ефективне розподілення ресурсів. Наступним етапом є підготовка Docker-образу для додатку, який містить весь необхідний код, конфігурації та ресурси для запуску додатку та зберігається в репозитарії на GitHub. Виконуючи шостий етап маємо можливість динамічно змінювати кількість ресурсів та автоматично виконувати оновлення контейнерів, застосовуючи Kubernetes для легкого масштабування та оновлення додатка без перерв у роботі. І на останньому етапі включаємо тести, які перевіряють правильність конфігурування Kubernetes та готовність додатку до роботи. Тестування дозволяє швидко виявляти та вирішувати можливі проблеми. Завершивши всі етапи, отримаємо готову до використання систему, яка автоматизує реалізацію, розгортання та моніторинг додатку на Kubernetes.

Застосуємо тестові сценарії, які перевіряють всі етапи цього процесу, враховуючи, що автоматизація гарантує регулярне виконання тестів у стабільному середовищі. Етапи тестування при розгортанні застосунку, передбачають створення Chef InSpec тестів, які перевіряють коректне встановлення та налаштування усіх компонентів системи. При відновленні застосунку після збоїв, тестування включає створення тестів Chef InSpec для перевірки автоматичного відновлення системи. На завершальному етапі інтегруємо тести у CI/CD процес, що дозволяє автоматизувати виконання тестів при внесенні змін, забезпечуючи стабільність та надійність системи протягом її життєвого циклу (рис. 4).

Для створення файлів Chef InSpec та реалізації тестування системи, проводимо аналіз вимог до коректної роботи системи та визначаємо ключові функції, які потрібно перевіряти: конфігурація мережі, аутентифікація користувачів, налаштування безпеки, тощо. Каталог для файлів Chef InSpec створюємо у кореневому каталозі проекту. Він містить файл spec.rb з основними перевітками тестування системи:

```
describe docker_container('my-app') do
  its('image') { should eq 'my-app:latest' }
  its('ports') { should include(80) }
end
```

Далі створюємо збірку Google Cloud Build, що запускає файли Chef InSpec. Вона є автоматизованим процесом, який запускається за розкладом або подією. Тригер тестування є механізмом, який дозволяє запускати збірку Google Cloud Build за певною подією. Також на цьому етапі вказуємо репозитарій, у якому зберігаються файли Terraform. Результати тестування відображаються в консолі Google Cloud Build, у вигляді таблиці. Якщо результати тестування негативні, необхідно провести додаткове дослідження для виявлення причин несправності.



Рис. 4. Алгоритм тестування

Висновки. У роботі проведено дослідження методів та технологій для розгортання програм у контейнері. При виконанні основних задач проведені дослідження принципів та технологій для розгортання застосунків у хмарних платформах за методом контейнеризації. При аналізі враховані особливості конкретних хмарних платформ, таких як Amazon Web Services, Microsoft Azure, Google Cloud Platform, із використанням допоміжних інструментів, таких як Kubernetes, Terraform by HashiCorp, Tekton CI/CD Pipelines, Docker Image. Отримані рішення дозволяють скоротити час на проведення розгортання методом віртуалізації на віддаленому сервері та обслуговування системи. Авторами реалізована система розгортання програм із використанням Google Kubernetes Engine, Terraform та Tekton. Також в процесі реалізації системи були перевірені результати тестування, які відображаються у консолі Google Cloud Build: чи відповідає застосунок заданим вимогам, чи використовується правильний образ Docker, чи працює він на правильному порті. В цілому, такий підхід дозволяє забезпечити якість застосунку та скоротити час реалізації та впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Petrosyan D., Astsatryan H. Serverless High-Performance Computing over Cloud. *Cybernetics and Information Technologies*. 2022. Vol. 20(3). P. 82–92.
2. Rashid A., Chaturvedi A. Cloud computing characteristics and services: brief review. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*. 2019. Vol. 7(2). P. 421–426.
3. Киричек Г. Г., Смірнов В. В., Тягунова М. Ю. Дослідження застосування контейнерних технологій для розгортання програм на суперкомп'ютерах. *Вісник КрНУ ім. М. Остроградського*. 2023. Вип. 3 (140). С. 29–35.

4. Киричек Г.Г., Щетинін М.О. Конфігурація серверів з використанням Ansible. *Publishing House "Baltija Publishing"*. 2021. P. 15–17.
5. Randal A. Ideal versus the real: Revisiting history of virtual machines and containers. *ACM Computing Surveys (CSUR)*. 2020. Vol 53 (1). P. 1–31.
6. Wankhede P., Talati M., Chinchamatpure R. Comparative study cloud platforms-microsoft azure, google cloud platform and amazon EC2. *J. Res. Eng. Appl. Sci.* 2020. Vol 5(02). P. 60–64.
7. Dubey P., Tiwari A. K., Raja R. Amazon Web Services: the Definitive Guide for Beginners and Advanced Users. *Bentham Science Publishers*. 2023.
8. Qarkaxhija J. Using Cloud Computing як Infrastructure Case Study-Microsoft Azure. *Technium: Romanian Journal Of Applied Sciences And Technology*. 2020. Vol 2(3). P. 93–100.
9. Рудьковський О.Р., Киричек Г.Г. Програмний комплекс з підтримки розподіленої взаємодії мережевих пристроїв та додатків. *Вчені записки ТНУ ім. В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2021. Вип.32(71). №2. С. 229–234.
10. Киричек Г.Г., Гаркуша В.Ю. Віртуалізація хостів на основі Proxmox VE в умовах надлишкового використання ресурсів. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2021. Вип. 32 (71). № 1. С. 78–84.
11. McKendrick R. Learn Ansible: automate cloud, security, and network infrastructure using ansible 2. x. *Packt Publishing Ltd*. 2018.
12. Janani K. та ін. Analysis of CI/CD Application in Architecture of Kubernetes. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*. 2022. Vol 71(4). P. 11091–11097.

REFERENCES:

1. Petrosyan, D., Atsatryan, H. (2022). Serverless High-Performance Computing over Cloud. *Cybernetics and Information Technologies*, 22(3), 82-92.
2. Rashid, A., Chaturvedi, A. (2019). Cloud computing characteristics and services: a brief review. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 7 (2), 421-426.
3. Kyrychek, H. H., Smirnov, V. V., Tiahunova, M. Yu. (2023). Doslidzhennia zastosuvannia konteinernykh tekhnolohii dlia rozghortannia prohram na superkomp'yuterakh [Research on the application of container technologies for program development on supercomputers]. *Herald of KrNU named after M. Ostrogradskyi*, 3 (140), 29-35 [in Ukrainian].
4. Kyrychek H.H., Shchetinin M.O. (2021). Configuring servers using Ansible. *Publishing House "Baltija Publishing"*, 15-17.
5. Randal, A. (2020). Ideal versus the real: Revisiting history of virtual machines and containers. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 53 (1), 1-31.
6. Wankhede, P., Talati, M., Chinchamatpure, R. (2020). Comparative study of cloud platforms-microsoft azure, google cloud platform and amazon EC2. *J. Res. Eng. Appl. Sci.*, 5 (02), 60-64.
7. Dubey, P., Tiwari, A. K., Raja, R. (2023). Amazon Web Services: the Definitive Guide for Beginners and Advanced Users. *Bentham Science Publishers*.
8. Qarkaxhija, J. (2020). Using Cloud Computing as an Infrastructure Case Study-Microsoft Azure. *Technium: Romanian Journal Of Applied Sciences And Technology*, 2(3), 93-100.
9. Rudkovskiy O.R., Kyrychek H.H. Prohramnyi kompleks z pidtrymky rozpodilenoї vzaiemodii merezhevykh prystroiv ta dodatkiv [A software complex supporting the distributed interaction of network devices and applications.]. *Scientific notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series "Technical Sciences"*, 2021, 32(71), 2, 229-234 [in Ukrainian].
10. Kyrychek H.H., Harkusha V.Yu. Virtualizatsiia khostiv na osnovi Proxmox VE v umovakh nadlyshkovoho vykorystannia resursiv [Virtualization of hosts based on Proxmox VE in conditions of excessive resource use].

mox VE in conditions of excessive use of resources]. *Scientific notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series "Technical Sciences"*. 2021, 32 (71), 1, 78-84 [in Ukrainian].

11. McKendrick, R. (2018). *Learn Ansible: Automate Cloud, Security, and Network Infrastructure Using Ansible 2*. x. Packt Publishing, Limited.

12. Janani, K., Anuhya, K., Manaswini, VL, Likitha, V., Suneetha, B., Vignesh, T. (2022). Analysis of CI/CD Application in Kubernetes Architecture. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*, 71 (4), 11091-11097.

УДК 004.75

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.5>

РОЗРОБКА TELEGRAM ЧАТ-БОТА ДЛЯ НАДАННЯ ТЕХНІЧНОЇ ПІДТРИМКИ У ГАЛУЗІ ТУРИСТИЧНИХ ПОСЛУГ

Ольховська О. В. – кандидат фізико-математичних наук,
завідувач кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0000-0001-5366-5995

Олексійчук Ю. Ф. – кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0000-0002-0585-3307

Кошова О. П. – кандидат педагогічних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0000-0003-0794-6774

Черненко О. О. – кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0000-0002-9084-0999

Бойко О. А. – здобувач освіти спеціальності «Комп'ютерні науки»
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID ID: 0009-0001-0267-7037

У сучасному цифровому віці взаємодія з клієнтами і користувачами через чат-боти стає все більш актуальною і вимогливою. «Travel Support Bot» слугує яскравим прикладом, яким чином інноваційні технічні рішення можуть спростити та оптимізувати процес надання інформаційних послуг та підтримки користувачів. В статті реалізовано ряд ключових аспектів роботи чат-боту для туристичного агентства. Визначено основні вимоги та очікування користувачів від чат-боту в галузі туризму. Проаналізовано можливості і потреби ринку щодо використання чат-ботів для надання консультацій та відповідей на запитання клієнтів. Розроблено логічну та функціональну структуру чат-боту, включаючи систему FAQ та категорії запитань. Розроблено чат-бот для надання користувачам технічної допомоги. Продемонстровано інтуїтивний інтерфейс чат-боту для взаємодії з користувачами та надання їм інформації. Презентовано діаграму та візуалізації для кращого розуміння взаємодії користувача з ботом та його основних функцій. Продемонстровано сценарій використання чат-бота для обслуговування клієнтів. Описано систему перенаправлення на оператора в чат-боті. «Travel Support Bot» демонструє свою багатофункціональність, пропонуючи не тільки автоматизовану взаємодію, але й безперешкодний перехід до живого спілкування, коли це потрібно. Це забезпечує користувачам впевненість, що їхні більш складні запити або проблеми будуть розглянуті з увагою та професіоналізмом. Проведено практичний аналіз коду, який використовується для імплементації цієї функціональності, включаючи тригери, які активують перенаправлення, і логіку визначення моментів, коли користувача слід перенаправити. Висвітлені краєві практики для забезпечення плавності переходу та збереження контексту розмови, що забезпечить високу якість спілкування і задоволеність клієнтів.

Завдяки розробленому чат-боту «Travel Support Bot» користувачі можуть в режимі реального часу отримувати відповіді на запитання, пов'язані з туристичними послугами.

Ключові слова: автоматизована взаємодія, діаграма прецедентів, тригер, Travel Support Bot.

Olkhovska O. V., Oleksiichuk Yu. F., Koshova O. P., Chernenko O. O., Boyko O. A. Development of a Telegram chat-bot for providing technical support in the field of tourist services

In today's digital age, interaction with customers and users through chatbots is becoming more and more relevant and demanding. «Travel Support Bot» serves as a vivid example of how innovative technical solutions can simplify and optimize the process of providing information services and user support. The article implements a number of key aspects of a chatbot for a travel agency. The main requirements and expectations of users from a chatbot in the field of tourism have been determined. The possibilities and needs of the market regarding the use of chatbots for providing consultations and answering customer questions have been analyzed. The logical and functional structure of the chatbot has been developed, including the FAQ system and categories of questions. A chatbot has been developed to provide users with technical assistance. An intuitive chatbot interface for interacting with users and providing them with information is demonstrated. A diagram and visualizations are presented to better understand the user interaction with the bot and its main functions. A scenario of using a chatbot for customer service is demonstrated. The system of forwarding to the operator in the chatbot is described. «Travel Support Bot» demonstrates its multi-functionality, offering not only automated interaction, but also a seamless transition to live communication when needed. This provides users with the confidence that their more complex inquiries or concerns will be handled with care and professionalism. A hands-on analysis of the code used to implement this functionality, including the triggers that activate redirects and the logic for determining when a user should be redirected, is performed. The best practices for ensuring a smooth transition and preserving the context of the conversation are highlighted, which will ensure high quality of communication and customer satisfaction.

Thanks to the developed chatbot «Travel Support Bot», users can receive real-time answers to questions related to travel services.

Key words: *automated interaction, case diagram, trigger, Travel Support Bot.*

Актуальність роботи. У сучасному світі, де швидкість отримання інформації і зручність комунікації стають визначальними чинниками для багатьох користувачів, месенджери, веб-додатки та інші інформаційні технології активно використовуються для бізнес-комунікацій, обслуговування клієнтів та навчання [1–3]. Чат-боти в Telegram стають ефективним інструментом, який дозволяє автоматизувати процеси, взаємодіяти з великою кількістю користувачів та забезпечити миттєву взаємодію.

В Україні, яка переживає непрості часи внаслідок різноманітних зовнішніх і внутрішніх викликів, туристична галузь опинилася перед численними випробуваннями. Втім, незважаючи на складнощі, що включають зниження потоку туристів, обмеження в русі, зміну ринкових умов та необхідність забезпечення додаткових заходів безпеки, туристична індустрія продовжує працювати. Вона прагне не лише вижити, а й підтримувати якість послуг, пропонованих клієнтам.

Структуризація інформації та її легкий доступ є критично важливими в аспектах обслуговування клієнтів, особливо у сфері туризму, де користувачі часто шукають відповіді на широкий спектр запитань. У зв'язку з цим, ефективно організований чат-бот може стати неоціненним інструментом для поліпшення клієнтського сервісу.

За допомогою алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання, чат-бот програмований так, щоб враховувати різноманітні запити, з якими зазвичай звертаються до туристичних агенцій. Це охоплює широкий діапазон питань, від простих запитів щодо погоди до складних запитань про візові вимоги або страхування в подорожах.

Зважаючи на вказану вище актуальність та використовуючи передовий досвід міжнародних туристичних агенцій, було вирішено розробити чат-бот, в який інтегровано багаторівневу систему категоризації запитань, що дозволяє клієнтам ефективно навігувати через потік інформації.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Для реалізації чат-бота для технічної підтримки користувачів української туристичної агенції було обрано декілька ключових технологій:

1. Telegram API (Application Program Interface) [4].
2. Мова програмування Python [5–7].
3. Бібліотека для створення ботів aiogram [8].
4. Середовище розробки (IDE) PyCharm [9–12].

У контексті розробленого чат-бота для технічної підтримки, діаграма прецедентів (рис. 1) відображає ключові можливості та функціональність системи. Прецедент в цьому контексті представляє собою дію або послідовність дій, яку система може виконувати відповідно до запиту користувача або інтерактивної взаємодії.

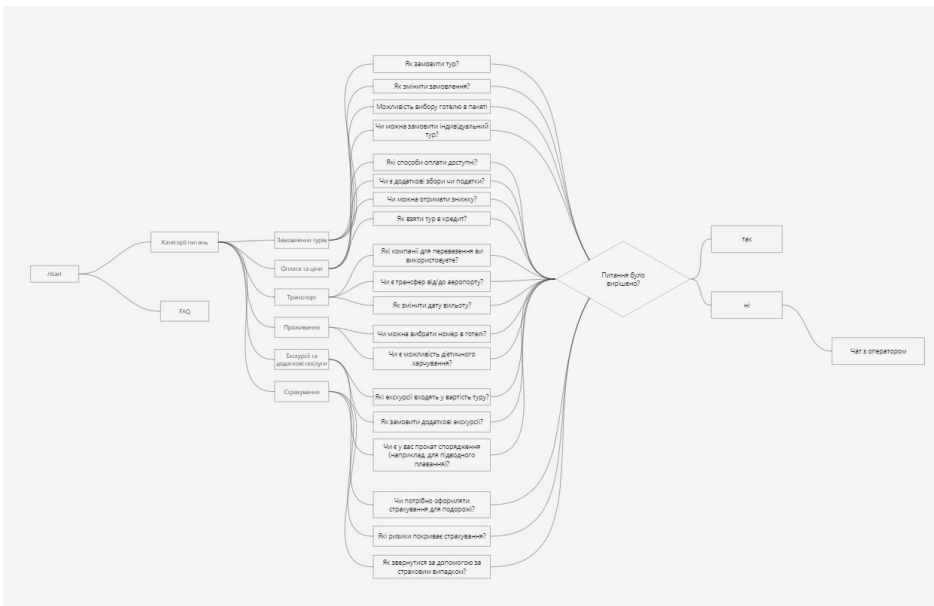


Рис. 1. Діаграма прецедентів

Така діаграма дозволяє чітко відобразити взаємодію між користувачами та чат-ботом, ідентифікувати основні сценарії використання та реакції системи на різні вхідні дії. Це допомагає не лише краще розуміти структуру та логіку роботи бота, але і ефективно адаптувати його до конкретних потреб користувачів, враховуючи всі можливі варіанти взаємодії.

Представимо детальний розгляд типового взаємодійного процесу між клієнтом та чат-ботом для надання технічної підтримки у сфері туристичних послуг.

Практичний приклад, що розглядається, ілюструє реальну взаємодію клієнта з системою, де він шукає відповіді на запитання, розв'язання проблем або

допомогу у виборі та замовленні турів. Через діалоговий інтерфейс, чат-бот демонструє свої можливості розуміння запитів, обробки інформації та надання відповідей у формі, яка найкраще відповідає потребам користувача [13].

Окрім базової інформаційної взаємодії, розглядаються сценарії, що включають більш складні запити, такі як зміна замовлення, вибір індивідуальних параметрів туру, вирішення питань, пов'язаних з оплатою, а також інші функції, що вимагають високого рівня персоналізації [14].

Мета цього аналізу полягає не лише в демонстрації технічної реалізації чат-бота, але й у висвітленні його здатності ефективно взаємодіяти з реальними клієнтами, враховуючи їхні індивідуальні запити та надаючи персоналізоване обслуговування.

На рис. 2 відображено інтерфейс користувача чат-бота, який вітає користувача від імені туристичного агентства.

Повідомлення бота надає інструкції користувачу, підкреслюючи широкий спектр можливостей для отримання інформації про послуги, тури, акції та інші аспекти роботи агентства. Команда «/start» або ініціація чату активує бота, який готовий відповісти на запити та допомогти з будь-якими питаннями, що можуть виникнути у клієнта.

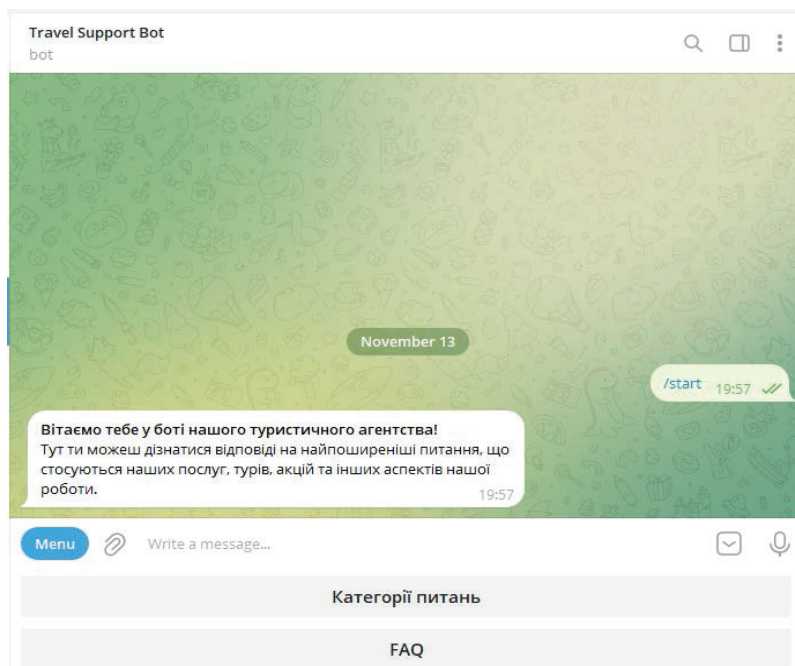


Рис. 2. Користувач вводить команду старту або просто запускає бота вперше

Інтерфейс чат-бота включає кнопку «Меню», яка дозволяє користувачу легко навігувати по різних категоріях питань та сервісів, які пропонує агентство. Він також містить розділ FAQ (рис. 3), де користувачі можуть швидко знайти відповіді на поширені питання без необхідності безпосереднього спілкування з ботом.

Використання команди «/start» відкриває можливість для користувача не лише отримати доступ до відповідей на типові питання, але й розпочати більш складну взаємодію з ботом, включно з бронюванням турів, зміною існуючих замовлень, або запросити додаткову інформацію з певних питань, пов'язаних із плануванням подорожі.

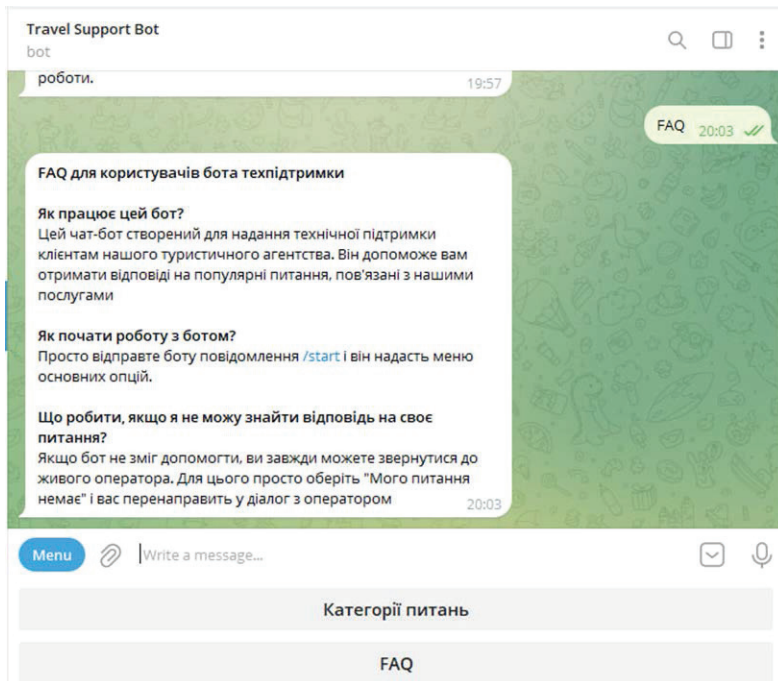


Рис. 3. Категорія інструкцій

На цьому етапі користувач, після ініціації діалогу з чат-ботом, переходить до розділу з інструкціями, що є важливим аспектом для ефективного використання системи підтримки. Чат-бот надає користувачу вичерпний FAQ, де він може знайти відповіді на загальні питання та дізнатися більше про основні функції та можливості бота.

Серед запитань, на які бот дає відповіді, є:

«Як працює цей бот?» – де користувачі можуть дізнатися про основну мету та функції чат-бота.

«Як почати роботу з ботом?» – тут користувачі отримують інструкції про те, як активувати чат-бота та почати взаємодію.

«Що робити, якщо я не можу знайти відповідь на своє питання?» – цей пункт надає рекомендації для подальших дій, якщо стандартний набір відповідей не вирішує проблему користувача.

Крім того, користувачам пропонується можливість переходу до живого оператора, якщо виникає необхідність у більш деталізованій допомозі. Вибір опції «Мого питання немає» підтримує користувачів, які потребують індивідуального підходу або стикаються з непередбаченими ситуаціями.

Даний розділ взаємодії з чат-ботом ілюструє важливість надання користувачам самопомогі та підтримки, забезпечуючи їм інструменти для самостійного вирішення запитів та збільшуючи загальну задоволеність користувачів сервісом.

На наступному етапі взаємодії з чат-ботом (рис. 4) користувач вибрав перегляд питань за категоріями. Інтерфейс чат-бота ясно демонструє структурований підхід до класифікації запитів, дозволяючи користувачу легко знайти необхідну інформацію.

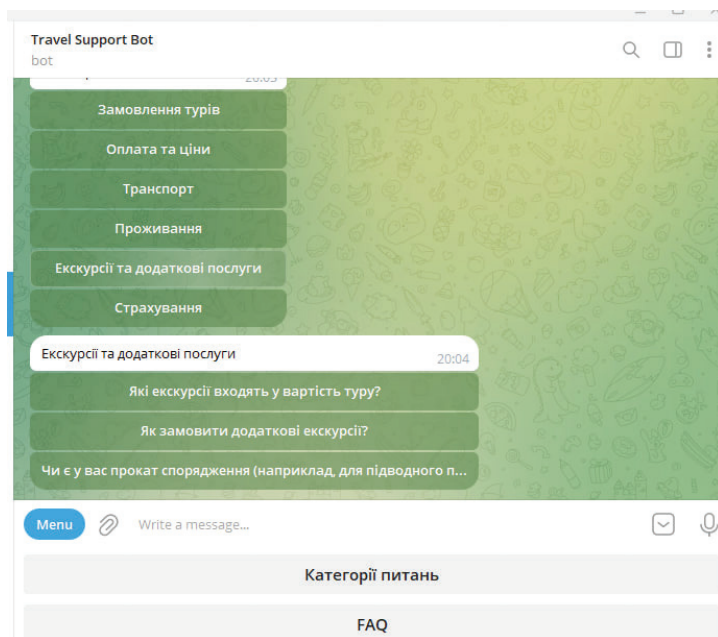


Рис. 4. Перегляд запитань за категоріями та підкатегоріями

Запропоновані категорії охоплюють широкий спектр можливих запитів: «Замовлення турів» – для питань, пов’язаних із вибором та бронюванням подорожей.

«Оплата та ціни» – де користувачі можуть отримати інформацію про вартість послуг та варіанти оплати.

«Транспорт» – для запитів, пов’язаних із транспортними варіантами та перевезеннями.

«Проживання» – тут можна дізнатися про готелі та умови проживання.

«Експерсії та додаткові послуги» – категорія включає додаткові можливості, які можуть бути заброньовані.

«Страховання» – надає відомості про варіанти страхування для подорожей.

Кожна з цих категорій має свої відповіді та ресурси, що дозволяють користувачам глибше дослідити доступні опції та прийняти обґрунтоване рішення. Цей інтуїтивно зрозумілий метод класифікації спрощує навігацію та сприяє кращому користувацькому досвіду, оскільки користувачам не доводиться прокручувати довгі списки питань або шукати в різних місцях.

Чат-бот, таким чином, виступає як інтерактивний довідник, який спрямовує користувачів до потрібної інформації, підвищуючи швидкість та точність відповідей. Це дозволяє користувачам швидко рухатися від запитань до дій, оптимізуючи загальний процес взаємодії з туристичним агентством.

Продовжуючи навігацію по інтерфейсу чат-бота, користувач зосереджує свою увагу на конкретній категорії – «Екскурсії та додаткові послуги». Ця категорія включає специфічні запитання, які надають інформацію про додаткові пропозиції, що можуть бути замовлені в рамках туру. У наступній частині взаємодії користувач зосереджується на конкретному питанні в межах вибраної категорії «Екскурсії та додаткові послуги» та запитує про можливість прокату спеціалізованого спорядження, наприклад, для підводного плавання, на що чат-бот відповідає, що такий прокат є доступним на багатьох напрямках, і пропонує уточнити деталі у менеджерів.

Така структурована взаємодія дозволяє чат-боту ефективно керувати запитами користувачів, водночас забезпечуючи їм гнучкість у виборі додаткових послуг. Також це показує, що чат-бот має можливість направляти користувачів до менеджерів з продажу, для отримання більш деталізованої інформації чи консультацій.

На наступному етапі діалогу з чат-ботом користувач вирішив зв'язатися з живим оператором (рис. 5). Відповідно до інтерфейсу чат-бота, після отримання інформації про прокат спорядження та подальшого підтвердження, що запит було вирішено, користувач використовує функцію прямого зв'язку з оператором для деталізації своїх запитів або для вирішення складніших проблем, які не можуть бути автоматично оброблені чат-ботом.

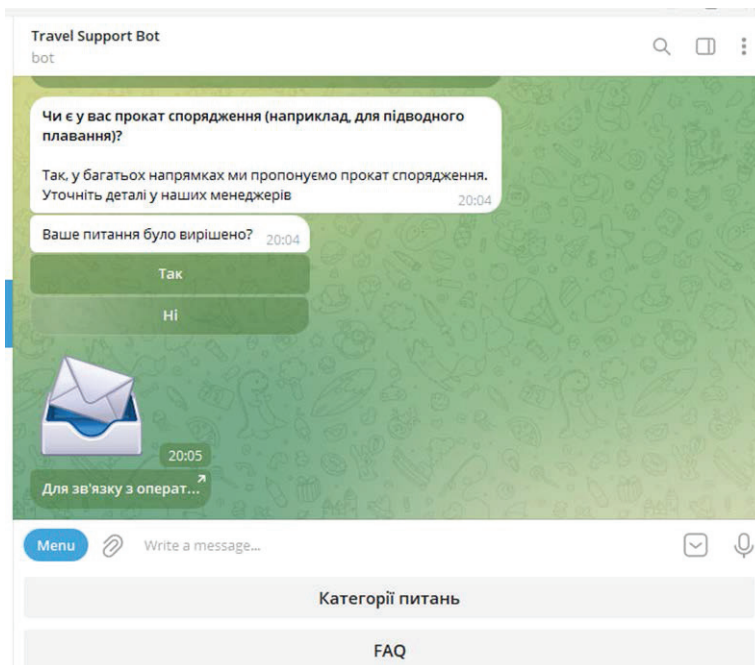



Рис. 5. Зв'язок з оператором

Розглянемо детально процес перенаправлення запитів користувачів від автоматизованого чат-бота до реального оператора. Проаналізуємо роботу інтерфейсів API [4], використання сесій та вебхуків, які дозволяють плавне переключення між віртуальним та людським обслуговуванням.

Наступний фрагмент коду є частиною асинхронного обробника зворотнього виклику (callback handler) для чат-бота, який реагує на відповіді користувача. Цей код написаний з використанням бібліотеки aiogram [8] для створення ботів в месенджері Telegram. Він призначений для того, щоб виявити, чи задоволений користувач наданою інформацією, та якщо ні, надати йому можливість зв'язатися з реальним оператором.

```
@dp.callback_query_handler(lambda call: call.data in ('yes', 'no'))
async def answer_status_handler(call: types.callback_query):
    if call.data == 'yes':
        await call.message.answer(«Чудово! Якщо ще будуть питання – звертай-
        теся»)
    elif call.data == 'no':
        link_button = InlineKeyboardMarkup()
        link_button.add(InlineKeyboardButton(text=«Для зв'язку з оператором»,
        url=f»https://t.me/test»))
        await call.message.answer(«», reply_markup=link_button)
```

Коли користувач взаємодіє з чат-ботом, відповідь може бути «так» або «ні» на питання чат-бота про те, чи було їхнє запитання вирішено.

Якщо користувач вибирає «так», чат-бот відповідає подякою та пропонує додаткову допомогу у випадку подальших питань.

Якщо користувач вибирає «ні», чат-бот генерує кнопку з текстом «Для зв'язку з оператором», яка веде на URL-адресу, що наразі містить плейсхолдер (тестову адресу), яку можна згодом замінити на адресу справжнього оператора. У цьому випадку, через помилку в тестовому URL, користувач бачить повідомлення про те, що ім'я користувача «@test» не знайдено.

На рис. 6 видно, що система намагається перенаправити користувача на «спілкування з оператором», надаючи лінк для зв'язку. Проте, оскільки встановлений лінк є тестовим та не веде до справжнього аккаунта оператора, користувач отримує повідомлення про помилку. Це демонструє важливість налаштування правильної URL-адреси та верифікації існування операторського аккаунта для забезпечення безперебійної взаємодії.

У реальному середовищі, після налаштування валідної адреси оператора, цей процес дозволить користувачам без зусиль перейти до спілкування з живими операторами для отримання допомоги у складних або невизначених випадках, що підвищить рівень задоволення клієнтського сервісу.

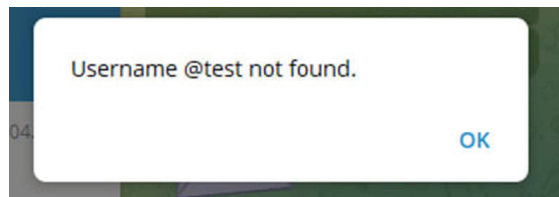


Рис. 6. Передбачуване попередження про те, що користувача з таким тегом не існує

Таким чином, чат-бот демонструє свою багатофункціональність, пропонуючи не тільки автоматизовану взаємодію, але й безперешкодний перехід до живого спілкування, коли це потрібно. Це забезпечує користувачам впевненість, що їхні більш складні запити або проблеми будуть розглянуті з увагою та професіоналізмом.

Висновки. Розроблений Telegram чат-бот для надання користувачам технічної допомоги є надійним та зручним засобом технічної підтримки для користувачів української туристичної агенції. Цей чат-бот покликаний відповідати на типові запитання від клієнтів, працюючи 24/7, забезпечуючи швидке та якісне обслуговування. Забезпечена інтеграція бота із сучасними базами даних агенції, що дозволяє надавати актуальну інформацію з першоджерела. Використання фреймворку aiogram та Telegram API забезпечує гнучке, масштабоване рішення, здатне адаптуватися до зростаючих потреб агенції та її клієнтів. І як результат, підвищення рівня задоволеності клієнтів, оптимізація роботи агенції та розширення її цифрових можливостей у контексті сучасного туристичного бізнесу. Проведено тестування усіх модулів та доступних можливостей програмного продукту. В перспективі планується працювати над його удосконаленням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Слабінога, М. О., Чабан, С. В. Розробка веб-додатків в контексті оптимізації їх швидкодії. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2022, (3), 63-69. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.7>
2. Черненко, Н. Штучний інтелект в управлінні персоналом. *Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка*, 2022, (12), 76-83. <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.11>
3. Москаленко, В. В., Вербато, К. Є. Архітектура програмної системи для інтелектуального асистента служби юридичної підтримки. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2023, (4), 54-60. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.7>
4. Telegram API Docs [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://core.telegram.org/>
5. Підручник з Python [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://docs.python.org/uk/3/tutorial/index.html>
6. Путівник мовою програмування Python [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://pythonguide.rozh2sch.org.ua/>
7. Що таке мова програмування Python? [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://freehost.com.ua/ukr/faq/wiki/chto-takoe-jazik-programmirovaniya-python/>
8. Aiogram documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://docs.aiogram.dev/uk-UA/dev-3.x/>
9. PyCharm — інтегроване середовище розробки для мови програмування Python [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://technologies-school.blogspot.com/2018/03/pycharm-python.htm>
10. Середовище розробки для Python: що це, які вони бувають і як їх використовувати [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://foxminded.ua/seredovyshche-rozrobky-python/>
11. Pycharm: середовище розробки для Python [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://blog.desdelinux.net/uk/pycharm-un-entorno-de-desarrollo-para-python/>
12. The Clean Architecture [Електронний ресурс]. Режим доступу: URL: <https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html>
13. Аль Свейгарт. Автоматизація нудних рутинних завдань з Python. ДМК Прес, 2018. – 592 с.

14. Beazley, David. Python Distilled. Велика Британія, Pearson Education, 2021. 352 p.

REFERENCES:

1. Slabinoha, M. O., Chaban, S. V. (2022) Rozrobka veb-dodatkov v konteksti optymizatsii yikh shvydkodii [Development of web applications in the context of optimizing their performance]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky [Taurian Scientific Bulletin. Series: Technical sciences]*, (3), 63-69. <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2022.3.7> [in Ukrainian]
2. Chernenko, N. (2022) Shtuchnyi intelekt v upravlinni personalom [Artificial intelligence in personnel management]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Ekonomika. [Taurian Scientific Bulletin. Series: Economy]*, (12), 76-83. <https://doi.org/10.32851/2708-0366/2022.12.11> [in Ukrainian]
3. Moskalenko, V. V., Verbato, K. Ye. (2023) Arkhitektura prohramnoi systemy dlia intelektualnogo asystenta sluzhby yurydychnoi pidtrymky [Architecture of the software system for the intellectual assistant of the legal support service]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriya: Tekhnichni nauky [Taurian Scientific Bulletin. Series: Technical sciences]*, (4), 54-60. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.7> [in Ukrainian]
4. Telegram API Docs. URL: <https://core.telegram.org/> [in English]
5. Pidruchnyk z Python [Python tutorial]. URL: <https://docs.python.org/uk/3/tutorial/index.html> [in Ukrainian]
6. Putivnyk movoiu prohramuvannya Python [Guide to the Python programming language]. URL: <https://pythonguide.rozh2sch.org.ua/> [in Ukrainian]
7. Shcho take mova prohramuvannya Python? [What is the Python programming language?] URL: <https://freehost.com.ua/ukr/faq/wiki/chto-takoe-jazik-programmirovaniya-python/> [in Ukrainian]
8. Aiogram documentation. URL: <https://docs.aiogram.dev/uk-UA/dev-3.x/> [in English]
9. PyCharm — intehrovane seredovyshe rozrobky dlia movy prohramuvannya Python [PyCharm is an integrated development environment for the Python programming language]. URL: <https://technologies-school.blogspot.com/2018/03/pycharm-python.htm> [in Ukrainian]
10. Seredovyshe rozrobky dlia Python: shcho tse, yaki vony buvaiut i yak yikh vykorystovuvaty [Python development environments: what they are, what they are and how to use them]. URL: <https://foxminded.ua/seredovyshe-rozrobky-python/> [in Ukrainian]
11. Pycharm: seredovyshe rozrobky dlia Python [Pycharm: development environment for Python]. URL: <https://blog.desdelinux.net/uk/pycharm-un-entorno-desarrollo-para-python/> [in Ukrainian]
12. The Clean Architecture. URL: <https://blog.cleancoder.com/uncle-bob/2012/08/13/the-clean-architecture.html> [in English]
13. Al Sveihart (2018). Avtomatyzatsiia nudnykh rutynnykh zavdan z Python [Automate boring routine tasks with Python]. DMK Pres. 592 p. [in Ukrainian]
14. Beazley, David (2021). Python Distilled. United Kingdom, Pearson Education. 352 p. [in English]

UDC 004.021

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.6>

CONCEPT OF BUILDING A LIBRARY OF TASKS AND SOLUTIONS, PART 2: SIMPLE SORTING

Paulin O. M. – Doctor of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Software Engineering
National University “Odesa Polytechnic”
ORCID ID: 0000-0002-2210-8317

Komleva N. O. – Doctor in Engineering, Associate Professor,
Head at the Department of Software Engineering
National University “Odesa Polytechnic”
ORCID ID: 0000-0001-9627-8530

Nikitchenko M. I. – Graduate Student
National University “Odesa Polytechnic”
ORCID ID: 0009-0007-9560-7057

This paper is a continuation of the article "CONCEPT OF BUILDING A LIBRARY OF TASKS AND SOLUTIONS" [1], which is devoted to the concept of building a library of common problems and their solutions in the form of computational processes and macro operations, as well as their models based on Petri nets. The library is a tool for collecting and systematizing various problems, their solutions, and models. The numbering of tasks and solutions is introduced.

It is based on a tree structure that is convenient for both developers and practitioners in the field of computer science. In the previous paper, special attention was paid to the architecture and structure of the library, which is a tree whose nodes store knowledge about specific problems, methods of solving them, and relevant computing processes, which provides a deep understanding of the characteristics of the problem and its solution.

In the previous article, we mentioned the division of the library into an open part accessible to the user and a closed part that is under the control of the developer.

This article describes how to fill the library with two tasks: simple selection sorting and simple exchange. Each task is presented with a detailed solution containing: a task model, a solution method, a computational process (CP) in the form of a verbal description of the algorithm, an algorithm diagram, a list of macro operations, a CP model in the form of a Petri net with a description of the network elements and scenarios for its verification.

To maintain the style of presentation of the problem solution, the article is also supplemented with inserts that lack information for sorting: the problem model and the method of its solution. In addition, the Sorting node of the library contains theoretical information about sorting: what is sorting, types of sorting, their features, and for simple sortings, a table of quality assessment of the sorting process.

Key words: library of problems and solutions, numbering, sorting by simple selection and exchange, problem model, solution method, verbal description of the algorithm, algorithm diagram, network model of problem solving, macro operation.

Паулін О. М., Комлева Н. О., Нікітченко М. І. Концепція побудови бібліотеки задач та рішень, частина 2: прості сортування

Ця робота є продовженням статті "CONCEPT OF BUILDING A LIBRARY OF TASKS AND SOLUTIONS" [1], присвяченій концепції побудови бібліотеки поширених задач та їхніх розв'язків у вигляді обчислювальних процесів і макрооперацій, а також їхніх моделей на основі мереж Петрі. Бібліотека є інструментом для збору та систематизації різноманітних задач, їхніх розв'язків і моделей. Вводиться нумерація задач і рішень.

Вона будується на основі деревоподібної структури, зручної як для розробників, так і для практиків у галузі комп'ютерних наук. Особливу увагу в попередній роботі було приділено архітектурі та структурі бібліотеки, яка являє собою дерево, у вузлах якого

зберігаються знання про конкретні задачі, методи їхнього розв'язання та відповідні обчислювальні процеси, що забезпечує глибоке розуміння особливостей задачі та її розв'язання.

У минулій статті згадувалося про поділ бібліотеки на відкриту частину, доступну користувачеві, і закриту частину, що перебуває у віданні розробника.

У цій статті описується наповнення бібліотеки двома завданнями – сортуванням простим вибором і простим обміном. Кожну задачу представлено докладним розв'язком, що містить: модель задачі, метод розв'язання, обчислювальний процес (ОП) у вигляді словесного опису алгоритму, схему алгоритму, список макрооперацій, моделі ОП у вигляді мережі Петрі з описом елементів мережі та сценаріїв її верифікації.

Для підтримки стилю представлення розв'язання задачі статтю також доповнюють вставками, яких бракує інформації для сортування: моделлю задачі та методом її розв'язання. Крім того, у вузол "Сортування" бібліотеки вводяться теоретичні відомості про сортування: що таке сортування, види сортувань, їхні особливості, а також для простих сортувань – таблиця оцінок якості процесу сортування.

Ключові слова: бібліотека задач і розв'язків, нумерація, сортування простим вибором і обміном, модель задачі, метод розв'язання, словесний опис алгоритму, схема алгоритму, мережева модель розв'язання задачі, макрооперація.

Introduction. This study continues the theme started in the previous paper [1]. In it, the foundations were laid for the creation of an extensive library designed to collect and systematically tize a variety of problems and their solutions. The library covers various aspects of problem solving: problem models, solution methods, computational processes (CPs) and macrooperations (MOs), as well as their models based on Petri nets (CP/MO models). The library is organized hierarchically in the form of a tree, the first 3 levels of which reproduce the classification of problems, and the next one – different aspects of problem solving.

The relevance of the research is determined by the fact that in practice one often spends many times more time on debugging programs than on writing them. To eliminate this imbalance, we propose to shift the burden of the struggle for program quality to an earlier stage of its life cycle – to the stage of building a high-quality CP. In this case, it is proposed to model the CP on the basis of Petri net.

The aim of this study is to improve the quality of the CP by further developing and deepening the functionality of the proposed library.

In order to achieve this goal, the following task was defined:

- Filling the library with two next sorting problems and their detailed solutions by the methods of simple selection and simple exchange.

A detailed description of these solutions will provide a better understanding of the solutions and efficient utilization of library resources.

Main part

Sorting task class

Sorting is the process of rearranging the elements of a one-dimensional array in a certain order. The elements can be numbers, strings, database records, or any other data. Depending on the specific requirements and characteristics of the data, there are many different sorting methods. The numeric attributes of the elements to be sorted are called keys.

Note. We will use the term element as the more common term, always referring to a key.

Sorts can be divided into simple and efficient sorts, as well as sequential and parallel sorts. All sorts implement the Compare-Replace operation for a pair of elements; the difference between the sorting methods lies in the way the pairs are formed.

Simple sorts are easy to understand and implement [2]. They can be effective for small amounts of data or when performance is not critical. The library includes:

insertion sorting, selection sorting and exchange sorting. These are often used for training purposes or when simplicity is more important than performance. Efficient sorts usually provide good performance on large amounts of data. They can be more complex to implement, but provide better performance in the average and worst case. Shell sort, pyramidal sort, and fast sort, which have better asymptotic complexity will be included in the library as efficient sorts. The listed sorts are sequential and only one pair of elements is processed at each step of the CP. Parallel sorts are used to speed up the sorting process of large amounts of data; boosting on multicore or distributed systems. Among them we can mention bitonic sorting, as well as modifications for merge sorting and fast sorting.

In this article, only simple sorts will be considered.

General description of simple sorts

The sorted sequence is divided into 2 subsequences: *ready* and *input*. We introduce the basic notion of "boundary" separating the ready subsequence (RSS) and the input subsequence (ISS). We consider the current state of the sorting process and specify the new position of the boundary at the next step of the CP, as well as its initial position.

In the course of sorting by simple insertions, a matching location in the RSS is sought for the current boundary element x . The pair of compared elements is (x, a_{j+1}) .

In the case of sorting by simple selection, the current boundary element a_i exchanges places with the minimum element a_k of the ISS. The pair is (a_i, a_k) .

In simple exchange sorting, the sequence is presented vertically, with the first element placed at the top. The boundary is set between the 1st and 2nd elements. Nearby elements are compared; they form a pair.

In order to build a convenient navigation through the library, we will introduce the following numbering: Digit.Digit. Latin capital letter. Here the first digit means the class of problems, the second digit means the subclass of problems, and the letter means the solutions of problems.

We propose the following solution structure: a model of the problem, a method of its solution, a verbal description of the algorithm\MO, a PN-model of the CP\PN.

1.1.A. The combinatorial subclass sorting problem by simple insertions.

A unified representation of the problem solution was proposed above, but the solution file of this problem [1] lacks two solution components: problem model, solution method and algorithm scheme (AS). Let us fill this gap.

Task model

The idea of solving the problem is to find a suitable place for inserting into the current RSS an element of the current ISS located just outside the boundary on the right. The idea is illustrated by the problem model presented in Fig. 1.

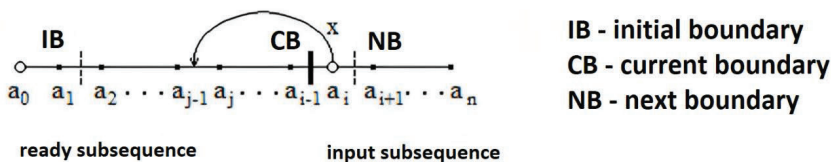


Fig. 1. Model of the sorting problem by simple insertion method

Sorting method by simple insertion

0. The initial boundary is set to the 2nd element of the element sequence.

1. The element $x=a_i$ beyond the right border in the current ISS is placed in a suitable place of the current RSS. This place is determined by the condition $a_{j-1} \leq x < a_j$, where j is the number of the current element in the RSS.

2. The boundary between the RSS and the ISS is moved one position to the right. Move to step 1.

The AS of this sorting is constructed by verbal description of the algorithm (VDA); it is shown in Fig. 2.

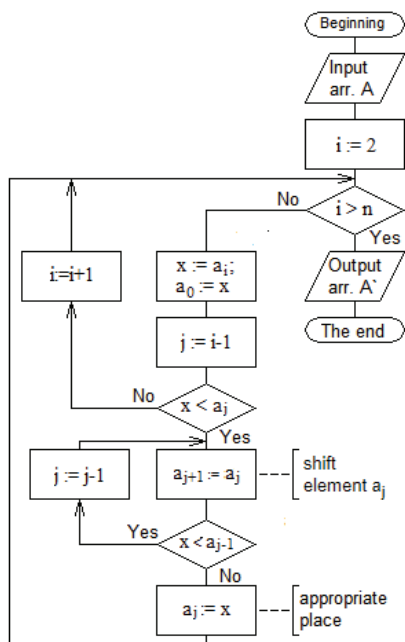


Fig. 2. AS of sorting by inserts

1.1.B. Sorting problem by simple selection method

Task model

Sequence elements are divided into RSS a_1, a_2, \dots, a_{i-1} and ISS a_i, \dots, a_n , which is indicated in Fig. 3. The idea is then used: the first element in order from the ISS is swapped with the smallest ISS element found, after which the boundary is shifted, resulting in that element being in the RSS.

Method for solving the problem

0. The initial boundary is set to the 2nd element of the given sequence of elements.

1. Search for the minimum element in the current ISS and, if necessary, exchange it with its 1st element.

2. Shift the boundary one position to the right. Move to step 1.

Data Structures:

A, A' – sequences of elements given and sorted;

i, j – parameters of cycles, external and internal;

n is the number of keys in the sequence;

k is a special key (element).

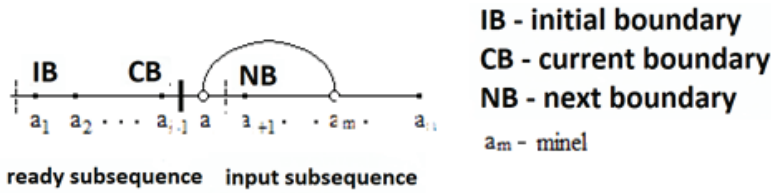


Fig. 3. Model of the sorting problem by simple selection method

A verbal description of the algorithm

1. Input the key sequence A ; $i := 1$.
2. Check $i < n$? If YES, then set the values $k := i$, $j := i+1$ and go to step 3, otherwise go to step. 6.
3. Find the smallest element in the input subsequence a_i, \dots, a_n and assign k its index. To do this, perform the following:
 - Browse all elements of the subsequence from a_i to a_n .
 - Each element a_j , $j = i + 1..n$, is compared to an element a_k .
 - If the element $a_k > a_j$, we assign the value j to k .
4. Increase the value of j by 1. If $j \leq n$, go to step 3. Otherwise, check $i \neq k$? If YES, then a_i and a_k are swapped.
5. $i := i + 1$. Go to step 2.
6. Output of the sequence A' .

According to the VDA, an AS is constructed; it is shown in Fig. 4. Further, the full PN-model for the CP of sorting by simple selection is constructed (Fig. 5). Here the numbers 0 and 1 near the arc leaving the position denote: 1 – the process continues, 0 – transition to an alternative process.

Tables 1 and 2 summarize the description and purpose of the components for this PN model.

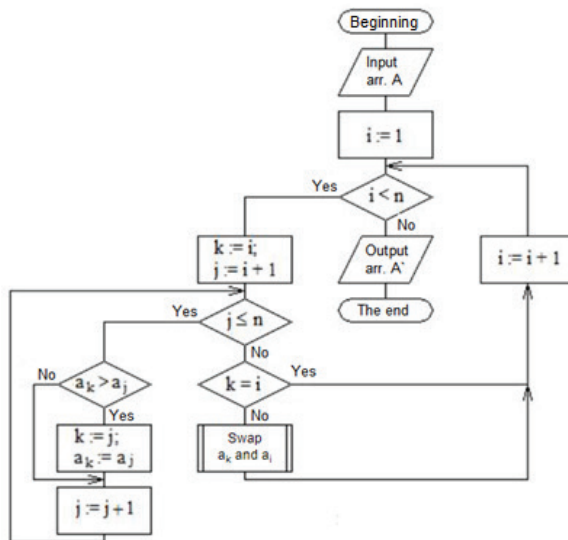


Fig. 4. AS for sorting by simple selection

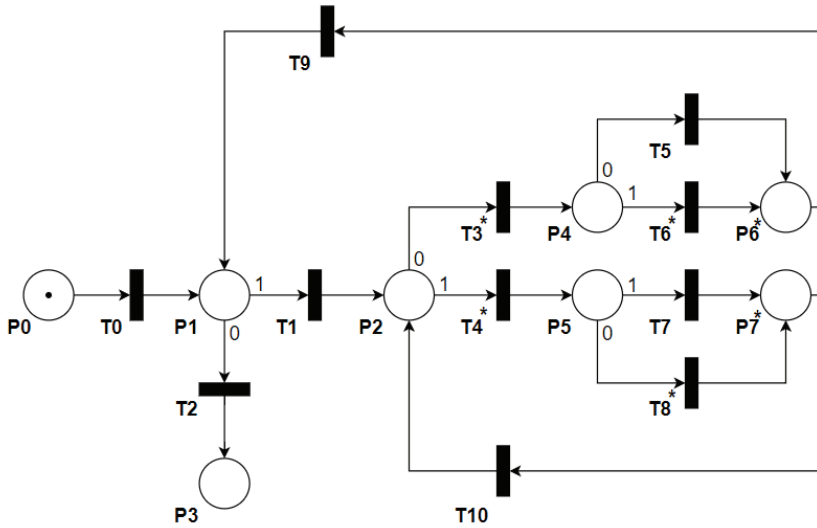


Fig. 5. PN-model of CP for sorting by simple selection

Table 1

Positions and their purpose

Positions	Purposes
p_0	Beginning
p_1	$i < n?$
p_2	The end
p_3	$j \leq n?$
p_4	$k = i?$
p_5	$a_k > a_j?$
p_6^*	\emptyset
p_7^*	\emptyset

Table 2

Transitions and their purpose

Positions	Purposes
t_0	Array input, $i := 1$;
t_1	output A'
t_2	$j := i$; $k := j + 1$
t_3^*	NOP
t_4^*	NOP
t_5^*	NOP
t_6	$k := j$
t_7	Swap places a_i and a_k
t_8	$j := j + 1$
t_9	$i := i + 1$

Based on the structure of the PN, the following transition triggering scenarios can be identified, covering all possible branches/loops of the structure. We have:

- 1) $p0 \rightarrow t0 \rightarrow \text{NOT}p1 \rightarrow t2 \rightarrow p3$
- 2) $p1 \rightarrow t1 \rightarrow \text{NOT}p2 \rightarrow t3 \rightarrow \text{NOT}p4 \rightarrow t5 \rightarrow p6 \rightarrow t9 \rightarrow \dots$
- 3) $p1 \rightarrow t1 \rightarrow \text{NOT}p2 \rightarrow t3 \rightarrow p4 \rightarrow t6 \rightarrow p6 \rightarrow t9 \rightarrow \dots$
- 4) $p2 \rightarrow t4 \rightarrow p5 \rightarrow t7 \rightarrow p7 \rightarrow t10 \rightarrow \dots$
- 5) $p2 \rightarrow t4 \rightarrow \text{NOT}p5 \rightarrow t8 \rightarrow p7 \rightarrow t10 \rightarrow \dots$

1.1.C. Sorting problem by simple exchange

Task model

Fig. 6 shows the sequence elements, which are also divided into RSS $a, a_{12}, \dots, a_{i-1}$ and ISS a_i, \dots, a_n . Unlike the previous variant, here the sorting is performed from right to left. And here the elements are compared in pairs (a_n and a_{n-1} , then a_{n-2} and a_{n-1} , etc.). The smaller element is successively shifted until it is in place of a_i . Then the boundary is shifted so that a_i is in the RSS and the comparison process starts again.

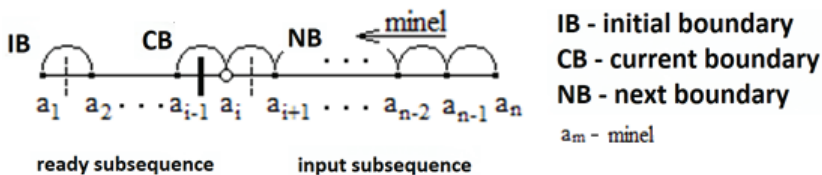


Fig. 6. Model of the sorting problem by simple exchange method

Method for solving the problem

0. The initial boundary is set over the uppermost element of the sequence of elements.

1. Pairs of neighboring elements are formed in the current input subsequence, starting from the bottom; they swap places if necessary. The "lighter" elements "pop up" up to the boundary.

2. Border moves down a position; move to step 1.

Data Structures:

A, A' are sequences of keys given and sorted;

i, j – parameters of cycles, external and internal;

n is the number of keys in the sequence;

A verbal description of the algorithm by a simple exchange

1. Input sequence A ; set the value $i := 2$.
2. Check $i > n$. If NO, set $j := n$ and go to step 3, otherwise sorting is over.
3. Check $j < i$. If YES, then $i := i+1$ and go to step 2.
4. Compare the values of a_j and a_{j+1} . If $a_{j+1} < a_j$, we swap them. Decrease the value of $j := j - 1$, go to step. 3.
5. Output of the sequence A' .

For this algorithm, the AS is constructed according to its SOA (Fig. 7).

Below we consider a complete PN-model for CP sorting by simple exchange (Fig. 8), constructed by AS. Here the numbers 0 and 1 near the arc leaving the position denote: 1 – the process continues, 0 – transition to an alternative process.

Table 3 and Table 4 summarize the description and purpose of the components for this PN model.

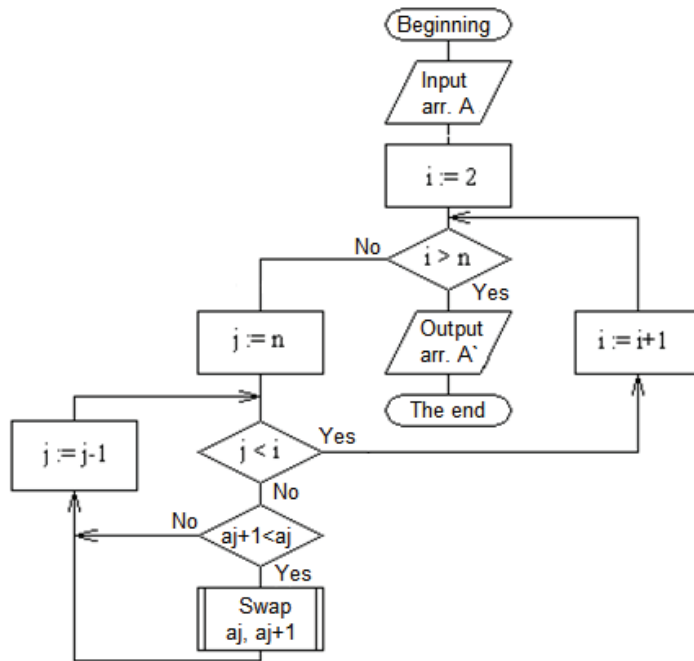


Fig. 7. AS for sorting by simple exchange

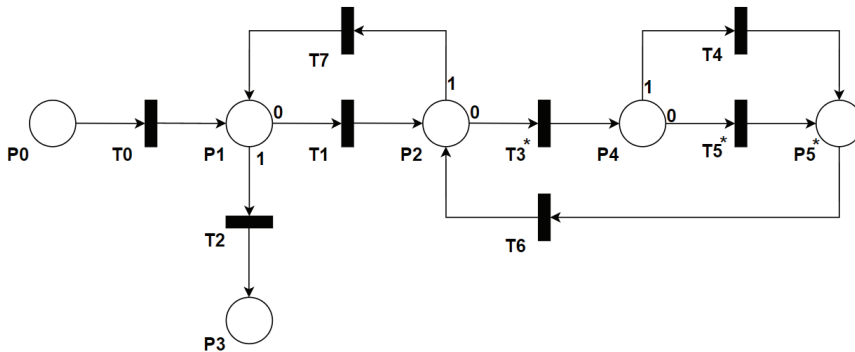


Fig. 8. PN model of PN for sorting by simple exchange

Based on the structure of the PN, the following transition triggering scenarios can be identified, covering all possible branches/loops of the structure. We have:

- 1) $p_0 \rightarrow t_0 \rightarrow p_1 \rightarrow t_2 \rightarrow p_3$
- 2) $\text{NOT}p_1 \rightarrow t_1 \rightarrow p_2 \rightarrow t_7 \rightarrow \dots$
- 3) $p_2 \rightarrow t_3 \rightarrow \text{NOT}p_4 \rightarrow t_5 \rightarrow p_5 \rightarrow t_6 \rightarrow \dots$
- 4) $p_2 \rightarrow t_3 \rightarrow p_4 \rightarrow t_4 \rightarrow p_5 \rightarrow t_6 \rightarrow \dots$

Table 3

Positions and their purpose

Positions	Purposes
p_0	Beginning
p_1	$i > n?$
p_2	The end
p_3	$j < i?$
p_4	$a_{j+1} < a_j?$
p_4^*	\emptyset

Table 4

Transitions and their purpose

Positions	Purposes
t_0	Array input, $i := 2$
t_1	$j := n$
t_2	Output A'
t_3^*	NOP
t_4	Swap places a_j and a_{j-1}
t_5^*	NOP
t_6	$j := j-1$
t_7	$i := i+1$

Conclusion. In this paper we continue filling the library of problems and solutions started in the previous article; two problems were added to the library: sorting by simple selection and simple exchange. At the same time, an internal standard of the library was formed to represent the solution of problems, which includes: the problem model, the solution method, the CP in the form of a verbal description of the algorithm and MO, the algorithm scheme, the CP and MO models in the form of a Petri net with a description of the network elements, and scenarios for its verification. In accordance with this standard, the description of the solution to the problem of sorting by simple inserts was adjusted.

The paper proposes a method of numbering problems and solutions.

The use of Petri nets to model CPs, together with detailed descriptions of problems and solutions, has made the library not only a tool for storing data, but also a valuable resource for analyzing and managing CPs. This approach enhances the quality of programming and enriches learning and practice in computer science.

BIBLIOGRAPHY:

1. Паулін, О. М., Комлева Н.О., Нікітченко, М. І. КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ БІБЛІОТЕКИ ЗАДАЧ ТА РІШЕНЬ // *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки.* 2023. №. 5.

2. Wirth N. Algorithms & Data Structures. Pearson Education, Limited, 1986. 288 p.

REFERENCES:

1. Paulin, O. M., Komleva N.O., Nikitchenko, M. I. (2023) CONCEPT OF BUILDING A LIBRARY OF TASKS AND SOLUTIONS // *Taurida Scientific Herald.* Series: Technical Sciences. No. 5.

2. Wirth N. (1986) Algorithms & Data Structures. Pearson Education, Limited, 288 p.

УДК 004.738.5

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.7>

ХМАРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК СЕРВІСИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ АДМІНІСТРУВАННЯ

Поперешняк С. В. – кандидат фізико-математичних наук, доцент
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-0531-9809

Всечерковська А. С. – кандидат технічних наук
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
ORCID ID: 0000-0003-2054-2715

Хільченко М. Ю. – магістр
Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій
ORCID ID: 0009-0007-0042-5630

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

В статті проведено ретельний аналіз хмарних обчислень у вигляді різних сервісів з метою встановлення базових принципів для подальших досліджень стосовно загроз та способів захисту в галузі хмарних технологій. Серед розглянутих сервісів були виділені основні, такі як IaaS, SaaS, PaaS, що становлять основу для розширення більш уніфікованих сервісів. З'явився новий перспективний сервіс CAEaaS (англ. Computer Aided Engineering as a Service), який полягає у використанні комп'ютерних систем інженерного аналізу в хмарній платформі. Ефективність впровадження певних проектних рішень напряму пов'язана з усвідомленим вибором на початковому етапі. На жаль, в Україні підтримка хмарного сервісу CAEaaS наразі лише в початковій стадії, тому для задоволення технологічних потреб підприємств потрібно залучати закордонних постачальників. Згідно статті, майбутнє української промисловості пов'язане з хмарним сервісом CAEaaS, оскільки комп'ютерний аналіз інженерних процесів допомагає ефективно скорочувати витрати та час на розробку та підвищувати якість та довговічність продукції. Такий підхід дає можливість приймати конструктивні рішення, враховуючи їх вплив на продуктивність, оцінювати та вдосконалювати конструкції, використовуючи комп'ютерне моделювання замість фізичних тестів. У даній роботі було досліджено можливості хмарних технологій для оптимізації адміністрування інформаційною структурою підприємства, що спеціалізується на виробництві та продажу комерційних товарів. Під час проектування було проаналізовано ключові сервіси AWS, які адміністратор використав для оптимізації ІТ-середовища. Основними кроками було створення та використання віртуальної приватної хмари VPC, а також розгляд можливостей екземпляру EC2 в цій хмарі. Отже, адміністратор здійснює оптимізацію підтримки інформаційної інфраструктури, створивши можливість масштабування, забезпечивши безперервний доступ до корпоративних даних та інших сервісів, створивши тестове середовище для нововведень та забезпечивши ефективну роботу корпоративного веб-сайту. Також, за допомогою CAE можна ефективно управляти ризиками та розуміти наслідки для продуктивності конструкцій, що сприяє попередньому вирішенню проблем та зменшенню витрат, пов'язаних із життєвим циклом продукту.

Ключові слова: хмарні технології, хмарні платформи, технології як сервіси, хмарні CAE, CAEaaS, адміністрування, оптимізація.

Popereshnyak S. V., Vecherkovskaya A. S., Khilchenko M. Yu., Antonenko A. V. Cloud technologies as services for optimizing administrative processes

In the article, a thorough analysis of cloud computing in the form of various services was carried out in order to establish basic principles for further research on threats and methods of protection in the field of cloud technologies. Among the considered services, the main ones were highlighted, such as IaaS, SaaS, PaaS, which form the basis for the expansion of more unified services. A new promising service CAEaaS (Computer Aided Engineering as a Service) has appeared, which consists in the use of computer systems of engineering analysis in a cloud platform. The effectiveness of the implementation of certain project solutions is directly related to the conscious choice at the initial stage. Unfortunately, in Ukraine, the support of the CAEaaS cloud service is currently only in the initial stage, therefore, to meet the technological needs of enterprises, it is necessary to attract foreign suppliers. According to the article, the future of Ukrainian industry is connected with the CAEaaS cloud service, as computer analysis of engineering processes helps to effectively reduce costs and development time and increase the quality and durability of products. This approach makes it possible to make design decisions, taking into account their impact on performance, to evaluate and improve designs using computer simulations instead of physical tests. This work explored the possibilities of cloud technologies for optimizing the administration of the information structure of an enterprise specializing in the production and sale of commercial goods. During the design, the key AWS services that the administrator used to optimize the IT environment were analyzed. The main steps were to create and use a VPC virtual private cloud, and to consider the capabilities of an EC2 instance in that cloud. Therefore, the administrator optimized the support of the information infrastructure, creating scaling opportunities, ensuring uninterrupted access to corporate data and other services, creating a test environment for innovations and ensuring the efficient operation of the corporate website. Also, with the help of CAE, it is possible to effectively manage risks and understand the consequences for the performance of structures, which helps to solve problems in advance and reduce costs related to the life cycle of the product.

Key words: *cloud technologies, cloud platforms, technologies as services, cloud CAE, CAEaaS, administration, optimization.*

Вступ. Хмарні технології відіграють все більш важливу роль у розвитку бізнес-сфери. Нині більшість компаній все активніше переходять від використання локальної інфраструктури до використання хмарних сервісів.

Революція хмарних технологій відкрила широкі можливості для створення та підтримки інформаційного середовища підприємства. Завдання, які раніше вимагали участі десятків працівників, тепер можуть бути вирішені одним адміністратором за допомогою відповідних хмарних сервісів. Це надає переваги не лише при впровадженні нових систем, але й для подальшої підтримки та постійного моніторингу.

Використання хмарних сервісів у вашій інформаційній структурі може стати ключовим для економічного успіху. Оскільки вони можуть спростити вирішення більшості інфраструктурних завдань і дозволити зосередитися на вирішенні більш стратегічних питань.

Постановка проблеми. Для успішного вибору платформи, яка підходить для розміщення технологічного обладнання підприємства, зокрема систем інженерних розрахунків та систем автоматизованого проектування (Computer Aided Engineering as a Service – CAEaaS), важливо мінімізувати час відповіді для критично важливих програм, які використовують як для корпоративних користувачів, так і для широкого кола клієнтів. Розвиток сучасних хмарних технологій створює нові можливості, але не гарантує відсутність помилкових концепційних рішень [1]. Недостатні знання не виключають відповідальності за зроблений вибір. Тому важливо вирішити цю проблему, яка полягає у вивченні наявних хмарних сервісів, визначенні місця CAEaaS серед них.

Таким чином, потрібно визначити особливості та вплив хмарних технологій на поліпшення управління інформаційними системами. Дослідити, як сервіси

хмарних технологій впливають на всі системи підприємства, які потребують адміністрування. А також, дослідити та обґрунтувати використання таких сервісів для оптимізації більшості інформаційних систем підприємства, спрощуючи та поліпшуючи їхнє адміністрування.

Метою статті є дослідження можливостей використання нової парадигми хмарних обчислень в системах автоматизації технологічних процесів. Метою є виявлення зв'язку хмарних сервісів з вирішенням інженерних задач для усунення таких проблем, як пошук необхідних платформ та сервісів для забезпечення технологічних процесів, повторне використання програмного обчислення, моделювання та створення фізичних прототипів. Мета роботи – оптимізації адміністрування інформаційної структури за рахунок доповнення наявної інформаційної інфраструктури сервісами хмарних технологій.

Предмет дослідження – сервіси хмарних технологій у інформаційній інфраструктурі

Об'єкт дослідження – оптимізація адміністрування інформаційної інфраструктури за допомогою використання сервісів хмарних технологій.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що було комплексно досліджено використання сервісів хмарних технологій для оптимізації адміністрування підприємства, яке займається виготовленням та продажем комерційної продукції; зокрема було вказано на усі переваги у процесі адміністрування інформаційного середовища за допомогою використання сервісів хмарних технологій; узагальнено підходи дослідників до розуміння сервісів хмарних технологій та їх місце у інформаційній інфраструктурі підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Провівши аналіз останніх досліджень і публікацій за даною тематикою можна побачити, що в роботах [2–11] розглядають лише три основні моделі обслуговування хмарних технологій. Автори вважають, що ці дослідження не враховують повністю технічні та технологічні можливості хмарних обчислювальних технологій, оскільки моделі обслуговування хмарних технологій відображають структуру не лише хмарних технологій, а й інформаційних технологій загалом. Тому ці дослідження мають обмежений характер.

Виклад основного матеріалу дослідження. Системи розподілених обчислень підтримують широкий спектр ІТ-адміністрування, яке відбувається через мережу Інтернет. Це охоплює різноманітні перспективи, включаючи структуру, етапи просування, застосування та адміністрування.

Є можливість об'єднати всі надійні складові розподілених обчислень у комплексному викладі, що охоплює весь спектр від обладнання до програмної інфраструктури. Часто цей рівень оновлюється за допомогою центрів обробки даних, де сотні й тисячі концентраторів об'єднуються. Хмарна структура зазвичай є неоднорідною за своєю природою в дрібних деталях. Крім того, фреймворки баз даних та інші інструменти адміністрування можуть також становити частину цієї основи [7].

Фізична структура забезпечується центральним програмним забезпеченням, призначеним для гнучкої настройки умов виконання програм та оптимального використання ресурсів.

У нижній частині інноваційного стеку зазвичай забезпечується віртуалізація. Гіпервізори створюють пул ресурсів і розкривають розпорошену структуру через безліч віртуальних машин. Це призводить до ефективного розподілу ресурсів обладнання, таких як процесори і пам'ять, і віртуалізації явних пристроїв, задовольняючи потреби клієнтів і програм. Ця ціль постійно узгоджується з методиками

віртуалізації потужності та систем, що дозволяють повністю віртуалізувати та керувати інфраструктурою. Наприклад, віртуалізація на рівні розробки сприяє створенню переносних умов виконання, коли програми часто розгортаються та управляються. Це переважно передбачає, що додатки, створені всередині хмари, розробляються за допомогою вибраної інновації або мови програмування, такої як Java, .NET або Python, тому клієнтам не потрібно будувати каркас самостійно [8, 12–15].

Комбінація етапів розвитку хмари та активів часто здійснюється за допомогою угоди Infrastructure-as-a-Service (IaaS). Різні випадки IaaS можна класифікувати наступними способами:

1. Перші надають як адміністративний рівень, так і фізичну структуру.
2. Другі надають лише рівень адміністрування (IaaS (M)); у цьому випадку рівень адміністрування зазвичай використовується з різними механізмами IaaS, що створюють фізичну основу.

Механізми IaaS придатні для планування базового каркасу, проте вони пропонують обмежену підтримку для розробки додатків. Ця підтримка надається за допомогою інструментів хмарного програмування, які структурують систему, щоб надати клієнтам можливість розробки додатків. Інструменти включають веб-інтерфейси, інструменти командного рядка та структури для одночасної та циркуляційної розробки. У цьому випадку клієнти створюють свої хмарні програми, використовуючи API, що доступні на проміжному програмному забезпеченні рівня клієнта. Така стратегія часто відома як Platform-as-a-Service (PaaS), оскільки платформа, що надається клієнту, це надійне середовище розробки, а не базовий фундамент.

Механізми PaaS включають в себе структуру, яка упакована як ключовий аспект адміністрування, надаваний клієнтам. З урахуванням цього PaaS пропонує лише проміжне програмне забезпечення рівня клієнта, яке має бути доповнене віртуальним або фізичним фундаментом.

На вищому рівні еталонної моделі розподілених обчислень знаходяться офісні застосунки, які представлені на рівні програм. Ці застосунки часто називають Software-as-a-Service (SaaS). Вони є веб-додатками, які спираються на хмару для надання підтримки кінцевим користувачам. Можливості хмари, передбачені цими моделями IaaS і PaaS, дозволяють постачальникам програмного забезпечення передавати свої пакети додатків через Інтернет (рис. 1).

Додаткові програми на цьому рівні – це ті, що мають значний вплив на Інтернет завдяки своїм основним функціям, які довіряють хмарі для обробки більшої кількості клієнтів.

Аналіз хмарних сервісів показав, що ключовими послугами для різних інженерних завдань, розрахунків, аналізу та моделювання фізичних процесів є PaaS і SaaS [9].

PaaS ідеально підходить для забезпечення ефективного програмного середовища та інструментів для розробників у промислових організаціях, що створюють та тестують програмне забезпечення та застосунки для баз даних. Це забезпечує повне та централізоване середовище розробки, доступне за запитом.

Ефективна реалізація SaaS може виявитися великим вигідним відмінним підходом порівняно з традиційним володінням програмним забезпеченням. Модель хмарних послуг забезпечує мінімальні витрати на установку обладнання та програмного забезпечення, навіть у випадку забезпечення високої доступності, що дозволяє обслуговувати запущені програми. Кінцеві користувачі вільні від управління



Рис. 1. Порівняння моделей хмарних послуг

та контролю базової IT-інфраструктури. Ліцензії на безпеку, мережу, обчислення та всі інші програмні ліцензії входять до щомісячної або щорічної плати, виключаючи або значно скорочуючи капітальні витрати. Замість цього, існує єдина вартість доступу до будь-яких необхідних послуг. Організації сплачують лише за використані ресурси і мають можливість додавати або видаляти послуги за потребою.

Деякі хмарні середовища включають складні середовища моделювання для повного тестування проектних застосунків перед їх введенням у виробничу систему. Програми та застосунки для баз даних можуть бути спеціалізованими програмами, які промислові організації раніше використовували, але тепер їх можна розгорнути на віртуальних машинах у хмарі. Це також можуть бути додатки, створені з нуля у хмарі за допомогою платформи та інструментів, що надаються постачальником послуг автоматизації.

У деяких випадках те саме програмне забезпечення може використовуватися як для програм SaaS, так і для PaaS. Інженери управління та процесів можуть використовувати PaaS для розробки програм та SaaS для їх виробничого середовища. Наприклад, програми автоматизації, керування процесами та SCADA, зазвичай розгортані тільки на власних серверах, тепер доступні як середовище розробки та моделювання (Open VEP) або як програмне забезпечення SCADA, спрямоване на надійність та безпеку для моніторингу на рівні підприємства та контролю розподілених активів.

Розташування цього програмного забезпечення у центрі обробки даних, з прямим високошвидкісним підключенням до телекомунікацій та Інтернету, забезпечує швидке та надійне підключення до всіх віддалених пристроїв та візуалізацію загального бізнесу.

У рамках цих послуг з'являється новий перспективний сервіс – CAEaaS (англ. Computer Aided Engineering as a Service) – комп'ютерні системи інженерного аналізу як послуга, яка має перенести роботу систем інженерних розрахунків та систем автоматизованого проектування на хмарну платформу.

CAE або Computer-Aided Engineering – термін, який описує процедуру всього процесу інженерії продукту, від проектування та віртуального тестування за допомогою складних аналітичних алгоритмів до планування виробництва. Це стандартний підхід у багатьох галузях, які використовують програмне забезпечення для розробки продуктів.

CAE – це наступний крок у розробці продукту, оскільки він дозволяє виконувати випробування та моделювання фізичних властивостей виробу без необхідності фізичного прототипу. У контексті CAE, найчастіше використовуються типи моделювання аналізу, такі як аналіз кінцевих елементів, обчислювальна динаміка рідин, термічний аналіз, багатодіагностика та оптимізація.

Використовуючи переваги інженерного моделювання, особливо в поєднанні з потужністю та швидкістю високоефективних хмарних обчислень, вартість та час кожного циклу ітерації проектування, а також загальний процес розробки можуть бути значно скорочені.

Стандартний робочий процес CAE – генерування початкової конструкції, моделювання геометрії САПР, оцінка результатів моделювання та вдосконалення конструкції. Цей процес повторюється до досягнення всіх вимог до продукту.

CAE дозволяє швидший розвиток продукту, зменшуючи потребу у фізичних прототипах на ранніх стадіях розробки. Прогнозування факторів навколишнього середовища є ключовим для точності моделювання, а сучасні інструменти CAE намагаються зробити моделювання доступним навіть для користувачів без глибокого фахового досвіду.

Моделювання складної геометрії виявляється вельми вимогливим завданням навіть для передових комп'ютерів. Великі компанії зі складною ІТ-інфраструктурою можуть використовувати власні сервери для виконання моделювання, однак розширення хмарних обчислень дає можливість меншим фірмам, які зазвичай не мають можливості купувати та підтримувати власне обладнання, отримувати доступ до таких же інструментів моделювання, які раніше були доступні лише обмеженому колу компаній. Це перевернення на ринку продуктів для імітації дозволяє всім моделювати продукти, які вони створюють.

CAE можна використовувати у практично будь-якій галузі та компанії, що розробляє продукт, що піддається впливу різних середовищ. Окрім витрат на ліцензії та навчання, пов'язані з програмним забезпеченням CAD та CAE, місцеві обчислювальні сервери потребують технічного обслуговування, постійного оновлення програмного та апаратного забезпечення, залучення ІТ-персоналу, витрат на електроенергію та оренду приміщень. Хмарні рішення пропонують альтернативу, де витрати на ліцензії замінюються оплатою лише за використання, при цьому збільшується доступ до загальних ресурсів у хмарі.

Адміністратор інфраструктури компанії, що займається виробництвом та продажем комерційних товарів, отримав завдання на розширення потужності наявної локальної інфраструктури. Це включає збільшення ресурсів для збереження

даних та забезпечення безперервного доступу до критичної інформації під час будь-яких непередбачуваних обставин. З урахуванням майбутнього розширення штату працівників та відкриття кількох нових філій, більшість персоналу працюватиме дистанційно. У компанії вже є два бізнес-центри з основними активами та центрами збереження даних, а також один віддалений завод, де виготовляється продукція компанії. З урахуванням обмеженого бюджету, адміністратор вирішив скористатися хмарними технологіями для інформаційної інфраструктури. Для цього обрано сервіс Amazon, оскільки він є лідером у сфері хмарних середовищ [9].

За допомогою віртуальної приватної хмари Amazon (Amazon VPC) адміністратор зможе створити ізольовану приватну частину хмари Amazon Web Services (AWS). Вона дозволить йому запускати ресурси AWS у віртуальній мережі, яку він сам визначить [10]. Цей крок надасть йому повний контроль над віртуальним мережевим середовищем, включаючи вибір власного діапазону IP-адрес, створення підмереж та налаштування мережевих шлюзів і таблиць маршрутизації.

З використанням VPC він зможе:

- Розширити потужність існуючої локальної інфраструктури, що є головною метою наразі, оскільки передбачається значне збільшення кількості співробітників.
- Запустити систему резервного копіювання для аварійного відновлення та надавати доступ до внутрішніх даних у разі непередбачуваних обставин.
- Запускати ізольовані віртуальні області для тестування систем.
- Полегшити налаштування віртуальних робочих станцій для користувачів компанії.

В традиційному сценарії подібних заходів знадобилися б значні початкові інвестиції на побудову власного Центру обробки даних, обладнання, отримання сертифікатів безпеки та його підтримку. За допомогою VPC на AWS витрати значно знижуються, а з часом інфраструктура може масштабуватися за потребою.

Адміністратор отримує всі переваги безпечного середовища без додаткових витрат. Елементи управління безпекою, сертифікація та функції AWS відповідають найвибагливішим критеріям безпеки, що вимагаються у великих компаніях та державних установах [11].

Таким чином, використовуючи Amazon VPC, адміністратор може сприяти створенню економічного та функціонального тестового середовища, яке імітує ваше робоче середовище і може бути включене, коли це потрібно, а вимкнуте, коли тестування завершено (рис. 2). Це уникає потреби у придбанні дорогого обладнання, що робить систему тестування більш гнучкою та ефективною.

У випадку нашого адміністратора оптимізація процесу керування була проведена з метою впровадження стратегії безпеки за принципом найменших привілеїв. Для цього були створені окремі групи користувачів для виконання різних завдань, таких як адміністрування баз даних, мережі або підтримка. Кожній групі було обмежено доступ до функціональності, необхідної для виконання конкретної ролі. Сам адміністратор мав повноваження на створення та змінення VPC.

Висновки. У даній статті проведено аналіз хмарних обчислень як сервісу з метою визначення основних характеристик та напрямків для подальших досліджень з урахуванням загроз та шляхів їх подолання. Основними обговорюваними сервісами були IaaS, SaaS, PaaS, які утворюють базову структуру для більш спрощених та розширених платформ, що значно розширюють можливості використання.

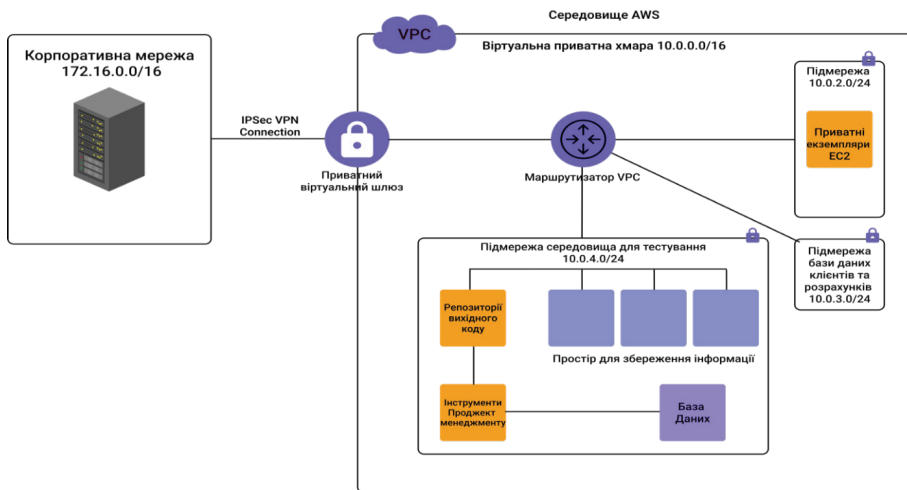


Рис. 2. Схема впровадження тестових середовищ в інфраструктуру

Спостерігається новий перспективний сервіс CAEaaS (Computer Aided Engineering as a Service), який відкриває можливості для перенесення систем інженерних розрахунків та автоматизованого проектування на хмарну платформу. Однак, в Україні наразі підтримка хмарного сервісу CAEaaS тільки в початковій стадії розвитку, і досягнення технологічних потреб підприємств потребує привернення закордонних постачальників. При цьому економічна доцільність використання українських центрів обробки даних обумовлена меншою віддаленістю постачальника. Згідно з висновками авторів, хмарний сервіс CAEaaS може стати ключовим для української промисловості, допомагаючи в скороченні термінів розробки, підвищенні якості продукту та зменшенні витрат. Використання цього сервісу уможливує прийняття дизайнерських рішень, що ефективно впливають на продуктивність, та оцінювання конструкцій через комп'ютерне моделювання замість фізичних прототипів, що значно економить гроші та час.

У даній роботі було досліджено можливості хмарних технологій для оптимізації адміністрування інформаційною структурою підприємства, що спеціалізується на виробництві та продажу комерційних товарів. Під час проектування було проаналізовано ключові сервіси AWS, які адміністратор використав для оптимізації IT-середовища. Основними кроками було створення та використання віртуальної приватної хмари VPC, а також розгляд можливостей екземпляру EC2 в цій хмарі. В рамках цього проекту було налаштовано IPsec VPN для з'єднання між існуючою локальною інфраструктурою та хмарним середовищем VPC, а також створено додаткову загальнодоступну підмережу для підключення до інших сервісів AWS. Використання VPC також охоплювало розміщення бази даних клієнтів та управління процесом обробки замовлень на веб-сайті підприємства.

При цьому було створено окреме тестове середовище для перевірки різних оновлень та проведено резервне копіювання виробничих даних у Amazon Elastic Block Store. З використанням VPC було налаштовано окремі підмережі для кожного віддаленого офісу, що спростило процес адміністрування філіями компанії. Також

був належним чином налаштований тунель передачі даних між різними філіалами, що розташовані у різних містах. Важливою частиною процесу була автоматизація розгортання програмного забезпечення за допомогою AWS CloudFormation. Отже, адміністратор здійснив оптимізацію підтримки інформаційної інфраструктури, створивши можливості масштабування, забезпечивши безперервний доступ до корпоративних даних та інших сервісів, створивши тестове середовище для нововведень та забезпечивши ефективну роботу корпоративного веб-сайту. Також були оптимізовані процеси адміністрування філіями підприємства та обліковими записами співробітників за допомогою хмарних сервісів Amazon. CAE дозволяє інженерним командам керувати ризиками та зрозуміти наслідки для продуктивності конструкцій, а його комплексне керування даними та процесами дозволяє ефективно використовувати та вдосконалювати конструкції для широкого кола користувачів. Попередня обробка проблем може значно зменшити витрати, пов'язані з життєвим циклом продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Смірнова Т.В., Поліщук Л.І., Смірнов О.А., Буравченко К.О., Макевнін А.О. Дослідження хмарних технологій як сервісів. Кібербезпека: освіта, наука, техніка. № 3(7). 2020. 43-62.
2. Worldwide Public Cloud Services Spending Will More Than Double by 2023. USA, Framingham, July 3, 2019.
3. Кононюк А.Е., Фундаментальна теорія хмарних технологій: Загальнонаукові підходи формування систем хмарних технологій. 2018. № 1. 34-47.
4. Вольська К.О., Дикий А.П., Бухгалтерський облік у “хмарі”: порядок переходу та адаптації інформаційної системи підприємства. Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу. № 2(37). 2017. 24-29.
5. Хмарні обчислення. *Integrity Systems*. URL: <http://integritysys.com.ua/solutions/pricatecloud-solution>. (дата звернення: 30.10.2023).
6. Кононюк А.Е., Фундаментальна теорія хмарних технологій: *Загальнонаукові підходи формування систем хмарних технологій*. № 2. 2018. 52-88.
7. The NIST Definition of Cloud Computing. URL: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>. (дата звернення: 30.10.2023).
8. Antony Ananich, "What is IaaS?". URL: <https://web.archive.org/web/20160302153830/http://ananich.pro/2016/02/what-is-iaas/>. (дата звернення: 30.10.2023).
9. Alibaba Cloud EHPC Empowers New Manufacturing – SAIC Simulation Computing Cloud (SSCC). URL: https://www.alibabacloud.com/blog/alibaba-cloud-ehpcempowers-new-manufacturing-saic-simulation-computing-cloud-sscc_593994. (дата звернення: 30.10.2023).
10. CAE-система. URL: <http://sewiki.ru/CAE-система>. (дата звернення: 30.10.2023).
11. ANSYS. URL: <http://znaimo.com.ua/ANSYS>. (дата звернення: 30.10.2023).
12. Поліщук В.В. Адміністрування комп'ютерних мереж. Методичне видання. 2019. 35-39.
13. Garcia, E., & Martinez, L. Аналіз продуктивності серверів DNS та DHCP. Збірка матеріалів Міжнародної конференції з мережевих технологій (ICN). 2018. 103-115.
14. Твердохліб А.О., Коротін Д.С. Ефективність функціонування комп'ютерних систем при використанні технології блокчейн і баз даних. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2022.
15. Цвик О.С. Аналіз і особливості програмного забезпечення для контролю трафіку. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, (1). 2023.

REFERENCES:

1. Smirnova T.V., Polishchuk L.I., Smirnov O.A., Buravchenko K.O., Makevnin A.O. (2020) Doslidzhennya khmarnykh tekhnolohiy yak servisiv. Kiberbezpeka: osvita, nauka, tekhnika. (7). URL: <https://doi.org/10.28925/2663-4023.2020.7.4362> [in Ukrainian].
2. Worldwide Public Cloud Services Spending. USA. (2019). URL: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS45340719>. [in English].
3. Kononyuk A.E. (2018) Fundamental'na teoriya khmarnykh tekhnolohiy: Zahal'nonaukovi pidkhody formuvannya system khmarnykh tekhnolohiy. (1). [in Ukrainian].
4. Vol's'ka K.O., Dykyy A.P. (2017) Bukhhalters'kyi oblik u "khmari": poryadok perekhodu ta adaptatsiyi informatsiyanoi systemy pidpriumstva. Problemy teorii ta metodolohiyi bukhalters'koho obliku, kontrolyu i analizu. (37). URL: DOI: 10.26642/pbo-2017-2(37)-24-29. [in Ukrainian].
5. Khmarni obchyslennya. (2020) Integrity Systems. URL: <http://integritysys.com.ua/solutions/pricatecloud-solution>. [in Ukrainian].
6. Kononyuk A.E. (2018) Fundamental'na teoriya khmarnykh tekhnolohiy: Zahal'nonaukovi pidkhody formuvannya system khmarnykh tekhnolohiy. (2). [in Ukrainian].
7. The NIST Definition of Cloud Computing. (2018) URL: <https://csrc.nist.gov/publications/detail/sp/800-145/final>. [in English].
8. Antony Ananich, "What is IaaS? (2020) URL: <https://web.archive.org/web/20160302153830/ananich.pro/2016/02/what-is-iaas/>. [in English].
9. Alibaba Cloud EHPC Empowers New Manufacturing – SAIC Simulation Computing Cloud (SSCC). URL: https://www.alibabacloud.com/blog/alibaba-cloud-ehpcempowers-new-manufacturing-saic-simulation-computing-cloud-sscc_593994. [in English].
10. CAE-systema. (2018) URL: <http://sewiki.ru/CAE-systema>. [in English].
11. ANSYS. (2019) URL: <http://znaimo.com.ua/ANSYS>. [in English].
12. Polischuk, V. V. (2019). Network Administration. Methodical publication. Pages 35-39 [in Ukrainian].
13. Garcia, E., & Martinez, L. (2018). Analysis of DNS and DHCP Server Performance. Proceedings of the International Conference on Networking (ICN), 103-115 [in Ukrainian].
14. Tverdokhlib A.O., Korotin D.S. Efektyvnist funktsionuvannya kompiuternykh system pry vykorystanni tekhnolohii blokchein i baz dannykh. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky, 2022, (6) [in Ukrainian].
15. Tsvyk O.S. Analiz i osoblyvosti prohramnoho zabezpechennia dlia kontroliu trafiku. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriia: Tekhnichni nauky, 2023, (1) [in Ukrainian].

УДК 004.738.5

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.8>

СИСТЕМА НАДАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВИВЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ З ВЕБ-РОЗРОБКИ

Поперешняк С. В. – кандидат фізико-математичних наук, доцент
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-0531-9809

Куценко М. О. – магістр
Державного університету інформаційно-телекомунікаційних технологій
ORCID ID: 0000-0001-9720-5181
Scopus-Author ID: 57226775120

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

Розвиток технологій не тільки прискорює темпи нашого життя, але й відкриває безліч можливостей для навчання. Засоби інтернету, такі як книги, курси, відео, стали невід'ємною частиною нашого освітнього процесу. Однак, важливою частиною навчання є не лише отримання інформації, але й перевірка рівня засвоєння матеріалу та розуміння. Тестування визнано одним із найефективніших методів перевірки знань. Воно дозволяє ефективно оцінити рівень розуміння та запам'ятовування матеріалу. Швидкість проходження тестів та негайне їх оцінювання роблять цей метод особливо зручним для оцінки знань. У сучасному світі, на фоні стрімкого розвитку технологій та експоненційного збільшення обсягу інформації, вивчення веб-розробки виглядає як важливий компонент освіти. Швидкі зміни та високий темп розвитку веб-технологій вимагають від фахівців постійного оновлення своїх знань. Однак, існує проблема в оцінці рівня володіння веб-розробкою після закінчення навчання. Людям важко самостійно оцінити свої знання та зрозуміти, наскільки вони готові до викликів реального ринку роботи в ІТ-сфері. Саме тут на допомогу приходить інтелектуальна система, спроектована для надання рекомендацій з навчання веб-розробці, враховуючи як особистість кожного користувача, так і загальні тенденції в ІТ-індустрії. Створена командою дослідників, ця система використовує аналітичні дані від більше ніж 60 міжнародних ІТ-компаній. Вона не обмежується лише технічними аспектами веб-розробки, але й бере до уваги динаміку ринку, зміни в умовах праці та глобальні тенденції в галузі ІТ. Такий підхід дозволяє системі точно адаптуватися до потреб кожного користувача. Важливим аспектом є не тільки визначення рівня знань, але і надання корисних рекомендацій для подальшого навчання та розвитку. Це допомагає кожному користувачеві ефективно планувати свій професійний розвиток та готуватися до викликів сучасного ІТ-ринку. Отже, інтелектуальна система рекомендацій у сфері веб-розробки вирішує актуальні завдання оцінки та підвищення рівня знань фахівців. Її інноваційний підхід ставить користувачів на шлях успішного та свідомого розвитку у цій важливій галузі сучасного інформаційного суспільства.

Ключові слова: інтелектуальна система, навчання веб-розробці, надання рекомендацій, аналіз ІТ-ринку, професійний розвиток.

Popereshnyak S. V., Kutsenko M. O., Antonenko A. V. Recommendation system for learning web development technologies

The development of technology not only accelerates the pace of our lives, but also opens up many opportunities for learning. Internet tools, such as books, courses, videos, have

become an integral part of our educational process. However, an important part of learning is not only receiving information, but also checking the level of mastery of the material and understanding. Testing is recognized as one of the most effective methods of testing knowledge. It allows you to effectively assess the level of understanding and memorization of the material. The speed of passing the tests and their immediate assessment make this method particularly convenient for assessing knowledge. In today's world, with the rapid development of technology and the exponential increase in the amount of information, learning web development looks like an important component of education. Rapid changes and the high rate of development of web technologies require specialists to constantly update their knowledge. However, there is a problem in assessing the level of mastery of web development after graduation. It is difficult for people to independently assess their knowledge and understand how ready they are for the challenges of the real IT job market. This is where an intelligent system comes to the rescue, designed to provide recommendations for web development training, taking into account both the personality of each user and general trends in the IT industry. Created by a team of researchers, this system uses analytical data from more than 60 international IT companies. It is not limited to the technical aspects of web development, but also takes into account market dynamics, changes in working conditions and global IT trends. This approach allows the system to precisely adapt to the needs of each user. An important aspect is not only determining the level of knowledge, but also providing useful recommendations for further training and development. It helps every user to effectively plan their professional development and prepare for the challenges of the modern IT market. So, the intelligent system of recommendations in the field of web development solves the urgent tasks of evaluating and improving the level of knowledge of specialists. Its innovative approach puts users on the path to successful and conscious development in this important field of the modern information society.

Key words: *intelligent system, web development learning, providing recommendations, IT market analysis, professional development.*

Вступ. Сьогодні Інтернет – це корисна частина життя людини, а також інформаційна імперія. Це може впливати як на внутрішній стан людини [1, 2], так і на державний устрій країни [3]. Його основою є веб-розробка з усіма її компонентами, такими як розробка концепції сайту, дизайн сторінки та веб-сайту, створення або збір мультимедіа, програмування функціональних інструментів, тестування та розгортання на хостингу, пошукова оптимізація та обслуговування сайту. Важливим компонентом планування веб-розробки є вибір інструментів веб-розробки. Один із способів – скористатися одним із широкого списку доступних готових до використання конструкторів веб-сайтів [4], а інший – самостійно вивчити використання певного списку інструментів розробки.

Постановка проблеми. Дослідження спрямоване на розробку інтелектуальної системи для надання особистісно-орієнтованих і орієнтованих на тенденції IT-ринку рекомендацій під час навчання веб-розробці.

Система може бути корисною для тих, хто почав вивчати веб-розробку або тих, хто пройшов навчальний курс раніше, але деякий час не використовував її на практиці, або тих, хто починає практику веб-розробки і потребує деякого оновлення знань. Крім того, кожен, хто хоче оцінити свій рівень знань, може використовувати систему як тест для цього. Нехай K – набір фрагментів знань у певній області, а $T, T = \{T_1, \dots, T_n\}$ – набір завдань, які вимагають умінь і навичок на K . Припустимо, що є дві карти f і g такі, що $f(p): T \rightarrow S$ і $g(t): T \rightarrow N$, де S і N – набори дійсних невід'ємних і натуральних чисел відповідно, p (людина) і t (час) – параметри карт. Мета полягає в тому, щоб отримати систему рекомендацій $R(p, t) = r(f(T)(p) \cdot g(T)(t))$ залежну від p і t параметрів, де r – відповідність між T та даними довідок, які містять ці знання та набір умінь і навичок людини.

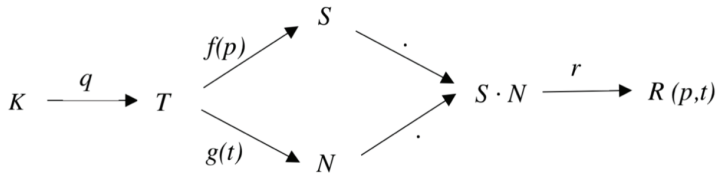


Рис. 1. Діаграма зв'язку: K – набір фрагментів знань, T – набір завдань, q , $f(p)$, $g(t)$ і r – карти, t і p – параметри, а $R(p, t)$ є перелік рекомендацій

Для цієї інтелектуальної системи терміни, визначені вище, див. рис. 1, мають такі значення (атрибути):

$K = \{\text{html, css, javascript}\}$

$\#T = 40$ (розмір набору завдань)

Карта $f(p)$ – це тестування, яке для будь-якого p і елемента T існує унікальне дійсне невід'ємне значення

Карта $g(t)$ – це рейтинг T на основі даних, отриманих від 60 міжнародних ІТ-компаній протягом понад 10 років.

Символ \cdot означає поелементне множення відповідних значень обох множин S і N . Очевидно, що ця операція комутативна ($S \cdot N = N \cdot S$)

Метою статті є дослідження системи надання рекомендацій, орієнтованих на людину та ІТ-ринок, при навчанні веб-розробки.

Предмет дослідження – аналіз отриманих відповідей від користувача, аналіз та фільтрація даних отриманих від «DOU».

Об'єкт дослідження – відповіді користувача та дані отримані від «DOU».

Наукова новизна отриманих результатів полягає у тому, що користувач отримує дійсний результат його рівня знань, рекомендацій до вивчення, а також посаду на яку він може прагнути з прогнозом заробітної плати на даній посаді.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автори [5] досліджували експериментальне навчання на основі реальних прикладів та абстракції термінології, використовуючи послідовну логіку на основі майстра як метод навчання веб-розробки. Отримані результати продемонстрували високий рівень успішності, сприйняття та прийняття студентами. Г. Г. Чжоу, Дж. Лі та Дж. Л. Чжун, див. [6], продемонстрували ефективність як методу декомпозиції проблеми, так і методу однієї проблеми з кількома рішеннями для вдосконалення навичок вирішення проблем і здібностей критичного мислення для педагогіки розробки веб-додатків. Корисний досвід автора щодо вимірювання ставлення студентів до веб-розробки (наприклад, впевненість, мотивація, самовпевненість, контекст тощо) під час вивчення курсів веб-розробки було виявлено в [7]. Автори [8] отримали результати для вимірювання складності фрагментів текстових матеріалів для веб-сторінок і веб-сайтів, які можна використовувати в освітній сфері, щоб допомогти викладачам підготувати відповідні матеріали для студентів, а також застосувати оцінку читабельності в Інтернеті. розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасному світі користувачі поділяються на тих, хто користується комп'ютером, планшетом і мобільним пристроєм. Ось чому був створений адаптивний зручний інтерфейс, який забезпечує ефективний діалог користувача, щоб задовольнити всі три типи користувачів. Інтелектуальна система також добре працює на комп'ютерах, планшетах

і мобільних пристроїв і складається з бази знань, механізму створення рекомендацій та інтелектуального інтерфейсу. Для реалізації функціональної логіки обрано мову програмування JavaScript. Під час тестування користувача система запитує сервер із базою даних для отримання списку питань і надає користувачеві тести. Потім, наприкінці тестування, відповіді користувача звіряються з правильними відповідями на стороні сервера, і після певних розрахунків надається список рекомендацій.

Техніка представлення знань полягає в тому, що мережа кадрів, що зберігається в базі даних, представлена у форматі JSON. Він містить завдання, відповіді з їх оцінками та відповідні посилання на частини знань, які дають правильні відповіді та пояснення до матеріалу.

Основними джерелами даних, що формують цю базу знань, були [9–11] як основа для знань html, css і javascript і [12–15] як додаткові джерела для загального матеріалу. Одна з найбільших національних платформ ринку праці в ІТ надала необроблені дані про вакансії в ІТ (вакансії, зарплати, вимоги тощо). Використовуючи базу знань, надається призначення карт q і r за допомогою списку їхніх значень, див. рис. 1.

Система робить три кроки, щоб надати рекомендації щодо покращення знань веб-розробки: попереднє рішення щодо тестової частини, попереднє рішення щодо аналізу даних та їх коригування, яке називається алгоритмом make-gescommendations.

На початку користувач відповідає на безліч тестових запитань [1]. Допомагає зрозуміти рівень навичок на таких етапах веб-розробки: розробка концепції сайту, верстка сторінки в html і css, програмування на javascript. Кожне завдання має чотири типи відповідей: вірно, майже вірно, майже неправильно та неправильно. Така градація відповідей має на меті більш точне розуміння рівня знань, умінь і навичок. Набір S складається з таких елементів:

- «1» відповідає «вірній» відповіді;
- «0,8» відповідає відповіді «майже вірно»;
- «0,2» відповідає «майже хибній» відповіді;
- «-1» відповідає «хибній» відповіді.

З точки зору позначення на малюнку 1, частина тестування $f(p)$, яка залежить від навичок людини та здібності і $f(T)(p) = \{f(T_1)(p), \dots, f(T_n)(p)\}$, де для будь-якого індексу i зображення $f(T_i)(p)$ дорівнює одному з чотирьох значень 1, 0,8, 0,2 або -1.

Є два варіанти проходження тесту: короткий тест з 10 запитань протягом 5 хвилин і повний тест з 30 питань протягом 15 хвилин.

Щоб врахувати вимоги ІТ-ринку, автори проаналізували різні дані, зібрані з 2010 року до сьогодні: рейтинг мов програмування, запропоновані посади, зарплати, досвід роботи (базові навички програмування, інші мови програмування, фреймворки, бібліотеки). і платформи.

Відповідно до цих даних для кожного T , $i = \overline{1, n}$ будується тренд до наступних шести місяців. Після цього надається механізм рейтингу $\{T_1, \dots, T_n\}$. Насправді це карта $g(T_i)(t)$, яка залежить від часу t як параметра.

Результатом цього кроку є набір $\{g(T_1)(t), \dots, g(T_n)(t)\}$, елементи якого є натуральними числами сформовані рейтинг T_i згідно з проаналізованими даними.

Як результати двох попередніх кроків, починаючи з алгоритму make-gescommendations, є два набори чисел $\{f(T_1)(p), \dots, f(T_n)(p)\}$ і $\{g(T_1)(t), \dots, g(T_n)(t)\}$.

Потім формується список рекомендацій за такою формулою:

$$R_{i+1} = r(\arg(\min\{f(T_1)(p) \cdot g(T1)(t), \dots, f(T_n)(p) \cdot g(T_n)(t)\} / r - 1(R_i))), (1)$$

де карта r є відповідністю між наборами T та R як список у базі знань, $\arg(f(T_k)(p) \cdot g(T_k)(t)) = k, R_0 = \emptyset, r^{-1}(R_0) = \emptyset, i = \overline{1, l}$ та $l \leq n$.

Маємо зауважити, що l може дорівнювати $0,5n$, щоб отримати накладні витрати списку рекомендацій. Є додаткова можливість отримати список знань, які настійно рекомендується вивчати, і список предметів, які потребують відновлення в пам'яті.

На головній сторінці системи є шапка з логотипом і меню навігації; блок привітання користувача; блок, що описує, що може система і як вона допоможе користувачеві; блок, в якому можна перейти до тестування; і нижній колонтитул, який відображає заголовок, дивіться рисунок 2.

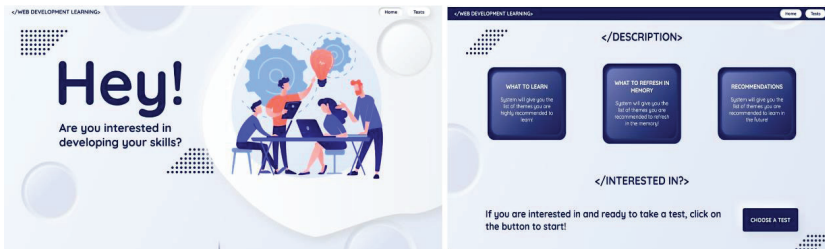


Рис. 2. Зображення екранів: ліворуч – блок привітання користувача, а праворуч – блок, що описує застосування системи

На сторінці тестування системи є шапка з логотипом і навігаційним меню; блок із описом короткої інформації про те, як проходитиме тестування, кількість питань і час, за який його можна виконати; тестовий блок, який відображає запитання та результати; і нижній колонтитул, який відображає заголовок, дивіться рисунок 3.

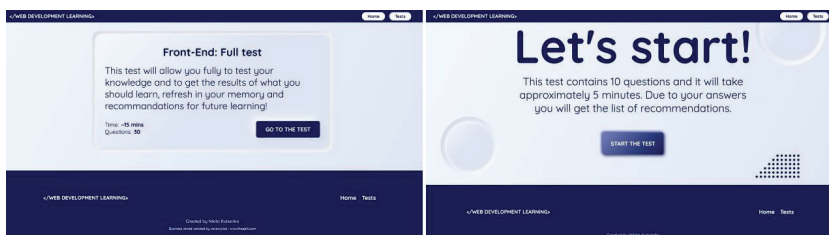


Рис. 3. Зображення екранів: ліворуч – блок для опису короткої інформації про те, як проходитиме тестування, а праворуч – блок початку короткого тестування

Як результат роботи інтелектуальної системи представлені наступні артефакти: список фрагментів знань, які настійно рекомендується вивчати, список предметів, які потребують відновлення пам'яті, і список рекомендацій, дивіться рисунок 4.

На сьогоднішній день якість рекомендацій системи перевірено за допомогою опитування колег, однокурсників і студентів, які навчаються на курсах веб-розробки, на репрезентативній вибірці розміром 70 осіб.

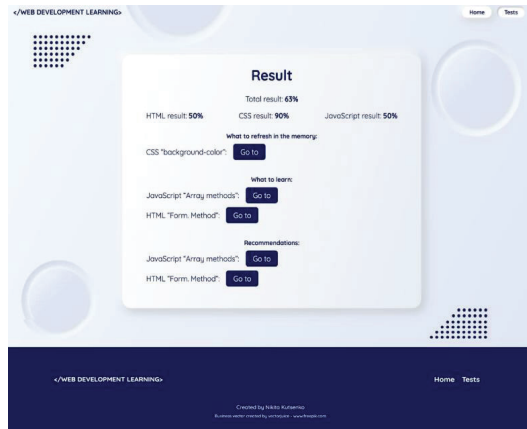


Рис. 4. Зображення екрана, яке містить список тем, які настійно рекомендується вивчити, список тем, які потребують оновлення в пам'яті, і список рекомендацій

Респондентам було запропоновано оцінити систему як особистісно орієнтовану. Відзначимо, що оцінка його орієнтації на тенденції IT-ринку триває, оскільки необхідно спостерігати за респондентами, які після тестування виконали рекомендації, засвоїли запропоновані знання та вийшли на ринок як шукачі роботи. У таблиці 1 представлені результати опитування. Інтерфейс системи та контекст тестових завдань отримали високу оцінку, однак бажано підвищити їх складність.

Таблиця 1

Результати опитування щодо якості рекомендацій (70 респондентів)

Питання опитування	Наскільки зрозумілий інтерфейс для використання системи	Як вам сподобався дизайн системи	Наскільки цікаві питання, які ви проходили під час тестування	Наскільки складними для вас були запитання під час тестування	Чи посилання, надані як рекомендація, є інформативними
Відсоток респондентів, які відповіли позитивно	90	94	80	66	86

Висновки. В умовах стрімкого розвитку ринку праці в IT та постійного зростання попиту на висококваліфікованих спеціалістів необхідно створювати системи, які допоможуть оцінити рівень знань і нададуть відповідні поради для подальших дій, заснованих не тільки на навичках людини, яка бажає розвиватися, а також з урахуванням поточних потреб ринку та прогнозованих тенденцій. Інтелектуальна система, представлена в цьому дослідженні, забезпечує персональну оцінку навичок і здібностей щодо веб-розробки, а також тенденцій IT-ринку з точки зору кількості доступних вакансій для цього типу розробників, їхніх навичок і пропозицій щодо зарплати. Опитування щодо її якості свідчить про досить високий інтерес до такого типу системи та її корисність. У подальших дослідженнях система буде

розширена, щоб отримати більш персоналізований підхід до опитування (стать, вік, освіта, місцезнаходження тощо), більш точний прогноз у сферах покращення на основі більш точного аналізу даних, наданих ІТ-компаніями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Yurchuk, I., Kutsenko, M. (2022). An Intelligent System for Providing Recommendations on the Web Development Learning. In: Babichev, S., Lytvynenko, V. (eds) *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. ISDMCI 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 77. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-82014-5_38
2. Michel M. C. K., King M. C., *Cyber Influence of Human Behavior: Personal and National Security, Privacy, and Fraud Awareness to Prevent Harm*, in: *IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS)*, 15 November 2019, Medford, MA, USA, pp. 1–7.
3. Zachary G. P., *Digital Manipulation and the Future of electoral Democracy in the U.S.*, *IEEE Transactions on Technology and Society* 1 (2) (2020) 104–112.
4. Wilson J. L., *The best web site builders for 2021*, 16 December 2020. URL: <https://www.pcmag.com/picks/the-best-website-builders>.
5. Tzafilkou K., Protogeros N., Chouliara A., *Experiential learning in web development courses: Examining students' performance, perception and acceptance*, *Education and Information Technologies* 25 (2020) 5687–5701. URL:
6. Zhou H. G., Li J., Zhong J.L., *Cultivating Personal Capabilities Based on Problem-Based Learning: A Practice in Web Development*, in: *15th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, 2020, pp. 379–382.
7. Liang Z., *Design of A Web Development Attitudes Survey*, in: *IEEE Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE 2019)*, pp. 1–4. doi:10.1109/TALE48000.2019.9225877.
8. Lau, I. King, *Bilingual Web page and site readability assessment*, in: *Proceedings of the 15th International Conference on World Wide Web*, Edinburgh, Scotland, United Kingdom, 23 May 2006, pp. 993-994.
9. Anquetil R., *Fundamental Concepts for Web Development: HTML5, CSS3, JavaScript and much more!*, Independently published, 2019.
10. Duckett J., *Web Design with HTML, CSS, JavaScript and jQuery Set*, 1st. ed., Wiley, New York, NY, 2014.
11. Haverbeke M., *Eloquent JavaScript*, 3rd. ed., No Starch Press, San Fransisco, USA, 2018.
12. Твердохліб А.О., Корогін Д.С. *Ефективність функціонування комп'ютерних систем при використанні технології блокчейн і баз даних*. Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. 2022.
13. Цвик О.С. *Аналіз і особливості програмного забезпечення для контролю трафіку*. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки, (1). 2023.
14. Simpson K., *You Don't Know JS: Up & Going*, 1st. ed., O'Reilly Media, Sebastopol, California, USA, 2015.
15. Krug S., *Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability*, 2nd. ed., New Riders, Berkeley, California, USA, 2006.

REFERENCES:

1. Yurchuk, I., Kutsenko, M. (2022). An Intelligent System for Providing Recommendations on the Web Development Learning. In: Babichev, S., Lytvynenko, V. (eds) *Lecture Notes in Computational Intelligence and Decision Making. ISDMCI 2021. Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 77. Springer, Cham. [in English].

2. M. C. K. Michel, M. C. King, (2019) Cyber Influence of Human Behavior: Personal and National Security, Privacy, and Fraud Awareness to Prevent Harm, in: IEEE International Symposium on Technology and Society (ISTAS), 15 November 2019, Medford, MA, USA , pp. 1–7. [in English].
 3. G. P. Zachary, (2020) Digital Manipulation and the Future of electoral Democracy in the U.S., IEEE Transactions on Technology and Society 1 (2) 104–112. [in English].
 4. J. L. Wilson (2020) The best web site builders for 2021, 16 December 2020. URL: <https://www.pcmag.com/picks/the-best-website-builders>. [in English].
 5. K. Tzafilkou, N. Protogeros, A. Chouliara, (2020) Experiential learning in web development courses: Examining students' performance, perception and acceptance, Education and Information Technologies 25 5687–5701. URL: [in English].
 6. H. G. Zhou, J. Li, J.L. Zhong, (2020) Cultivating Personal Capabilities Based on Problem-Based Learning: A Practice in Web Development, in: 15th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), pp. 379–382. [in English].
 7. Z. Liang (2019) Design of A Web Development Attitudes Survey, in: IEEE Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE 2019), pp. 1–4. [in English].
 8. Lau, I. King, (2006) Bilingual Web page and site readability assessment, in: Proceedings of the 15th International Conference on World Wide Web, Edinburgh, Scotland, United Kingdom, 23 May 2006, pp. 993-994. [in English].
 9. R. Anquetil (2019) Fundamental Concepts for Web Development: HTML5, CSS3, JavaScript and much more!, Independently published. [in English].
 10. J. Duckett (2014) Web Design with HTML, CSS, JavaScript and jQuery Set, 1st. ed., Wiley, New York, NY. [in English].
 11. M. Haverbeke, Eloquent JavaScript, 3rd. ed., (2018) No Starch Press, San Francisco, USA. [in English].
 12. Tverdokhlib A.O., Korotin D.S. Efektyvnist funktsionuvannia kompiuternykh system pry vykorystanni tekhnolohii blokchein i baz dannykh. Tavriiskyi naukovi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky, 2022, (6) [in Ukrainian].
 13. Tsvyk O.S. Analiz i osoblyvosti prohramnoho zabezpechennia dlia kontroliu trafiku. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Serii: Tekhnichni nauky, 2023, (1) [in Ukrainian].
 14. K. Simpson (2015) You Don't Know JS: Up & Going, 1st. ed., O'Reilly Media, Sebastopol, California, USA. [in English].
 15. S. Krug (2006) Don't Make Me Think: A Common Sense Approach to Web Usability, 2nd. ed., New Riders, Berkeley, California, USA. [in English].
-

УДК 004.852

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.9>

НЕЙРОЕВОЛЮЦІЙНИЙ МЕТОД КОЛОКАЦІЇ РОЗВ'ЯЗАННЯ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ

Ярош А. О. – аспірантка кафедри програмної інженерії
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0009-0003-3495-9009

Кудін О. В. – кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри програмної інженерії
Запорізького національного університету
ORCID ID: 0000-0002-5917-9127

Важливість розвитку наближених методів розв'язання диференціальних рівнянь визначається їхнім широким застосуванням у важливих галузях науки та техніки. Факт того, що багато фізичних та інженерних явищ можна математично описати диференціальними рівняннями, але часто важко знайти їхні аналітичні розв'язки, робить чисельні методи наближеного розв'язання критично важливими. Ці методи необхідні для комп'ютерного моделювання та симуляції складних технічних систем. Враховуючи широкий спектр різновидів диференціальних рівнянь, наближені методи стають універсальним інструментом, адаптованим для вирішення складних задач у різних галузях, та дозволяють краще враховувати вимоги сучасних обчислювальних технологій.

Застосування нейронних мереж для наближеного розв'язання диференціальних рівнянь представляє собою перспективний напрямок в галузі наукового моделювання. Нейронні мережі з додаванням фізичної інформації у вигляді складної функції втрат є інноваційним підходом, що об'єднує традиційні методи розв'язання фізичних задач із сучасними техніками глибокого навчання. У цьому підході, нейронна мережа, яка зазвичай використовується для апроксимації функцій, отримує на вхід не лише вхідні дані, але й фізичну інформацію про систему чи процес, яку вона моделює. Ця фізична інформація може бути включена у вигляді додаткових параметрів, обмежень чи рівнянь. Складна функція втрат враховує якість апроксимації нейронною мережею, а також фізичні принципи задачі. Це дозволяє нейронним мережам адаптуватися до фізичних обмежень і забезпечує наближене розв'язання задач, враховуючи важливі аспекти фізичної структури. В роботі досліджується можливість застосування генетичних алгоритмів для налаштування гіперпараметрів нейронних мереж, що апроксимують невідому функцію.

Ключові слова: чисельні методи, нейронні мережі, генетичний алгоритм, апроксимація.

Yarosh A. O., Kudin O. V. Neuroevolutionary collocation method for solving differential equations

The importance of the development of numerical methods for solving differential equations is determined by their wide application in important fields of science and technology. The fact that many physical and engineering phenomena can be mathematically described by differential equations, but it is often difficult to find their analytical solutions. This makes numerical methods of approximate solution crucial. These methods are necessary for computer modeling and simulation of complex technical systems. Taking into account the wide range of types of differential equations, approximate methods become a universal tool, adapted to solve complex problems in various fields, and allow better consideration of the requirements of modern computing technologies.

The use of neural networks for the approximate solution of differential equations is a promising direction in the field of scientific modeling. Neural networks with the addition of physical information in the form of a complex loss function are an innovative approach that combines traditional methods of solving physical problems with modern techniques of deep learning. In this approach, a neural network, which is typically used to approximate functions, receives as input not only input data but also physical information about the system or process it is modeling.

This physical information can be included as additional parameters, constraints, or equations. The complex loss function takes into account the quality of approximation by the neural network, as well as the physical principles of the problem. This allows neural networks to adapt to physical constraints and provides an approximate solution of problems, taking into account important aspects of the physical structure. The paper examines the possibility of applying genetic algorithms to adjust the hyperparameters of neural networks approximating an unknown function.

Key words: numerical methods, neural networks, genetic algorithms, approximation.

Вступ. Нейронні мережі набули широкого поширення останніми роками в таких сферах як автоматичний переклад, комп'ютерний зір тощо. Однак, на цьому ефективні застосування нейромережових моделей не обмежуються. Використання нейронних мереж у інженерних задачах включає прогнозування та оптимізацію, керування та автоматизацію, обробку сигналів та візуальне розпізнавання, проектування та імітацію, а також дослідження та розробку нових технологій. Так, наприклад, робота [1] містить розв'язання задачі ідентифікації параметрів авіаційного двигуна ТВ3-117 у бортових умовах із застосуванням нейронних мереж. У загальному випадку, в інженерних застосуваннях, зазвичай, використовуються математичні моделі, які описуються диференціальними рівняннями як лінійними, так і нелінійними [2].

Наближені методи розв'язання крайових задач для диференціальних рівнянь та систем з частинними похідними, такі як метод Рітца, Гальоркіна, колокації або скінченних елементів добре обґрунтовані та мають велику кількість застосувань для різних задач [3].

Постановка задачі. Останніми роками у наукових обчисленнях сформувався напрям “scientific machine learning” (SciML) або “Physics-informed machine learning” (PIML) [4, 5], особливістю якого є застосування методів машинного навчання у моделюванні вимогливих до ресурсів наукових задач. Основою для таких методів є теореми про збіжність апроксимації нейронними мережами [6]. Ідея цих підходів полягає у заміні невідомої функції та її похідних нейронною мережею, далі виконуються операції, специфічні для кожного методу (Рітца, Гальоркіна або колокації) [7, 8]. Результатом є нейронна мережа з параметрами, що відповідають диференціальному рівнянню та крайовим умовам. Такі варіанти класичних методів отримують назву глибинних [9–17].

Застосування нейронної архітектури додає чисельним методам такі переваги [5]:

- штучні нейронні мережі дозволяють апроксимувати нелінійні залежності довільної складності, налаштування параметрів мережі відбувається під час навчання;
- такі методи є загальними і можуть бути застосованими до звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у частинних похідних;
- ефективно працюють на задачах високої розмірності;
- глибинні методи можуть бути ефективно реалізовані на паралельних архітектурах.

До недоліків можна віднести:

- необхідність налаштування гіперпараметрів нейромереж, що може бути обчислювально складною задачею;
- недостатня точність глибинних методів у порівнянні з класичними;

Актуальною задачею є розвиток обчислювальних методів розв'язання диференціальних рівнянь та їх систем у напрямі розширення застосування нейромереж для розв'язання фізичних та інженерних задач, сформульованих у вигляді диференціальних рівнянь.

Мета дослідження. Метою даної роботи є розробка варіанта нейромережевого методу колокації з використанням генетичного алгоритму для оптимізації гіперпараметрів нейромережі.

Об'єктом дослідження є процес розв'язання диференціальних рівнянь засобами нейромережевих методів. Гіпотеза дослідження полягає в тому, що використання еволюційних методів пошуку гіперпараметрів нейромереж, які є апроксимаціями шуканих функцій, може збільшити точність розв'язку. Припускається, що використання нейромережевого варіанта методу колокації з генетичною оптимізацією мережі підвищить точність алгоритму на тестовій задачі. Основними критеріями є точність побудованого розв'язку та збіжність генетичного алгоритму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Статтю [7] присвячено розробці загального методу розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у частинних похідних, який використовує нейронні мережі для апроксимації невідомої функції. Використовується мережа прямого поширення сигналу, параметри якої налаштовуються при мінімізації відповідної функції втрат. В свою чергу, функція втрат складається з двох частин. Перший член відповідає початковим або граничним умовам задачі. Другий член задає нейронну мережу, яка повинна задовольняти диференціальному рівнянню. Особливість цього методу полягає в тому, що розв'язок представляється у замкнутій диференційованій формі, яку можна використовувати у подальших обчисленнях. В той час як традиційні методи пропонують дискретний розв'язок (метод Рунге-Кутта, послідовних наближень тощо). Демонструється збіжність запропонованого методу з точними розв'язками модельних задач.

В роботі [8] розробляється підхід до навчання нейронних мереж на основі даних, що описують деякий фізичний процес. Автори пропонують використовувати апріорні знання про відповідні фізичні закони та гіпотетичні залежності як регуляризатори функції втрат нейромережі. В залежності від характеристик наявних даних, розроблено два типи моделей: з неперервною та дискретною часовою шкалою. Перший тип може використовуватись для апроксимації просторово-часових функцій. Моделі другого типу передбачають ітераційний процес з кроком за часом. В роботі розглянуто параметричні та нелінійні диференціальні рівняння в частинних похідних.

Стаття [9] присвячено розробці нейромережевого варіанта методу Гальоркіна розв'язання багатовимірних параболічних диференціальних рівнянь. Цей варіант методу в цілому відповідає класичному підходу та має такі основні етапи: невідома функція замінюється нейронною мережею, із застосуванням методу автоматичного диференціювання обчислюються необхідні похідні; формується цільова функція, яка є комбінацією квадратичних відхилень значень рівняння та граничних умов; генерується випадкова множина пробних точок з області визначення шуканої функції та граничних умов; обчислюється значення нев'язок цільової функції у випадкових точках; застосовується крок градієнтного спуску до значень параметрів нейронної мережі, причому параметр швидкості навчання зменшується зі зростанням кількості ітерацій алгоритму. Отже, нейромережевий варіант методу Гальоркіна замінює базисні функції на нейронну мережу. Під час навчання мережі стохастичним градієнтним спуском налаштовуються параметри нейромережі з урахуванням диференціального рівняння та крайових умов.

Нейромережевий варіант методу Рітца пропонується в роботі [10]. Основна ідея цього підходу також схожа на попередні з врахуванням того, що цей метод застосовується для варіаційних задач. Функції апроксимації замінюються на

нейромережу з параметрами, які налаштовуються під час навчання методом градієнтного спуску.

Робота [11] присвячена адаптації нейромереж до метода колокації на прикладі розв'язання задачі згину тонких квадратних та круглих пластин. Результати обчислювальних експериментів демонструють узгодженість прогнозованої деформації пластини з точним розв'язком. Зазначається, що збільшення кількості шарів нейронної мережі прямого поширення сигналу та кількості нейронів в них, прогнозоване значення наближається до точного. При цьому, використовувались випадкові точки колокації, середня квадратична похибка для оцінки функції втрат та варіант метода градієнтного спуску з адаптивною швидкістю навчання.

Бібліотека розв'язання диференціальних рівнянь DeepXDE, яка є Python реалізацією підходу на основі нейронних мереж з додатковою фізичною інформацією розглядається в статті [12]. Пропонується метод адаптивного уточнення та основні залишків. Результати моделювання порівнюються з методом скінченних елементів. Розглядається задачі апроксимації заданої функції нейронною мережею, розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у частинних похідних, а також обернена проблема диференціальних рівнянь в частинних похідних. Бібліотека широко застосовується у наукових дослідженнях, зокрема в [13] фізично-інформовані нейронні мережі застосовуються в задачах оптимізації.

В [14] мережі з додатковою фізичною інформацією застосовуються для розробки системи неперервного моніторингу стану механічної системи на основі даних. Розв'язується задача прогину балки Ейлера-Бернуллі. Розглядається розподілене поперечне та точкове навантаження. Результати порівнюються з аналітичним та скінченно-елементним розв'язками, продемонстрована задовільна збіжність нейромережевого метода.

Роботу [15] присвячено використанню функціоналу першого порядку методу найменших квадратів у якості функції втрат нейромережі прямого поширення сигналу. Метод використовується для розв'язання еліптичних диференціальних рівнянь.

В статті [16] представлено архітектуру нейромережі динамічного глибокого навчання на основі методу скінченних елементів для розв'язання лінійних параметричних диференціальних рівнянь з частинними похідними. Під час уточнення сітки зв'язки між нейронами в архітектурі мережі імітують графік зв'язності скінченних елементів. Розглянуто декілька функцій втрат. Метод реалізовано для просторової області 1D.

Нейронні мережі радіально базисних функцій (РБФ мережі) з фізичною інформацією розробляються в роботі [17]. На відміну від глибоких нейронних мереж, радіальна базисна мережа містить тільки один прихований шар і відповідно радіальні базисні функції активації. Продемонстровано, що даний тип мереж з використанням методів градієнтного спуску є збіжним. Чисельні приклади показали, що РБФ мережі є більш ефективним у розв'язанні нелінійних диференціальних рівнянь в частинних похідних, ніж глибинні нейромережі з фізичною інформацією.

Можна зробити висновок, що нейронні мережі різних архітектур з успіхом застосовуються для розв'язання звичайних диференціальних рівнянь та рівнянь у частинних похідних. Особливістю є те, що шукані функції апроксимуються нейромережами, частіше, прямого поширення сигналу. Рівняння та крайові умови, зазвичай, входять у функції втрат як додаткові регуляризатори. Для оптимізації часто використовуються різні адаптивні варіанти метода градієнтного спуску.

Обчислювальні експерименти демонструють задовільні результати для лінійних рівнянь, навіть, коли невідома функція має велику розмірність. Менше висвітлено питання розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь засобами глибинних методів. В розглянутих роботах не приділено уваги питанню пошуку оптимальних наборів гіперпараметрів, які задають структуру нейромережі, а отже, впливають на точність розв'язання. В той же час, налаштування гіперпараметрів нейромережі є критичним кроком у розв'язанні практичних завдань за допомогою глибокого навчання. Гіперпараметри включають різноманітні аспекти, такі як архітектурні рішення (кількість шарів, нейронів, функції активації), розміри пакетів для тренування та інші.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ідея нейромережевого метода колокації для розв'язання диференціальних рівнянь полягає у заміні шуканої функції на нейромережу. Без обмеження загальності, розглянемо приклад роботи алгоритму для диференціального рівняння другого порядку [3].

$$L[y] \equiv \frac{d^2 y}{dx^2} + g(x) \frac{dy}{dx} + h(x)y = f_0(x),$$

крайові умови мають вигляд

$$\Gamma_a \equiv \pm_1 \frac{dy}{dx}(a) + \pm_2 y(a) = A,$$

$$\Gamma_b \equiv \beta_1 \frac{dy}{dx}(b) + \beta_2 y(b) = B,$$

де \pm_1, \pm_2 – деякі константи, причому $|\alpha_1| + |\alpha_2| \neq 0, |\beta_1| + |\beta_2| \neq 0$.

Отже, згідно класичного методу колокації, наближений розв'язок представляється у вигляді лінійної комбінації незалежних функцій $u_0(x), u_1(x), \dots, u_n(x)$. Функції обираються так, щоб вони задовольняли крайові умови Γ_a, Γ_b .

Наближений розв'язок визначається так:

$$\bar{y}(x) = u_0(x) + \sum_{i=1}^n c_i u_i(x).$$

Нев'язки в цьому випадку мають вигляд

$$R(x, c_1, \dots, c_n) \equiv L[\bar{y}] - f_0(x) = L[u_0] - f_0(x) + \sum_{i=1}^n c_i L[u_i].$$

Константи c_i визначаються з системи лінійних алгебраїчних рівнянь

$$R(x_1, c_1, \dots, c_n) = 0,$$

$$R(x_2, c_1, \dots, c_n) = 0,$$

$$R(x_n, c_1, \dots, c_n) = 0.$$

Де x_1, x_2, \dots, x_n – деякий набір точок з відрізка $[a, b]$, так звані, точки колокації.

Особливість нейромережевого методу в тому, що невідома функція замінюється на нейронну мережу $W(x, \Theta)$, де Θ – гіперпараметри мережі [11]:

$$G(W(x, \Theta)) \equiv \frac{d^2 W(x, \Theta)}{dx^2} + g(x) \frac{dW(x, \Theta)}{dx} + h(x)W(x, \Theta) = f_0(x),$$

$$\Gamma_a \equiv \alpha_1 \frac{dW(x, \Theta)}{dx}(a) + \alpha_2 W(a, \Theta) = A,$$

$$\Gamma_b \equiv \beta_1 \frac{dW(x, \Theta)}{dx}(b) + \beta_2 W(b, \Theta) = B.$$

Функція втрат визначається як середнє квадратичне відхилення (Mean Squared Error, MSE) результатів нейромережі від правої частини відповідно диференціального рівняння та крайових умов:

$$MSE = MSE_G + MSE_{G_a} + MSE_{G_b}.$$

Така функція втрат і є поширеним способом інтегрувати в нейромережу додаткову фізичну інформацію.

Для автоматизації пошуку оптимальних нейронних мереж, широко використовуються еволюційні алгоритми [18], зокрема, класичні генетичні алгоритми Дж. Г. Голланда [19].

Процес використання генетичного алгоритму може включати такі етапи [19].

1. Визначення простору гіперпараметрів. Визначаються гіперпараметри нейромережі, які підлягають оптимізації. Це може включати, наприклад, кількість шарів та нейронів в нейромережі, швидкість навчання, розміри пакетів для тренування, тип функцій активації тощо.

2. Створення початкової популяції. Генерується випадковий набір параметрів для нейромережі, який складає початкову популяцію. Кожен варіант параметрів представляє індивіда в популяції.

3. Оцінка пристосованості. Кожен індивід у популяції оцінюється за якістю його моделі на валідаційному наборі даних. Це може включати оцінку точності, витрати функції, чи інші метрики відповідно до конкретної задачі.

4. Вибір батьківських розв'язків. Вибираються індивіди для розмноження (створення нащадків) на основі їхньої пристосованості. Індивіди з вищою пристосованістю мають більше шансів бути обраними для розмноження.

5. Створення нащадків. Застосовуються генетичні оператори, такі як кросовер (комбінування частин гіперпараметрів батьків), мутація (випадкові зміни гіперпараметрів) та інші, для створення нової популяції.

6. Оцінка пристосованості нової популяції. Нова популяція оцінюється на валідаційному наборі даних, і цей процес повторюється протягом кількох поколінь.

7. Зупинка. Процес триває до досягнення задовільного рівня пристосованості або до вичерпання кількості поколінь.

Отже, основні оператори генетичного алгоритму: оператор відбору, кросовер та оператор мутації. Оператор відбору визначає, які особини обираються для подальших операцій, таких як кросовер чи мутація. Кросовер використовується для обміну генетичною інформацією між батьками, створюючи елементи наступної популяції. Мутація вносить випадкові зміни в генетичні коди потенційних розв'язків.

Генетичні алгоритми є ефективним ітеративним методом для глобальної оптимізації, і в їхньому використанні для налаштування гіперпараметрів нейромереж полягає можливість обійти простір гіперпараметрів та знаходити оптимальні комбінації для досягнення кращих результатів на валідаційних даних.

Формально, початковий стан алгоритму *Gen* генетичного пошуку можна описати у вигляді такої функції [19]:

$$Gen = Gen(P_0, N, L, f, \Omega, \Psi, \vartheta, T),$$

де $P_0 = \{H_1^0, H_2^0, \dots, H_N^0\}$ – початкова популяція – певна початкова комбінація гіперпараметрів, поданих у вигляді хромосом; $H_j^0 = \{h_{1j}^0, h_{2j}^0, \dots, h_{L_j}^0\}$ – j -та хромосома популяції, набір значень гіперпараметрів, поданих у вигляді генів; h_{ij}^0 – i -ий ген j -ої хромосоми популяції P_0 – тобто, значення i -го оптимізованого параметру

задачі, що входить в j -те рішення; N – кількість хромосом в популяції; L – довжина хромосом, кількість генів; f – цільова функція; \odot – оператор відбору; Ψ – оператор схрещування; Θ – оператор мутації; T – критерії зупинення.

В термінах цього підходу, хромосома є закодованим варіантом нейронної мережі певної структури, тобто гени хромосоми відповідають певним гіперпараметрам мережі: 1) тип ініціалізатора ядра; 2) тип ініціалізатора зсуву; 3) кількість шарів; 4) кількість нейронів (однакова для кожного шару); 5) тип оптимізатора; 6) розмір пакету навчання; 7) тип функції активації; 8) швидкість навчання.

Всі гени кодуються цілими числами. Тип кросовера – одноточковий. Тип мутації – випадковий. Ймовірність мутації – 70%, 60% генів піддаються мутації.

Приклад. Розв'яжемо рівняння $\frac{dy}{dx} = y(x)x + y(x)^2$, $y(1) = 1$.

Точний розв'язок в спеціальних функціях має такий вигляд (<https://cutt.ly/tZXpJHM>):

$$y = \frac{e^{\frac{x^2}{2}}}{-\sqrt{2\pi} \operatorname{erfi}\left(\frac{x}{\sqrt{2}}\right) + \sqrt{2\pi} \operatorname{erfi}\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) + 2\sqrt{e}}$$

де $\operatorname{erfi}(\)$ – функція помилок Гауса.

Збіжність значень генів подаються на рисунку 1.

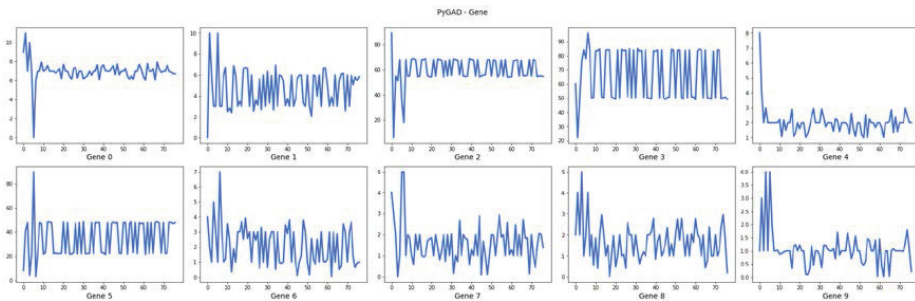


Рис. 1. Значення генів за генераціями

З рисунку 1 можна побачити збіжність значень генів при зростанні номера популяції, тобто структура нейронної мережі є відносно стійкою від генерації до генерації.

Чисельний розв'язок в десяти точках наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати чисельного експерименту

Точка колокації	Точний розв'язок	Наближений розв'язок
0	0.35166	0.37413
0.1	0.36632	0.38202
0.2	0.38610	0.40259
0.3	0.41197	0.43815

Продовження табл. 1

0.4	0.44529	0.48927
0.5	0.48800	0.55465
0.6	0.54280	0.63163
0.7	0.61364	0.71712
0.8	0.70640	0.80831
0.9	0.83024	0.90308
1.0	1.00000	1.00000

Порівняння наближеного та точного розв'язку наведено на рисунку 2.

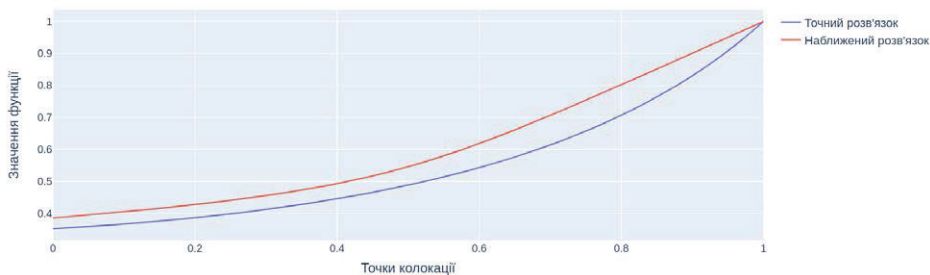


Рис. 2. Точний та наближений розв'язок

Висновки. Отже, в роботі запропоновано розширення алгоритму [11] з використанням генетичного алгоритму. Результати свідчать про збіжність алгоритму, відносна точність наближення в даному обчислювальному експерименті 10%. Програмну реалізацію наведено у Google Colab ноутбучі (<https://cutt.ly/DwXUHQcJ>).

Перспективи подальших досліджень пов'язані з розвитком нейроволюційних методів та розширенням на більш загальну область інженерних задач, наприклад, будівельну механіку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Vladov S., Shmelov Yu., Kotliarov K., Hrybanova S., Husarova O., Derevyanko I., Chyzhova L. Onboard parameter identification method of the TV3-117 aircraft engine of the neural network technologies. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 5/2019 (118), 2019. Р. 90-96.
2. Edwards C.H., Penney D.E., Calvis D.T. Differential Equations and Boundary Value Problems: Computing and Modeling. Boston: Pearson, 2014. 797p.
3. Pinder G.F. Numerical Methods for Solving Partial Differential Equations. John Wiley & Sons, Inc., 2018.
4. Karniadakis G.E., Kevrekidis I.G., L.Lu, P. Perdikaris, Wang S., Yang L., Physics-informed machine learning, Nat Rev Phys, vol. 3, no. 6, pp. 422–440, 2021, doi: 10.1038/s42254-021-00314-5.
5. Willard J., Jia X., Xu S., Steinbach M., Kumar V. Integrating Scientific Knowledge with Machine Learning for Engineering and Environmental Systems. ACM Comput. Surv., 2022, <https://doi.org/10.1145/3514228>
6. Cybenko G.V. Approximation by Superpositions of a Sigmoidal function, Mathematics of Control, Signals and Systems, , 1989, vol. 2 no. 4 pp. 303-314

7. Lagaris I.E., Likas A., Fotiadis D.I. Artificial Neural Networks for Solving Ordinary and Partial Differential Equations. *arXiv:physics/9705023v1*, 1997, <https://doi.org/10.1109/72.712178>
8. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G.E. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. *Journal of Computational Physics* 378, 2019, 686–707.
9. Sirignano J., Spiliopoulos K. DGM: A deep learning algorithm for solving partial differential equations. *arXiv:1708.07469v5*, 2018.
10. Weinan E, Bing Yu. The Deep Ritz Method: A Deep Learning-Based Numerical Algorithm for Solving Variational Problems. *Commun. Math. Stat.*, 2018, 6:1–12. <https://doi.org/10.1007/s40304-018-0127-z>
11. Hongwei Guo, Timon Rabczuk, and Xiaoying Zhuang. A Deep Collocation Method for the Bending Analysis of Kirchhoff Plate. *arXiv:2102.02617v1*, 2021.
12. Lu Lu, Xuhui Meng, Zhiping Mao, George Em Karniadakis. DEEPXDE: A Deep Learning Library For Solving Differential Equations. *arXiv:1907.04502v2*, 2020.
13. Seo J. Solving real-world optimization tasks using physics-informed neural computing. *Scientific Reports*, 14(1), 202, 2024.
14. Radbakhsh S.H., Zandi K., Nikbakht M.. Physics-informed neural network for analyzing elastic beam behavior. *Structural Health Monitoring*, 2023.
15. Cai Z., Chen J., Liu M., Liu X., Deep least-squares methods: An unsupervised learning-based numerical method for solving elliptic PDEs, *J. Comput. Phys.* 420, 2020, 109707, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcp.2020.109707>.
16. Uriarte C., Pardo D., Omella A.J. A Finite Element based Deep Learning solver for parametric PDEs. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 391, 2022, 114562, <https://doi.org/10.1016/j.cma.2021.114562>
17. Bai J., Liu G.-R., Gupta A., Alzubaidi L., Feng X.-Q., Gu Y. Physics-informed radial basis network (PIRBN): A local approximation neural network for solving nonlinear PDEs, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 415, 2023. ISSN 0045-7825, <https://doi.org/10.1016/j.cma.2023.116290>.
18. Galvan E., Mooney P. Neuroevolution in Deep Neural Networks: Current Trends and Future Challenges, 2020. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.05415>
19. Holland J. *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor : University of Michigan Press, 1975. 183 p.

REFERENCES:

1. Vladov S., Shmelov Yu., Kotliarov K., Hrybanova S., Husarova O., Derevyanko I., Chyzhova L. (2019) Onboard parameter identification method of the TV3-117 aircraft engine of the neural network technologies. *Visnyk KrNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. Issue 5 (118). P. 90-96.
2. Edwards C.H., Penney D.E., Calvis D.T. (2014) *Differential Equations and Boundary Value Problems: Computing and Modeling*. Boston: Pearson. 797p.
3. Pinder G.F (2018) *Numerical Methods for Solving Partial Differential Equations*. John Wiley & Sons, Inc.
4. Karniadakis G.E., Kevrekidis I.G., Lu L., Perdikaris P., Wang S., Yang L. (2021) Physics-informed machine learning, *Nat Rev Phys*, vol. 3, no. 6, pp. 422–440, doi: 10.1038/s42254-021-00314-5.
5. Willard J., Jia X., Xu S., Steinbach M., Kumar V. (2022) Integrating Scientific Knowledge with Machine Learning for Engineering and Environmental Systems. *ACM Comput. Surv.*, <https://doi.org/10.1145/3514228>
6. Cybenko G.V. (1989) Approximation by Superpositions of a Sigmoidal function, *Mathematics of Control, Signals and Systems*, vol. 2 no. 4 pp. 303-314
7. Lagaris I.E., Likas A., Fotiadis D.I. (1997) Artificial Neural Networks for Solving Ordinary and Partial Differential Equations. *arXiv:physics/9705023v1*, <https://doi.org/10.1109/72.712178>

8. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G.E. (2019) Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. *Journal of Computational Physics* 378, 686–707.
 9. Sirignano J., Spiliopoulos K. (2018) DGM: A deep learning algorithm for solving partial differential equations. arXiv:1708.07469v5
 10. Weinan E, Bing Yu. (2018) The Deep Ritz Method: A Deep Learning-Based Numerical Algorithm for Solving Variational Problems. *Commun. Math. Stat.*, 6:1–12. <https://doi.org/10.1007/s40304-018-0127-z>
 11. Hongwei Guo, Timon Rabczuk, Xiaoying Zhuang. (2021) A Deep Collocation Method for the Bending Analysis of Kirchhoff Plate. arXiv:2102.02617v1
 12. Lu Lu, Xuhui Meng, Zhiping Mao, George Em Karniadakis. (2020) DEEPXDE: A Deep Learning Library For Solving Differential Equations. arXiv:1907.04502v2
 13. Seo J. (2024) Solving real-world optimization tasks using physics-informed neural computing. *Scientific Reports*, 14(1), 202.
 14. Radbakhsh S.H., Zandi K., Nikbakht M. (2023) Physics-informed neural network for analyzing elastic beam behavior. *Structural Health Monitoring*.
 15. Cai Z., Chen J., Liu M., Liu X. (2020) Deep least-squares methods: An unsupervised learning-based numerical method for solving elliptic PDEs, *J. Comput. Phys.* 420, 109707, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcp.2020.109707>.
 16. Uriarte C., Pardo D., Omella A.J. (2022) A Finite Element based Deep Learning solver for parametric PDEs. *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* 391, 114562, <https://doi.org/10.1016/j.cma.2021.114562>
 17. Bai J., Liu G.-R., Gupta A., Alzubaidi L., Feng X.-Q., Gu Y. (2023) Physics-informed radial basis network (PIRBN): A local approximation neural network for solving nonlinear PDEs, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 415. ISSN 0045-7825, <https://doi.org/10.1016/j.cma.2023.116290>.
 18. Galvan E., Mooney P. (2020) Neuroevolution in Deep Neural Networks: Current Trends and Future Challenges. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2006.05415>
 19. Holland J. (1975) *Adaptation in natural and artificial systems*. Ann Arbor : University of Michigan Press. 183 p.
-

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEM ANALYSIS

УДК 338.432

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.10>

УДОСКОНАЛЕННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ В СИСТЕМІ ПІДТРИМКИ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МАЛОГО БІЗНЕСУ

Лобода О. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри менеджменту, маркетингу та інформаційних технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0001-9826-9443

У статті показано, що процес стратегічного управління на малих підприємствах є неформалізованим і, головним чином, ґрунтується на знаннях керівника серед інших завдань. Акцентується на актуальності завдання створення інформаційної системи для управління рішеннями, яка, заснована на плануванні фінансового стану малого підприємства, повинна допомагати керівнику раціонально розподіляти фінансові ресурси. Розроблений новий підхід до вирішення цього завдання через створення механізмів та інструментів для підтримки процесу прийняття інвестиційних рішень в малих бізнесів, з використанням процедури ситуаційного аналізу ринку як складної соціально-економічної системи в умовах невизначеності. Представлена імітаційна модель системи управління, розглянута як ключовий елемент системи підтримки прийняття рішень, що визначає ефективність рішень. Дослідження базується на інтеграції парадигми багатоагентних систем в якості моделі системи управління, побудованої за допомогою індуктивних суджень агентів та інструментів нечіткого логічного висновку для обробки невизначеної інформації. Проаналізовано, що в рамках створення таких інформаційних продуктів доцільно враховувати використання елементів соціалізації бізнес-процесів для створення додатків, які були б не лише зручними, але й ефективними інструментами. Крім того, на основі накопичення та аналізу даних статистичних баз даних система повинна мати можливість проводити комплексний аналіз по галузі, що розширює можливості для прийняття рішень потенційним інвесторам та менеджерам. Вказано, що запропонований підхід підвищує обґрунтування застосованих управлінських рішень на основі методології багатоагентного програмування, процедур нечіткого логічного висновку та прийняття рішень в умовах невизначеності. Результати підтверджують використання нечітких логічних методів для обробки нечіткої інформації та формування нечітких логічних висновків в системі підтримки прийняття рішень, що робить його перспективним для оцінки ситуаційних стратегій та розробки ефективних управлінських рішень.

Ключові слова: інформаційні технології, управлінські рішення, інтегрована система, моделювання, система управління, малий бізнес.

Loboda O. M. Improvement of the simulation model in the management decision support system at small business enterprises

The article shows that the process of strategic management in small enterprises is informal and is mainly based on the manager's knowledge among other tasks. Emphasis is placed on the relevance of the task of creating an information system for decision management, which, based on the planning of the financial state of a small enterprise, should help the manager to rationally allocate financial resources. A new approach to solving this task has been developed through the creation of mechanisms and tools to support the process of making investment decisions in small businesses, using the procedure of situational analysis of the market as a complex socio-economic system in conditions of uncertainty. The simulation model of the management system is presented, considered as a key element of the decision support system, which determines the effectiveness of decisions. The study is based on the integration of the paradigm of multi-agent systems as a model of the control system, built with the help of inductive judgments of agents and tools of fuzzy logical inference for processing uncertain information. It was analyzed that in the framework of creating such information products, it is advisable to take into account the use of elements of socialization of business processes to create applications that would be not only convenient, but also effective tools. In addition, based on the accumulation and analysis of data from statistical databases, the system should be able to conduct a comprehensive analysis of the industry, which expands the opportunities for decision-making by potential investors and managers. It is indicated that the proposed approach increases the justification of applied management decisions based on the methodology of multi-agent programming, procedures of fuzzy logical conclusion and decision-making in conditions of uncertainty. The results confirm the use of fuzzy logic methods for processing fuzzy information and forming fuzzy logical conclusions in a decision support system, which makes it promising for evaluating situational strategies and developing effective management solutions.

Key words: information technologies, management solutions, integrated system, modeling, management system, small business.

Вступ. В сучасному світі однією з ключових галузей в сфері інформаційних технологій є автоматизація управління підприємством та розробка інформаційних систем для бізнесу. На ринку широко представлені та активно розвиваються різні класи інформаційних систем, такі як ERP (корпоративні інформаційні системи), BMR (системи управління процесами), CRM (системи управління відносинами з клієнтами), HD (системи управління технічною підтримкою співробітників), HRM (системи управління персоналом) та інші [1, с. 158–164].

Більша частина рішень ERP відноситься до категорії важких систем через широкий спектр задач, які вони вирішують, велику функціональність, високу вартість та тривалі терміни впровадження. Проте серед невеликих підприємств, які відносяться до малого бізнесу та активно обробляють інформацію, існує значна потреба в упорядкуванні та автоматизації інформаційних процесів. Зазначено, що на ринку практично відсутні інформаційні системи для аналізу фінансового та господарського стану малих підприємств, які б були орієнтовані на малий бізнес або мали більш доступну вартість.

Такі малі підприємства, як комп'ютерні магазини, постачальники обладнання, веб-студії, рекламні агентства та інші, є прикладами компаній, які активно обробляють інформацію та потребують упорядкування та автоматизації своїх інформаційних процесів.

Серед від'ємних рис таких компаній виділяється велика роль інформаційних процесів у керуванні, різноманіття видів даних, обмежена кількість співробітників, обмежена кількість рівнів управління та їх учасників, низька складність бізнес-процесів, простота бухгалтерського обліку, активне використання надомної праці та технології мобільного офісу [2, с. 32–46].

Дослідження показує, що аналітичні системи найчастіше застосовуються на середніх та великих підприємствах, а малі підприємства, зазвичай, не виявляють інтересу до використання таких інструментів. Основна причина полягає в тому,

що на малих підприємствах стратегічне управління часто неформалізоване та не розглядається як окрема задача, а відбувається на рівні знань керівника серед інших завдань [3, с. 112–148]. Для більшості з них головною стратегією є стратегія виживання.

Постановка задачі. Наша постановка задачі вказує на важливість розробки інформаційної системи для малого бізнесу, зокрема для управління фінансовим станом підприємства. Процес стратегічного управління на малих підприємствах вимагає особливого підходу, оскільки, як ви вірно відзначили, власники та керівники малих підприємств часто мають обмежені ресурси та можливості. Основні напрямки, які ви підкреслили, включають:

1) створення інформаційної системи для планування фінансового стану. Це може допомогти керівникам малих підприємств ефективніше управляти фінансовими ресурсами, щоб досягти оптимального розподілу доходів та знизити ризику;

2) розробка системи підтримки прийняття рішень. З урахуванням того, що керівники малих підприємств часто є спеціалістами у виробництві чи наданні послуг, система підтримки прийняття рішень може їм надавати інтелектуальну допомогу в рішеннях, пов'язаних з управлінням та стратегією;

3) використання парадигми багатоагентних систем. Інтеграція цієї парадигми може покращити модель управління, забезпечуючи більшу гнучкість та адаптивність до змін в умовах невизначеності.

Важливою є ідея, що інформаційна система має допомагати вирішувати конкретні питання, які стоять перед власниками та керівниками малих підприємств, такі як прибутковість, стратегічний вибір, фінансування та інші. Це цікавий та актуальний напрямок досліджень, і вилучення проблем, які виникають у малих підприємствах, може сприяти їхньому стійкому розвитку та успіху.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Підхід до використання теорії ситуаційного управління, теорії графів, фреймової теорії, теорії нечітких множин та темпоральної логіки в контексті моделювання інвестиційного управління в малому бізнесі демонструє широкий та інтегрований підхід. Поєднання різних моделей представлення знань може допомогти створити більш повну та гнучку систему підтримки прийняття рішень для малих підприємств. Важливо враховувати потреби та особливості малих підприємств при розробці інтегрованої моделі. Детальне вивчення предметної області та консультації з експертами-представниками малого бізнесу можуть допомогти вибрати найбільш підходящі та ефективні елементи кожної моделі [4, с. 58–68].

Засоби створення СППР, зокрема доступ до баз знань та використання логічного виводу, є ключовими для реалізації інтелектуальних систем. Забезпечення надійності та ефективності роботи системи також вимагатиме уважного врахування поточних технологічних можливостей та стандартів [5].

Мета статті. Розробка нового підходу для вирішення проблеми створення механізмів та інструментів для підтримки процесу прийняття інвестиційних рішень в малому бізнесі на основі ситуаційного аналізу ринку вимагає комплексного підходу та використання різноманітних концепцій. Ось деякі етапи та аспекти, які можна врахувати при розробці нового підходу:

1. Аналіз екосистеми малого бізнесу: провести детальний аналіз екосистеми малого бізнесу для визначення основних учасників, тенденцій та факторів впливу на ринок; вивчити динаміку ринку, зокрема зміни в попиті, конкурентний ландшафт та інші чинники.

2. Визначення ключових ситуацій: виокремити ключові ситуації, які можуть виникнути в екосистемі малого бізнесу та вплинути на прийняття інвестиційних рішень; розглянути різні сценарії розвитку подій, враховуючи можливість невизначеності та змін в зовнішньому середовищі.

3. Використання агентних моделей: застосування агентних моделей для моделювання поведінки різних суб'єктів на ринку, таких як підприємства, інвестори, конкуренти та інші; розгляд можливості використання багатоагентних систем для аналізу взаємодії між учасниками ринку та прогнозування розвитку ситуацій.

4. Застосування нечіткої логіки: використання нечіткої логіки для моделювання невизначених або нечітко визначених аспектів прийняття рішень; задіяння експертних знань та нечітких зв'язків для покращення якості аналізу та висновків.

5. Створення системи підтримки прийняття рішень (СППР): розроблення інтегрованої СППР, яка об'єднує результати аналізу ринку та моделювання ситуацій для підтримки прийняття інвестиційних рішень; врахування можливості динамічного оновлення системи на основі нових даних та змін в екосистемі.

6. Тестування та оптимізація: проведення тестувань нового підходу на реальних даних або в контрольованих умовах; оптимізація моделі та механізмів СППР на основі отриманих результатів.

Реалізація цих етапів допоможе створити інноваційний та ефективний підхід до підтримки процесу прийняття інвестиційних рішень в малому бізнесі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для створення інформаційної системи, яка б виконувала роль помічника-експерта та була доступною для користувачів малих підприємств за вартістю та сервісами, рекомендується врахувати наступні ключові аспекти та напрямки:

Інтеграція методів штучного інтелекту (ШІ): використання технік машинного навчання для аналізу та прогнозування фінансових даних, враховуючи попередні тенденції та змінні фактори; застосування алгоритмів обробки природної мови для автоматизованого аналізу текстової інформації щодо фінансової діяльності [6, с. 64–68].

- Система рекомендацій та експертна підтримка: впровадження системи, яка може надавати рекомендації щодо прийняття інвестиційних рішень на основі аналізу даних та попередніх рішень; інтеграція елементів штучного інтелекту для експертного аналізу фінансових показників та розроблення стратегій.

- Доступність та ергономіка: розробка інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу для користувачів без спеціальної підготовки в області фінансів; забезпечення мобільності та можливості використання системи на різних пристроях.

- Хмарні технології та соціальні мережі: використання хмарних рішень для доступу до системи та зберігання даних; інтеграція можливостей спільної роботи та обміну інформацією через соціальні мережі.

- Цільова орієнтованість та порівняння результатів: розробка функціоналу для порівняння фінансових показників з іншими підприємствами у відповідній галузі або області; використання даних порівнянь для підтримки прийняття оптимальних рішень.

- Застосування гейміфікації: впровадження елементів гейміфікації для створення мотивації та зацікавленості у користувачів у використанні системи; включення ефективних гейміфікованих механік для залучення уваги та стимулювання вивчення фінансових аспектів.

- Навчання та підтримка: розробка системи навчання для користувачів, які можуть самостійно засвоювати базові принципи фінансового менеджменту; забезпечення можливості отримання підтримки та консультацій через систему.

Реалізація цих аспектів дозволить створити інформаційну систему, яка відповідає потребам малих підприємств та забезпечить ефективну підтримку прийняття інвестиційних рішень.

Для реалізації зазначених нами аспектів у створенні інформаційної системи для підтримки процесу прийняття інвестиційних рішень в малому бізнесі, рекомендується розглянути наступні підходи та елементи:

- Лінгвістично-візуальне вираження показників – розробка комплексного показника фінансової стійкості, який буде виражатися лінгвістично та відображатися у вигляді графічних елементів; використання інтерактивних графіків, діаграм, які дозволяють користувачу з легкістю сприймати інформацію.

- Веб-інтерфейс та мобільні додатки – розробка зручного та доступного веб-інтерфейсу для використання на різних пристроях; розробка мобільних додатків, що дозволяють користувачам отримувати інформацію та приймати рішення у режимі реального часу незалежно від їхнього місця знаходження.

- Елементи соціалізації бізнес-процесів – впровадження можливостей обміну досвідом та порівняння результатів з іншими підприємствами через вбудовані елементи соціальної мережі; створення спільноти користувачів для обговорення та обміну інсайтами щодо фінансового управління.

- Зведений аналіз по галузі – реалізація функцій зведеного аналізу, який дозволяє інвесторам та менеджерам порівнювати ефективність підприємства з іншими гравцями у відповідній галузі; використання статистичних баз даних для надання користувачам об'єктивної інформації для прийняття рішень.

- Експертно-аналітичний шар – розробка персоналізованих експертних аналітичних інструментів, які надають користувачам детальний розгорнутий аналіз їхньої фінансової діяльності; забезпечення звітності та пояснення рекомендацій, що базуються на аналізі даних [7, с. 38–44].

- Гейміфікація та емоційна відповідь – впровадження гейміфікованих елементів для створення стимулюючого та цікавого досвіду користувачів; звертання уваги на дизайн та представлення інформації.

Для забезпечення поточної масштабованості та доступності додатків для СППР в малому бізнесі на рівнях інформаційному, програмному та методичному, рекомендується враховувати наступні аспекти [8, с. 133–139]:

- Інформаційний рівень. База даних та зберігання (використовуйте високо-ефективні бази даних з можливістю розширення обсягу інформації). Інтеграція даних (забезпечте інтеграцію з іншими системами, щоб отримати повнішу картину). Доступність через різні пристрої (розробляйте веб-інтерфейс та мобільні додатки для забезпечення доступу з різних пристроїв).

- Програмний рівень. Архітектура мікросервісів (розглядайте архітектуру мікросервісів для легкої масштабованості та оновлення окремих компонентів). Конфіденційність та безпека (використовуйте заходи безпеки, такі як шифрування та автентифікація, для захисту конфіденційності даних). Мобільні додатки (розробляйте мобільні додатки для підтримки користувачів на різних пристроях)

- Методичний рівень. Навчання та підтримка (забезпечте навчальні матеріали та онлайн-підтримку для користувачів). Етичні стандарти (дотримуйтеся високих етичних стандартів у зборі, обробці та використанні даних). Спеціалізовані функції (враховуйте спеціалізовані функції відповідно до конкретних потреб малого бізнесу, такі як формування цінової політики або вибір місць для торгових точок).

Важливо також регулярно оновлювати систему, вивчати відгуки користувачів та адаптувати функціонал під зростаючі потреби та зміни в бізнес-середовищі.

При цьому важливо пам'ятати про важливість збереження конфіденційності даних та високого рівня безпеки (рис. 1).

Дійсно, створення системи підтримки прийняття управлінських рішень (СППР) для малого підприємства вимагає вирішення двох ключових завдань: вилучення знань експертів та формалізація цих знань. Давайте розглянемо, як можна вирішити ці завдання в контексті функціонування малого підприємства на ринку з невеликою кількістю конкуруючих фірм.

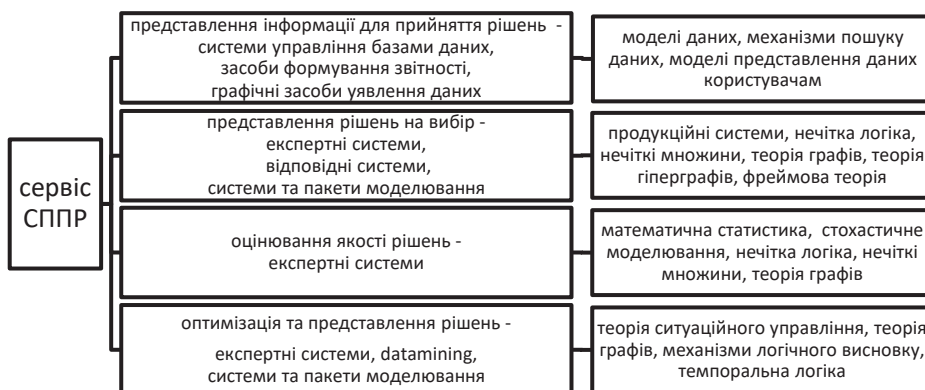


Рис. 1. Компоненти моделі та методи рівнів

Важливо враховувати, що ринкові умови можуть змінюватися, тому СППР повинна мати гнучкість та можливість оновлюватися залежно від нових даних та змін у бізнес-середовищі. Також слід враховувати невизначеність та неоднорідність попиту покупців, що може бути враховано у формалізації моделей.

Використання методології багатоагентного програмування для створення ситуаційної моделі функціонування ринку виглядає обіцяючим напрямком. Ваша ідея про використання агентів-продавців та агентів-покупців у вигляді багатоагентної системи дозволяє більш точно моделювати складні взаємодії на ринку. Пропонуються деякі елементи, які можна врахувати в такій багатоагентній моделі:

- **Агенти-продавці.** Кожен продавець може бути моделлю, яка враховує його стратегію ціноутворення, обсяги виробництва, якість продукції та інші стратегічні параметри. Взаємодія між агентами-продавцями може бути визначена конкурентним середовищем та можливими стратегіями співпраці або конфлікту.
- **Агенти-покупці.** Покупці можуть мати власні стратегії прийняття рішень, враховуючи їхній бюджет, уподобання, фактори вибору та інші аспекти. Можна моделювати динаміку попиту, зміну уподобань та взаємодію покупців між собою.
- **Зовнішні факторні агенти.** Ринкова ситуація та навколишнє соціально-економічне середовище можуть впливати на стратегії та рішення агентів. Змінні, такі як економічні тенденції, політичні фактори чи зміни в споживчому попиті, можуть бути враховані для прогнозування впливу на ринок.
- **Кортежі фреймів.** Узагальнені фрейми можуть включати в себе параметри, такі як ціноутворення, обсяг виробництва, рекламні кампанії та інші важливі аспекти.

Багатоагентна модель дозволяє ефективно враховувати динаміку та взаємодію між учасниками ринку, що є ключовим для аналізу та прийняття стратегічних рішень.

$$M = \langle Ag, March, Amb \rangle \quad (1)$$

де Ag – представляє учасників ринку, March – характеристику ринкових ситуацій, і Amb – характеристики зовнішнього соціально-економічного середовища для ринку, ви можете розглядати їхню взаємодію та вплив на рішення агентів. Нижче наведено деякі можливості для розгляду цих елементів у багатоагентній моделі:

– учасники ринку (Ag). Кожен агент може мати свою власну стратегію, що включає в себе цінову політику, рекламні кампанії, програми лояльності та інші аспекти. Динаміка рішень агентів може залежати від їхнього попиту, змін у фінансовому стані та інших внутрішніх чинників;

– характеристика ринкових ситуацій (March). Моделювання ринкових ситуацій, таких як зміни в кон'юнктурі, попиті та пропозиції, конкуренції, може впливати на рішення агентів. Агенти можуть реагувати на зміни в ринкових умовах, визначаючи оптимальні стратегії відповідно до змінюючогося середовища;

– характеристики зовнішнього соціально-економічного середовища (Amb). Включення зовнішніх факторів, таких як економічні тенденції, законодавство, зміни в суспільстві та технологічний прогрес, дозволить врахувати вплив глобальних чинників на ринок. Зміни в середовищі можуть бути використані для адаптації стратегій агентів та прогнозування майбутніх трендів.

Можна враховувати взаємодію та комунікацію між агентами, таку як угоди, конфлікти, обмін інформацією та взаємодія з покупцями. Моделювання впливу різних форм комунікації може допомогти визначити ефективні стратегії взаємодії. Агенти можуть вибирати стратегії на основі аналізу ринкових умов, їхніх власних можливостей та дій конкурентів.

Ця багатоагентна модель дозволяє детально вивчати взаємодію різних чинників на ринку та приймати більш обґрунтовані стратегічні рішення. Така модель може бути корисною для аналізу та прийняття стратегічних рішень в умовах складного соціально-економічного середовища. Застосування методології багатоагентного програмування дозволяє моделювати взаємодію різних агентів та факторів, що враховується при прийнятті управлінських рішень.

Ідея про використання фреймів для формалізованого опису системи має сенс, особливо в контексті моделювання соціально-економічних процесів. Розглянемо можливий формальний опис блоків змінних для кожного фрейму у вашому кортежі (1):

1. Фрейм для учасників ринку (Ag):

- Питання: ідентифікаційні дані учасника (наприклад, назва компанії, номери ідентифікації); сфера діяльності (опис виду продукції чи послуг, що надаються); стратегії ціноутворення та маркетингу; фінансовий стан (показники прибутку, витрат, прибутковості).

- Відповіді: поточні дані щодо фінансового стану; статистика ринкової участі; інформація про зміни в стратегіях.

2. Фрейм для характеристики ринкових ситуацій (March):

- Питання: попит та пропозиція на ринку; кон'юнктура ринку та тенденції; дії конкурентів та їхні стратегії.

- Відповіді: динаміка попиту та пропозиції; аналіз конкурентів; прогноз ринкових тенденцій.

3. Фрейм для характеристик зовнішнього соціально-економічного середовища (Amb):

- Питання: законодавчі та регуляторні зміни; економічні та соціокультурні тенденції; технологічні інновації.

- Відповіді: звіти про нові законодавчі акти; аналіз впливу соціокультурних чинників; інформація про нові технології.

Ці блоки мають різні параметри та характеристики, які визначають стан ринку та взаємодію його учасників. Вони можуть служити основою для аналізу та моделювання ринкових умов та стратегій учасників.

Передбачається, що активні агенти, такі як продавці, приймають рішення на основі імітації та бази знань, що містить продукційні правила.

Ви вказали кілька ключових елементів цього підходу:

- Агенти-продавці приймають рішення. Це може включати визначення вартості продукції, стратегій реклами, властивостей продукту та рівнів запасів.

- Імітаційна модель. Агенти взаємодіють у віртуальному середовищі, де приймають рішення на кожному кроці, що впливає на стан ринку.

- База знань. Використовується для зберігання продукційних правил, які визначають, як різні змінні впливають на рішення агентів.

- Варіювання параметрів. Різні умови та значення параметрів фреймів впливають на варіацію рішень.

- Оптимізація за критерієм прибутку. Вибір оптимального рішення для кожного агента здійснюється на основі максимізації прибутку.

Цей підхід дозволяє моделювати взаємодію між різними учасниками ринку та динаміку ринкових умов. Моделі такого типу можуть бути корисними для аналізу стратегій та передбачення наслідків різних управлінських рішень на ринковому середовищі. Ми висвітлили дуже конкретний підхід до моделювання ринкових взаємодій та прийняття управлінських рішень на рівні малих підприємств. Основні етапи вашого методу можна узагальнити як наступні:

1. Опис ринку. Використовується імітаційна модель для опису ринкової ситуації, зовнішнього середовища та характеристик агентів.

2. Прийняття рішень. Агенти-продавці приймають рішення на кожному кроці імітації, враховуючи фактори, такі як вартість продукції, реклама та стратегії зниження собівартості.

3. Оцінка та конкуренція. Рішення агентів оцінюється з урахуванням фактора конкуренції, що призводить до визначення переможця в конкретній ситуації.

4. Оновлення бази знань. База знань продукційних правил оновлюється відповідно до результатів прийнятих рішень, що дозволяє агентам навчатися та вдосконалювати свої стратегії.

5. Вихідні змінні. Результатом є набір вихідних змінних, таких як об'єм виробництва, ціни, витрати та якість продукції, які допомагають приймати управлінські рішення.

6. Вхідні змінні. Вибір вхідних змінних базується на експертному рішенні, що враховує фактори ринкового середовища та особливостей бізнесу.

Підхід враховує динаміку конкурентного ринку та розвиток стратегій підприємств в умовах нестабільності та невизначеності. Моделювання такого роду може стати корисним інструментом для аналізу та прийняття управлінських рішень на ринку малого бізнесу.

Вхідні змінні (X) виглядають наступним чином. Для підприємства:

1. X1 – об'єм продажів попереднього періоду. Це дозволить вам оцінити динаміку змін у продажах і врахувати минулі результати.

2. X2 – прогноз продажів. Прогнозування майбутніх продажів допомагає вам планувати виробництво та визначати потребу в ресурсах.

3. X3 – планові продажі. Співставлення фактичних продажів з планованими дозволяє вам оцінювати ефективність ваших стратегій.

4. X4 – цільовий прибуток. Фіксація цільового прибутку допомагає визначити стратегії ціноутворення та обсягу виробництва.

5. X5 – ступінь задоволеності клієнтів. Оцінка задоволеності клієнтів є важливою для розуміння, наскільки ваші продукти або послуги відповідають їхнім потребам.

Для агентів-конкурентів:

6. X6 – ціни. Вивчення цінової політики конкурентів дозволяє вам оптимізувати свої ціни та збільшити конкурентоспроможність.

7. X7 – якість продукції. Оцінка якості продукції конкурентів може вказати на можливі шляхи покращення власної продукції.

8. X8 – реклама. Аналіз рекламних стратегій конкурентів може вказати на те, як покращити власні маркетингові зусилля.

9. X9 – витрати на маркетинг. Вивчення витрат конкурентів на маркетинг допоможе вам оптимізувати свої власні маркетингові стратегії.

10. X10 – виробничі вартості. Зрозуміння виробничих вартостей конкурентів може бути важливим для оптимізації власного виробництва.

Ці дані надають широкий огляд різних аспектів діяльності підприємства та його конкурентів, що може служити основою для прийняття управлінських рішень.

11. X11 – об'єм ринку. Цей показник вказує на потенційний розмір ринку, тобто обсяг товарів або послуг, які можуть бути продані в певній галузі чи локації.

12. X12 – сегментація ринку. Сегментація ринку дозволяє визначити конкретні групи споживачів чи компаній, які мають спільні характеристики та вимоги. Це важливо для адаптації маркетингових стратегій та товарів до потреб конкретних сегментів ринку.

Ці дані ринку доповнюють ваш аналіз, надаючи інформацію про сам ринок і можливості для спрямування управлінських рішень на максимально вигідні сегменти або адаптацію стратегій для відповідності обсягу та особливостям ринку.

Описані змінні, такі як прогноз продажу, дані конкурентів, рекламні витрати та інші, є невизначеними, оскільки їхні точні значення не можна визначити точно. Замість цього їх можна інтерпретувати як високі, низькі, пов'язані з центром або середні значення. Також неможливо точно визначити змінну, яка відображає граничну реакцію ринку, оскільки вона базується на оцінках або екстраполяції неповних даних. Суб'єктивні фактори, такі як конкуренція та конкурентні позиції підприємства, для яких якісна оцінка ґрунтується на чистому судженні експертів компанії та, як наслідок, людських суджень, слід розглядати як невизначені.

Отже, враховуючи велику невизначеність інформації про конкурентну ситуацію на ринку та зовнішнє соціально-економічне середовище, необхідно формалізувати предметну область, зокрема ситуацію на ринку, конкуруючі фірми – агенти, їхні відносини та раціональні рішення, використовуючи апарат теорії нечітких множин на основі імітаційного апарату. Передбачається, що будь-яку ситуацію або подію на ринку можна уявити як нечітку множину, і будь-яка подія має свій тип та нечіткий зміст, що представляє собою сукупність нечітких множин, які

визначають класифікацію подій. Для обробки невизначеної інформації та процедур прийняття рішень використовуються методи нечіткого логічного висновку та прийняття рішень в умовах невизначеності. Реалізація нечіткого висновку виконана за допомогою алгоритму, в якому взаємозв'язок між заданими у вигляді нечітких множин входами $X=(X_1, X_2, \dots, X_n)$ і виходами Y визначається за допомогою нечіткої імплікації.

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \bigcap_{i=1}^n (X_i = a_{i,jp}) \rightarrow Y = d_j, j = \overline{1, m} \quad (2)$$

де $a_{i,jp}$ – нечіткій терм, яким оцінюється X_i в рядку jp ($p = 1, \dots, k$); k – кількість рядків – кон'юнкцій, в яких вихід – лінгвістична змінна Y оцінюється d термом; m – кількість термів, які використовують для Y .

$$a_{i,jp} = \int_{X_i}^{X_i} \frac{\mu_{jp}(X_i)}{X_i}, X_i \in [X_i, \overline{X}_1];$$

$$d_j = \int_Y^{\overline{Y}} \frac{\mu_{d_j}(Y)}{Y}, Y \in [Y, \overline{Y}], \quad (3)$$

де $\mu_{jp}(X_i)$ та $\mu_{d_j}(Y)$ – функції приналежності входу X_i та виходу Y нечіткому терму.

Систему нечіткого моделювання, як і будь-який інший тип моделювання, необхідно калібрувати через удосконалення бази знань та підбір функцій приналежності. Комплексний процес ситуаційного аналізу ринку, розглядаючи його як складну соціально-економічну систему в умовах невизначеності, включає наступні основні етапи: моніторинг зовнішнього та внутрішнього середовища; аналіз та обробка аналітичної, ймовірнісної та нечіткої інформації про стан ринку; аналітичний ситуаційний аналіз функціонування багатоагентної моделі ринку; вибір оптимальних маркетингових стратегій відповідно до попиту та пропозицій на ринку в поточних та майбутніх умовах; вибір оптимальних рішень; налаштування бази знань; підготовка звітів за результатами обчислювального експерименту. Ця процедура дозволяє аналізувати дані, представлені в вербальній формі, з подальшим розробленням стратегій управління для багатоагентного конкурентного ринку з урахуванням трьох налаштованих груп факторів: характеристики ринку, учасників ринку та соціально-економічне середовище. Процедура оцінювання параметрів управління під час стратегічного планування має обернений зв'язок, що дозволяє уточнювати базу знань та правила прийняття рішень, враховуючи часові рамки стратегічного планування та оновлення продукту на ринку.

Висновки та пропозиції. Висновки роботи вказують на перспективність реалізації системи підтримки прийняття рішень (СППР) для комп'ютера, призначеної для управління знаннями в конкретній предметній області. Така програма відіграє роль асистента для керівників малих підприємств, допомагаючи їм у процесі прийняття рішень.

У роботі описано комплексну процедуру ситуаційного аналізу ринку, яка використовує багатоагентну нечітко-логічну модель прийняття рішень для малих підприємств. Ця модель використовує методологію багатоагентного програмування, процедуру нечіткого логічного висновку та прийняття рішень в умовах невизначеності. Запропонований підхід сприяє обґрунтуванню управлінських рішень та може покращити ефективність прийняття таких рішень.

Використання багатоагентної моделі та методів нечіткого логічного висновку для обробки нечіткої інформації в системі підтримки прийняття рішень розглядається як перспективний шлях для оцінки ситуаційних стратегій та розробки ефективних управлінських рішень. Зазначається, що цей підхід може враховувати попит та пропозиції в умовах багатоагентного ринку. Усе вищеописане підтверджує той факт, що розробка і впровадження інформаційних систем на основі соціальної інформатизації бізнесу передбачає створення інтелектуальної аналітичної платформи для розвитку відповідних систем, яка виносить інформатизацію на вищий інтелектуальний рівень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Гнатієнко Г.М. Експертні технології прийняття рішень: моногр. / Г.М. Гнатієнко, В.Є. Снитюк. К.: Маклаут, 2008. 444 с.
2. Грабовецький Б. Є. Методи експертних оцінок: теорія, методологія, напрямки використання: моногр. / Б. Є. Грабовецький. Вінниця: ВНТУ, 2010. 171 с.
3. Збарський В.К. Економіка сільського господарства: навч. посіб. / В.К. Збарський, В.І. Мацібора. К.: Каравела, 2009. 264 с.
4. Марасанов В.В. Основи теорії проектування і оптимізації макроекономічних систем: навч. посіб. / В.В. Марасанов, О.М. Пляшкевич. Херсон: Айлант, 2002. 190 с.
5. Лобода О.М. Застосування імітаційного моделювання та програмних комплексів при реалізації інноваційних проєктів в економічних системах / О.М. Лобода // Ефективна економіка. 2020. № 11.
6. Лобода О.М. Вирішення задачі ідентифікації структури управління підприємства / О.М. Лобода // Сучасна спеціальна техніка. 2012. № 3. С. 64-68.
7. Лобода О.М. Використання експертних оцінок для визначення пріоритетних напрямів впровадження цифрових технологій в агробізнесі / О.М. Лобода, Н.В. Худік // Агросвіт. 2021. № 4. С. 38-44.
8. Лобода О.М. Переваги застосування інтегрованої системи інформаційного забезпечення підприємницької діяльності / О.М. Лобода // Таврійський науковий вісник. Серія: Економіка. 2012. Вип. 16. С. 133-139.

REFERENCES:

1. Hnatienko, H.M., & Snytiuk, V.Ye. (2008). *Ekspertni tekhnolohii pryiniattia rishen* [Expert decision-making technologies]. Kyiv: Maklout [in Ukrainian].
2. Hrabovetskyi, B.Ye. (2010). *Metody ekspertnykh otsinok: teoriia, metodolohiia, napriamky vykorystannia* [Methods of expert assessments: theory, methodology, areas of use]. Vinnitsa: VNTU [in Ukrainian].
3. Zbarskyi, V.K., & Matsybora, V.I. (2009). *Ekonomika silskoho hospodarstva* [Agricultural economics]. Kyiv: Karavela [in Ukrainian].
4. Marasanov, V.V., & Pliashkevych, O.M. (2002). *Osnovy teorii proektuvannia i optymizatsii makroekonomichnykh system* [Fundamentals of the theory of design and optimization of macroeconomic systems]. Kherson: Ailant [in Ukrainian].
5. Loboda, O.M. (2020). *Zastosuvannia imitatsiinoho modeliuвання ta prohramnykh kompleksiv pry realizatsii inovatsiinykh proektiv v ekonomichnykh systemakh* [Application of simulation modeling and software complexes in the implementation of innovative projects in economic systems]. *Efektivna ekonomika – Efficient economy*, 11 [in Ukrainian].
6. Loboda, O.M. (2012). *Vyrishennia zadachi identyfikatsii struktury upravlinnia pidpriemstva* [Solving the problem of identifying the management structure of the enterprise]. *Suchasna spetsial'na tekhnika – Modern special equipment*, 3, 64-68 [in Ukrainian].

7. Loboda, O.M., & Khudik, N.V. (2021). Vykorystannia ekspertnykh otsinok dlia vyznachennia priorytetnykh napriamiv vprovadzhennia tsyfrovyykh tekhnolohii v ahrobiznesi [The use of expert assessments to determine priority directions for the implementation of digital technologies in agribusiness]. Ahrosvit – Agroworld, 4, 38-44 [in Ukrainian].

8. Loboda, O.M. (2023). Perevahy zastosuvannia intehrovanoi systemy informatsiinoho zabezpechennia pidpriemnytskoi diialnosti [Advantages of using an integrated system of information support for business activity]. avriys'kyi naukovyy visnyk – Taurian Scientific Bulletin, 16, 133-139 [in Ukrainian].

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

UDC 664

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.11>

IMPROVEMENT OF THE EXTERNAL TRACEABILITY SYSTEM FOR CONFECTIONERY PRODUCTS WITH CAROB POWDER USING NFC-TAGS

Bozhko A. Yu. – Postgraduate Student at the Department of Food Expertise
National University of Food Technologies
ORCID ID: 0000-0002-5267-2023

Usatiuk S. I. – PhD, Associate Professor at the Department of Food Expertise
National University of Food Technologies
ORCID ID: 0000-0001-7554-0827

Sydor V. M. – PhD, Associate Professor at the Department of Food Expertise
National University of Food Technologies
ORCID ID: 0000-0002-4139-4101

Tyshchenko O. M. – Senior Lecturer at the Department of Hotel and Restaurant Business
National University of Food Technologies
ORCID ID: 0000-0001-9383-1898

Market operators develop, implement and constantly improve the traceability system, which ensures an appropriate level of food product safety control. The elements of the traceability system are internal and external traceability.

The purpose of this work is to improve the elements of the external traceability system for the circulation of confectionery products with carob powder using NFC tags.

The production of confectionery products with carob powder is promising, as it allows reducing the amount of sugar in the recipe composition of the product. A block diagram of the traceability system of raw materials and finished products in the production of confectionery products with carob powder is proposed.

Presented the introduction of a traceability system in the production of flour confectionery products with carob powder in accordance with the requirements of the GSI.

The analysis of modern means of automated identification of food products, such as barcode encoding (1D, 2D), blockchain technologies, RFID, and NFC, has been conducted. Contemporary tools for ensuring traceability through the automation of information recording regarding the identification and traceability of food products at all stages of their production optimize the documentation system on various types of media.

NFC information scanning technology allows data exchange between devices at a distance of up to 10 cm. Due to its compact size and low power consumption, this technology is used in small digital mobile devices.

Improving traceability using NFC-technology is accessible to all market operators, as it does not require additional equipment and provides convenient access to a significant amount of information about the food product.

Key words: confectionery production, carob powder, food safety, traceability system, NFC-tags.

Бошко А. Ю., Усатюк С. І., Сидор В. М., Тищенко О. М. Удосконалення системи зовнішньої простежуваності кондитерських виробів з порошком керобу при використанні NFC-тегів

Оператори ринку розробляють, впроваджують та постійно удосконалюють систему простежуваності, яка забезпечує належний рівень контролю безпечності харчового продукту. Елементами системи простежуваності є внутрішня та зовнішня простежуваність.

Мета даної роботи полягає в удосконаленні елементів зовнішньої системи простежуваності обігу кондитерських виробів з порошком керобу із застосуванням NFC-тегів.

Виробництво кондитерських виробів з використання порошку керобу є перспективним, оскільки дозволяє зменшити кількість цукру у рецептурному складі виробу. Запропоновано блок-схему системи простежуваності сировини та готової продукції у виробництві кондитерських виробів з використанням порошку керобу.

Представлено впровадження системи простежуваності у виробництві борошняних кондитерських виробів з використанням порошку керобу згідно вимог Глобального стандарту простежуваності GSI.

Проаналізовано сучасні засоби автоматизованої ідентифікації харчових продуктів, такі як штрихове кодування (одномірне, двомірне), технології блокчейн, RFID, NFC. Сучасні засоби забезпечення простежуваності шляхом автоматизації обліку інформації щодо ідентифікації та простежуваності харчового продукту на всіх етапах його виробництва оптимізують систему документування інформації на різних видах носіїв.

Технологія сканування інформації NFC дозволяє здійснювати обмін даними між пристроями, що знаходяться на відстані до 10 см. Завдяки компактним розмірам і низькому споживанню енергії дана технологія використовується в невеликих цифрових мобільних пристроях.

Удосконалення простежуваності за допомогою NFC-технології є доступним для всіх операторів ринку, оскільки не потребує додаткового обладнання та сприяє зручному доступу до значної кількості інформації про харчовий продукт.

Ключові слова: кондитерське виробництво, порошок керобу, безпечність харчових продуктів, система простежуваності, NFC-теги.

Introduction. The basis for any traceability system is the ability to track and identify food products as they move through the stages of supply. Currently, most countries have adopted the concept that national legislation should contain a requirement for traceability according to the principle «one step back – one step forward».

The confectionery area of the food industry of Ukraine provides a wide range of products that meet the needs of consumers. To ensure quality control and safety of confectionery products, market operators are interested in creating systematized tools that allow tracking and control of products at all stages of the technological production cycle.

Formulation of the problem. According to the Law of Ukraine «Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products», traceability is the ability to identify the market operator, time, place, subject and other conditions of delivery (sale or transfer), sufficient to establish the origin of food products, animals, designated for the manufacture of food products, materials in contact with food products or substances intended to be added or expected to be added into food products at all stages of production, processing and circulation.

The implementation of the traceability system by the market operator takes place in order to achieve the following tasks and goals:

- timely recall and removal of non-compliant products;
- achieving product compliance with regulatory requirements;
- ensuring compliance with the specifications and requirements of market operators or suppliers;
- ensuring effective logistics management to provide information to end consumers and market operators or suppliers;
- confirmation of special characteristics or properties of food products;
- trademark protection [1].

The main steps to ensure traceability by Ukrainian market operators are:

- fulfillment of the legally established requirement «one step back – one step forward»;
- considering the possibility of introducing elements of internal and external traceability at the enterprise and determining the necessary information that must be recorded and stored to fulfill this requirement, based on the size of the enterprise, the type of products produced at it and the type of food products used in production;
- the identification by the food market operator of the batch of the food product and the batch of raw materials used for its production, in such a way as to allow the tracking of the actual movement of the food product along the food chain;
- establishing and maintaining in good condition traceability accounts that can be provided within a short period of time for planned or unplanned inspections or investigations carried out at the request of the competent authority.

The purpose of the study is to improve the elements of the external traceability system of confectionery products with carob powder using NFC tags.

According to the goal, the following tasks are defined:

- to conduct an analysis of modern means of automated identification of food products;
- improvement of the elements of the external traceability system for the circulation of confectionery products with carob powder using NFC-tags.

Analysis of recent research and publications. In Ukraine, traceability is regulated by the Law of Ukraine «Basic Principles and Requirements for the Safety and Quality of Food Products» and Order No. 590 dated 10.01.2012 (edition dated 12.25.2015) «Approval of Requirements for the Development, Implementation and Application of Permanently Effective procedures based on the principles of the Food Safety Management System (HACCP)».

In the European Union, food legislation is formed by EU Regulations: No. 178/2002 and No. 852, No. 853, No. 854, No. 882 of 2004. EU Regulation No. 178/2002 [2], which is the main food law for EU countries, establishes general requirements for ensuring the safety of food products. It was determined that for the full implementation of the HACCP system, it is necessary to implement a traceability system that covers all stages of production, processing and circulation of food products or ingredients used for the production of a food product.

Based on the current standards of the ISO 9000 and ISO 22000 series, the GS1 International Association has developed the GS1 Global Traceability Standard, which describes the traceability process in detail and provides a step-by-step model for its development, which enables a market operator to develop a traceability system.

The step-by-step methodology for implementing a traceability system for the production of flour confectionery products using carob powder in accordance with the requirements of the GS1 Global Traceability Standard includes the following stages:

- I. Development of a traceability system by the market operator:
 - *Establishing the goals and tasks of the traceability of the production of flour confectionery products.*
 - *Collection of traceability information at capacity.*
 - *Analysis of the production process.*
 - *Identification of all participants in the production process.*
 - *Establish requirements for traceability data.*
 - *Designing an archive of information to ensure traceability.*
 - *Designing measures to use the necessary information on traceability.*
- II. Building a traceability system by the market operator:
 - *Analysis of shortcomings ("as is" vs "will be").*
 - *Installation of traceability system components.*
 - *Monitoring and testing of traceability system components.*
- III. Implementation and use of the traceability system by the market operator, such steps:
 - *Implementation of the system at the factory.*
 - *Validation of traceability system documentation and personnel training.*
 - *Monitoring and maintenance of the traceability system [3].*

The block diagram of the traceability system of raw materials and food products during the production of confectionery products using carob powder is shown in fig. 1.

Among the systems of automated identification of objects that can be used for the traceability of food products, the most popular in EU countries today are: bar coding (one-dimensional, two-dimensional), blockchain technologies, RFID, NFC.

Bar code is a combination of vertical stripes and numbers that represents a particular food product in coded form. The code allows you to quickly and accurately read information about the food product using an electronic device – a scanner. A system with barcodes using scanners and a computer base allows you to associate a specific batch of food products with each technological stage, packaging and protocols. This system can be implemented at different levels: from simple reading of information on incoming raw materials and labeling of the finished product to a traceability system with full integration of all production equipment into it with recording of necessary accounting parameters of technological processes. This system contributes to the minimization of possible errors of production personnel, increasing efficiency by reducing labor costs, increasing the possibility of entering additional information, allows for proper control over raw materials, technological processes, product quality, facilitates the preparation of reports and protocols, etc [4].

There are two main bar coding standards:

1. *A linear* (one-dimensional or 1D) barcode is read in one direction (horizontally). The most common are the following linear symbols: EAN, UPC, Code39, Code128, Codabar, Interleaved 2 of 5. Linear symbols allow encoding a small amount of information (up to 20...30 symbols) using simple barcodes read by inexpensive scanners.

2. *Two-dimensional* (2D), which is designed to encode a large amount of information (up to several pages of text). The two-dimensional code is read using a special two-dimensional code scanner and allows you to enter a large amount of information quickly and without mistakes. The decoding of such a code is carried out in two dimensions (horizontally and vertically). It is used to encode large amounts of data, as well as when there is not enough space to place the linear code [5].

QR coding (*Quick Response Code*) – a two-dimensional (matrix) barcode has become the most widespread among two-dimensional barcodes. It is a simple, convenient and

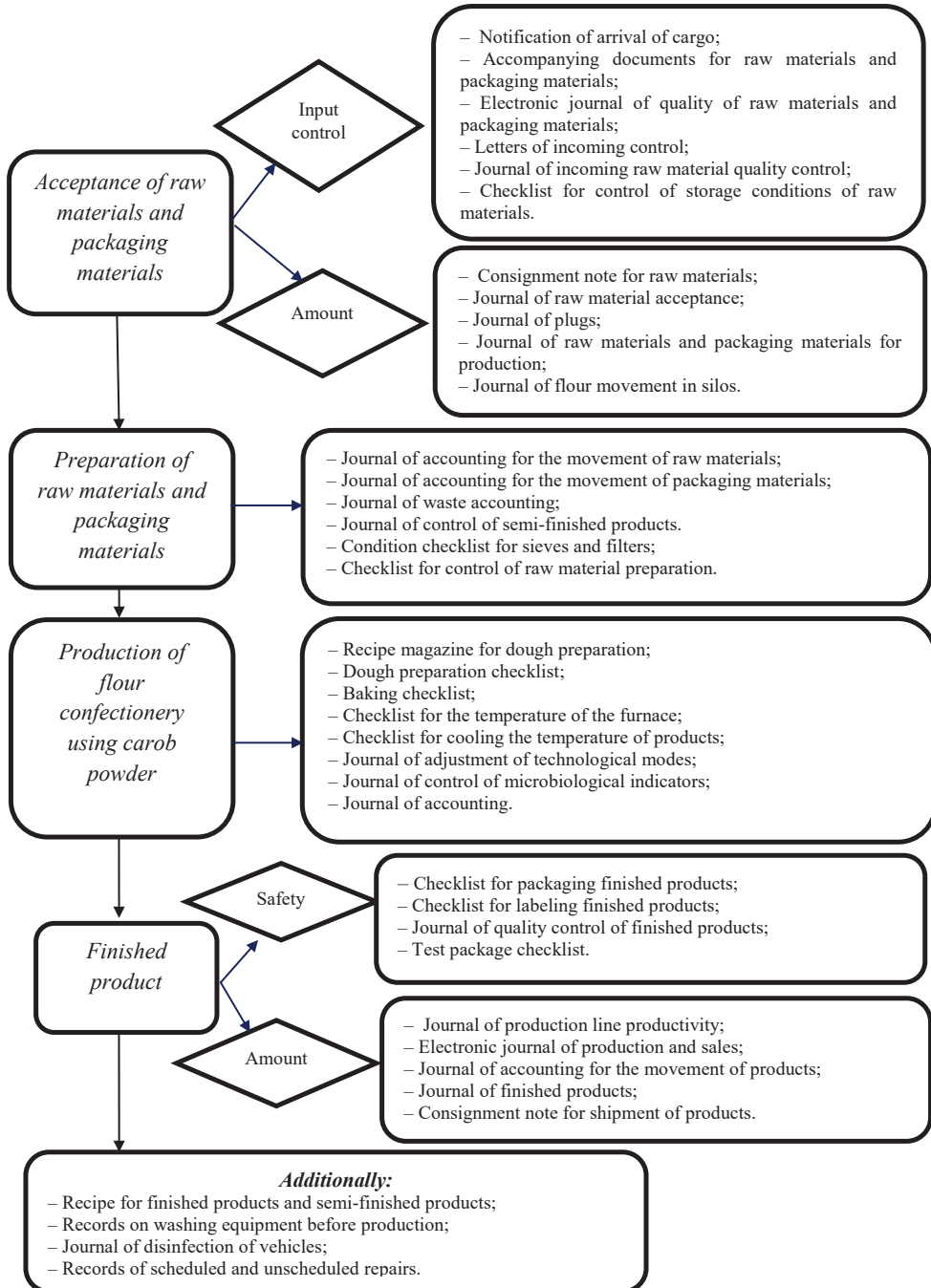


Fig. 1. Flow chart of ensuring traceability during the production of confectionery products with carob powder

interactive way of distributing and receiving information. The use of this system for the traceability of food products makes it possible to encode a significant amount of information and quickly access it using scanning and recognition by cameras of modern mobile devices [6]. To read information from a QR code, you need a smartphone or tablet with a camera and special software that is distributed free of charge over the Internet.

This QR code is printed on each packaging unit of the finished food product and entered into the unified information system. In this system, the movement of the batch of products is tracked throughout the entire delivery stage. In trade networks, after scanning and purchasing the product by the consumer, the system notes that the product has been withdrawn from circulation. The consumer can independently scan the QR code that is printed on the package in order to find out complete information about the food product that he intends to purchase. Control authorities may also have such information about the food product, starting from the stage of packaging of the final product at the plant to entering the retail trade and withdrawal from circulation [6].

Blockchain technology is a way of storing and exchanging information in a network of users located in an open virtual space [7]. At the initial stage, a code is applied to the product packaging to read the information. Data about a food product is entered into the blockchain network and tied to a specific tracking code. This technology makes it possible to improve control of food products at the manufacturing stage in real time, which significantly reduces the need for inspections of the finished food product. Blockchain brings the transparency of supply stages to a completely new level [8].

For each food product, its own passport on the blockchain is developed, which contains information that can be divided into two large blocks. The first block contains information about the counterparties: the manufacturer of the product (location, charter), the enterprise that sells it (location, charter), the consumer of the product (location, charter), counterparties according to the agreement (declarant, carrier, forwarder, etc.) [7]. The second block contains information about products: commercial documents (contract or agreement with annexes, invoice, supply contracts, etc.), permits (certificates of origin, quality certificates, etc.), transport documents (bill of lading, transport invoices, etc.) [8].

RFID technology (radio frequency identification) is a technology that allows you to automatically collect information about a particular food product, for example, various products, their location, keep a temporary record of events involving them and receive information about operations that took place with products, quickly and simply, without human intervention and with a minimum number of errors [9].

The radio frequency system consists of a reading device (reader) that has an antenna, and radio tags (tags) that contain data. The antenna of the reader emits a low-power radio signal, which is picked up by the antenna of the radio tag and is a power source for the microcircuit (chip) built into the radio tag. Using this energy, the radio tag located in the radio field of the interrogator enters into radio exchange with him for self-identification and data transmission. The reader sends the information received from the radio tag to the controlling computer for processing and management [10].

The electronic product code (EPC) is stored on the radio frequency tag. By reading the EMF code, you can determine, for example, the origin of food products or the date of their production. In all these cases, RFID links a certain physical object with digital attributes (for example, the description of the product, its cost, date and order of shipment). In this sense, RFID technology is similar in function to a barcode,

but has significant advantages in operation and allows the use of more complex, cryptographically protected protocols.

NFC technology («near field communication», "near non-contact communication») is radio frequency identification, which provides the opportunity to significantly expand the limits of food quality control. Its essence is the presence of a special NFC tag on the package, which becomes a kind of «passport» of the product, proof of its high quality and legal origin [11].

Presenting main material. To improve the external traceability system of confectionery products with carob powder, that is, to improve and automate the system of tracking the movement and location of products «from the producer to the consumer», in order to identify inappropriate products, the use of packaging of confectionery products based on NFC technology is proposed. The use of NFC-tags will make it easier to track the movement of products from the stage of their production to consumption and, if necessary, speed up the processes of recalling or removing products from retail networks.

NFC technology is a short-range (about 10 cm) wireless data transmission technology that enables data exchange between devices. NFC works at a frequency of 13.56 MHz. Due to its compact size and low power consumption, NFC is used in small devices. The NFC device can support communication both with existing smart cards and with readers of the DSTU ISO/IEC 14443 standard. This technology is primarily aimed at use in digital mobile devices [12].

Fig. 2 shows an image of an NFC-tags and examples of tagging methods.



Fig. 2. Image of an NFC-tags and examples of marking methods

An important advantage of implementing packaging based on NFC technology is free access to software. Thus, traceability based on NFC technology is available for small and medium market operators. The use of the NFC-tag on the labeling of confectionery products will facilitate convenient access of the end consumer to the information programmed by market operators during the technological process of production.

Improving the traceability system for the production of confectionery products with carob powder based on NFC technology does not require the purchase of an expensive NFC reader, as this technology is available in 80% of modern smartphones. Fig. 3 shows a schematic application of an NFC-tag.

With the help of these marks, the administration of the retail establishment can monitor the «delivery stages» online. With the help of personal cards with NFC tags, it is possible to identify company employees participating in the production process.

NFC technology and QR codes actually have a similar functional purpose, but the former has a much higher speed, as well as the ability to rewrite data several times and encrypt it with codes. A significant advantage is the absence of optical readers, but only

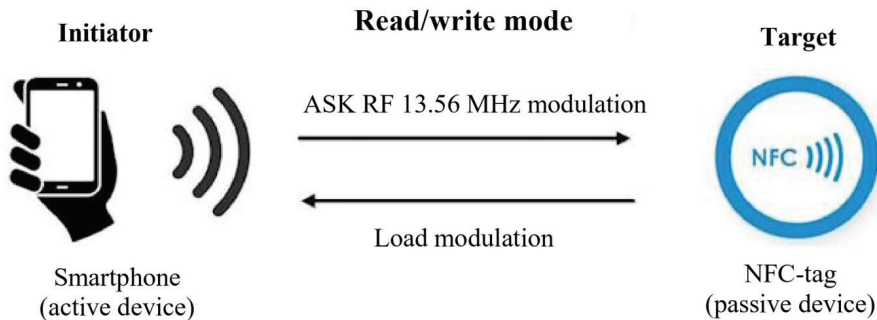


Fig. 3. Schematic illustration of NFC-tags application

the presence of NFC scanners integrated into most smartphones, which does not require additional costs. NFC technology does not require special lighting conditions, unlike QR codes, the user does not need to perform complex operations to read NFC tags, which will facilitate the use of non-competent smartphone users. In addition, NFC tags can ensure the authenticity of a food product.

The main advantage of using NFC technology in the production of food products is the minimization of the use of paper documentation by automating the accounting of information on the identification and traceability of the food product at all stages of its production. In addition, this data will be displayed to the consumer at the stage of implementation, which will significantly increase his trust in this product.

Conclusion. The conducted analysis of modern means of automated identification of food products indicates a variety of convenient and inexpensive means for improving the elements of external traceability of the production of ready-made confectionery products using carob powder.

The use of NFC technology in the labeling of confectionery products with carob powder will improve the traceability of finished products in retail chains and increase the level of consumer awareness of the characteristics and properties of the food product.

BIBLIOGRAPHY:

1. Самченко О.М., Меркучева М.Н. Простежуваність товарів як інструмент продовольчої безпеки. *Технології і економіка*. 2016. №3. С. 101–111.
2. Guidance on the Implementation of Articles 11, 12, 14, 17, 18, 19 and 20 of Regulation (EC) №178/2002 on General Food Law. Conclusion of the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health; 26 January 2010.
3. Bozhko A., Usatiuk S. Implementation of the GS1 Global traceability standard by market operators for the production of flour confectionery products used use of carob powder. *Věda a perspektivy*, 2022. Prague, Czech Republic. № 6 (13). P. 303–316.
4. Жураковський Б. Ю., Дружинін В. А. Багатомірні штрихові коди. *Адаптивні системи автоматичного управління*. 2018. №2. С. 15–31.
5. Штрихове кодування продукції / Л. П.Клименко та ін. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2011. 290 с.
6. QR-код. URL: <https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/glossary/qr-kod/> (дата звернення 10.01.2024).
7. Blockchain: як революційна технологія допомагає харчовій промисловості. URL: <https://letknow.news/publications/kriptoalyuty-stali-klassicheskim-primerom-pyruya-dlya-investorov-9409.html> (дата звернення 10.01.2024).

8. Блокчейн змінює взаємодію між ланками ланцюга «від лану до столу». URL: <https://a7d.com.ua/novini/38836-blokcheyn-menyayet-vzaimodeystviya-mezhdu-zvenyami-cepochki-vd-lanu-do-stolu.html> (дата звернення 10.01.2024).

9. Shim J. P. RFID application in the food industry: a case study of korean food safety information systems project. *Association for information systems AIS electronic library*. 2007. P. 17.

10. Kumar P., Reinitz H., Simunovic J. Overview of RFID technology and its applications in the food industry. *Food, Bioprocessing, and Nutrition Sciences*. 2009. №1. P. 10.

11. Павлова К.Д. NFC: ефективний інструмент високих технологій. *Фінансовий аналіз на підприємстві*. 2017. №4. С. 3.

12. Sung Chul Lee, Nam Jung Kim, Jae Eun Park. Agri-Food Business Models Based on NFC. *Agribusiness and Information Management*. 2012. №1. P. 32–40.

REFERENCES:

1. Samchenko O.M., Merkucheva M.N. (2016) Prostezhuvanist tovariv yak instrument prodovolchoi bezpeky [Product traceability as a food security tool]. *Tekhnolohii i ekonomika – Technologies and economy*, 3, 101–111 [in Ukrainian].

2. Guidance on the Implementation of Articles 11, 12, 14, 17, 18, 19 and 20 of Regulation (EC) №178/2002 on General Food Law. Conclusion of the Standing Committee on the Food Chain and Animal Health; 26 January 2010.

3. Bozhko A., Usatiuk S. (2022) Implementation of the GS1 Global traceability standard by market operators for the production of flour confectionery products used use of carob powder. *Věda a perspektivy*. Prague, Czech Republic, 6 (13), 303–316.

4. Zhurakovskiy B. Yu., Druzhynin V. A. (2018) Bahatovymirni shtrykhovi kody [Multidimensional barcodes]. *Adaptyvni systemy avtomatychnoho upravlinnia – Adaptive automatic control systems*, 2, 15–31 [in Ukrainian].

5. Klymenko L. P. et al. (2011) Shtrykhove koduvannia produktsii [Bar coding of products]. Mykolaiv: Vyd-vo ChDU im. Petra Mohyly [in Ukrainian].

6. QR-kod. Retrieved from <https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/glossary/qr-kod/> [in Ukrainian].

7. Blockchain: yak revoliutsiina tekhnolohiia dopomahaie kharchovoi promyslovosti [Blockchain: How a revolutionary technology is helping the food industry]. Retrieved from <https://letknow.news/publications/kriptovalyuty-stali-klassicheskim-primerom-puzyrya-dlya-investorov-9409.html> [in Ukrainian].

8. Blokchein zminiue vzaiemodiiu mizh lankamy lantsiuha «vid lanu do stolu» [Blockchain changes the interaction between the links of the chain «from the lan to the table»] Retrieved from <https://a7d.com.ua/novini/38836-blokcheyn-menyayet-vzaimodeystviya-mezhdu-zvenyami-cepochki-vd-lanu-do-stolu.html> [in Ukrainian].

9. Shim J. P. (2007) RFID application in the food industry: a case study of korean food safety information systems project. *Association for information systems AIS electronic library*, 17.

10. Kumar P., Reinitz H., Simunovic J. (2009) Overview of RFID technology and its applications in the food industry. *Food, Bioprocessing, and Nutrition Sciences*, 1, 10.

11. Pavlova K.D. (2017) NFC: efektyvnyi instrument vysokikh tekhnolohii [NFC: an effective high-tech tool]. *Finansovyi analiz na pidpriemstvi – Financial analysis at the enterprise*, 4, 3 [in Ukrainian].

12. Sung Chul Lee, Nam Jung Kim, Jae Eun Park (2012). Agri-Food Business Models Based on NFC. *Agribusiness and Information Management*, 1, 32–40.

УДК 627.2

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.12>

ПРОЦЕСИ АНАЛІЗУ ОЛІЙНИХ ТА ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В МОРСЬКИХ ПОРТАХ

Гайдай Г. Ю. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри морського приладобудування
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
ORCID ID: 0000-0002-7454-8007

Грешнов А. Ю. – доцент кафедри морського приладобудування
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
ORCID ID: 0000-0002-9350-1554.

У статті досліджено процеси аналізу олійних та зернових культур, які проходять у виробничо-технологічних та хімічних лабораторіях при морських портах України, а також розроблені оптимізаційні заходи щодо підвищення контролю якості культур та збільшення потоку заявок, які можуть бути оброблені в одиницю часу лабораторією, за рахунок скорочення загального часу проведення аналізів та їх окремих етапів при тому ж самому рівні якості досліджень. У якості основних наукових методів, які було використано при проведенні дослідження, можна назвати наступні: методи аналізу і синтезу, аналогії, узагальнення та абстрагування, а також хімічні методи аналізу зернових та олійних культур. Проведене дослідження розподілу часу на кожному етапі аналізування олійних та зернових культур при різних видах процесу виконання (звичайний та оптимізований) показало значну різницю у часі виконання при збереженні якості отриманих результатів. За результатом проведеного дослідження було структуровано основні процеси, які відбуваються у виробничо-технологічних лабораторіях при морських портах України при проведенні аналізів олійних та зернових культур, на базі чого було розроблено основні схеми, які повністю відображають дані процеси, що дозволяє дослідити, що саме відбувається на кожному етапі досліджень та розробити оптимізаційні заходи стосовно зменшення часу, необхідного для проведення дослідження, без зміни якості отриманих результатів аналізу. Практичну цінність становлять: схема процесів аналізу олійних та зернових культур, що відбуваються у виробничо-хімічних лабораторіях, а також оптимізаційні заходи щодо підвищення контролю якості результатів аналізів, а саме оптимізовані методи виконання процесів аналізу, які дозволяють значно скоротити загальний час проведення лабораторних досліджень без зміни якості отриманих результатів, за рахунок чого можливе збільшення потоку заявок, що обробляє лабораторія, в одиницю часу, що у свою чергу, призводить до збільшення вантажопотоку у портах, тобто підвищення ефективності роботи портової інфраструктури з подальшим збільшенням доходів від цих об'єктів.

Ключові слова: морська інфраструктура, морський порт, виробничо-технологічна лабораторія, зернові та олійні культури, лабораторні аналізи.

Haidai H. Yu., Hrieshnov A. Yu. Processes of oil and grain crops analysis in seaports

The article examines the processes of analysis of oil and grain crops that take place in production-technological and chemical laboratories at the seaports of Ukraine, as well as developed optimization measures to improve the quality control of crops and increase the flow of applications that can be processed per unit of time by the laboratory, due to reduction of the total time of conducting analyzes and their individual stages at the same level of research quality. The following are the main scientific methods used in the research: methods of analysis and synthesis, analogies, generalization and abstraction, as well as chemical methods of analysis of grain and oil crops. The conducted study of the distribution of time at each stage of the analysis of oil and grain crops with different types of execution process (normal and optimized) showed a significant difference in execution time while maintaining the quality of the results obtained. Based on the results of the research, the main processes that take place in the production and technological laboratories at the seaports of Ukraine during the analysis of oil and grain

crops were structured, on the basis of which the main schemes were developed that fully reflect these processes, which allows to investigate what exactly happens on at each stage of research and develop optimization measures to reduce the time required to conduct the research, without changing the quality of the obtained analysis results. The following are of practical value: the scheme of the analysis processes of oil and grain crops that take place in production and chemical laboratories, as well as optimization measures to improve the quality control of analysis results, namely optimized methods of performing analysis processes, which allow to significantly reduce the total time of conducting laboratory studies without changing the quality of the results obtained, due to which it is possible to increase the flow of applications processed by the laboratory per unit of time, which in turn leads to an increase in cargo flow in ports, that is, an increase in the efficiency of the port infrastructure with a further increase in income from these facilities.

Key words: *marine infrastructure, seaport, production and technological laboratory, grain and oil crops, laboratory analyses.*

Постановка проблеми. Зернові та олійні культури мають величезне значення для життя та господарської діяльності людини. До них відносять: пшеницю, жито, овес, гречку, ячмінь, рапс, кукурудзу, інші культури. При цьому якість зерна та олії відіграє важливу роль для здоров'я людей і домашніх тварин, від них також прямо залежить вартість продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках. Контроль якості цих культур – це визначення відповідності показників зерна та олії існуючим стандартам. В Україні діють такі нормативні документи – технічні умови, які регламентують показники зернових та олійних культур. Вони визначають, наприклад: фізичні показники: натуру й щільність зерна, вологість, зольність, вміст крохмалю, наявність домішок і шкідників; хімічні властивості: наявність ГМО, радіоактивних частинок, слідів важких металів і токсинів, мікробіологічну чистоту, інші показники.

Характеристика зерна та олії залежить від сукупності показників, які встановлюють в лабораторних умовах. При цьому ефективність роботи більшості портів напряму залежить від такого роду лабораторних досліджень. Слід відмітити, що в одних випадках на території портів існують власні лабораторії для оцінки якості вищеперерахованих культур, в інших – окремі лабораторії спеціально винаймаються власниками портової інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Із розширенням зони вільної торгівлі між ЄС і Україною, переорієнтацією ринку після анексії Криму та початку війни у країні гостро постає потреба в аналізі експорту зернових та олійних культур України, визначенні ефективності експорту України та його місткості й можливостей до збільшення.

В Україні основними олійними культурами є соняшник, соя і ріпак [1].

Аналіз динаміки валового збору олійних культур та експорту олій за попередні роки в Україні свідчить про те, що українські переробні заводи експортують у середньому 25,3% вирощеного врожаю [1]. Якщо врахувати, що в середньому за період з 2000-го по 2019 роки (включно з вкрай неврожайними роками) валовий збір олійних культур по країні становив у середньому 10,5 млн тонн, то стане зрозумілим, що як мінімум 2,837 млн тонн олій щороку формують потенційну частку експорту.

Показник експорту олії поступово зростає кожен рік [1], починаючи від 0,554 млн тонн у 2000 році й закінчуючи 7,014 млн тонн олії у 2019 році. Якщо порівняти дані за кожен рік і знайти частку експорту у валовому зборі, отримаємо прямо пропорційну залежність експорту олії до валового збору олійних культур. Отже, збільшення відбувається не тільки по валовому збору в цифровому значенні, відповідно, незначне збільшення відбувається й у частці експорту

у валовому зборі. Тож ми бачимо зростання частки експорту олії із значення 15,1% у 2000 році до значення 31,5% у 2019 році. Середнє значення частки експорту становить 25,3%.

Україна є лідером із виробництва та експорту соняшникової олії. Соняшникова олія входить у п'ятірку товарів, яким належить найбільша частка в товарній структурі українського експорту, а загалом частка олій і насіння олійних культур за результатами 2019 року досягла 15%.

В Україні нарощування виробництва зерна також має стратегічне значення для підвищення ефективності АПК [2], успішного його розвитку та подолання кризового стану в суміжних (тваринницьких) галузях. Однак протягом попередніх років обсяги виробництва постійно скорочувались. Підвищення рівня ефективності виробництва зерна, а також контролю його якості є найважливішим завданням, від вирішення якого залежить забезпечення конкурентоспроможності зернового комплексу і продовольчої безпеки країни. Розв'язання цієї проблеми повинно здійснюватися не тільки на державному, а й на регіональному рівнях, де вирішуються питання забезпечення населення продуктами харчування.

Динаміку виробництва та експорту української пшениці [3, 4] показано на рис. 1.

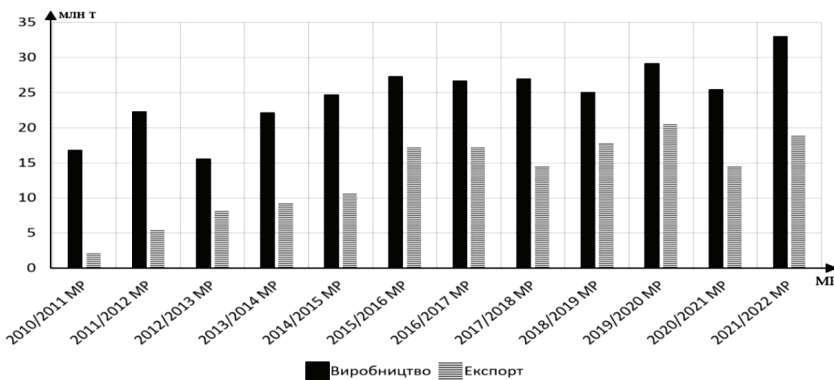


Рис. 1. Динаміка виробництва та експорту української пшениці (млн т)

Загалом методам та методикам дослідження якості зернових та олійних культур присвячено багато робіт, серед яких [3; 5; 6]. Але як таких досліджень ефективності виконання окремих методів можна знайти лише у невеликому об'ємі.

На основі вищесказаного можна зробити висновок, що зростаючі об'єми експорту зернових та олійних культур в Україні вимагають більш детального та якісного аналізу останніх за рахунок підвищення контролю якості та швидкості проведення досліджень. Тому дослідження процесів, які відбуваються у виробничо-технологічних лабораторіях аналізу зернових та олійних культур, є вкрай необхідним на сьогоднішній день. В результат чого можна виявити нові механізми підвищення якості роботи такого роду лабораторій.

Постановка задачі. Метою роботи є дослідження процесів аналізу олійних та зернових культур, які проходять у виробничо-технологічних та хімічних лабораторіях при морських портах України, а також розробка оптимізаційних заходів щодо

підвищення контролю якості культур та збільшення потоку заявок, які можуть бути оброблені в одиницю часу лабораторією, за рахунок скорочення загального часу проведення аналізів та їх окремих етапів при тому ж самому рівні якості досліджень.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для проведення аналізу олійних та зернових культур при морських портах України існують спеціальні зернові лабораторії, які називають виробничо-технологічними лабораторіями (ВТЛ) для швидкої прийомки збіжжя. До таких фірм, які мають власні лабораторії ВТЛ, можна віднести ТОВ «НІБУЛОН», «ТІС зерно», «Kernel», державні порти великої Одеси та порти Дунайського пароплавства. Однак існують порти, які не мають власної лабораторії, тому вони звертаються до незалежних приватних компаній для видачі сертифікату відповідності для подальшого експорту зернових та олійних культур за кордон. До таких компаній відносяться «Cotecna», Одеський інспекторат, ПІ «SGS» Україна і т.п.

Розглянемо процес проведення аналізу зернових та олійних культур на прикладі випробувального центру «SGS».

До основних видів аналізів олійних та зернових культур, які проводять у даній лабораторії, відносять: визначення білку; визначення жиру; визначення вологості. Отримані параметри порівнюють зі стандартизованими значеннями, які беруть згідно з ДСТУ 7577:2014, ДСТУ4924:2008, ДСТУ 4811-2007.

У якості обладнання, яке використовують в процесі проведення фізико-хімічних аналізів олійних та зернових культур, використовують наступне обладнання – **пристрій для визначення білку** (протеїну) за методом К'ельдаля [7], який складається з трьох приладів: мінералізатор; паровий дистиллятор; титратор.

Принцип дії мінералізатора полягає у повному згоранні органіки і переведення її в окрему мінеральну сполуку. Основним призначенням парових дистилляторів для відгонки з парою є визначення аміачного та білкового азоту за методом К'ельдаля. Принцип дії титратора полягає в тому, що хімік вводить необхідне значення кількості кислоти в прилад, який точно дозує задану кількість рідини для правильного титрування даних зразків.

Вміст жиру у харчових продуктах закріплено технічними умовами. У лабораторії цей показник аналізується як у сировині, так і у готовій продукції. Для визначення кількості жиру використовуються екстрактори, що реалізують метод Соклету [8; 9]. У якості розчинника використовується діетиловий ефір. Аналіз включає три етапи і відбувається у встановлений час або з певною кількістю циклів: екстракція, ополіскування.

Наведемо нижче приклад проведення одного з арбітражних аналізів, а саме, визначення вмісту олії (жиру) за методом Соклету.

1. Проба реєструється в системі (рис. 2).

ID	Type	Ident	e	f	g	h	i	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	
			oil iso moisture %mass kg (0)	oil iso moist samp %mass kg (0)	oil iso moist grand %mass kg (0)	oil iso flask # kg (0)	oil iso empt flask # kg (0)	oil iso sample wt g kg (0)	oil iso suc wt g kg (0)	oil iso apn digon g kg (0)	oil iso empty fl digon g kg (0)	oil iso wt digon g kg (0)	oil iso oil at mass %mass kg (0)	oil iso oil at digon %mass kg (0)	oil iso oil at total %mass kg (0)	oil iso oil db w/w imp %mass kg (0)	oil iso oil w/w imp %mass kg (0)	oil iso oil db with imp %mass kg (0)	oil iso oil with imp %mass kg (0)	oil iso notes kg (0)
1	L.MK.	0003-10099.001	0.000																	
2	REP	0023-10099.001	0.000										#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!

Рис. 2. Форма для заповнення показника «олійності»

2. Доставляється вже попередньо підготовлена проба до лабораторії.

3. Пробу перемішують і беруть наважку від 5–10 г в спеціальний патрон, закривають спеціальною ватою, кладуть в сокслеті та проводять екстракцію у гексані від 16 до 24 годин. За цей час по схемі 4+4+4+2+2 год. перетирають у ступці, намагаючись якомога більше вичавити олії з культури. В цей час набирають наважку у підготовлені бюкси для визначення вологості, після чого роблять перерахунок.

4. Екстракцію вважають закінченою, коли догонка складає не більше 0,5%. При цьому основні колби вже довели до постійної маси. Після цього результати вносять у систему (рис. 3), де і відбувається перерахунок і видача результатів у відсотках.

Type	Ident	e oil no impurity kg (l)	f oil no moist samp kg (l)	g oil no moist grand kg (l)	h oil no flask # kg (l)	i oil no emp flask kg (l)	k oil no sample wt g kg (l)	l oil no tare wt g kg (l)	m oil no dry dozon empty fl g kg (l)	n oil no wt dozon g kg (l)	o oil no oil in mass kg (l)	p oil no oil in dozon kg (l)	q oil no ign dozon z kg (l)	r oil no empty fl dozon 2 g kg (l)	s oil no wt dozon 2 g kg (l)	t oil no oil in dozon kg (l)	u oil no oil in total kg (l)	v oil no oil in emp kg (l)	w oil no oil in imp kg (l)
1	UNK_OD23-10012.001	0.000	6.62	6.44	72	143.7258	3.0645	145.0026	73	142.6031	142.6838	41.66	2.63	26.1*	159.3668	159.3788	0.39	47.76	44.60
2	REP_OD23-10012.001	0.000	6.62	6.44	75	143.0077	3.0669	144.2341	74	140.8899	141.0206	39.99	4.26	26.2	215.6304	215.6434	0.42	44.67	44.59
3	REP_OD23-10012.001	0.000	6.62	6.44	8	0.0000	3.0645	0.0000	8	0.0000	0.0000	0.00	0.00	8	159.3788	#VALUE!	0.00	0.00	0.00
4	REP_OD23-10012.001	0.000	6.62	6.44	0	0.0000	3.0669	0.0000	0	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0	215.6434	#VALUE!	0.00	0.00	0.00

Рис. 3. Занесення результатів досліджень у систему

Загальну послідовність проведення аналізів можна записати у вигляді алгоритму дій, який наведено на рис. 4.



Рис. 4. Загальний алгоритм дій при проведенні аналізів зернових та олійних культур

В залежності від часу виконання є декілька **видів аналізів**, які виконують у лабораторії: звичайні (арбітражні); ургент-проби; експрес-аналізи.

На кожний *стандартний (арбітражний)* вид аналізу дається певний проміжок часу. Наприклад, для ріпаку максимальний час виконання складає

72 години з моменту реєстрації зразку в системі, але в середньому він складає 48 годин.

Однак, є так звані *ургент-проби (швидкі проби)*, коли на аналіз дається менше, ніж 20 годин. Такі аналізи виконуються у випадку форс-мажорних ситуацій, коли, наприклад, при виконанні звичайного аналізу результат не задовольнив ані замовника, ані виконавців.

Експрес-аналізи виконують згідно контракту, якщо замовник вимагає отримання результатів у проміжок часу, необхідний саме для нього (приблизно 24 години). Однак у випадку недостовірності одержаних результатів аналізу лабораторія не може гарантувати стовідсоткову достовірність результатів, оскільки порушується регламент виконання самого аналізу.

На основі матеріалу щодо аналізування олійних та зернових культур, який було наведено вище, розроблено загальну схему процесів аналізування такого роду зразків у виробничо-технологічних лабораторіях, яку наведено на рис. 5.

На базі описаних вище процесів, які проходять у лабораторії, а також спеціально проведених додаткових досліджень було зроблено наступні висновки щодо оптимізації алгоритму проведення аналізів, які наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Оптимізаційні заходи при проведенні аналізів олійних та зернових культур

№ п/п	Оптимізаційні заходи	Скорочення часу виконання у порівнянні зі звичайним аналізом
1	Для оптимізації арбітражного методу визначення олійності було введено так званий експрес-аналіз.	Скорочення на 24 год. (50%)
2	Для достовірності вищезгаданого методу було проведено ряд дій персоналом лабораторії, в результаті яких експрес-аналізатор почав видавати зразки, які не уступають за достовірністю арбітражному методу. Таким чином, достовірність експрес-аналізу поліпшилася при значному скороченні часу проведення аналізу.	Скорочення на 1 (соя)...4 (ріпак) год. (1...5%)

Якщо більш детально розглянути оптимізаційні заходи з таблиці вище, то можна також навести порівняльну таблицю (табл. 2) та гістограму (рис. 6) розподілу часу на кожному етапі аналізування при різних видах процесу виконання (звичайний та оптимізований). де чітко можна спостерігати різницю у часі виконання: при експрес-аналізі зменшення загального часу виконання на 24 години (на 50%); при оптимізованому процесі – ще додатково йде скорочення на 1...4 години в залежності від культури (на 1...5%) на основних етапах контролю. Особливо ця різниця помітна на найдовшому етапі – етапі визначення жиру (олійності).

Висновки. За результатом проведеного у роботі дослідження було структуровано основні процеси, які відбуваються у виробничо-технологічних лабораторіях при морських портах України при проведенні аналізів олійних та зернових культур. Дослідження розподілу часу на кожному етапі аналізування при різних видах процесу виконання (звичайний та оптимізований) показало значну різницю у часі виконання при збереженні якості отриманих результатів: при експрес-аналізі

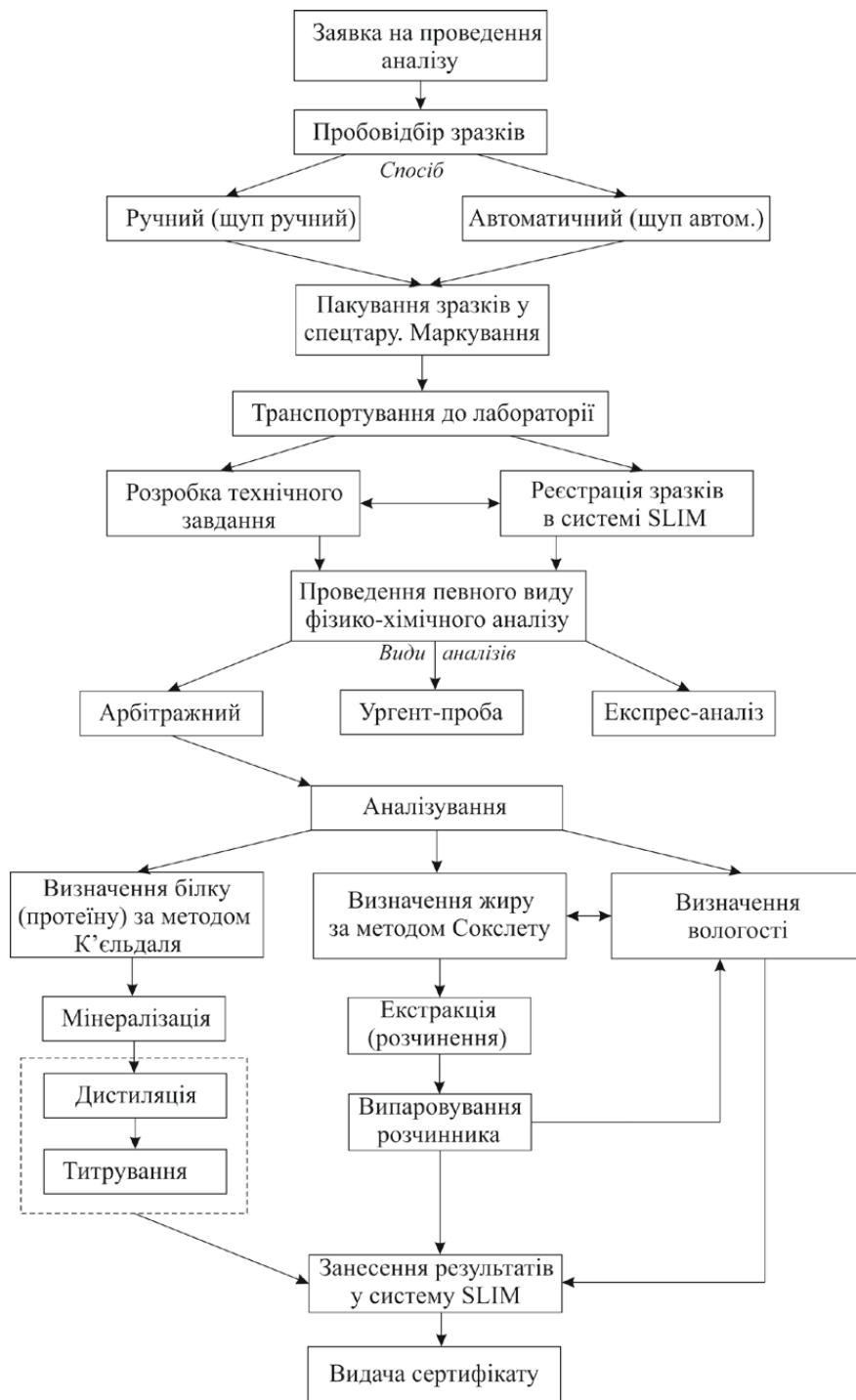


Рис. 5. Схема процесів, які відбуваються у лабораторії під час проведення аналізів олійних та зернових культур

Таблиця 2

**Порівняння годин, які витрачаються на кожному етапі звичайного
арбітражного аналізу, та годин оптимізованого процесу**

№ п/п	Етап роботи	Час виконання арбітражного аналізу	Час виконання експрес-аналізу	Час виконання оптимізованого аналізу
1	Оформлення заявки, розробка супровідної документації	≤ 1 год.	≤ 1 год.	≤ 1 год.
2	Транспортування зразків	7 год.	2 год.	2 год.
3	Підготовка лабораторного обладнання для проведення аналізів	5 год.	1 год.	1 год.
4	Визначення білку	5 год.	4 год.	3 год.
5	Визначення жиру	24 год.	12 год.	9 год.
6	Визначення вологості	4 год.	2 год.	2 год.
7	Визначення інших показників	≤ 1 год.	≤ 1 год.	≤ 1 год.
8	Оформлення результатів	≤ 1 год.	≤ 1 год.	≤ 1 год.
	Загальна кількість годин	48 год.	24 год.	20 (ріпак)... 23 (соя) год.

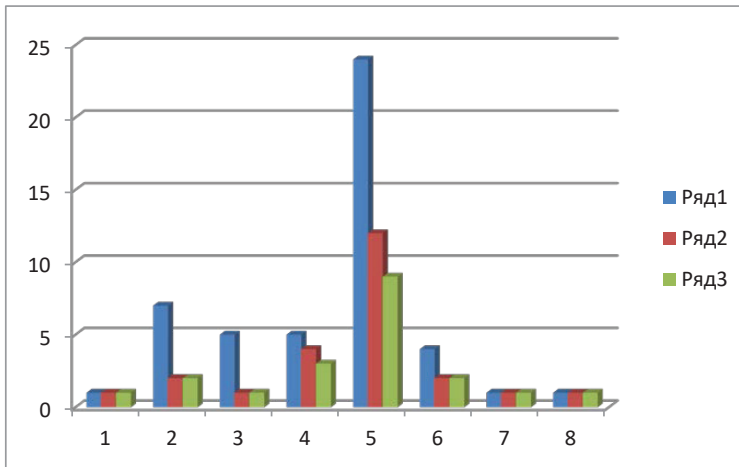


Рис. 6. Порівняння годин, які витрачаються на кожному етапі звичайного арбітражного аналізу, та годин оптимізованого процесу:

ряд 1 – час виконання звичайного арбітражного аналізу; ряд 2 – час виконання експрес-аналізу; ряд 3 – час виконання оптимізованого аналізу (на прикладі ріпаку)

у порівнянні з арбітражним методом зменшення загального часу виконання на 24 години (на 50%); при оптимізованому процесі – ще додатково йде скорочення на 1...4 години в залежності від виду культури (на 1...5%).

Таким чином, навіть незначне скорочення часу хоча б одного з етапів проведення аналізів – а при цьому потік заявок та зразків достатньо високий – призводить в сукупності до значного збільшення кількості проведених аналізів в одиницю часу без зниження якості контролю, що призводить до підвищення ефективності роботи лабораторії в середньому на 5...10%, в результаті чого значно збільшується вантажопотік та ефективність роботи порту, що в свою чергу, підвищує рівень доходу цих інфраструктурних об'єктів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Васильковська К. Тенденції та перспективи виробництва олійних культур в Україні й аналіз експорту олії. *Економічний гектар*. Кропивницький, 2021.
2. Процик І. С., Безе А. О. Світові тенденції розвитку ринку пшениці та кукурудзи і визначення місця України на ньому. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку*. №2 (8), 2022. С. 414-426.
3. Кондратюк О. І. Стан і перспективи розвитку зернового під комплексу в умовах глобалізації. *Актуальні проблеми економіки*, №6, 2021. С. 37-42.
4. Черемісіна С. Г. Ринок зернових культур в Україні: аналіз сучасного стану та перспективи розвитку. *Економіка АПК*. №2, 2021. С. 48-58.
5. Контроль якості зерна. Як оцінюється, основні показники та вимоги до якості зерна. URL: <https://agrosepmash.ua/uk/kontrol-yakosti-zerna>. Accessed on: Nov. 15, 2023.
6. Перевірка якості зерна: основні показники якості. URL: <https://biocor-tech.com/blog/perevirka-yakosti-zerna-osnovni-pokaznyky-yakosti>. Accessed on: Dec. 5, 2023.
7. Система для визначення білка/азоту методом К'ельдаля. URL: <https://shop.hlr.ua/ua/sistema-dlya-opredeleniya-belkaazota-metodom-keldalya-velp-scientifica-253545.html>. Accessed on: Dec. 23, 2023.
8. Автоматизація екстракційного методу визначення жиру. URL: <https://apk.hlr.ua/articles/avtomatizacziya-ekstrakczionnogo-metoda-opredeleniya-zhira>. Accessed on: Oct. 11, 2023.
9. Визначення олійності насіння: основні методи. URL: <https://www.volynpost.com/news/221830-vyznachennia-olijnosti-nasinnia-osnovni-metody>. Accessed on: Dec. 19, 2023.

REFERENCES:

1. Vasytkovska K. (2021) Trends and prospects of production of oil crops in Ukraine and analysis of oil export. *Ekonomichniy hektar*. Kropyvnytskyi. [in Ukrainian].
2. Protsyk I. S., Beze A. O. (2022) Global trends in wheat and corn market development and determination of Ukraine's place in it. *Menedzhment ta pidpriemnytstvo v Ukraini: etapy stanovlennia ta problemy rozvytku*, №2 (8), pp. 414-426. [in Ukrainian].
3. Kondratiuk O. I. (2021) The state and prospects of the development of the grain under the complex in the conditions of globalization. *Aktualni problemy ekonomiky*, №6, pp. 37-42. [in Ukrainian].
4. Cheremisina S. H. (2021) Market of grain crops in Ukraine: analysis of the current state and development prospects. *Ekonomika APK*, №2, pp. 48-58. [in Ukrainian].
5. Grain quality control. As assessed, the main indicators and requirements for grain quality. (2023). URL: <https://agrosepmash.ua/uk/kontrol-yakosti-zerna>. Accessed on: Nov. 15, 2023. [in Ukrainian].

6. Checking grain quality: main quality indicators. (2023). URL: <https://biocor-tech.com/blog/perevirka-yakosti-zerna-osnovni-pokaznyky-yakosti>. Accessed on: Dec. 5, 2023. [in Ukrainian].
 7. A system for the determination of protein/nitrogen by the Kjeldahl method. (2023). URL: <https://shop.hlr.ua/ua/sistema-dlya-opredeleniya-belkaazota-metodom-keldalya-velp-scientifica-253545.html>. Accessed on: Dec. 23, 2023. [in Ukrainian].
 8. Automation of the extraction method of fat determination. (2023). URL: <https://apk.hlr.ua/articles/avtomatizacziya-ekstrakczionnogo-metoda-opredeleniya-zhira>. Accessed on: Oct. 11, 2023. [in Ukrainian].
 9. Determination of oil content of seeds: basic methods. (2023). URL: <https://www.volynpost.com/news/221830-vyznachennia-olijnosti-nasinnia-osnovni-metody>. Accessed on: Dec. 19, 2023. [in Ukrainian].
-

УДК 640.43:338.48:005.336.3
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.13>

ІННОВАЦІЇ В РЕСТОРАННОМУ ГОСПОДАРСТВІ: АДАПТАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЙ ХАРЧУВАННЯ ДО СУЧАСНИХ ВИМОГ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Дишкантюк О. В. – кандидат технічних наук, доцент,
декан факультету менеджменту, готельно-ресторанної справи та туризму
Міжнародного гуманітарного університету
ORCID ID: 0000-0002-0679-3940

Власюк К. В. – старший викладач кафедри готельно-ресторанного
та туристичного бізнесу
Міжнародного гуманітарного університету
ORCID ID: 0000-0001-6209-5525

Тітомир Л. А. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри готельно-ресторанного та туристичного бізнесу
Міжнародного гуманітарного університету
ORCID ID: 0000-0001-8676-4674

Жмудь А. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри готельно-ресторанного та туристичного бізнесу
Міжнародного гуманітарного університету
ORCID ID: 0000-0001-6537-5215

Сучасні тенденції розвитку економіки диктують необхідність інноваційних змін у харчових технологіях та принципах функціонування ресторанного бізнесу. Характерною особливістю ресторанного бізнесу є орієнтація на клієнта, тому на сьогодні компанії у цій галузі пропонують не лише послуги ресторанного господарства, але й доповнюють процес споживання їжі іншими візуальними та емоційними факторами, що робить необхідним розвиток не тільки послуг ресторанного господарства, але й надання додаткових послуг. Метою статті є дослідження інновацій у ресторанній індустрії та адаптація харчових технологій до сучасних вимог сталого розвитку. Впровадження інновацій у національну економіку пов'язане з оновленням асортименту товарів та послуг, розширенням ринку збуту, застосуванням нових методів постачання, виробництва та споживання, внесенням змін у керівництво, організацію, технологію харчування та умови праці. Інновації вважають рушійною силою економічного зростання та конкурентною перевагою підприємств на ринку товарів та послуг. Ресторанний бізнес розвивається в конкурентному середовищі та змінюється відповідно до потреб споживачів та умов ринку. Ресторани знаходяться в постійній конкуренції, борючись за обіцяючі ринкові ніші, здатність утримувати лояльних гостей та залучати нових гостей до своїх закладів. Зростаючий попит споживачів на якісне обслуговування вимагає особливої уваги до проблеми вивчення діяльності ресторанів. На сучасному етапі розвитку індустрії харчування одним з найважливіших маркетингових інструментів для покращення рівня обслуговування гостей та збільшення продажів ресторанної продукції є впровадження оригінальних інноваційних технологій їжі та меню, а саме електронних меню, та дистанційного управління обслуговуванням. Таким чином, у своїй діяльності ресторани намагаються впроваджувати інноваційні методи та технології обслуговування, скорочувати час, необхідний для надання послуг, покращувати якість обслуговування та збільшувати привабливість ресторанних закладів. Впровадження передових технологій харчування та обслуговування в сучасних ресторанах разом з добре розробленими концепціями є ключем до забезпечення успіху та збільшення конкурентоспроможності в секторі послуг. Правильний вибір стратегії

інноваційного розвитку ресторанних підприємств спрямований на впровадження сучасних, науково обґрунтованих харчових технологій, що відповідають сучасним та міжнародним стандартам. У контексті економічних змін та переходу до ринкових відносин інновації стають основним фактором, що сприяє динамічному розвитку та ефективності ресторанних підприємств.

Ключові слова: ресторанний бізнес, інновації, інноваційні технології, харчові технології, стратегія інноваційного розвитку.

Dyshkantiuk O. V., Vlasiuk K. V., Titomyr L. A., Zhmud A. V. Innovations in the restaurant industry: adaptation of food technologies to modern requirements of sustainable development

Current trends in economic development dictate the need for innovative changes in food technologies and operating principles of restaurant businesses. A characteristic feature of the restaurant business is customer orientation, so today companies in this area offer not only public catering services, but also accompany the process of food consumption with other visual and emotional factors, which makes it necessary to develop not only public catering services, but also provide additional services. The purpose of the article is to study innovations in the restaurant industry and adapt food technologies to modern requirements of sustainable development. The introduction of innovations in the national economy is associated with updating the range of goods and services, expanding the sales market, applying new methods of supply, production and use, making changes in management, organization, Food Technology and working conditions. Innovation is considered the driving force behind economic growth and the competitive advantage of enterprises in the market of goods and services. The restaurant business develops in a competitive environment and changes in accordance with the needs of consumers and market conditions. Restaurants are in constant competition, competing for promising market niches, the ability to retain loyal customers, and the ability to attract new customers to their establishments. The growing demand of consumers for high-quality service requires special attention to the problem of studying restaurant activity. At the present stage of development of the catering industry, one of the most important marketing tools for improving the level of customer service and increasing sales of restaurant products is the introduction of original innovative technologies of food and menu, that is, electronic menus, and remote control of Service. Therefore, in their activities, restaurants try to introduce innovative methods and technologies of Service, reduce the time required to provide services, improve the quality of Service and increase the attractiveness of restaurant establishments. The introduction of advanced food and service technologies in modern restaurants, together with well-developed concepts, is the key to ensuring success and increasing competitiveness in the service sector. The correct choice of the strategy of innovative development of restaurant Enterprises is aimed at introducing modern, scientifically based food technologies that meet the requirements of modern and international standards. In the context of economic changes and the transition to market relations, innovations become the main factor contributing to the dynamic development and efficiency of restaurant enterprises.

Key words: restaurant business, innovations, innovative technologies, food technologies, innovative development strategy.

Постановка проблеми. Інтенсивність глобального економічного розвитку і техноглобалізації прискорює трансформацію постіндустріальної економіки в цифрову. Стрімкий розвиток цифрової економіки сприяє значному розширенню асортименту товарів і послуг на ринку, прискорює і здешевлює процеси обміну. Крім того, цифрова економіка призводить до формування нової цінності – даних, з появою відповідних бізнес-моделей і цифрових платформ. Така тенденція обумовлена інноваційним напрямком розвитку всіх галузей економіки, включаючи ресторанний бізнес.

Сучасні тенденції економічного розвитку диктують необхідність інноваційних змін в технологіях харчування і принципах роботи підприємств ресторанного бізнесу. Характерною рисою ресторанного бізнесу є орієнтація на споживача, тому сьогодні компанії в цій сфері пропонують не тільки послуги громадського харчування, але супроводжують процес споживання їжі іншими візуальними та емоційними факторами, що обумовлює необхідність розвивати не тільки послуги громадського харчування, а й надавати додаткові послуги. Це вимагає успішного

управління емоціями та враженнями клієнтів. В таких умовах для отримання конкурентних переваг інновації в асортиментній політиці, маркетингових та інформаційних технологіях, ресурсному забезпеченні та технологіях управління бізнесом в цілому доводять свою ефективність.

Інноваційні технології харчування мають потенціал для вирішення багатьох проблем, пов'язаних з харчуванням, таких як голод, недоїдання та ожиріння. Ці технології можуть допомогти ресторанам виробляти більше продуктів харчування з меншими витратами, зробити продукти харчування більш поживними і доступними і зменшити кількість харчових відходів. Інноваційні технології харчування мають потенціал для революціонізації ресторанної індустрії. Ці технології можуть допомогти шеф-кухарям створювати нові та захоплюючі страви, покращити якість та свіжість їжі та зробити харчовий досвід більш зручним та приємним для клієнтів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Конкурентоспроможні ресторани повинні підвищувати ефективність своєї діяльності, покращувати якість своїх послуг та шукати резерви для надання нових послуг шляхом впровадження інновацій на всіх етапах діяльності. Інтенсивний розвиток ринку ресторанних послуг у сучасному ринковому середовищі вимагає постійного розширення спектру послуг, підвищення якості харчування та обслуговування та посилення конкурентоспроможності ресторанних підприємств. Використання інноваційних технологій харчування сприяє збільшенню обсягів реалізації продукції та послуг і зростанню сприятливого іміджу підприємств ресторанного господарства, діяльність яких спрямована на задоволення зростаючого попиту споживачів на якісний сервіс та обслуговування. Питанням, пов'язаним із впровадженням інноваційних технологій у ресторанному господарстві та їх впливом на діяльність підприємств у ринковому середовищі, присвячені праці вчених-економістів, а саме: Боковець В. В., Гарафонова О. І., Сідлак С. В. [1], Давидова О. Ю. [2], Кругляк Г. О. [3], Лялик А., Добровольською С. [4] та інших. Економісти проаналізували можливості впровадження новітніх технологій харчування у сфері гостинності та визначили доцільність застосування інноваційних підходів до управління якістю послуг для ефективного функціонування підприємств ресторанного господарства в ринкових умовах.

Метою статті є вивчення інновацій в ресторанному господарстві та адаптацію технологій харчування до сучасних вимог сталого розвитку.

Виклад основного матеріалу дослідження. Цифрова глобалізація, що характеризується нескінченністю і безперервністю потоків інформації, знань, ідей та інновацій, прискорює перехід світової економіки до цифрового формату, в якому домінують штучний інтелект, автоматизація і цифрові платформи. Проникаючи у всі сфери суспільства, новітні цифрові технології дозволяють державі, бізнесу та населенню ефективніше взаємодіяти та сприяти досягненню цілей сталого розвитку. Нові умови функціонування диктують необхідність поліпшення якісних параметрів розвитку вітчизняного ресторанного бізнесу, а основними інструментами досягнення цілей розвитку є інноваційні моделі управління бізнесом, засновані на використанні інноваційних і цифрових технологій [2].

Ресторанний бізнес – це сучасний сектор ресторанної індустрії, що стрімко розвивається. На сучасному етапі цей бізнес має великий потенціал для українського ринку. З підвищенням привабливості сфери послуг посилюється конкуренція між ресторанами. Тому необхідно впроваджувати інноваційні рішення в організацію ресторанної діяльності та підвищувати конкурентоспроможність на ринку ресторанних послуг.

Впровадження інновацій в національну економіку пов'язане з оновленням асортименту товарів і послуг, розширенням ринку збуту, застосуванням нових методів постачання, виробництва і використання, внесенням змін в управління, організацію, технологію харчування та умови праці. Інновації вважаються рушійною силою економічного зростання та конкурентної переваги підприємств на ринку товарів і послуг [1]. Основними функціями інноваційної діяльності в ресторанному бізнесі є підвищення продуктивності праці та ефективності виробництва, зниження витрат, поліпшення якості пропонованої продукції та послуг, задоволення потреб споживачів з постійно мінливими і зростаючими вимогами до якості послуг, підвищення збалансованості між попитом і пропозицією, виробництвом і споживанням, сприяти зростанню творчої активності працівників закладу.

Інноваційні підходи до управління ресторанами в країнах світу дуже різноманітні. Вони включають використання передових технологій харчування, акцент на енергоефективність, адаптацію до попиту клієнтів, багатофункціональність і гнучкість, соціальну та екологічну спрямованість. Розвиток Інтернету та впровадження інформаційних технологій дають можливість підприємствам ресторанного бізнесу отримати певні переваги на ринку своїх продуктів та послуг у вигляді більшої кількості інформації про діяльність компанії та обсяг послуг, зниження витрат та підвищення ефективності виробничих процесів, а також полегшення доступу споживачів до благ цивілізації.

У сучасних ринкових умовах зростає роль інформаційного забезпечення підприємств ресторанного бізнесу та використання інформаційних технологій в управлінні закладами сфери послуг. Ринок ресторанних послуг характеризується високим рівнем конкуренції, збільшенням кількості пропонованих основних і додаткових послуг, зростанням рівня якості обслуговування. Як наслідок, зростає складність менеджменту та необхідність управління всіма видами діяльності в ресторанному бізнесі, що створює потребу у використанні нових та інноваційних підходів до діяльності закладів гостинності та впровадженні новітніх інформаційних технологій харчування. Тому, незалежно від розміру підприємства, категорії, кількості місць у ресторані та місця розташування ресторанного бізнесу, необхідно впроваджувати новітні інформаційні технології з метою підвищення конкурентоспроможності. У сучасних ринкових умовах досягнення необхідного рівня конкурентоспроможності підприємств ресторанного господарства на ринку послуг та сервісу вимагає, щоб швидкість, надійність, оперативність і точність обробки і передачі інформації, яка так важлива у фінансовій, бухгалтерській та господарській діяльності підприємства, а також бажання і швидкість обслуговування клієнтів задовольнялися на належному рівні. Це можливо лише за допомогою сучасних інформаційних комп'ютерних систем і технологій харчування. Використання інформаційних технологій для управління бізнесом в національній економіці слід розглядати як пріоритетний напрям розвитку ресторанного бізнесу в нашій країні, враховуючи досвід розвинених країн світу [3].

Інформаційна технологія – це процес отримання нової якісної інформації про стан явища, об'єкта або процесу за допомогою сукупності методів і засобів збору, структурування та передачі даних. Сьогодні інформаційні технології виконують особливу роль в ресторанному бізнесі. Вони значно полегшують роботу персоналу ресторанів, дозволяючи швидко і ефективно вирішувати проблеми, пов'язані з уподобаннями споживачів, і забезпечувати комфортні умови харчування і розваг. Впровадження ІТ-технологій в ресторанну індустрію дає можливість одночасно прораховувати економічні, екологічні та функціональні аспекти, інвестиційні та

виробничі витрати, а також якість процесів і послуг, комфорт і задоволеність клієнтів.

Для вирішення вищезазначених проблем вдосконалення управління ресторанним бізнесом все частіше застосовуються передові інформаційні технології. Їх активне використання дозволяє ресторанам ефективно управляти якістю послуг, які вони надають. Системи автоматизації FIDELIO, OPERA Enterprise Solution, Micros-Fidelio вважаються найкращими у вирішенні функціональних завдань управління ресторанами і пропонують наступні функції: фінансовий аналіз та аналіз витрат, управління фінансами, матеріальними потоками, якістю продукції та послуг, продажами продукції та послуг. Слід зазначити, що при аналізі потреби конкретного підприємства у впровадженні тієї чи іншої інновації необхідно враховувати низку факторів, які впливають на діяльність закладу в обраній ніші послуг та визначають його конкурентоспроможність у ринковому середовищі. Інновації у сфері харчування та послуг спрямовані на використання новітніх засобів, пов'язаних з розширенням спектру більш досконалих та інноваційних технологій харчування та надання послуг, впровадженням науково обґрунтованих процесів управління. Як правило, інновації у сфері харчування та послуг зачіпають низку факторів, пов'язаних з людськими ресурсами, організаційною структурою підприємств, елементами цінності для споживачів та впровадженням інформаційно-комунікаційних технологій [4].

При впровадженні інновацій у сфері харчування та послуг особлива увага приділяється організаційним та технологічним елементам надання послуг та харчуванню, з метою підвищення конкурентоспроможності закладів ресторанного господарства на ринку послуг за рахунок розширення їх охоплення інноваційними технологіями, наближеними до вимог споживачів. Слід зазначити, що інноваційні технології – це не тільки нова техніка, але й новий спосіб ведення бізнесу. Сьогодні, враховуючи сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності та туризму, у всьому світі активно впроваджуються продуктові, сервісні, управлінські та адміністративні інновації. Таким чином, ресторанний бізнес відіграє важливу роль у вирішенні проблем інтеграції української економіки у світове господарство та залучення інвестицій у реальний сектор, що стрімко розвивається, сприяючи таким чином поліпшенню економічної ситуації в нашій країні.

Ресторанний бізнес розвивається в конкурентному середовищі та змінюється відповідно до запитів споживачів і кон'юнктури ринку. Ресторани перебувають у постійній конкурентній боротьбі, змагаючись за перспективні ринкові ніші, можливість утримати постійних клієнтів та здатність залучити нових клієнтів до своїх закладів. Зростаючий попит споживачів на якісне обслуговування вимагає особливої уваги до проблеми вивчення ресторанної діяльності. На сучасному етапі розвитку індустрії харчування цей бізнес має великий потенціал для українського ринку. З підвищенням привабливості індустрії харчування посилюється конкуренція між підприємствами ресторанного господарства, виникає необхідність впровадження інноваційних рішень в організацію їх діяльності та підвищення конкурентоспроможності на ринку харчових послуг.

В останні роки спостерігається значний прогрес у розвитку інноваційних технологій харчування. Деякі з найбільш перспективних технологій включають:

1. Роботизована кухня використовує роботів для приготування та подачі їжі. Це може допомогти шеф-кухарям автоматизувати рутинні завдання та зосередитись на створенні нових та захоплюючих страв.

2. 3D-друк їжі дозволяє створювати складні та персоналізовані страви. Ця технологія може використовуватися для створення нових текстур і смаків, а також для друку продуктів харчування з різною поживною цінністю.

3. Візуальні технології, такі як доповнена реальність та віртуальна реальність, можуть бути використані для створення більш захоплюючого та інтерактивного меню.

4. Штучний інтелект можна використовувати для вдосконалення всіх аспектів ресторанного бізнесу, від управління запасами до планування меню та персоналізації досвіду обіду. Наприклад, штучний інтелект можна використовувати для створення персоналізованих меню на основі уподобань клієнтів, а також для прогнозування попиту на продукти харчування та напої.

На сучасному етапі розвитку ринку ресторанного бізнесу одним з найважливіших маркетингових інструментів підвищення рівня обслуговування споживачів та збільшення обсягів продажу продукції ресторанного господарства є впровадження оригінальних інноваційних технологій харчування та меню, тобто електронних меню, та дистанційного керування обслуговуванням. Тому у своїй діяльності ресторани намагаються впроваджувати інноваційні методи та технології обслуговування, скорочувати час надання послуг, покращувати якість обслуговування та підвищувати привабливість закладів ресторанного господарства.

Актуальність даного питання полягає в тому, що в сучасних умовах ресторанам достатньо складно управляти прийомом і обробкою замовлень відвідувачів на належному рівні. Вирішити цю проблему можна шляхом впровадження електронних меню, які здатні підвищити ефективність роботи ресторану та рівень обслуговування в закладах ресторанного господарства. Електронне меню – це сучасна система замовлення, яка замінює звичне паперове меню. Система містить повну інформацію про страви та напої ресторану на електронному пристрої. Вона також дозволяє відвідувачам ресторану самостійно перевіряти і замовляти всі види їжі, що подаються в ресторані, не чекаючи на офіціанта. На відміну від звичайних паперових меню, електронні меню мають багато переваг у різних сферах:

- з точки зору екології, вони дозволяють економити на споживанні паперу, оскільки меню не потрібно передруковувати щоразу, коли вони змінюються;
- інтерес людей до такого типу інновацій постійно зростає;
- з точки зору обслуговування, процес прийому та обробки замовлень значно прискорюється, виключаючи ненавмисні помилки персоналу;
- з точки зору здоров'я, споживачі можуть бути поінформовані про запропоновані рецепти меню і можуть замовити страви, які не містять інгредієнтів, що можуть викликати алергію на певні інгредієнти в рецептурному складі страви;
- з точки зору автоматизації, електронне меню дозволяє зменшити навантаження на персонал та оптимізувати роботу кухарів, які готують страви в порядку надходження замовлень.

Електронне меню дозволяє гостям самостійно проектувати собі сніданок, обід і вечерю, що особливо важливо для відвідувачів з певними дієтичними обмеженнями. За допомогою програмного забезпечення для електронного меню клієнти можуть грати в ігри, читати новини, слухати музику або дивитися відео, поки чекають на замовлення. Після встановлення електронного меню в ресторані, планшет або мобільний пристрій гостя може автоматично відкривати веб-сайт з меню, якщо є доступ до Wi-Fi. Було проведено порівняльний аналіз існуючих електронних меню (eMenu, Smart Menu та Profit Menu), розроблених та впроваджених у ресторанах по всьому світу. Результати показали, що eMenu було визнано найкращим за всіма функціональними характеристиками. eMenu включає

інформацію про харчові добавки, доступ до Інтернету, рейтинги та оцінки страв, відсутність посередників між споживачем та шеф-кухарем, рекламу партнерів та можливість оплати замовлень карткою. Воно включає в себе особливості, які не були знайдені в інших досліджуваних е-меню. Таким чином, на основі аналізу передових технологій харчування та обслуговування в сучасних ресторанах, дана робота спрямована на залучення більшої кількості споживачів, підвищення рівня продажів високоякісної продукції, забезпечення довіри і лояльності споживачів та формування сприятливого іміджу існуючих ресторанів.

Висновок. Впровадження передових технологій харчування та обслуговування в сучасних ресторанах разом з добре розробленими концепціями є запорукою забезпечення успіху і підвищення конкурентоспроможності у сфері послуг. Правильний вибір стратегії інноваційного розвитку підприємств ресторанного господарства спрямований на впровадження сучасних, науково обґрунтованих технологій харчування, які відповідають вимогам сьогодення та міжнародним стандартам. В умовах економічних змін та переходу до ринкових відносин інновації стають основним фактором, що сприяє динамічному розвитку та підвищенню ефективності діяльності підприємств ресторанного господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Боковець В. В., Гарафонова О. І., Сідлак С. В. Інноваційна діяльність в Україні. *Вісник Хмельницький національний університет*. 2021. Том 1. № 6. С. 711.
2. Давидова О. Ю. Формування системи інноваційного управління розвитком підприємств готельно-ресторанного господарства. *Вісник «БІЗНЕС ІНФОРМ»*. 2017. № 11. С. 459–464.
3. Кругльак Г. О. Дослідження ролі інноваційних технологій в управлінні підприємствами готельно-ресторанного господарства. *Вісник Економіка та продовольча безпека України*. 2018. Том 6. Вип. 3–4. С. 58–64.
4. Лялик А., Добровольська С. Інноваційні технології приготування страв в сучасному ресторані URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/29166/2/ProcSPHNP_2019_Lialyk_A-Innovative_dish_making_technologies_76-77.pdf
5. Ткаченко А. М. Інновації та їх роль у готельно-ресторанному господарстві. *Вісник Держава та регіони. Серія «Економіка та підприємництво»*. 2017. № 3 С. 29–33.

REFERENCES:

1. Bokovets V. V., Garafonova O. I., Sidlak S. V. (2021). Innovative activity in Ukraine [Innovative activity]. Bulletin "Khmelnyskyi National University" (Vol. 1). No. 6. P 711 [in Ukrainian].
2. Davydova O. Yu. (2017). Formuvannia systemy innovatsiinoho upravlinnia rozvytkom pidpriemstv hotel- no-restorannoho hospodarstva [Formation of a system of innovative management of the development of hotel and restaurant enterprises]. Bulletin "BUSINESS INFORM" No. 11. P 459464 [in Ukrainian].
3. Kruglyak H. O. (2018). Study of the role of innovative technologies in the management of hotel and restaurant enterprises [Study of the role of innovative technologies in the hotel and restaurant industry]. Bulletin of the Economy and Food Security of Ukraine. (Vol. 6) Issue 34. P. 5864 [in Ukrainian].
4. Lialyk A., Dobrovol'ska S. Innovative cooking technologies in a modern restaurant. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/29166/2/ProcSPHNP_2019_Lialyk_A-Innovative_dish_making_technologies_76-77.pdf
5. Tkachenko A. M. (2017). Innovations and their role in the hotel and restaurant industry [Innovations and their role in the hotel and restaurant business]. Bulletin State and regions. "Economy and Entrepreneurship" series. No. 3. P. 2933 [in Ukrainian].

УДК 663/664.0:335

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.14>

НАУКОВІ ЗАСАДИ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОДУКТІВ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ БІЛКА В РАЦІОНІ ХАРЧУВАННЯ ВІЙСЬКОВОСЛУЖБОВЦІВ

Маслійчук О. Б. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри готельно-ресторанної справи та харчових технологій
Львівського національного університету імені Івана Франка
ORCID ID: 0000-0003-2045-9284

Сімахіна Г. О. – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-7836-3114

Науменко Н. В. – доктор філологічних наук, професор,
професор кафедри іноземних мов професійного спрямування
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-7340-8985

Боездатність військовослужбовців Збройних Сил України залежить від рівня працездатності, фізичної та психоемоційної витривалості, тривалої концентрації уваги бійців, функціональних резервів їх організму, що, серед іншого, визначається і якістю харчування.

Незважаючи на численні інновації в системі організації харчування військовослужбовців, у тому числі при проведенні бойових дій, необхідний його постійний нутриціологічний моніторинг з метою коригування військових пайків для забезпечення повноцінним харчуванням особового складу різних спеціальностей.

В умовах бойових дій військовослужбовець – активний учасник системи «людина – навколишнє екстремальне середовище», в якому є надмірна нервово-емоційна та фізична напруга, межі фізіологічних можливостей та зниження боездатності, захворювання, депресивні стани, посттравматичний стресовий розлад.

Білкова складова є найдефіцитнішою у раціоні харчування військовослужбовців. Особливо актуальним є завдання споживання необхідної кількості білка для військовослужбовців, що мають підвищений ступінь фізичної активності в бойових діях.

У статті проаналізовано наукові засади розроблення харчових продуктів з підвищеним вмістом білка в раціоні харчування військовослужбовців. Наведено білкові добавки відповідної класифікації та запропоновано наступний етап дослідження забезпечення раціону харчування військовослужбовців у основних нутрієнтах.

Нестача повноцінного білка у раціоні військовослужбовців негативно впливає на стан здоров'я, тому необхідним є розроблення та введення продуктів з підвищеним вмістом білка у їхньому раціоні.

На засвоєння білків впливає структура раціону: збалансованість нутрієнтів, вміст органічних кислот, вуглеводів (крохмалю), жирів, білків інших продуктів. Білковий дефіцит білків у харчуванні військовослужбовців вимагає як кількісного, так і якісного використання нових недостатньо використовуваних білковмісних продуктів – білкових збагачувачів: вторинної сировини м'ясо-молочної промисловості, рослинних білків, гідролізатів тваринного та рослинного походження.

Ключові слова: харчування військовослужбовців, повноцінний білок, нутрієнт, білкові добавки.

Masliichuk O. B., Simakhina H. O., Naumenko N. V. Scientific principles of the development of products with a high protein content in the diet of military personnel

The combat effectiveness of military personnel of the Armed Forces of Ukraine depends on the level of work capacity, physical and psycho-emotional endurance, long-term concentration

of attention of the personnel, functional reserves of their body, which, among other things, is determined by the quality of nutrition.

Despite numerous innovations in the system of food organisation of military personnel, including when conducting military operations, constant nutritional monitoring is necessary in order to adjust military rations to ensure full nutrition of personnel of various specialties.

In the conditions of hostilities a military serviceman is an active participant in the "man – extreme surrounding environment" system, where there is excessive neuro-emotional and physical tension, the limits of physiological capabilities and reduced fighting capacity, diseases, depressive states, post-traumatic stress disorder.

The protein component is the most deficient in the diet of military personnel. The task of consuming the required amount of protein is especially relevant for military personnel who have an increased degree of physical activity in combat operations.

The article analyses scientific principles of the development of food products with an increased protein content in the diet of military personnel. Protein supplements of the appropriate classification are given and the next stage of the study of ensuring the diet of military personnel in the main nutrients is proposed.

The lack of full-fledged protein in the diet of military personnel has a negative effect on the state of health, therefore it is necessary to develop and introduce products with an increased content of protein in their diet.

The absorption of proteins is influenced by the structure of the diet: the balance of nutrients, the content of organic acids, carbohydrates (starch), fats, proteins of other products. Protein deficiency of proteins in the diet of military personnel requires both quantitative and qualitative use of new insufficiently used protein-containing products – protein enrichers: secondary raw materials of the meat and dairy industry, vegetable proteins, hydrolysates of animal and vegetable origin.

Key words: nourishment of military personnel, full-fledged protein, nutrient, protein supplements.

Актуальність дослідження. Проблема вдосконалення харчового раціону військовослужбовців Збройних Сил України є сьогодні надзвичайно актуальною, особливо у зв'язку з російсько-українською війною. Загалом над проблемою розроблення оздоровчих продуктів працюють учені Національного університету харчових технологій, Одеського національного технологічного університету, Державного біотехнологічного університету, Державного торговельно-економічного університету та Львівського національного університету імені Івана Франка.

Перші наукові праці, що містять рекомендації з харчування при різних екстремальних умовах, пов'язані з іменами М. Ломоносова, Є. Мухіна, Д. Самойловича та інших [1, 2, 3].

Відомо, що здоров'я людини на 50 % залежить від соціально-економічних умов і способу життя, найважливішою складовою якого є харчування. Аліментарний чинник входить до числа провідних з точки зору впливу на здоров'я кожної людини, в тому числі військовослужбовців Збройних Сил України, визначаючи такі біологічні характеристики, як будова тіла, особливості обміну речовин, стан імунної системи, захворюваність, а також тривалість активного життя [3].

Відповідне харчування з точки зору якості та кількості, а також адекватна гідратація необхідні для забезпечення фізичної здатності та когнітивного і емоційного стану військовослужбовців на оптимальному рівні [1, 4–6].

Недостатня забезпеченість організму нутрієнтами здатна викликати зниження адаптаційних резервів і збільшення захворюваності, пов'язаної зі зниженням природної резистентності організму. Уся величезна розмаїтість харчових продуктів, що людина вживає в їжу, зводиться до таких основних компонентів: білки, жири, вуглеводи, вітаміни, мінеральні елементи, вода [7].

Комплектування армійських пайків у більшості країн здійснюється за національними нормами забезпечення з обов'язковим урахуванням характеру військової служби, оснащення військової техніки та засобів озброєння, принципів

ведення бойових дій, що, зрештою, відбивається як на структурі пайків, так і організації харчування військовослужбовців загалом. Норми забезпечення та раціони в арміях зарубіжних країн відносно стабільні, проте постійно відбувається удосконалення їх структури (за рахунок включення нових продуктів), фасування та пакування раціонів [8, 9, 10].

Перш за все, білки виконують роль пластичного матеріалу для побудови та оновлення різних тканин і клітин організму. Вони беруть участь в обміні речовин, оскільки є складовою багатьох гормонів, впливають на процеси росту та розвитку організму. Окрім того, білки виконують ферментативну, захисну, транспортну функції, впливають на діяльність центральної нервової системи, підвищують її тонус. У разі їх нестачі погіршується розумова та фізична працездатність. Особливе значення мають специфічні білки: глобін (входить до складу гемоглобіну еритроцитів, виконує функцію дихання, постачаючи тканинам кисень), міозин та актин (беруть участь у скороченні м'язів), глобуліни (утворюють антитіла, які запобігають розвитку інфекції).

Для задоволення потреб організму суттєвим є не тільки кількість, але і якість білків їжі. Важливе значення має амінокислотний склад білків, особливо потрібні організму лізин, триптофан, фенілаланін, лейцин, валін, метіонін, гістидин, треонін. Повноцінними є білки тваринного походження, що містяться в яйцях, м'ясі, рибі, молоці та молочних продуктах. У продуктах рослинного походження повноцінні білки містяться в сої, квасолі, картоплі, рисовій, вівсяній та гречаній крупах. У хлібі, кукурудзі та інших крупах в основному містяться неповноцінні білки. Значна кількість білків містяться (у 100 г продукту): в сирі – 20–30 г, квасолі – 21, яловичині – 20, курячому м'ясі – 18, рибі – 15–20, яйцях – 13 г. Їжа має бути змішаною і містити білки тваринного та рослинного походження (оптимальне співвідношення 55 : 45). Потреба у білку збільшується при напруженій фізичній та розумовій роботі. Надлишок білків у раціоні сприяє розвитку гнильної мікрофлори у кишківнику і утворенню токсичних продуктів (фенол, індол та інші) [3].

Враховуючи вище перелічене, питання оптимізації раціону харчування військовослужбовців Збройних Сил України сьогодні набуває особливої актуальності.

Метою дослідження є аналіз наукових засад щодо розроблення продуктів з підвищеним вмістом білка в раціоні військовослужбовців Збройних Сил України.

Матеріали та методи: інформаційно-пошуковий, контент-аналіз, аналіз законодавчо-нормативних документів та наукових публікацій вітчизняних та зарубіжних дослідників.

Результати дослідження та їх обговорення. В умовах хронічного впливу несприятливих чинників навколишнього та виробничого середовища, істотна роль належить перебудові білкового обміну організму. Відзначають загальну закономірність синтезу білку в м'язах людини, адаптованої до фізичних навантажень. У цьому випадку, інтенсивність білкового синтезу досить висока в стані спокою, знижується при фізичних навантаженнях і різко активізується у відновлювальний період [11].

Іншу закономірність відзначено у осіб розумової праці, що працюють в умовах гіпокінезії. У них інтенсивність синтезу білку в стані спокою знижена. У відповідь на фізичне навантаження цей процес знижується ще інтенсивніше, а період супер компенсації збільшується повільно [12].

Тривале напруження обміну протеїнів проявляється на всіх рівнях організації організму: виснажуються функціональні резерви, порушується формування

структурного потенціалу організму, знижуються загальна резистентність і імунітет, активується перекисне окислення ліпідів, потенціюється вітамінний дисбаланс. Зниження частки білку нижче 10%калорійності здатне призвести до формування білкової недостатності.

В умовах екстремальних ситуацій при змінах енергетичного обміну, підвищених фізичних навантаженнях, вдиханні забрудненого повітря в несприятливих екологічних умовах відбувається утворення вільних радикалів, що негативно впливають на організм. До ключових ланок захисних систем організму відносять: систему антиоксидантного захисту, ферментну систему детоксикації, стан мембранного апарату клітин [13].

В Україні вимоги до раціону харчування військовослужбовців регламентуються постановою КМ України № 426 «Про норми харчування військовослужбовців Збройних Сил та інших військових формувань» від 29 березня 2002 р. (14 Норм), яку постановою КМ України від 3 жовтня 2016 р. № 696 «Про внесення змін до норм харчування військовослужбовців ЗСУ та інших військових формувань» доповнено Нормою № 15 – добовий польовий набір продуктів. Впродовж 2018–2019 рр. ЗСУ перешли на нову систему харчування згідно наказу Міністра оборони України № 591 «Про затвердження Каталогу продуктів харчування» від 15 листопада 2019р. з можливістю індивідуального коригування раціону за вподобанням військовослужбовців [6].

Білковий склад сухого пайку перевищує денну потребу у білку на 13,54 %. Оскільки зайвий білок не затримується в організмі людини, надлишкове його споживання може зумовити перенапруження системи травлення та нирок з наступним їх функціональним виснаженням [14]. До того ж, підсилене білкове харчування порушує процеси травлення та засвоєння їжі, призводить до збудження нервової системи і, як наслідок, неврозів.

Разом з тим, аналіз біологічної цінності білка показав, щодобова потреба у незамінних амінокислотах забезпечується недостатньо (табл. 1) [14]. Наприклад значно меншим за норму є вміст ізолейцину, який слугує джерелом енергії для м'язів та впливає на витривалість, і лізину, що стимулює роботу мозку, регенеративну здатність тканин та імунну систему.

Останнім часом теорія збалансованого харчування поповнена новими даними про потреби організму при різних захворюваннях і різних умовах проживання [15, 16]. Тому існуючий у нутриціології балансовий підхід до структури харчування, потребує істотного корегування при розробленні харчових раціонів військовослужбовців.

Проблема забезпечення військових якісним харчуванням поки що не знайшла свого практичного вирішення, варто лише зазначити розробку авторів [17] зі створення продуктів для ентерального харчування, призначених для пацієнтів з травмами, порушеннями і ураженнями.

Тому необхідним є формулювання наукових засад розроблення для військовослужбовців спеціальних харчових продуктів, адекватних умовам життєдіяльності на базі методів наукового пізнання, системного підходу та узагальнення результатів наукових праць у даному напрямі [3].

Загалом для населення, що проживає в екстремальних умовах, харчові продукти повинні відзначатись сукупністю таких властивостей [18]: компенсувати дефіцит біологічно активних компонентів, який виникає під впливом несприятливого навколишнього середовища; покращувати функціональний стан органів та систем організму; підвищувати захисні функції імунної системи організму;

Таблиця 1

Біологічна цінність білку в складі сухого пайку

Амінокислота (мг)	Галети з борошна 1 гатунку		Каша рисова з яловичиною		Яловичина тушкована		Паштет печінковий (яловичий)		Мед натуральний		Разом	Добова потреба
	100 г	порція	100 г	порція	100 г	Порція	100 г	порція	100 г	порція	г	г
Ізолейцин	314	942	103	335	60	195	205	205	8	3	2	3-4
Лейцин	582	1746	197	640	114	371	377	377	10	4	4	4-5
Метіонін+ Цистин	331	993	105	341	61	198	165	165	4	2	2	2-4
Лізин	236	708	86	280	136	442	350	350	8	3	2	3-5
Феніл-аланін+ Тирозин	662	1986	207	673	105	341	350	350	19	8	4	2-4
Треонін	242	726	85	276	61	198	199	199	4	2	2	2-3
Триптофан	124	376	28	91	28	91	51	51	4	2	1	1
Валін	375	1125	145	471	61	233	233	233	9	4	3	3-4

підвищувати фізичну витривалість, сприяти посиленню адаптаційних резервів організму і психологічної стійкості в екстремальних ситуаціях та комбінованій дії несприятливих чинників; прискорювати процеси відновлення метаболічних процесів після підвищених фізичних та нервово-емоційних навантажень; покращувати самопочуття, забезпечувати адекватні фізіологічні та психологічні реакції на стресори, запобігати духовній та психічній спустошеності.

На підставі досвіду вітчизняних та зарубіжних учених, логічних умов та виводів можна виокремити декілька засадничих положень формування спеціального харчового раціону для військовослужбовців [3].

З нашої точки зору, харчові продукти для військовослужбовців мають посісти статус спеціальних, і їх потрібно розглядати у новій якості – як носіїв широкого спектру біологічно активних речовин, що беруть участь у всіх процесах фізіологічного та гормонального регулювання діяльності організму людини і, залежно від якісного та кількісного складу, надають продуктам профілактичних, оздоровчих та лікувальних властивостей [13].

Призначення усіх цих продуктів полягає у запобіганні метаболічним та нервово-емоційним порушенням в організмі під впливом шкідливих та небезпечних для здоров'я чинників довкілля, особливо в умовах бойових дій.

Основною умовою виробництва продуктів для військових є використання природних інгредієнтів із широким спектром фізіологічних впливів – енергетичних, загальнозміцнюючих, імуномодулюючих, адаптогенних, стресолімітуючих, реабілітаційних та інших [15, 19].

Із урахуванням таких завдань зрозуміло, що частка природних БАР у раціоні військових має складати до 1000 різних найменувань. Жоден, навіть найбільш

досконалий продукт, не здатен забезпечити таку кількість функціональних інгредієнтів. Тому і поставлено за мету не лише створення окремих харчових продуктів, а й компонування на їхній основі спеціальних харчових раціонів, які б забезпечували і енергетичні витрати організму військовослужбовця, і здатність до відновлення, і профілактику можливих захворювань [3].

Моделювання таких продуктів необхідно розпочинати з білкової складової, тому що білок – це і оновлення клітин, і виконання механічних функцій, і транспорт в організмі всіх інших нутрієнтів, і участь у регулюванні біохімічних процесів, і стійкість організму до інфекцій [20].

Частка білку має бути досить значною – 1,5...2 г / 1 кг маси тіла. Це приблизно 100...150 г на добу – за Нормами харчування військовослужбовців Збройних Сил України (норма №1 – загальновійськова) білкова складова дорівнює 122 г [21].

Причому на тваринний білок має припадати не менш ніж 55 %, а рослинний – 45 %. Саме при такому співвідношенні забезпечується адекватність амінокислотного складу раціону фізіологічним потребам організму в екстремальних умовах [22].

До продуктів, багатих на білок, відносяться м'ясо, м'ясопродукти, риба, молоко, яйця. Біологічно цінними і дешевими джерелами білку тваринного походження є також вторинні ресурси молочної та м'ясної промисловості, малоцінні породи риб та інші морепродукти.

Зважаючи на обставини, у яких живуть і харчуються наші військовики, білок має бути швидко-перетравлюваним. Відомо, що за ступенем перетравлюваності білки продуктів розташовуються в такий ряд:

рибні > молочні > м'ясні > злакові > круп'яні.

Це визначає пріоритети у виборі джерел білку [16]. Потрібно також врахувати, що при розробленні м'ясо-овочевих консервів для військових не бажано включати бобові (квасоллю, горох), оскільки їхні компоненти знижують активність травних ферментів, вони недостатньо засвоюються організмом і викликають неприємні відчуття на рівні шлунково-кишкового тракту.

Насправді людський організм засвоює тваринний та рослинний білок у повній мірі, але у даному випадку питання залишається саме за повноцінністю складу. Тут мається на увазі саме набір тих самих необхідних нашому організму амінокислот, з яких він буде оновлювати та будувати нові клітини тіла.

Саме тому, якщо у зв'язку з особливостями раціону військовослужбовців, чи по стану їхнього здоров'я не можуть споживати білок тваринного походження, є сенс збагатити раціон тофу, гречаною крупою, спіруліною, горіхами тощо. Винятком вважати сою, яка саме по своєму амінокислотному складу найбільш наближена до білка тваринного походження [23].

Можна по різному класифікувати білкові добавки, та пропонувати їх у раціон харчування військовослужбовців. Найпоширенішим способом є поділ їх за походженням білка (табл. 2) [23].

Вважається, що людський організм в процесі еволюції найкраще всього пристосувався до засвоєння цільних білків. Гідролізати, які багаті на ди- і трипептиди, удвічі ефективніші порівняно із цільним білком і у сім разів ефективніші за суміші амінокислот. Гідролізати підсилюють синтез білка, а затримка азоту стає максимальною. Білки молока засвоюються майже на 100, м'яса – на 90; пшениці – на 50; овочів на 25–30, картоплі – на 80 %.

На засвоєння білків впливає структура раціону: збалансованість нутрієнтів, вміст органічних кислот, вуглеводів (крохмалю), жирів, білків інших продуктів.

Таблиця 2

Характеристика білкових добавок

Протеїн	Характеристика
Сироватковий протеїн	Найбільш поширений вид білка, набув своєї популярності завдяки високій швидкості засвоєння і хорошій біологічній доступності. Його отримують з сироватки, як побічний продукт в молочній промисловості. Існує кілька фракцій даного виду білка, ще їх називають ступенями очищення: концентрат, ізолят і гідролізат.
Яечний протеїн	Протеїн на основі яєчного білка. Засвоюється він трохи довше ніж сироватковий протеїн. За біологічною доступністю тримається на високому рівні.
Казеїновий (молочний) протеїн	Казеїн засвоюється найдовше, завдяки особливостям будови своєї молекули. Даний процес може тривати від 4 до 6 годин. Тому казеїн і всі його фракції вважаються «нічним» протеїном, так як найчастіше вживається безпосередньо перед сном, для тривалого і поступового насичення організму всіма необхідними амінокислотами.
Яловичий протеїн	Вид білка, основною сировиною для якого є м'ясо тварин, найчастіше це яловичина, іноді використовується м'ясо птиці (куряче). Він повністю виключає будь-які проблеми з засвоєнням молочної продукції і так же багатий незамінними амінокислотами, як і сироватковий білок.
Комплексний протеїн	Складаються з декількох різноманітних джерел білка і їх фракцій. Кожен вид білка в складі комплексного протеїну буде засвоюватися зі своєю швидкістю, а отже відчуття насичення буде зберігатися більш тривалий час.
Рослинний білок	В першу чергу мають на увазі соєвий протеїн. «Бідний» амінокислотний склад, в якому основне місце займають найпоширеніші амінокислоти, яких вистачає і в звичайній їжі. До всього цього можна ще додати той факт, що будь-який рослинний білок буде трохи гірше засвоюватися шлунково-кишковим трактом.

Засвоєння білків покращує денатурація до 70° С, гідратація, збивання, подрібнення, а погіршує – денатурація до 100° С, тривала теплова обробка, сполучна тканина, харчові волокна, інгібітори протеаз.

Білковими продуктами харчування є яйця, м'ясо і м'ясопродукти, риба та рибні продукти, молоко та молочні продукти, насіння олійних рослин, білки одноклітинних.

Залежно від вмісту білка вони поділяються на продукти:

- з дуже великим вмістом білка (>15 %): сир, яловичина, баранина, кролики, кури, печінка, язик, бобові;
- з великим вмістом білка (1–15 %): риба, свинина, ковбасні вироби, яйця;
- з помірним вмістом білка (5–10 %): хліб, картопля, капуста, баклажани, шпинат, гриби свіжі.

Білковий дефіцит білків у харчуванні військовослужбовців вимагає як кількісного, так і якісного використання нових недостатньо використовуваних білковмісних продуктів – білкових збагачувачів. Білкові збагачувачі поділяють на аналоги та похідні:

аналоги:

– вторинна сировина м'ясо-молочної промисловості: підсирна сироватка, кров, субпродукти низької категорії;

– рослинні білки: соєвий сироп та жом, сухі білкові суміші при виробництві круп;

похідні:

– гідролізати тваринного походження (з субпродуктів 2 категорії, з м'яса низьких сортів, кісток яловичини);

– гідролізати рослинного походження: соєві концентрати, соєві ізоляти. Перспективні джерела білка є одноклітинні та багатоклітинні водорості, міцелії вищих і нижчих грибів, дріжджі та непатогенні бактерії.

Фізіолого-гігієнічні заходи щодо поліпшення білкового харчування у раціоні військовослужбовців [24]:

1. Обмеження у харчовому раціоні білків, що мають низьку біологічну цінність і низьку перетравлюваність.

2. Збагачення раціону високоцінними білками тваринного походження з оптимальною амінограмою: яєць, м'яса, риби, продуктів молока.

3. Додавання до харчового раціону нових нетрадиційних джерел повноцінних білків: продуктів мікробного синтезу, продуктів моря, біотехнології тощо.

4. Оптимізація харчових раціонів з метою збереження білків в організмі, невикористання їх як енергетичної субстанції.

5. Розробка та впровадження нових технологій харчових продуктів – джерел білків, з метою підвищення біологічної цінності білків та легкотравності їх.

6. Конструювання комбінованих продуктів харчування шляхом корекції амінограм білків невисокої біологічної цінності.

Наступний етапом дослідження стане забезпечення раціону харчування військовослужбовців у основних нутрієнтах (табл. 3) [25].

Таблиця 3

Забезпечення раціону харчування військових у основних нутрієнтах

Кісткові тканини	Вітаміни: В6, С, К і фолієва кислота, D (яблука, морква, гарбуз, зародки пшениці, боби, лимон, плоди шипшини, вівсянка, пшениця проросла, гірчиця, горох, рисові висівки), Кальцій (риба, молоко, сир кисломолочний, сметана)
Органи травлення	Вітаміни групи В: В1, В2, В3, В12 (гречка, рис, вівсянка, пшениця проросла, гірчиця, горох, рисові висівки), харчові волокна (пектинові речовини, вівсяна крупа, овес, просо, клітковина, яблука, ківі, гарбуз)
Нервова система	Залізо (печінка, яйця, зернові і круп'яні, яблука, сливи), вітамін С (шипшина, ківі, овочі), магній (круп: вівсяна, пшенична, гречана, хліб грубого помелу, яйця, горіхи, бобові), цинк (висівки і пророслі зерна пшениці, соняшникове і гарбузове насіння, гриби, устриці)
Зір та пам'ять	Вітамін А (яловичина, печінка, курячі яйця, риб'ячий жир), вітамін В2 (гречка, проросла пшениця, морква), цинк (висівки і пророслі зерна пшениці, соняшникове і гарбузове насіння, гриби), вуглеводи (пектин (яблука, гарбуз), сахароза (каші, картопля, фрукти, ягоди)

Продовження табл. 3

Діяльність мозку	Жири омега-3 (риба (макрель, оселедець, сардини, лосось, форель), молоко та м'ясо тварин), вітаміни групи В: В1, В3, В6 (гречка, чорний хліб, пшениця проросла, вівсянка, картопля, банани, морква), вітамін А (яловичина, печінка, курячі яйця, риб'ячий жир), вітамін С (шипшина, ківі, овочі), білки: амінокислоти (лейцин, фенілаланін, триптофан, валін), фосфор (крупи, сир, бобові, риба, яйця), залізо (печінка, яйця, зернові і круп'яні, яблука, сливи)
Серцево-судинна система	Вітамін С (кисломолочний сир, ківі, шипшина, капуста, фрукти, овочі), інулін (топінамбур, цикорій), ненасичені жирні кислоти: арахідонова (вершкове масло, молоко), ліноленова (олії рослинні)
Антиоксидантна дія	Вітаміни А (яловичина, печінка, курячі яйця, риб'ячий жир), Е (оливкова, вершкове масло, зелень, молоко, яйця, печінка, м'ясо, зародки злакових), С (кисломолочний сир, ківі, шипшина, капуста, фрукти, овочі), бета-каротин (гарбуз, морква, зелена цибуля, щавель, шпинат, томат, червоний перець, сливи, абрикос, хурма, чорна смородина)

Висновки. У тих екстремальних умовах, у яких сьогодні перебувають військовослужбовці Збройних сил України, харчові продукти, що виробляються вітчизняною промисловістю, повинні: компенсувати дефіцит біологічно активних компонентів, що виникає під впливом несприятливих умов; покращувати функціональний стан органів та систем організму; поліпшувати захисні функції імунної системи організму; підвищувати фізичну спроможність, сприяти посиленню адаптаційних резервів організму і психологічної стійкості в екстремальних ситуаціях; прискорювати процеси відновлення метаболічних процесів після підвищених екологічних, фізичних, нервово-емоційних навантажень; покращувати самопочуття.

Встановлено основні вимоги до нутрієнтного складу продуктів у раціоні військовослужбовців: набуття статусу спеціальних; використання природної сировини, що містить інгредієнти з широким спектром фізіологічних впливів; роль білкової складової при моделюванні нових продуктів; жирової складової у нових продуктах; важко засвоюваних вуглеводів, вітамінів і мінеральних елементів, передусім антиоксидантної дії.

Визначено наукові засади розроблення харчових продуктів з підвищеним вмістом білка в раціоні харчування військовослужбовців. Наведено білкові добавки відповідної класифікації та запропоновано наступний етап дослідження забезпечення раціону харчування військовослужбовців у основних нутрієнтах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРА:

1. Kullen Ch., Mitchell L., O'Connor H., Gifford J. A., Beck K. L. Effectiveness of nutrition interventions on improving diet quality and nutrition knowledge in military populations: a systematic review. *Nutrition Reviews*. 2022. Vol. 80(6). P. 1664-93.
2. Cole R. E., Bukhari A.S., Champagne C.M., McGraw S.M., Hatch A.M., Montain S.J. Performance nutrition dining facility intervention improves special operations soldiers' diet quality and meal satisfaction. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 2018. Vol. 50(10). P. 993-1004.
3. Нові продукти для раціонів військовослужбовців : монографія / за ред. А.І. Українець. Київ : Видавництво «Сталь». 2017. 290 с.
4. Hill N., Fallowfield J., Price S., Wilson D. Military nutrition: maintaining health and rebuilding injured tissue. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*. 2016. Vol. 366(1562). P. 231-40.

5. Petrova Zh. O., Paziuk V. M. Rozrobka skladu kompleksnoho paiku dlia hariachoho kharchuvannia spetspryznachentsiv. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. 2017. Vol. 2 (97). P. 76-80.

6. Лотоцька-Дудик У. Б., Крупка Н. О., Чорна В. В. Сучасний стан та організація харчування військовослужбовців Збройних Сил України в умовах російської агресії проти України. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія "Медицина"*. 2023. Вип. 1. Ч. 67. С. 89-94.

7. Forsy-Donahue K. L., Brooks R. D., Beymer M. R. The association between nutrition and behavioural health in a US Army population. *Public health nutrition*. 2020. Vol. 23(17). P. 3059-66.

8. Lutz L. J., Karl J. P., Hughes J. M. et al. Dietary intake in relation to military dietary reference values during army basic combat training; a multi-center, cross-sectional study. *Military Medicine*. 2019. Vol. 184(3-4). P. 223-30.

9. Karl JP, Margolis LM, Fallowfield JL, et al. Military nutrition research: Contemporary issues, state of the science and future directions. *Eur J Sport Sci*. 2022. Vol. 22(1). P. 87-98.

10. Cole RE, Bukhari AS, Champagne CM, McGraw SM, Hatch AM, Montain SJ. Performance nutrition dining facility intervention improves special operations soldiers' diet quality and meal satisfaction. *Journal of Nutrition Education and Behavior*. 2018. Vol. 50(10) P. 993-1004.

11. Стародубцев, С.О., Кушнерук С. О., Тробюк В. І. Математичні моделі оптимізації раціонів харчування військовослужбовців. *Системи озброєння і військова техніка*. 2008. Вип. 2. Ч. 14). С. 111-114.

12. Taylor, M.K. Physical fitness influences stress reactions to extreme military training. *Mil. Med*. 2008. Vol. 173 (8). P. 738-742.

13. Інновації в харчовій промисловості : від наукової ідеї до впровадження / за ред. А.І. Українець. Київ : НУХТ, КНТУ. 2015. 360 с.

14. Силка, І.М. Оцінка стану харчування військовослужбовців Збройних Сил України. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Вип 21. Ч. 6. С. 182-188.

15. Гойко І.Ю., Сімахіна Г.О., Стеценко Н.О. Профілактика білкової недостатності у раціонах харчування військовослужбовців. *Наукові праці НУХТ*. 2015. Вип. 21. Ч. 6. С. 197-203.

16. Сімахіна Г.О. Науменко Н. В. Наукові аспекти створення функціональних харчових продуктів. *Проблеми старення и долголетия*. 2016. Вип. 25. Ч. 3. С. 180-193.

17. Притульська, Н.В. Мотузка Ю. Товарознавчі засади позиціонування продуктів для ентєрального харчування. *Товари і ринки*. 2014. Вип. 2. С. 53-59.

18. Сімахіна Г.О. Основні вимоги до створення харчових продуктів оздоровчого та профілактичного призначення. *Новітні тенденції у харчових технологіях, якість і безпека продуктів*. Львів : Ін-т економіки і туризму. 2016. С. 62-65.

19. Біологічно активні речовини у харчових технологіях : підручник / за ред. Г.О. Сімахіна. Київ : НУХТ. 2016. 455 с.

20. Сімахіна, Г.О. Шляхи оптимізації харчування військовослужбовців України. Матеріали міжн. спец. науково-практ. конф. «Ресурсо- та енергоощадні технології», вересень 2015 р. К. : НУХТ. 2015. С. 11-14.

21. Постанова Кабінету Міністрів України №426 від 29 березня 2002 року «Норми добового раціону харчування (за нормою №1 – загальновійськова)». *Урядовий кур'єр*. 2002. С. 7. (Офіц. вид.).

22. Поліщук Г. Є., Сімахіна Г. О., Семко Г. О. Обґрунтування рецептурного складу пастоподібних молоковмісних продуктів для харчування військовослужбовців. *Продовольчі ресурси : зб. наук. праць*. 2015. 5. Київ : ННЦ «ІАЄ». С. 107-113.

23. <https://mega-mass.ua/uk/blog/blok-osnovniy-makronutrit-dlya-harchuvannya-rol-blkv-u-nashomu-zhitt-sklki-blka-neobhdno.-rznicya-tvarinnogo-ta-roslinnogo-blkv/>
<https://moodle.znu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=237086>

24. Основи фізіології та гігієни харчування : підручник / За ред. Зубар Н. М. Київ: Центр учбової літератури. 2010. 336 с.

25. Чорна В. В., Лотоцька-Дудик У.Б., Подоляк В. М. & Томашевський А. В. Вимоги до новітніх індивідуальних раціонів харчування військовослужбовців ЗС України та країн НАТО. *Український журнал військової медицини*. 2023. Вип. 4, Ч. 1. С. 83-93.

REFERENCES:

1. Kullen, Ch., Mitchell, L., O'Connor, H., Gifford, J. A, Beck, K. L. (2022). Effectiveness of nutrition interventions on improving diet quality and nutrition knowledge in military populations: a systematic review. *Nutrition Reviews*, 80(6), 1664-93.

2. Cole, R. E., Bukhari, A. S., Champagne, C. M., McGraw, S. M., Hatch, A. M., Montain, S. J. (2018). Performance nutrition dining facility intervention improves special operations soldiers' diet quality and meal satisfaction. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 50(10), 993-1004.

3. Ukrainets, A. I., Simakhina, H. O., Stetsenko, N. O., Naumenko, N. V., Kochubei-Lytvynenko, O. V. (2017). Novi produkty dlia ratsioniv viiskovosluzhbovtsiv : *monohrafiia – K. : Vydavnytstvo «Stal»*, 290. [in Ukrainian].

4. Hill, N., Fallowfield, J., Price, S., Wilson, D. (2016). Military nutrition: maintaining health and rebuilding injured tissue. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 366(1562), 231-40.

5. Petrova, Zh. O., Paziuk, V. M. (2017). Rozrobka skladu kompleksnoho paiku dlia hariachoho kharchuvannia spetspryznachentsiv. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*, 2 (97), 76-80.

6. Lototska-Dudyk, U. B., Krupka, N. O., Chorna, V. V. (2023). Suchasnyi stan ta orhanizatsiia kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv Zbroinykh Syl Ukrainy v umovakh rosiiskoi ahresii proty Ukrainy. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriiia "Medytsyna"*, 1(67), 89-94. [in Ukrainian].

7. Forys-Donahue, K. L., Brooks, R. D., Beymer, M. R. (2020). The association between nutrition and behavioural health in a US Army population. *Public health nutrition*, 23(17), 3059-66.

8. Lutz, L. J., Karl, J. P., Hughes, J. M. et al. (2019). Dietary intake in relation to military dietary reference values during army basic combat training; a multi-center, cross-sectional study. *Military Medicine*, 184(3-4), 223-30.

9. Karl, J. P., Margolis, L. M., Fallowfield, J. L. et al. (2022). Military nutrition research: Contemporary issues, state of the science and future directions. *Eur J Sport Sci*, 22(1), 87-98.

10. Cole, R. E., Bukhari, A. S., Champagne, C. M., McGraw, S. M., Hatch, A. M., Montain, S. J. (2018). Performance nutrition dining facility intervention improves special operations soldiers' diet quality and meal satisfaction. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 50 (10), 993-1004.

11. Starodubtsev, S. O., Kushneruk, Yu. I., Trobiuk, V. I. (2008). Matematychni modeli optymizatsii ratsioniv kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv. *Systemy ozbroiennia i viiskova tekhnika*, 2 (14), 111-114. [in Ukrainian].

12. Taylor, M. K. (2008). Physical fitness influences stress reactions to extreme military training. *Mil. Med*, 173 (8), 738-742.

13. Ukrainets, A. I., Simakhina, H. O., Shevchenko, O. Iu. (2015). Innovatsii v kharchovii promyslovosti : vid naukovoï idei do vprovadzhennia. *K. : NUKhT, KNTU*, 360. [in Ukrainian].

14. Sylka, I. M. (2015). Otsinka stanu kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv Zbroinykh Syl Ukrainy. *Naukovi pratsi NUKhT*, 21 (6), 182-188.

15. Hoiko, I. Iu., Simakhina, H. O., Stetsenko, N. O. (2015). Profilaktyka bilkovoï nedostatnosti u ratsionakh kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv. *Naukovi pratsi NUKhT*, 21(6), 197-203. [in Ukrainian].

16. Simakhina, H. O., Naumenko, N. V. (2016). Naukovi aspekty stvorennia funktsionalnykh kharchovykh produktiv. *Problemu starenia y dolholetia*, 25 (3), 180-193. [in Ukrainian].
17. Prytulska, N. V., Motuzka, Yu. (2014). Tovaroznavchi zasady pozytsionuvannia produktiv dlia enteralnogo kharchuvannia. *Tovary i rynky*, 2, 53-59. [in Ukrainian].
18. Simakhina, H. O. (2016). Osnovni vymohy do stvorennia kharchovykh produktiv ozdorovchoho ta profilaktychnoho pryznachennia. *Novitni tendentsii u kharchovykh tekhnolohiiakh, yakist i bezpeka produktiv. – Lviv : In-t ekonomiky i turyzmu*, 62-65. [in Ukrainian].
19. Simakhina, H. O., Stetsenko, N. O., Naumenko, N. V. (2016). Biolohichno aktyvni rehovyny u kharchovykh tekhnolohiiakh : pidruchnyk. *K. : NUKhT*, 455. [in Ukrainian].
20. Simakhina, H. O. (2015). Shliakhy optymizatsii kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv Ukrainy. *Materialy mizhn. spets. naukovo-prakt. konf. «Resurso-ta enerhooshchadni tekhnolohii»*, *K. : NUKhT*, 11-14. [in Ukrainian].
21. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy No426 vid 29 bereznia 2002 roku «Normy dobovoho ratsionu kharchuvannia (za normoiu №1 – zahalnoviiskova)». (2002). *Uriadovi kur'ier*, 7. [in Ukrainian].
22. Polishchuk, H. Ie., Simakhina, H. O., Semko, H.O. (2015). Obgruntuvannia retsepturnoho skladu pastopodibnykh molokovmisnykh produktiv dlia kharchuvannia viiskovosluzhbovtsiv. *Prodovolchi resursy : zb. nauk. prats. K. : NNTs «IAIe»*, 5, 107-113. [in Ukrainian].
23. <https://mega-mass.ua/uk/blog/blok-osnovniy-makronutrit-dlya-harchuvannya-rol-blkv-u-nashomu-zhitt-skli-blka-neobhdno.-rznicya-tvarinnogo-ta-roslinnogo-blkv./https://moodle.znu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=237086>
24. Žubar, N. M. (2010). Osnovy fiziolohii ta hihiieny kharchuvannia. *Pidruchnyk. K.: Tsentri uchbovoi literatury*, 336. [in Ukrainian].
25. Chorna, V. V., Lototska-Dudyk, U. B., Podolian, V. M., & Tomashevskiy, A. V. (2023). Requirements for the newest individual rations for servicemen of the armed forces of Ukraine and NATO countries Ukraine. *Ukrainian Journal of Military Medicine*, 4(1), 83- 93. [in Ukrainian].

УДК 664.637.84

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.15>**ВЛАСТИВОСТІ ТА ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ КОВБАСНИХ ВИРОБІВ**

Новікова Н. В. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

Пелих Н. Л. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій виробництва та переробки сільськогосподарської
продукції імені академіка В. Г. Пелиха
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

Вогнієнко Л. П. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри харчових технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7866-8081

У статті на підставі вивчення літературних джерел, визначено показники якості ковбасних виробів, які регламентуються ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хлібці м'ясні. Загальні технічні умови», адже останні десятиріччя в розвинених країнах під тиском споживачів програми безпеки харчових продуктів були переорієнтовані на всебічний контроль харчових ризиків на всіх стадіях виробництва продовольчої продукції – від сировини до готового продукту, або, як кажуть – «від ферми – до вилки».

На сучасному етапі розвитку харчової промисловості постає проблема виробництва якісних та безпечних для життя і здоров'я людей харчових продуктів. Це найголовніше завдання виробників усіх країн, що дбають про здорову націю та належний рівень життя громадян, тому при вивченні фізико-хімічних показників відповідно до ДСТУ 4161-2003 Системи управління безпечністю харчових продуктів визначають: масову частку вологи; масову частку кухонної солі; масову частку нітриту натрію; температуру в товщі батону; бактерії групи кишкової палички; сальмонели, в 25 г продукту; сульфітредуруючі клостридії, в 0,01 г продукту та показники безпеки.

Процес виготовлення ковбасних виробів включає такі основні операції: обвалювання, жикування, соління, подрібнення м'яса, приготування фаршу, формування ковбас, перев'язування шпагатом ковбас, осаджування, обжарювання, варіння, охолодження. У процесі виробництва можуть виникати недопустимі дефекти, які не підлягають реалізації у торговельній мережі: пліснява або слиз на оболонці, а також проникнення їх під оболонку; деформовані ковбаси; батони, що тріснули або ламані; рихлий фарш; напливи фаршу над оболонкою; злипи довшиною, яка перевищує встановлені норми; обплавлений шпик; наявність у фарші жовтого шпикі понад встановлені норми для ковбас II сорту; повітряні порожнини (ліхтарі); вироби з температурою у товщі батона нижче за 0°C; вироби, які не відповідають стандартам за фізико-хімічними показниками (масовою часткою вологи, солі, нітриту і крохмалю); немарковані вироби.

Ключові слова: ковбасні вироби, органолептичні показники, фізико-хімічні показники, якість та безпеність.

Novikova N. V., Pelykh N. L., Vohnivenko L. P. Properties and quality indicators of sausage products

The article, based on the study of literary sources, defines the quality indicators of sausage products, which are regulated by DSTU 4436:2005 "Boiled sausages, sausages, sausages, meat loaves. General technical conditions", because in recent decades, under the pressure of consumers, food safety programs in developed countries have been reoriented to the comprehensive control

of food risks at all stages of food production – from raw materials to the finished product, or, as they say – "from the farm to the fork" .

At the current stage of the development of the food industry, the problem of producing high-quality and safe food products for people's lives and health arises. This is the most important task of manufacturers of all countries that care about a healthy nation and the proper standard of living of citizens, therefore, when studying physicochemical indicators in accordance with DSTU 4161-2003 Food safety management systems, the following are determined: mass fraction of moisture; mass of particles of table salt; mass fraction of sodium nitrite; the temperature in the thickness of the loaf; bacteria of the Escherichia coli group; salmonella, in 25 g of the product; sulfite-reducing clostridia, in 0.01 g of the product and safety indicators.

The process of making sausage products includes the following basic operations: rolling, veining, salting, grinding meat, preparing minced meat, forming sausages, tying sausages with twine, settling, frying, cooking, cooling. In the production process, inadmissible defects may appear that are not subject to sale in the trade network: mold or slime on the shell, as well as their penetration under the shell; deformed sausages; cracked or broken loaves; loose minced meat; overflows of minced meat above the shell; sticks with a length that exceeds the established norms; melted lard; the presence of yellow lard in the minced meat exceeding the established norms for sausages of the II grade; air cavities (lights); products with a temperature in the thickness of the loaf below 0°C; products that do not meet the standards in terms of physical and chemical indicators (mass fraction of moisture, salt, nitrite and starch); unmarked products.

Key words: *sausage products, organoleptic indicators, physico-chemical indicators, quality and safety.*

Вступ. Останнім часом все більше і більше людей в нашій країні намагаються вести здоровий спосіб життя, піклуються про своє здоров'я і здоров'я своїх близьких. А, як відомо, щоб бути здоровим, окрім занять спортом, необхідно правильно харчуватися. Сучасні підприємства, які займаються виготовленням продуктів харчування, уже починають стрімко розвиватися у напрямку максимального збереження не тільки смаку, а й користі своєї продукції [8]. Такі продукти все частіше стають предметами численних наукових досліджень. Наукові досягнення у сфері харчування досягли таких результатів, що дозволяють відстежувати і передбачати вплив різноманітних речовин багатьох продуктів харчування на організм людини. Щоб сприяти зміцненню імунітету і захищати організм від різних негативних факторів, необхідно насичувати організм здоровою їжею [1].

Сучасна м'ясопереробна промисловість значно просунулася в проблемах ефективного регулювання властивостей сировини і готових продуктів. Науковцями у сфері харчування було досліджено, що найбільш цінним являється такий амінокислотний склад білків їжі, який подібний за складом до білків організму людини. Найбільш цінними джерелами білка є м'ясо, молоко, яйця. Тому, на даний момент, актуальною є проблема визначення показників якості та безпеки для виробництва м'ясних виробів.

Постановка проблеми. Ковбасні вироби – це продукти з м'ясного фаршу із сіллю і спеціями, в оболонці або без неї, піддані термічному обробленню або ферментації до готовності для споживання. Вони характеризуються високою харчовою цінністю завдяки вдалому поєднанню високоякісної сировини, відповідній її обробці, наявності широкого вибору продукції, яка задовольняє потреби різноманітних споживачів. У рецептуру ковбас можуть додавати ω -3 жирні кислоти докозагексаєнову, ейкозапентаєнову і високо ненасичені, які проявляють захисну дію на серцево-судинну систему та поліпшують кровообіг.

Ковбасні вироби відносять до числа найбільш розповсюджених видів м'ясопродуктів. Асортимент ковбасних виробів дуже великий і включає варені, напівкопчені, копчені, сирокопчені, субпродуктові ковбаси і вироби зі свинини і яловичини. Крім власне ковбас і подібних до них м'ясопродуктів (сосиски, сардельки), до них відносять холодець і заливне. Розходження між ними обумовлені видом і властивостями

сировини, рецептурою складу, характером і особливостями технологічної обробки, специфічними зовнішніми властивостями і структурою продукту. Для технології ковбасних виробів характерна трансформація клітинної структури вихідної сировини у своєрідну структуру, властиву тому або іншому виду ковбасного продукту. Однак основна відмінна риса кожного виду виробу обумовлена властивостями сировини. У цьому зв'язку ковбасні вироби можуть бути розбиті на групи [9].

Головна складова частина виробів з м'яса: яловичина, свинина, баранина, конина, м'ясо птиці та інше. До них відносяться варені і запечені вироби: ковбаси, сосиски, сардельки, фаршировані ковбаси, м'ясні хліби. Вони призначаються для негайної реалізації (термін збереження до двох діб). Частина ковбасних виробів (варених і ліверних ковбас, паштетів) виробляють по рецептурах, що забезпечують дієтичне призначення продукту. У ковбасних виробках стандартами обмежується кількість солі і вологи відповідно до характерних властивостей продукту [6].

Окремі ковбасні вироби включають пребіотики (баластні речовини, клітковину, інулін, олігофруктозу), які поліпшують активність кишкової мікрофлори, стимулюють ріст певних мікроорганізмів у товстому відділенні кишечника, завдяки чому сприяють збереженню здоров'я. Загальними для усіх видів сировини є санітарно-гігієнічні вимоги. Сировина повинна бути від здорових тварин, свіжою, без ознак мікробіального псування і згіркнення жиру.

Мета дослідження. Метою роботи було встановити показники якості та безпеки м'ясних варених ковбасних виробів.

Аналіз останніх досліджень. Для виробництва ковбасних виробів високої якості найважливішими чинниками є використання сировини високої якості від здорових тварин при дотриманні встановлених правил вирощування, підготовки до забою, проведення забою і оброблення туш відповідно до вимог, а також застосування довшої технології виробництва продуктів, дотримання правил на рецептуру у відповідності з ДСТУ [5].

Вади ковбасних виробів значною мірою залежать від бактерійного забруднення сировини. У м'ясі здорових тварин, правильно підготовлених до забою, присутні в основному молочнокислі мікроорганізми, що активно розмножуються в продукті після забою, вони перетворюють глікоген в молочну кислоту, яка створює несприятливі умови для розвитку гнильних і інших шкідливих бактерій.

Якщо для приготування ковбас використовується м'ясо, що довго зберігалось, і при цьому руйнуються гігієнічні правила і температурний режим, то забезпечити отримання продукції з високими санітарними і органолептичними якість неможливо. Розвиток залишкової мікрофлори веде до швидкого псування ковбас при зберіганні [4].

Розвитку мікрофлори сприяє висока температура м'яса (вище за 40 °С), порушення термінів дозрівання його зберігання, занижена кількість суміші для соління, наявність у фарші мікрофлори і потрапляння її до фаршу з водою, мукою і спеціями, неякісні оболонки, недотримання температури і часу обжарювання (менше за 80 °С) і варіння (менше за 75 °С).

Розвиток шкідливої мікрофлора приводить до посилення розкладання вуглеводів і білків з утворенням речовин, що змінюють органолептичні властивості ковбас [3].

Якість м'яса залежить також від способу утримання і забою тварин. Внаслідок порушення правил м'ясо може мати ваду PSE. У м'ясі при цьому спостерігаються ексудативність, слабке забарвлення і водянистість; фарш з такого м'яса погано втримує вологу при термічній обробці. Може бути вада – DFD. М'ясо при цій ваді тверде і темно-вишневого кольору. При використанні м'яса з вадами PSE і DFD потрібні відповідні технологічні прийоми і підвищена кількість спецій.

Реалізації у торговельній мережі не підлягають ковбасні вироби з такими дефектами: пліснява або слиз на оболонці, а також проникнення їх під оболонку; деформовані ковбаси; батони, що тріснули або ламані; рихлий фарш; напливи фаршу над оболонкою; злипи довжиною, яка перевищує встановлені норми; обпалений шпик; наявність у фарші жовтого шпику понад встановлені норми для ковбас II сорту; повітряні порожнини (ліхтарі); вироби з температурою у товщі батона нижче за 0°C; вироби, які не відповідають стандартам за фізико-хімічними показниками (масовою часткою вологи, солі, нітриту і крохмалю); немарковані вироби.

Виклад основного матеріалу досліджень. Ковбасні вироби відрізняються значним вмістом білків (9,5–28%), жирів (13,5–50%), мінеральних речовин (2,4–6,6%) – натрію, калію, кальцію, фосфору, магнію, вітамінів – B1, B2, PP. Води міститься від 50–70% в варених ковбасах. Енергетична цінність 100 г ковбасних виробів 170–514 ккал. Для варених ковбасних виробів характерні органолептичні та фізико-хімічні показники якості. До органолептичних відносять зовнішній вигляд; консистенцію; вид фарша на розрізі; запах і смак; форму, розмір і в'язку батонів. Органолептичні показники якості варених ковбас представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Органолептичні показники якості ковбасних виробів за ДСТУ 4436:2005

Назва показника	Характеристика за ДСТУ 4436:2005
Зовнішній вигляд	Батони повинні бути з чистою поверхнею, без плям, злиплостей, пошкоджень оболонки, напливів фарша
Консистенція	Щільна
Вид фарша на розрізі	Фарш рівномірно перемішаний, колір фарша повинен бути від рожевого до темно-червоного, без сірих плям, пусток
Запах і смак	Приємний, властивий даному виду продукта, з вираженим ароматом прянощів, копчення; смак злегка гострий, в міру солоний; без сторонніх присмаків та запаха
Форма, розмір і в'язка батонів	Для кожного найменування вказана в ДСТУ 4436:2005

До фізико-хімічних: масову частку вологи; масову частку кухонної солі; масову частку нітрита натрію; температуру в товщі батону; бактерії групи кишкової палички; сальмонели, в 25 г продукта; сульфїтредукуючі клостридії, в 0,01 г продукта та показники безпеки. Значення фізико-хімічних показників для ковбасних виробів наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Фізико-хімічні показники якості варених ковбасних виробів

Назва показника	Характеристика за ДСТУ 4436:2005
Масова частка, % не більше: вологи	38
кухонної солі	5
нітрита натрія	0,005
Температура в товщі батона повинна бути	від 0 до 12 С.
Наявність бактерії	не допускається

Для ковбасних виробів важливими також є показники безпеки [2]. Їх характеристика наведена в табл. 3.

Таблиця 3

Показники безпеки ковбасних виробів

Назва показника	Характеристика за ДСТУ 4436:2005
бензапірен, мг/кг, не більше	0,004
токсичні елементи, мг/кг, не більше: свинець	0,5
миш'як	0,1
кадмій	0,05
ртуть	0,03
мідь	5,0
цинк	70,0
антибіотики, мг/кг, не більше: левоміцетин	не допускається
тетрациклінова група	не допускається

Дефекти ковбасних виробів виникають в процесі виробництва або при неправильному зберіганні.

Дефекти ковбасних виробів розподіляють на допустимі і недопустимі [5].

До допустимих дефектів відносять незначну деформацію батонів, невелике забруднення жиром і продуктами горіння деревини, неправильну форму оболонки, недбалу і неправильну в'язку, невеликі видимі пустоти під оболонкою, легке потемніння поверхні батонів, незначні набряки жиру під оболонкою (1–2 см), невеликі злипи, невелику зморшкуватість оболонки; для копчених і напівкопчених ковбас – нерівномірну або недостатню прокопченість батонів.

Неприпустимими дефектами ковбас є значне забруднення сажею, смолою, попелом або жиром; батони, кінці яких не зачищені і не обгорнуті папером, сірі плями, великі пустоти, рихлий фарш; оболонка, що луснула або що розповзається; поламани батони, великі напливи фаршу на оболонку, жовтий шпик, прогірклість, зміна кольору,

Дефекти варених ковбасних виробів вказані у табл. 4.

Таблиця 4

Дефекти варених ковбас, сосисок і сардельок

Вид дефекту	Причини утворення дефекту
Тріснута оболонка	Надмірно щільне набивання батонів фаршем; варіння ковбас при надмірно високій температурі; недоброякісна оболонка.
Зморшкуватість оболонки	Нещільне набивання батонів; охолодження ковбас на повітрі, минаючи стадію охолодження водою.
Сирі плями на розрізі та розпушення фаршу	Мала кількість нітрату натрію; недостатнє витримання сировини у засолуванні; обсмажування батонів при зниженій температурі; великий інтервал між обсмажуванням і варінням; низька температура варіння.

Продовження табл. 4

Утворення жирових набряків під оболонкою	Використання надмірно легкоплавкого жиру; надто тривале перемішування фаршу; підвищений вміст жиру в фарші; надмірно висока температура при обжарюванні та варінні.
Утворення бульйону під оболонкою	Використання м'яса з нестандартними характеристиками; сильне перегрівання м'яса при подрібненні і приготуванні фаршу; зайва кількість доданої води (льоду); підвищений вміст жиру в фарші; порушення послідовності закладання сировини при закладанні фаршу; використання замороженого м'яса; недостатнє витримування м'яса у засолованні.
Пересушені кінці батонів	Висока температура при обсмажуванні.
Зеленкуваті плями на зрізі	Використання несвіжого м'яса; надто низька температура при варінні; зберігання у теплом та сирому приміщенні.
Сіре кільце на розрізі	Надто різке охолодження після варіння; зберігання у світлому приміщенні чи при температурі нижчій 4 градуси.
Ослизнення оболонки	Надто тривале охолодження після варіння; зберігання у теплом та сирому приміщенні.
Сторонній присмак	Використання сировини з ознаками псування (м'ясо, сало, спеції); низька температура при варінні; зберігання у теплом приміщенні; зберігання сировини або готової ковбаси разом із речовинами, які мають сильний запах.

Якість ковбасних виробів іноді визначають за рівнем рН. Такі показники представлені у табл. 5.

Таблиця 5

Рівень рН ковбасних виробів

Ковбаси	Категорії свіжості ковбас		
	Свіжа	Підозрілої свіжості	Несвіжа
Варені	5,0–6,8	6,9–7,0	7,1 і більше

Висновки і пропозиції. Якість ковбасних виробів визначається комплексом показників якості м'ясної сировини, її фізико-хімічними та органолептичними показниками. Дефекти ковбасних виробів можуть виникати в процесі технологічного процесу, або при порушенні умов зберігання ковбасних виробів, що призводить до зморшкуватості оболонок або наявності жирових набряків, що значно знижує товарний вигляд готового продукту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Боженко Л. І., Гутта О. Й. Управління якістю, основи стандартизації та сертифікації продукції : навч. посіб. Львів : ПТВФ «Афіша», 2001. 176 с.
2. ДСТУ EN 12824:2004 мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний виявлення Salmonella. [Чинний від 2013-09-01]. Київ, 2013. 30 с. (Інформація та документація).
3. ДСТУ ISO 11290-1:2003 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення та підрахування *Listeria monocytogenes*.

Частина 1. Метод виявлення. [Чинний від 2003-07-01]. Київ, 2003. 26 с. (Інформація та документація).

4. ДСТУ 4161-2003 Системи управління безпечністю харчових продуктів [Чинний від 2003-07-01]. Київ, 2003. 26 с. (Інформація та документація).

5. ДСТУ 4436:2005 «Ковбаси варені, сосиски, сардельки, хлібці м'ясні. Загальні технічні умови» [Чинний від 2005-07-15]. Київ, 2005. 36 с. (Інформація та документація).

6. МБВ № 5061–89 Медико-біологічні вимоги і санітарні норми якості продовольчої сировини та харчових продуктів. Затверджені МОЗ СРСР від 01.08.89 р., № 5061.

7. Пабат В. О. Технологія продуктів забою тварин. Київ : Орion, 2000 р. с. 237.

8. Пешук Л. В. Основи тваринництва і ветеринарно-санітарна експертиза м'яса та м'ясних продуктів : підручник. Центр учбової літератури, 2011. 400 с.

9. Якубчак О. М. Ветеринарно-санітарна експертиза з основами технологій і стандартизації продуктів тваринництва: навч. посіб. Київ : ТОВ «Біопром», 2005. 800 с.

REFERENCES:

1. Bozhenko L. I. & Gutta O. Y. (2001) Control of fluid, the basis of standardization and certification of products: beginning. pos_b. Lviv: PTVF "Afisha". 176 p.

2. DSTU EN 12824:2004 microbiology of grub products and animal feed. Horizontal detection of Salmonella. [Chinny edition 2013-09-01]. Kiev, 2013. 30 p.

3. DSTU ISO 11290-1:2003 Microbiology of grub products and feed for animals. Horizontal method for detection and prevention of Listeria monocytogenes. Part 1. Method of revelation. [Chinny edition 2003-07-01]. Kiev, 2003. 26 p.

4. DSTU 4161-2003 Safety management systems for food products [Chinny issue 2003-07-01]. Kiev, 2003. 26 p.

5. DSTU 4436:2005 "Jamed cabbage, sausages, sausages, meat bread. Zagalni technical minds" [Chinniy ed 2005-07-15]. Kiev, 2005. 36 p.

6. IBM No. 5061–89 Medical-biological benefits and sanitary standards for food products and grub products. Approved by the Ministry of Health of the USSR dated 08/01/89, No. 5061.

7. Pabat V. O. (2000) Technology of products for the slaughter of animals. Kiev: Orion, 2000. With. 237.

8. Peshuk L. V. (2011) Fundamentals of animal husbandry and veterinary and sanitary examination of meat and meat products: handbook. Center for Educational Literature. 400 p.

9. Yakubchak O. M. (2005) Veterinary and sanitary examination with the basics of technology and standardization of animal products: beginning. pos_b. Kiev: TOV "Bioprom". 800 p.

УДК 637:664.7:664.3

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.16>

ВИКОРИСТАННЯ РОСЛИННОЇ БІЛКОВОВМІСНОЮ СИРОВИНИ В ТЕХНОЛОГІЇ СИРІВ

Одінцов С. М. – аспірант кафедри технологій та безпечності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0009-0005-1390-648X

Назаренко Ю. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технологій та безпечності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-4870-4667

Болгова Н. В. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій та безпечності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-0201-0769

Синенко Т. П. – доктор філософії,
доцент кафедри технологій та безпечності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-5300-5142

Пуригін І. О. – аспірант кафедри технологій та безпечності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-3546-4369

Сучасні тенденції популяризують харчові продукти регіонального історично-географічних рослинних культур. Рослинні білкові інгредієнти є перспективними для включення в харчові системи завдяки їх чудовому поживному профілю (амінокислотний склад і засвоюваність), функціональним і технічним властивостям, а також сприятливим смаковим якостям. Розширення сировинної бази та використання рослинної білкововмісної сировини, для підвищення харчової та біологічної цінності продукції, зокрема сиру, є актуальним завданням для харчової промисловості. Метою роботи є обґрунтування доцільності застосування продуктів перероблення конопель – протеїну та насіння, які є джерелом білку для підвищення харчової та біологічної цінності сиру. Конопляне насіння та білковий концентрат має високу енергетичну цінність, містить білки, що збалансовані за амінокислотним складом, серед незамінних: треонін, лізин, валін, лейцин, метіонін, фенілаланін; замінних: гістидин, серин, гліцин. В роботі охарактеризовано продукти переробки конопель – насіння і білкового концентрату. Досліджено вміст основних макронутрієнтів: білків, жирів, вуглеводів. В роботі досліджено вплив конопляного білкового концентрату на сквашування та утворення сирного згустку. Сир виготовляли за класичною технологією виробництва сиру Качотта. В молочну суміш вносили конопляний білковий концентрат у кількості 10, 20, 30 % (зразок №1, №2, №3, відповідно). Конопляне насіння вносили в підготовленому вигляді у сирне зерно в кількості 2,0 % в усіх зразках. Відмічено позитивний вплив додавання рослинного білку на процес утворення згустку. Доведено, що збагачення сиру конопляним ізолятом не погіршують структуру сирного тіста. За умови внесення ізоляту конопель у кількості 10–30 % до рецептури сиру смак та аромат залишаються прийнятними, а також набувають приємного легкого відтінку збагачувача. В результаті встановлено можливість використовувати в технології сиру Качотта продукти переробки конопель – білкового концентрату та насіння. Дана технологія спрямована на

отримання продукту, який має досить високі споживчі властивості та збалансований хімічний склад, що досягається комбінуванням різних білків.

Ключові слова: молочні продукти, сир, рослинна сировина, коноплі, білок, клітковина, амінокислоти, біологічна цінність.

Odintsov S. M., Nazarenko Yu. V., Bolhova N. V., Synenko T. P., Puryhin I. O. The use of vegetable protein-containing raw materials in cheese technology

Modern trends popularize food products of regional historical and geographical plant cultures. Plant-based protein ingredients are promising for inclusion in food systems due to their excellent nutritional profile (amino acid composition and digestibility), functional and technical properties, and favorable taste qualities. Expansion of the raw material base and use of plant protein-containing raw materials to increase the nutritional and biological value of products, in particular cheese, is an urgent task for the food industry. The purpose of the work is to substantiate the feasibility of using hemp processing products – protein and seeds, which are a source of protein for increasing the nutritional and biological value of cheese. Hemp seeds and protein concentrate have a high energy value, contain proteins that are balanced in amino acid composition, among the essential ones: threonine, lysine, valine, leucine, methionine, phenylalanine; substitutes: histidine, serine, glycine. The paper characterizes the products of hemp processing – seeds and protein concentrate. The content of the main macronutrients: proteins, fats, carbohydrates was investigated. The paper examines the influence of hemp protein concentrate on fermentation and the formation of curd curds. The cheese was made according to the classic technology of production of Cachotta cheese. Hemp protein concentrate was added to the milk mixture in the amount of 10, 20, 30% (sample No. 1, No. 2, No. 3, respectively). Hemp seeds were added in a prepared form to cheese grain in the amount of 2.0% in all samples. A positive effect of the addition of vegetable protein on the clot formation process was noted. It has been proven that the enrichment of cheese with hemp isolate does not worsen the structure of the cheese dough. Provided that hemp isolate is added in the amount of 10–30% to the recipe of the cheese, the taste and aroma remain acceptable, and they also acquire a pleasant light shade of the enricher. As a result, it was possible to use hemp processing products – protein concentrate and seeds – in the technology of Cachotta cheese. This technology is aimed at obtaining a product that has fairly high consumer properties and a balanced chemical composition, which is achieved by combining various proteins.

Key words: dairy products, cheese, vegetable raw materials, hemp, protein, fiber, amino acids, biological value.

Постановка проблеми. Внаслідок зростання чисельності населення світу зростає попит на харчові білки. Водночас постає проблема достатньої пропозиції традиційних білків тваринного походження для задоволення попиту населення. Актуальним постає питання пошуку стійких та екологічно доцільних альтернативних джерел білка.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Рослинна білкововмісна сировина, такі як бобові, зернові, горіхи тощо, мають споживчий потенціал через низьку собівартість, повне засвоювання організмом [1].

Рослинні білкові інгредієнти є перспективними для включення в харчові системи завдяки їх чудовому поживному профілю (амінокислотний склад і засвоюваність), функціональним і технічним властивостям, а також сприятливим смаковим якостям [2].

Сучасні тенденції популяризують харчові продукти регіонального історично-географічних рослинних культур. В Україні до таких культур відносяться цільнозернові (пшениця, жито, кукурудза, овес, просо, сорго) та олійні культури (соняшник, ріпак, соя, льон, гірчиця, коноплі).

З інформаційних джерел, серед рослинної білкововмісної сировини, яка має не повністю розкритий потенціал в харчовій галузі є промислові коноплі (*Cannabis sativa L.*).

Коноплі широко використовують в різних галузях промисловості для виробництва продуктів харчування, одягу, текстилю, біорозкладаних пластмас, паперу, фарб, корму для тварин [3].

Коноплі характеризується високоякісною олією, білком, вуглеводами, нерозчинними волокнами, вітамінами та поживними мінералами [4].

Продуктами перероблення конопель є обрушене конопляне насіння, конопляна олія, конопляне борошно, висівки конопляні (клітковина), конопляний протеїн.

Конопляне насіння – це джерело цінних фітонутрієнтів. Воно містить 30–35% ліпідів, 17–25% білка, 14–27% клітковини, 2,5–7,0% сирової золи, безазотистих екстрактивних речовин 14–27% [5].

За даними вчених, насіння конопель містить 26,6–37,8% ліпідів, 81% ПНЖК, з яких 59,6% – лінолева кислота (ω -6), 3,4% & ліноленова кислота (ω -3) і 18% альфа-ліноленова кислота (ω -6): співвідношення ω -6: ω -3 становить 2,1–4,9 [6].

Конопляний протеїн характеризується тим, що він містить достатню кількість незамінних амінокислот і є хорошим джерелом білка з відмінною засвоюваністю і абсорбцією. Гідролізовані пептиди мають ряд переваг для здоров'я, включаючи антиоксидантні, антигіпертензивні та гіпоглікемічні ефекти [5].

Конопляні протеїни та конопляне борошно є побічними продуктами, отриманими в результаті екстракції олії. Це також багаті білком речовини, які можна використовувати як альтернативу білковим інгредієнтам [7].

Конопляна білкова фракція, яка в основному складається з глобулярних глобулінів і альбумінів, характеризується амінокислотним профілем, який ідеально доповнює профіль інших рослинних та тваринних білків. А кількість білка в шроті з насіння конопель технологічно збільшують до понад 60% шляхом видалення вуглеводної оболонки або олійної фракції [8].

За даними вчених, які досліджували амінокислотний склад та фізико-хімічні властивості насіння конопель, відсоток перетравлювання білка вище в порівнянні із соєвим білком. Від інших рослинних протеїнових порошоків конопляний відрізняється вмістом ненасичених жирних кислот, харчових волокон, антиоксидантів. Співвідношення Омега-3 та Омега-6 в насінні промислових конопель – ідеальний баланс для здоров'я людини у відповідності з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я [9].

Дослідженням можливості використання продуктів перероблення конопель в харчових системах займаються як вітчизняні, так і закордонні науковці. Зокрема, у роботі [10] доведено доцільність використання борошна конопляного в суміші з борошном житнім і пшеничним у виробництві хліба. Завдяки додаванню конопляного борошна (10% від вмісту пшеничного борошна) тривалість бродіння і випічки тіста скорочується на 30%, питомий об'єм хліба підвищується на 26,3%, пористість збільшується на 10,9%.

У роботі [11] представлено перспективи використання борошна з насіння коноплі для виробництва функціональних продуктів харчування. Показано технологію виробництва соусів з ферментованого насіння коноплі та процес виробництва праліне і шоколадних цукерок з насіння та олії коноплі.

У роботі [12] науковцями було досліджено можливість використання конопляного борошна в рецептурі макаронних виробів. Авторами встановлено, що макаронні вироби збагачені конопляним борошном (вміст 30–40%) охарактеризовані як продукти з високим вмістом білка (19,53–28,87%) та клітковини (17,02–21,49%).

Список продуктів збагачених продуктами переробки коноплі щорічно збільшується, однак у літературі відсутні дані щодо збагачення сирів конопляним протеїном.

Постановка завдання. Розширення сировинної бази та використання рослинної білкововмісної сировини, для підвищення харчової та біологічної цінності продукції, зокрема сиру, є актуальним завданням для харчової промисловості.

Метою роботи є обґрунтування доцільності застосування продуктів перероблення конопель – протеїну та насіння, які є джерелом білку для підвищення харчової та біологічної цінності сиру.

Виклад основного матеріалу дослідження. Молоко коров'яче містить цінні нутрієнти: білок, молочний жир, вітаміни, мінеральні речовини. Однак вміст білкових речовин у молочній сировині відносно не високий, а також білок не збалансований за амінокислотним складом. Тому доповнення молока високобілковою сировиною підвищить харчову цінність молочних виробів. Запропоновано збагачення сиру конопляним протеїном та насінням з метою отримання сиру з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Для порівняння харчової цінності проаналізовано хімічний склад молока коров'ячого та конопляної сировини (білкового концентрату та насіння) (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад молока-сировини та конопляної сировини

Показник	Вміст нутрієнтів (г в 100 г продукту)		
	Молоко коров'яче	Конопляне насіння	Конопляний білковий концентрат
Вологість	87,0	6,7	6,0
Білок	3,6	24,9	42,9
Ліпіди	4,2	33,2	9,1
Вуглеводи	4,7	32,7	29,5
Харчові волокна	-	21,4	32,4
Зола	0,8	5,5	20,1

Продукти перероблення конопель є джерелом білку (24,9...42,9%), ліпідів (9,1...33,2%), вуглеводів та харчових волокон.

Відмічено, що конопляний білковий концентрат містить у 11 разів більше білка, удвічі більше жирів порівняно з молоком, що є позитивним при виробництві білкових продуктів, такий як сир.

Для визначення повноцінності білків та їх біологічної цінності порівняно амінокислотний профіль молока коров'ячого та конопляної сировини (білкового концентрату та насіння) [13] (табл. 2).

Таблиця 2

Амінокислотний профіль молока-сировини та конопляної сировини

Найменування амінокислоти	Вміст амінокислоти (г в 100 г продукту)		
	Молоко коров'яче	Конопляне насіння	Конопляний білковий концентрат
<i>Незамінні амінокислоти</i>			
Триптофан	2,3	1,1	1,1
Треонін	3,5	4,8	3,8
Лізин	5,9	4,1	4,2
Валін	3,6	5,4	5,3
Лейцин	7,0	7,0	6,8

Продовження табл. 2

Ізолейцин	2,9	3,8	3,8
Метіонін+цистеїн	2,3	4,6	3,6
Фенілаланін+тирозин	7,3	8,1	7,5
Замінні амінокислоти			
Гістидин	1,9	2,6	3,5
Серин	4,0	5,6	5,6
Гліцин	1,5	4,9	4,9
Глутамінова кислота	16,7	17,6	17,5
Пролін	7,3	4,2	4,9
Аланін	2,6	4,5	4,3
Аспарагінова кислота	2,6	11,2	11,2
Вміст незамінних амінокислот	34,8	38,9	36,1
Вміст замінних амінокислот	36,6	50,6	51,9
Загальний вміст амінокислот	71,8	89,5	88,0

Конопляне насіння та білковий концентрат має високу енергетичну цінність, містить білки, що збалансовані за амінокислотним складом, серед незамінних: треонін, лізин, валін, лейцин, метіонін, фенілаланін; замінних: гістидин, серин, гліцин.

В роботі досліджено вплив конопляного білкового концентрату на сквашування та утворення сирного згустку. Сир виготовляли за класичною технологією виробництва сиру Качотта. В молочну суміш вносили конопляний білковий концентрат у кількості 10, 20, 30% (зразок №1, №2, №3, відповідно). Конопляне насіння вносили в підготовленому вигляді у сирне зерно в кількості 2,0% в усіх зразках.

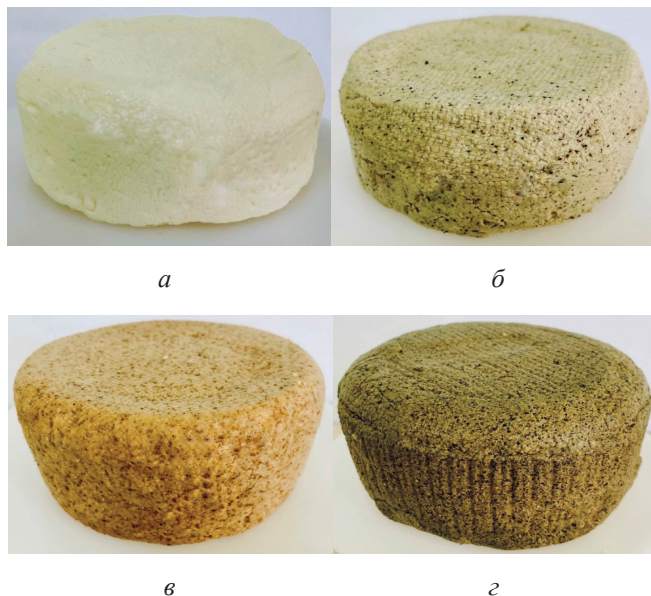


Рис. 1. Зовнішній вигляд дослідних зразків сирів:
а – контрольний; б – зразок №1; в – зразок №2; г – зразок №3

Проведено пробне лабораторне виготовлення сиру Качотта з додаванням конопляного білкового концентрату та насіння. Зовнішній вигляд сиру з продуктами перероблення конопель представлено на рис. 1. Відмічено позитивний вплив додавання збагачувача на процес утворення щільного згустку і відділення сироватки в процесі пресування.

Результати досліджень показали, що збагачення сиру конопляним білковим концентратом в кількості 10...30% та насінням в кількості 2% не погіршують структуру сиру. При цьому смак та аромат набувають приємного легкого відтінку збагачувача, створюючи унікальний гармоній сирний профіль.

Висновки. Встановлена можливість використовувати в технології сиру Качотта продуктів переробки конопель – білкового концентрату та насіння. Дана технологія спрямована на отримання продукту, який має досить високі споживчі властивості та збалансований хімічний склад, що досягається комбінуванням різних білків. Поєднання молочних і рослинних білків дозволяє отримати продукт із високими функціонально-технологічними і органолептичними показниками.

Подальші перспективи досліджень полягають у проведенні комплексних досліджень впливу продуктів переробки конопель на показники сиру з витримкою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Sá A. G. A., Moreno Y. M. F., Carciofi B. A. M. Plant proteins as high-quality nutritional source for *human diet*. *Trends in Food Science & Technology*. 2020. № 97. P. 170–184. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.011>
2. Ferreting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients / P. Shen, et al. // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. № 112. P. 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.03.022>
3. Конопляна сировина: нові перспективи для харчової промисловості / Н. В. Роль, В. М. Надточій, А. Д. Цебро та ін. // *Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва: збірник наукових праць*. 2021. № 1 (164). С. 152–158. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-164-1-152-158>
4. The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) : Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition / B. Farinon, R. Molinari, L. Costantini, N. Merendino // *Nutrients*. 2020. № 12(7). 1935. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12071935>
5. Structural and functional characterization of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein-derived antioxidant and antihypertensive peptides / Girgih A. T., et al. // *Journal of Functional Foods*. 2014. № 6. P. 384–394. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.11.005>
6. Devi V., Khanam S. Comparative study of different extraction processes for hemp (*Cannabis sativa*) seed oil considering physical, chemical and industrial-scale economic aspects. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 207. P. 645–657. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.036>
7. The quality of pork loaves with the addition of hemp seeds, de-hulled hemp seeds, hemp protein and hemp flour / Zając M., et al. // *Lwt*. 2019. № 105. P. 190–199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.02.013>
8. Hemp (*Cannabis sativa* L.) protein concentrates from wet and dry industrial fractionation: Molecular properties, nutritional composition, and anisotropic structuring / Nasrollahzadeh F., et al. // *Food Hydrocolloids*. 2022. № 131. 107755. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107755>
9. Характеристика сипких конопляних продуктів / Н. А. Сова, М. В. Луценко, В. Г. Єфімов, С. М. Кургалін // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. 2018. № 45 (1321). С. 207–213.

10. Бажай-Жежерун С. А., Береза-Кіндзерська Л. В., Тогачинська О. В. Підвищення харчової цінності хліба шляхом збагачення його рослинною білкововмісною сировиною. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. 2021. Том 32 (71), №2. С. 125–130.

11. Конопляна сировина: нові перспективи для харчової промисловості / Н. В. Роль, В. М. Надточій, А. Д. Цебро, А. Г. Вовкогон, Г. В. Мерзлова, Г. П. Калініна, О. П. Гребельник // *Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва»*. 2021. № 1. С. 152–158. DOI: <https://doi.org/10.33245/2310-9289-2021-164-1-152-158>

12. Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation / D. Teterycz et al. // *PLOS ONE*. 2021. Vol. 16, no. 3. P. e0248790. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0248790>

13. Hempseed as a nutritious and healthy human food or animal feed source: a review / Xu Y., et al. // *International Journal of Food Science & Technology*. 2021. № 56(2). P. 530–543. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14755>

REFERENCES:

1. Sá, A. G. A., Moreno, Y. M. F., & Carciofi, B. A. M. (2020). Plant proteins as high-quality nutritional source for human diet. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 170-184.

2. Shen, P. et al. (2021). Ferreting out the secrets of industrial hemp protein as emerging functional food ingredients. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 1–15.

3. Rol, N. V., Nadtochii, V. M., Tsebro, A. D., et al. (2021). Konopliana syrovyna: novi perspektyvy dlia kharchovoi promyslovosti [Hemp raw materials: new perspectives for the food industry]. *Technology of production and processing of livestock products: a collection of scientific works*, 1(164), 152–158. [in Ukrainian]

4. Farinon, B., Molinari, R., Costantini, L., & Merendino, N. (2020). The seed of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) : Nutritional quality and potential functionality for human health and nutrition. *Nutrients*, 12(7), 1935.

5. Girgih, A. T., et al. (2014). Structural and functional characterization of hemp seed (*Cannabis sativa* L.) protein-derived antioxidant and antihypertensive peptides. *Journal of Functional Foods*, 6, 384–394.

6. Devi, V., & Khanam, S. (2019). Comparative study of different extraction processes for hemp (*Cannabis sativa*) seed oil considering physical, chemical and industrial-scale economic aspects. *Journal of Cleaner Production*, 207, 645–657.

7. Zając, M., et al. (2019). The quality of pork loaves with the addition of hemp seeds, de-hulled hemp seeds, hemp protein and hemp flour. *Lwt*, 105, 190–199.

8. Nasrollahzadeh, F., et al. (2022). Hemp (*Cannabis sativa* L.) protein concentrates from wet and dry industrial fractionation: Molecular properties, nutritional composition, and anisotropic structuring. *Food Hydrocolloids*. 131, 107755.

9. Sova, N. A., Lutsenko, M. V., Efimov, V. G., Kurgalin, S. M. (2018). Kharakterystyka sypkykh konoplianykh produktiv [Characteristics of loose hemp products]. *Bulletin of the KhPI National Technical University. Series: New solutions in modern technologies*, 45 (1321), 207–213. [in Ukrainian]

10. Bajaj-Zhezherun, S. A., Bereza-Kindzerska, L. V., Togachynska, O. V. (2021). Pidvyshchennia kharchovoi tsinnosti khliba shliakhom zbahachennia yoho roslynnoiu bilkovovmisnoiu syrovynoiu [Increasing the nutritional value of bread by enriching it with vegetable protein-containing raw materials]. *Academic notes of the Tavri National University named after V.I. Vernadskyi*, 32 (71), 2, 125–130. [in Ukrainian]

11. Rol, N. V., Nadtochii, V. M., Tsebro, A. D., Vovkogon, A. G., Merzlova, G. V., Kalinina, G. P., Grebelnyk, O. P. (2021). Konopliana syrovyna: novi perspektyvy dlia kharchovoi promyslovosti [Hemp raw materials: new perspectives for the food industry]. *Collection of scientific works "Technology of production and processing of animal husbandry products"*, 1, 152–158. [in Ukrainian]

12. Teterycz D., et al. (2021). Hemp seed (*Cannabis sativa* L.) enriched pasta: Physicochemical properties and quality evaluation. *PLOS ONE*, 16, 3, e0248790.
 13. Xu, Y., et al. (2021). Hempseed as a nutritious and healthy human food or animal feed source: a review. *International Journal of Food Science & Technology*, 56(2), 530–543.
-

УДК 664.681

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.17>

ПЕЧИВО ПІСОЧНЕ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Паєлюченко О. С. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-8742-4150

Польовик В. В. – кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-8760-3813

Новаторська М. О. – здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0006-1546-3843

Сьогодні різні верстви населення нашої країни все більше уваги приділяють питанням збереження здоров'я, покращення якості життя та продовження його тривалості. На всі ці фактори безпосередньо впливає спосіб життя та харчування людини. Розширення асортименту продукції, яка користується попитом у споживача є пріоритетним завданням для підтримання конкурентоспроможності в сучасних реаліях функціонування закладів ресторанного господарства.

Одним з найбільш популярних трендів сучасного харчування, особливо серед молоді, є вегетаріанство, яке передбачає повне або часткове виключення з раціону продуктів тваринного походження. Це обмежує споживання вегетаріанцями традиційних харчових продуктів, у тому числі і кондитерських виробів, та потребує пошуку нових видів сировини, здатної забезпечити отримання продукції з відповідними споживчими властивостями, з необхідним комплексом основних нутрієнтів та біологічно активних речовин.

Для виробництва печива пісочного спеціального призначення запропоновано використати кокосову олію, банани, кокосовий напій, а для поліпшення поживної цінності та калорійності запропоновано замінити частину пшеничного борошна на лляне.

Використання рослинної сировини та лляного борошна дозволяє отримати печиво спеціального призначення зі збільшеною на 5 % калорійністю порівняно з контролем, що є досить позитивним для вегетаріанського харчування.

Зростання калорійності дослідних зразків печива обумовлена переважно заміною маргарину на кокосову олію та в меншій мірі внесенням лляного борошна. Збільшення в рецептурі лляного борошна сприяє зростанню вмісту білків, жирів та зменшенню вуглеводів, що позитивно впливає на органолептичні показники печива такі як смак, аромат.

В результаті досліджень підтверджено доцільність повної заміни в рецептурі печива пісочного, виготовленого за класичною рецептурою, компонентів тваринного походження на інгредієнти рослинного походження та збагачення печива лляним борошном.

Розроблене печиво має поліпшену поживну цінність, характеризується приємним зовнішнім виглядом, ароматом, має гармонійний, приємний горіхово-банановий смак та рясчасту структуру.

При вживання 200 грамів печива пісочного спеціального призначення, з внесенням 15 % лляного борошна задовольняє потребу в наступних харчових речовин: у білках на 18 % та жирах на 26 % та вуглеводах на 32 %.

Ключові слова: пісочне печиво, технологія, інгредієнти рослинного походження, лляне борошно, рецептура, поживна цінність, біологічна цінність.

Pavlyuchenko O. S., Polovyk V. V., Novatorska M. O. Special purpose cookies based on vegetable raw materials

Today, various segments of the population of our country pay more and more attention to the issues of preserving health, improving the quality of life and extending its duration. All these factors are directly influenced by a person's lifestyle and diet. Expanding the range of products that are in demand among consumers is a priority task for maintaining competitiveness in the modern realities of the operation of restaurant establishments.

One of the most popular trends in modern nutrition, especially among young people, is vegetarianism, which involves the complete or partial exclusion of animal products from the diet. This limits the consumption of traditional food products by vegetarians, including confectionery products, and requires the search for new types of raw materials capable of ensuring the production of products with appropriate consumer properties, with the necessary complex of basic nutrients and biologically active substances.

It is proposed to use coconut oil, bananas, and coconut drink for the production of special shortbread cookies, and to improve the nutritional and biological value, replace part of the wheat flour with flax.

The use of vegetable raw materials and flax flour makes it possible to obtain special-purpose cookies with a 5% increase in calories compared to the control, which is quite positive for vegetarian food.

The increase in the caloric value of the test samples of cookies is mainly due to the replacement of margarine with coconut oil and to a lesser extent the introduction of flax flour. An increase in the recipe of flax flour contributes to an increase in the content of proteins, fats and a decrease in carbohydrates, which positively affects the organoleptic indicators of cookies, such as taste and aroma.

As a result of research, the expediency of completely replacing shortbread cookies, made according to the classic recipe, with ingredients of vegetable origin and enriching the cookies with flax flour was confirmed.

The developed cookies have improved nutritional and biological value, are characterized by a pleasant appearance and aroma, have a harmonious, pleasant nutty-banana taste and a crumbly structure.

When using 200 grams of special shortbread cookies, with the addition of 15 % flax flour, it satisfies the need for the following nutrients: proteins by 18 %, fats by 26 % and carbohydrate by 32 %.

Key words: *shortbread, technology, ingredients of vegetable origin, flax flour, recipe, nutritional value, biological value.*

Вступ. Одним зі шляхів щодо збереження здоров'я та продовження тривалості життя населення будь-якої країни є збільшення частки виробництва харчових продуктів масового споживання, покращеної поживної, біологічної цінності, збагаченої вітамінами та мінеральними речовинами, харчовими волокнами тощо.

Борошняні кондитерські вироби є невід'ємною частиною харчового раціону більшості українців. Вони характеризуються привабливим зовнішнім виглядом, насиченим смаком, ароматом і легко засвоюються організмом.

Печиво, в раціоні харчування людини з'явилося практично одночасно з хлібом – приблизно 10 тис. років до нашої ери. У Європі печиво виготовляли переважно з пшеничного борошна, а на Сході перевагу надають надавали рисовому борошну. У багатьох країнах зберігають традиції виробництва печива, використовуючи старовинні рецепти. В Швейцарії, наприклад, люблять розроблене майже тисячоліття тому базельське печиво «Пелюстки лотоса».

Французи ласують старовинним мигдальним печивом з вишнею та кремом, приготованим з додаванням апельсинового лікеру. В Америці улюбленим печивом протягом століть було чорне «Oreo» з прошарками із помадки. У японців найулюбленішим печивом залишається сухе рисове печиво.

До продуктів із ідеальною репутацією в Англії відносять вівсяне печиво з борошна з високоякісного сорту вівса, вирощеного на сільськогосподарських фермерських землях.

Сьогодні в Україні сегмент печива, внаслідок доступності для різних верств населення та традиційності у структурі харчування, займає лідируючі позиції на ринку кондитерської продукції.

Традиційним для українського споживача залишається пісочне печиво. Для нього характерні відмінні органолептичні властивості, але водночас висока калорійність, недостатня кількість білків, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, що обумовлює невисоку біологічну цінність.

Способи покращення поживної, біологічної цінностей та зниження калорійності досить різноманітні. Найбільш раціональним з них є введення в рецептуру нетрадиційних натуральних компонентів рослинного походження, що містять значну кількість біологічно активних речовин, здатних підвищити якість продукції, поживну та біологічну цінність [1, 2, 3, 4].

Формулювання цілей статті. Обґрунтування рецептури та розроблення технології печива пісочного спеціального призначення на основі рослинних інгредієнтів.

Виклад основного матеріалу. На сучасному етапі розвитку харчової промисловості та ресторанного господарства спостерігається збільшення попиту на спеціальну, зокрема, вегетаріанську продукцію.

Вегетаріанець – споживач, який не їсть м'ясо або рибу, а іноді й інші продукти тваринного походження, виходячи з моральних, релігійних причин або особливостей здоров'я [5].

Для вирішення питання розроблення продукції вегетаріанського спрямування актуальним залишається питання пошуку нових видів сировини, які б дозволили забезпечити стійку якість продукції, розширити асортимент виробів та відповідали б сучасним тенденціям харчування.

Вагоме значення підходів до створення нових продуктів спеціального призначення, у тому числі для вегетаріанців є збалансування корисних функціональних інгредієнтів (з урахуванням їх сумісності та якісного складу).

Згідно з традиційною рецептурою [6], серед інгредієнтів пісочного печива, які обмежують його споживання вегетаріанцями є: масло вершкове, яйця курячі, молоко згущене. На основі проведеного літературного огляду для їх заміни було обрано: кокосову олію, банани та кокосовий напій.

Кокосова олія – цінний продукт рослинного походження, який отримують з висушеної м'якоті кокосового горіха шляхом холодного або гарячого віджиму. Вона є сучасним суперфудом, який користується значним попитом, адже є концентрованим джерелом жирів (99,9 %) з якісним жирнокислотним складом (табл. 1).

Таблиця 1

Жирнокислотний склад кокосової олії [7]

Назва кислоти	Вміст, %
Лауринова кислота	50
Міристинова кислота	20
Пальмітинова кислота	9
Олеїнова кислота	6
Каприлова кислота	5
Капринова кислота	5
Стеаринова кислота	3

Кокосова олія є джерелом вітаміну Е. Крім того, кокосова олія містить у невеликих кількостях: вітамін К – 0,5 мг, вітамін В4 – 0,9 мг, фосфор – 2 мг, кальцій – 2 мг та залізо – 0,04 мг.

Технологічні властивості, смак та аромат кокосової олії дозволяють використовувати її в рецептурі пісочного печива, повністю виключивши вершкове масло, у співвідношенні 1:1 [8].

Банани є високоенергетичними продуктами, вживання яких дуже швидко підвищує рівень цукру в крові, тим самим вони надають заряд енергії для фізичних і розумових навантажень.

До складу бананів входить значна кількість біологічно активних речовин: вітамінів (В₁, В₂, В₃, В₉, А, РР, С, Е), макро- і мікроелементів (кальцій, калій, натрій, магній, фосфор, мідь, залізо, цинк).

Банан може стати альтернативою яйцям курячим, зокрема, і у технології печива пісочного, у співвідношенні банан : яйце куряче як 1:1, або 1:0,5 [9].

Кокосовий напій – натуральний рослинний продукт, який отримують з м'якоти кокосового горіха. Він часто використовується як альтернатива коров'ячому молоку, так як не містить лактози і успішно використовується людьми, які мають її непереносимість і вегетаріанцями [10].

Кокосовий напій, порівняно з молоком коров'ячим питним пастеризованим, містить в 2...3 рази менше білка, на 1,2...2,7 % менше вуглеводів та майже не поступається за вмістом жиру. За енергетичною цінністю рослинне молоко має майже вдвічі меншу калорійність. Жирнокислотний склад кокосового молока характеризується високим вмістом поліненасичених жирних кислот омега-3, 6, 9, які разом з амінокислотами, що входять до його складу, дозволяють покрити добову потребу людини поживними речовинами лише однією склянкою напою [11].

Для покращення смакових властивостей, поживної та біологічної цінностей та розширення можливостей споживання цукрового печива, як додаткову сировину було використано лляне борошно.

Лляне борошно отримують з насіння льону після віджимання з нього олії. До його складу входить велика кількість білків, жирів, які переважно складаються з поліненасичених жирних кислот (Омега-3 і Омега-6), та харчових волокон, у тому числі водорозчинних (лігнанів), вітамінів В1, В6 і В2, фолієвої кислоти та мінеральних речовин калію, цинку і магнію [12].

Лляне борошно – дієтичний продукт, що ідеально підходить для виробництва хліба, кондитерських виробів, приготування страв, а також для панірування [13]. Використання лляного борошна в технології печива дозволяє отримати вироби з покращеними показниками якості, поліпшеною поживною цінністю та з певними функціональними властивостями [14. 15].

Для визначення раціонального поєднання інгредієнтів, було розроблено модельні композиції, рецептурний склад яких наведено у табл. 2.

Технологічний процес виробництва пісочного печива здійснювали відповідно до параметро-технологічної схеми наведеної на рисунку 1.

Печиво пісочне є найпростішим з технологічної точки зору виробом, але, водночас, одним з найулюбленіших, яке користуються все зростаючим попитом споживачів. Одними з найважливіших споживчих властивостей печива є його органолептичні характеристики. Результати досліджень органолептичних показників виробів наведено у табл. 3.

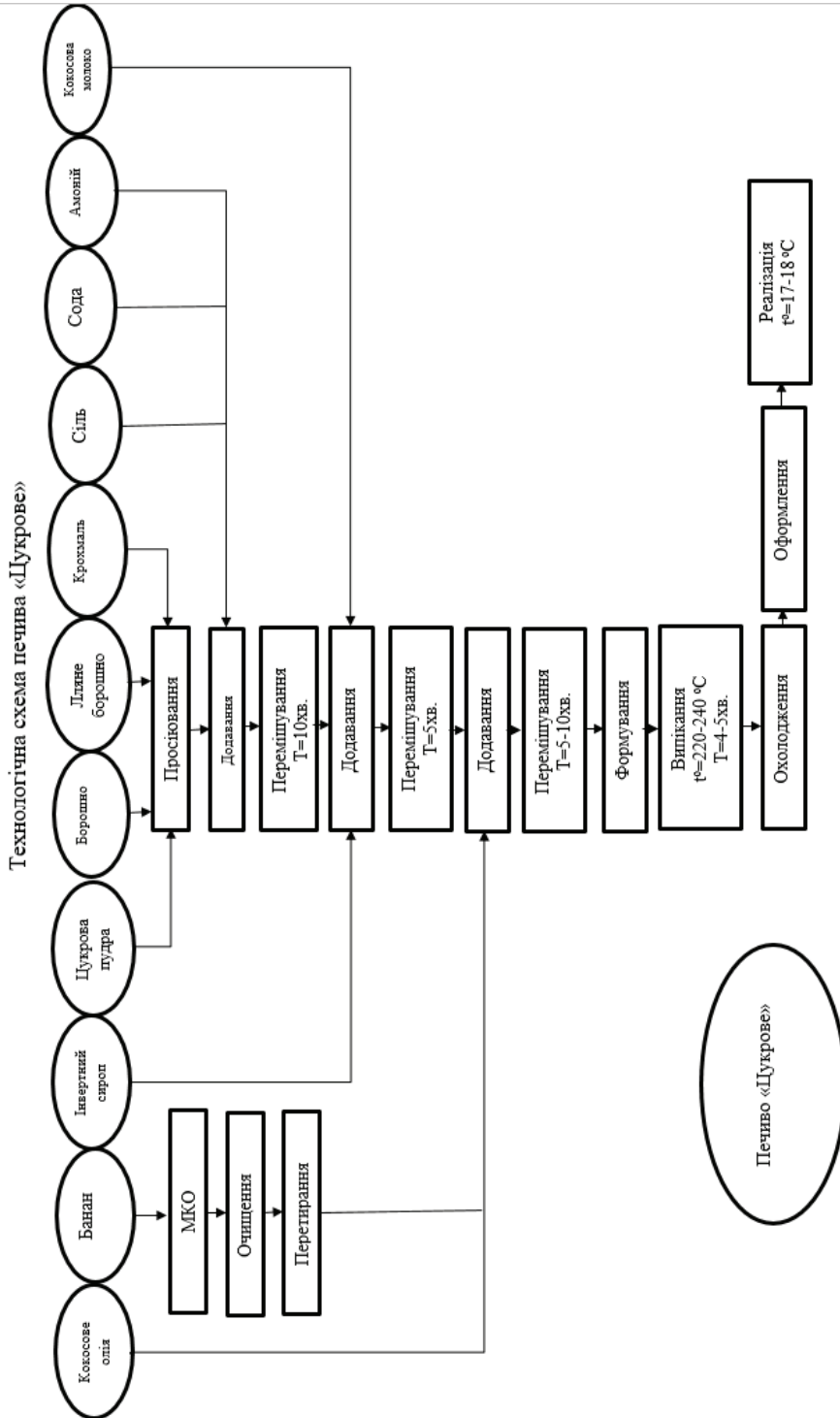


Рис. 1. Параметро-технологічна схема приготування «Печиво цукрове»

Таблиця 3
Органолептична оцінка дослідних зразків цукрового печива

Показник якості	Назва зразка					
	МК1	МК2	МК3	МК4	МК5	МК6
Зовнішній вигляд: Форма	Кругла, правильна, без вм'ятин, з невеликим підйомом, краї рівні	Кругла, правильна, без вм'ятин, з невеликим підйомом, краї рівні	Кругла, правильна, без деформації, з гарним підйомом	Кругла, правильна, без деформації, з гарним підйомом	Кругла, правильна, з гарним підйомом без деформації	Кругла, не рівномірний підйом, без деформації
Стан поверхні	Без тріщин, рівномірно окрашена.	Без тріщин, дуже гладенька, рівномірно окрашена	Без тріщин, гладка, злегка шорстка, рівномірно окрашена	Без тріщин, гладка, злегка шорстка, рівномірно окрашена	Без тріщин, гладка, без тріщин, рівномірно окрашена, рівномірно окрашена	Без тріщин, більш гладка, рівномірно окрашена, рівномірно окрашена
Вид у розломі	Пори середні за розміром, рівномірно розподілені, без слідів непромішення	Дрібна пористість, рівномірно розподілені без слідів непромішення	Дрібна пористість, рівномірно розподілені без слідів непромішення	Дрібна пористість, рівномірно розподілені без слідів непромішення, ледь помітними вкрапленнями оболонки насіння	Дрібна пористість, рівномірно розподілені без слідів непромішення та появою коричневих вкраплень оболонки насіння льону	Дрібна пористість, рівномірно розподілені без слідів непромішення та чіткою візуалізацією коричневих вкраплень оболонки насіння льону
Колір	Жовтий, рівномірний	Світло-жовтий, рівномірний	Світло-жовтий, рівномірний	Світло-кремовий, рівномірний	Світло-коричневий, рівномірний	Світло-коричневий, рівномірний
Смак та аромат	Солодкий, приємний, яскраво виражений, без сторонніх	Менш солодкий, приємний, яскраво виражений, з нотками банану.	Менш солодкий, приємний, яскраво виражений, з нотками банану та кокосу	Менш солодкий, приємний, яскраво виражений, з ніжним маслянистим смаком та бананово-горіховим присмаком	Менш солодкий, приємний, яскраво виражений, з відчутним бананово-горіховим смаком, під час розжовування відчувається хрускіт	Менш солодкий, приємний, яскраво виражений, з відчутним бананово-горіховим смаком, під час розжовування відчувається хрускіт

Відповідно до результатів досліджень (табл. 3), можна зробити висновок, що всі дослідні зразки печива за органолептичними показниками якості відповідають вимогам ДСТУ 3781-98. Печиво. Загальні технічні умови та всім очікуваним показниками щодо смаку, аромату кольору та текстури. Проте, при збільшенні дозування лляного борошна до 20 % (МК6) у печиві спостерігається поява більш насиченого горіхового смаку, з дещо рибним присмаком та характерним хрускотом, що пов'язане зі збільшенням у дослідних зразках кількості твердих оболонок насіння льону.

Серед основних показників якості готової продукції є його поживна цінність.

Поживна цінність – це усі основні природні компоненти харчового продукту, включаючи вуглеводи, білки, жири, вітаміни, мінерали та солі.

Вміст основних хімічний склад та калорійність дослідних зразків печива наведено у табл. 4, рис. 2.

Таблиця 4

Хімічний склад та калорійність дослідних зразків печива на основі рослинної сировини у порівнянні з контролем, г/200г печива

Назва зразка	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Енергетична цінність, ккал
МК1	15,6	19,0	156,3	859
МК2	14,6	18,4	157,4	854
МК3	14,5	25,2	155,6	907
МК4	16,8	26,4	147,0	893
МК5	18,1	26,9	143,0	887
МК6	19,4	27,5	140,0	885

За результатами таблиці 3, можна констатувати, що при заміні меланжу на банани спостерігається незначне зменшення поживної цінності за вмістом білків, жирів, вуглеводів, в межах 1 %.

При заміні в рецептурі маргарину, молока згущеного на кокосову олію та кокосовий напій спостерігається значне збільшення в печиві вмісту жирів в межах 32 % та зменшення вмісту вуглеводів близько 1 % та на 5 % порівняно з контрольним зразком.

Внесення до рецептури лляного борошна в кількості 10, 15 та 20 % дозволяє зменшити від 6 до 11 % вміст вуглеводів, збільшивши при цьому порівняно з контролем вміст білків та жирів від 7 до 24 та від 38 до 44 % відповідно.

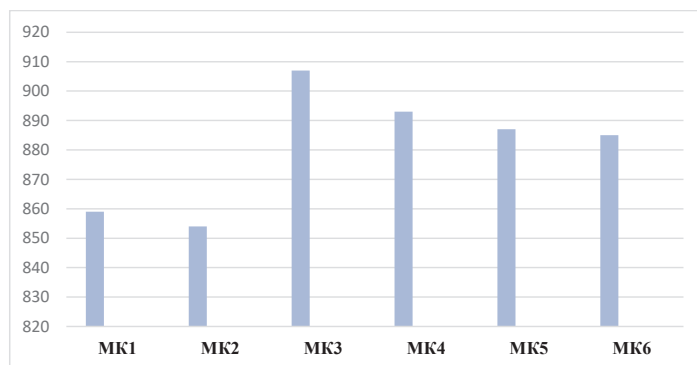


Рис. 2. Калорійність дослідних зразків печива, ккал

Отже, використання рослинної сировини та лляного борошна дозволяє отримати печиво спеціального призначення зі збільшеною на 5 % калорійністю порівняно з контролем, що є досить позитивним для вегетаріанського харчування.

Зростання калорійності дослідних зразків печива обумовлена переважно заміною маргарину на кокосову олію та в меншій мірі внесенням лляного борошна. Збільшення в рецептурі лляного борошна сприяє зростанню вмісту білків, жирів та зменшенню вуглеводів, що позитивно впливає на органолептичні показники печива такі як смак, аромат (табл. 3). Проте, збільшення дозування понад 15 % викликає погіршення смаку зокрема, появи хрусту під час розжовування.

При вживання 200 грамів печива пісочного спеціального призначення, з внесенням 15 % лляного борошна задовольняє потребу в наступних харчових речовин: у білках на 18 % та жирах на 26 % та вуглеводах на 32%.

Для можливості реалізації будь-якого харчового продукту споживачеві, у тому числі і закладів ресторанного господарства, його якість повинна відповідати вимогам нормативної документації. Фізико-хімічні показники якості дослідних зразків печива наведено у табл. 5.

Таблиця 5

Фізико-хімічні показники якості дослідних зразків печива

Показник	Згідно з ДСТУ ДСТУ 3781-98	Назва зразка	
		М1 (контроль)	М5 (15 % лляного борошна)
Масова частка вологи, %	3,0-9,0	5,0	5,0
Масова частка жиру в перерахунку на сухі речовини, %	8,0-30,0	9,5	13,5
Лужність, град	2,0	0,8	1,2
Намочуваність %, не менше	150	169	160

Аналізуючи отримані дані (табл. 5) слід зазначити, що всі дослідні зразки печива відповідають вимогам нормативної документації, не перевищуючи граничних норм. Повна заміна складових тваринного походження на рослинні інгредієнти та внесення 15% лляного борошна дозволило збільшити вміст жирів на 42 %, що дозволило отримати печиво спеціального призначення, яке можна рекомендувати для вегетаріанського харчування. Позитивним також є склад жирів кокосової олії (табл. 1) і насіння льону, яке збагачує отриманий продукт поліненасиченими жирними кислотами (Омега-3 і Омега-6).

Висновки і перспективи подальших досліджень. Розширення асортименту продукції, яка користується попитом у споживача є пріоритетним завданням для підтримання конкурентоспроможності в сучасних реаліях функціонування закладів ресторанного господарства.

Сучасним трендом сьогодення є вегетаріанське харчування, яке передбачає повне або часткове виключення сировини тваринного походження.

В результаті проведених наукових досліджень підтверджено можливість повної заміни в рецептурі пісочного печива меланжу на банани, маргарину – на кокосову олію, молока згущеного – на кокосовий напій. Підтверджено доцільність збагачення печива пісочного лляним борошном.

Удосконалені рецептурний склад та технологія дозволили отримати печиво спеціального призначення на основі рослинної сировини, яке можна рекомендувати до реалізації в умовах закладів ресторанного господарства.

Отримане печиво за всіма показниками якості відповідає вимогам нормативної документації. Має покращені органолептичні показники, приємний зовнішній вигляд, смак та аромат з приємними бананово-горіховими нотками. При вживання 200 грамів печива пісочного спеціального призначення, з внесенням 15 % лляного борошна задовольняє потребу в наступних харчових речовин: у білках на 18 % та жирах на 26 % та вуглеводах на 32 %.

Отримане печиво спеціального призначення може бути рекомендовано для вегетаріанського харчування, адже має мають поліпшену поживну цінність та калорійність, яка складає 887 ккал.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Михайлик В.С. Технологія борошняних кондитерських пісочних виробів з використанням шроту. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису. *Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія харчової продукції. Державний торговельно-економічний університет, Київ, 2023.*

2. Давидович О.Я, Ощипок І.М. Удосконалення технології печива пісочного із нетрадиційними добавками. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки.* 2021. № 28. С. 23–30.

3. Дорохович В.В., Михальська Л.В. Визначення впливу насіння чіа на якісні показники здобного печива на цукрі і фруктозі. *Наукові праці НУХТ* 2022. Том 28, № 2. С. 108–117.

4. Технологія харчових продуктів функціонального призначення: ТЗ8 монографія / А.А. Мазаракі, М.І. Пересічний, М.Ф. Кравченко та ін.; за ред. д – ра техн. наук, проф. М.І. Пересічного. 2-ге вид., переробл. та допов. К.: Київ. Нац. торг.-екон. ун-т, 2012. 1116 с.

5. English Oxford Livihg Dictionaries. Електронний ресурс – джерело доступу: <https://en.oxforddictionaries.com/>.

6. Антонова, А.П. Збірник технологічних нормативів: Збірник рецептур на торти, тістечка, кекси, рулети, печиво, пряники, пряники та здобні булочні вироби. III частина. *Хлібпродін-форм*, 2000. С. 76–77.

7. Кокосова олія користь. Електронний ресурс – джерело доступу: <https://salo.li/2a5cA6f>

8. Які найкращі заміники вершкового масла Електронний ресурс-джерело: <https://salo.li/a397796>

9. 5 варіантів, чим можна замінити яйця при приготуванні тіста. Електронний ресурс – джерело: <https://salo.li/04D46Ff>

10. Михайличенко, А. В. Фурманова Ю.П. Муси на основі рослинного молока без цукру як альтернативна безлактозна продукція для закладів ресторанного господарства. *Проблеми формування здорового способу життя у молоді : тези доповідей XII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів з міжнародною участю, 3 – 5 жовтня.* Одеса : ОНАХТ, 2019. С. 151–153.

11. Антоненко А.В., Земліна Ю.В., Грищенко І.М., Приходько К.О., Гусаченко Я.С., Мандригель О.В. Сучасні технології заморожених десертів на основі рослинної сировини. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*, 2019 Том 30 (69) Ч. 2 № 2. С. 143–148.

12. Павлюченко О.С., Дейниченко Л. Г., Кравчук А. В., Матияшук О. В., Силка І. М. Теоретичне і практичне обґрунтування рецептурного складу мафінів яблучних спеціального призначення. *Наукові праці НУХТ.* 2022. Том 28, № 1. С. 134–145.

13. Ляне жорнове борошно. Електронний ресурс – джерело: <https://zemledar.ua/llyane-zhornove-boroshno>

14. G. Karakurt, B. Özkaya, İ. Saka. Chemical composition and quality characteristics of cookies enriched with microfluidized flaxseed flour. *LWT – Food Science and Technology*. 2022. V. 154. Електронний ресурс – джерело доступу: <https://sal0.li/40F5E47>

15. Євлаш В. В., Газзаві-Рогозіна Л. В., Сєногонова Л. І. Удосконалення технології печива пісочного з використанням лляного борошна. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. 2021. Вип. 1(33). С. 187–198.

REFERENCES:

1. Mikhailyk V.S. (2023) *Technology of flour pastry shortbread using meal*. [Technology of flour pastry shortbread using meal]. Qualifying scientific work on manuscript rights. Dissertation for obtaining the scientific degree of Candidate of Technical Sciences in the specialty 05.18.16 – food technology. Kyiv: State University of Trade and Economics

2. Davidovych O.Ya., Oschypok I.M. Improvement of shortbread cookie technology with non-traditional additives. *Bulletin of LTEU. Technical sciences*. 2021. No. 28. P. 23–30.

3. Dorokhovych V.V., Mikhalska L.V. Determination of the effect of chia seeds on the quality indicators of butter cookies on sugar and fructose. *Scientific works of the NUHT 2022. Volume 28, No. 2*. P. 108–117.

4. *Technology of functional food products: T38 monograph* / A.A. Mazaraki, M.I. Peresichnyi, M.F. Kravchenko and others; under the editorship Dr. Tech. Sciences, Prof. E. Average – 2nd ed., revised. and added. K.: Kyiv. National trade and economy University, 2012. 1116 p.

5. English Oxford Livihg Dictionaries. Electronic resource – access source: <https://en.oxforddictionaries.com/>.

6. Antonova, A.P. Collection of technological standards: Collection of recipes for cakes, pastries, muffins, rolls, cookies, gingerbread, gingerbread and butter bakery products. Part III. *Khlybprodin-form*, 2000. P. 76–77.

7. Coconut oil benefits. Electronic resource – source of access: <https://sal0.li/2a5cA6f>

8. What are the best substitutes for butter? Electronic resource – source: <https://sal0.li/a397796>

9. 5 options for replacing eggs when making dough. Electronic resource – source: <https://sal0.li/04D46Ff>

10. Mykhailychenko, A.V. Furmanova, Y.P. Mousse based on vegetable milk without sugar as an alternative lactose-free product for restaurants. Problems of forming a healthy lifestyle among young people: abstracts of reports of the 12th All-Ukrainian scientific and practical conference of young scientists and students with international participation, October 3-5. Odesa: ONAKHT, 2019. P. 151–153.

11. Antonenko A.V., Zemlina Yu.V., Hryshchenko I.M., Prykhodko K.O., Husachenko Y.S., Mandrigel O.V. Modern technologies of frozen desserts based on vegetable raw materials. *Academic notes of TNU named after V.I. Vernadskyi. Series: technical sciences*, 2019 Volume 30 (69) Part 2 No. 2. P. 143–148.

12. Pavlyuchenko O.S., Deynychenko L.G., Kravchuk A.V., Matiyaschuk O.V., Silka I.M. Theoretical and practical substantiation of the recipe composition of special purpose apple muffins. *Scientific works of the National Technical University of Ukraine*. 2022. Volume 28, No. 1. P. 134–145.

13. Flax mill flour. Electronic resource – source: <https://zemledar.ua/llyane-zhornove-boroshno>

14. G. Karakurt, B. Özkaya, İ. Saka. Chemical composition and quality characteristics of cookies enriched with microfluidized flaxseed flour. *LWT – Food Science and Technology*. 2022. V. 154. Electronic resource – access source: <https://sal0.li/40F5E47>
 15. Yevlash V.V., Gazzavi-Rogozina L.V., Senogonova L.I. Improvement of shortbread cookie technology using flax flour. *Progressive equipment and technologies of food production, restaurant industry and trade*. 2021. Issue 1(33). P. 187–198.
-

УДК 619:614.32:637.526.076:604
DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.18>

ШЛЯХИ МІНІМІЗАЦІЇ ВМІСТУ ПОЛІЦИКЛІЧНИХ АРОМАТИЧНИХ ВУГЛЕВОДОРОДІВ У КОПЧЕНИХ КОВБАСНИХ ВИРОБАХ

Приліпко Т. М. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
завідувач кафедри харчових технологій виробництва
й стандартизації харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-8178-207X

Кузьмінська І. М. – кандидат технічних наук,
асистент кафедри харчових технологій виробництва
й стандартизації харчових продуктів
Закладу вищої освіти «Подільський державний університет»
ORCID ID: 0000-0002-4499-0910

В результаті проведення досліджень було зроблено висновок щодо можливостей мінімізації вмісту ПАУ у варених ковбасах гарячого копчення димом, що утворюється від тління тріски. При цьому зниження вмісту ПАУ не обов'язково має бути пов'язане з низьким вмістом бажаних фенольних сполук, оскільки між вмістом ПАУ та фенолом взаємозв'язок не встановлений. Параметром, який найбільше впливає на зміст ПАУ, є

Температура утворення диму. Вона має бути нижче 6000С. Однак, для отримання необхідного кольору копченого продукту потрібно триваліший час копчення, що може бути пов'язано з високими втратами маси продукту. Температура копчення повинна опускатися нижче 5000С, оскільки за таких умов колір і смак копченого продукту будуть слабкими виражені. Цілеспрямоване зволоження тріски не призводило до зниження вмісту ПАУ у м'ясопродуктах гарячого копчення, оскільки взаємозв'язок між вологістю тріски та вмістом ПАУ у продукті встановлена не була. Застосування целюлозної оболонки, що знімається, значно знижувало вміст ПАУ у м'ясопродуктах гарячого копчення, оскільки більша частина ПАУ (ВаР: 77%; ПАУ4: 61%) залишилося в оболонці і не проникло у внутрішні шари м'ясного продукту. На відміну від цього фенольні сполуки, що мають велике значення для утворення бажаного аромату продукту, майже повністю (приблизно 99%) проникали у продукт. Порівняння сосисок «Віденські» у баранячих черевах та колагеновій оболонці показало, що сумарний вміст п'яти фенольних сполук у сосисках у баранячих черевах майже вдвічі вищий, у той час як вміст ПАУ при застосуванні обох типів оболонки знаходився майже на однаковому рівні. Зниження вмісту ПАУ можна досягти шляхом зменшення вмісту жиру в рецептурі варених ковбас гарячого копчення. Незважаючи на більш високі втрати маси у ковбас зі зниженим вмістом жиру вміст ПАУ в таких продуктах низький. Причиною цього явища може бути зменшення ліпофільних властивостей на поверхні м'ясопродуктів за рахунок зниження кількості шпиків хребта в рецептурі. Однак цей ефект слабше виражений у сосисок, що копчили димом високої щільності, з високим вмістом ПАУ (ПАУ4 > 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Для таких ковбас значне зниження вмісту ПАУ було встановлено при зменшенні вмісту жиру з 20% до 10%. У сосисок із вмістом жиру 20%, 30% та 39% вміст ПАУ знаходився на однаковому рівні. У сосисок «Віденські» з низьким та середнім вмістом ПАУ кількість ПАУ можна знизити шляхом зниження вмісту жиру з 30% до 20%. Однак нижчий вміст жиру в сосисках «Віденські» не призводило до зменшення вмісту фенолу, оскільки в цих продуктах з різним вмістом жиру було встановлено таку ж кількість фенольних сполук.

Ключові слова: сосиски, жир, м'ясопродукти, фенольні сполуки, рецептура, поліциклічні ароматичні вуглеводороди.

Prylipko T. M., Kuzminska I. M. Ways to minimize the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked sausage products

As a result of the research, a conclusion was made regarding the possibility of minimizing the content of PAHs in cooked hot-smoked sausages with the smoke produced by the rotting

of cod. At the same time, a decrease in the content of PAHs should not necessarily be associated with a low content of desired phenolic compounds, since the relationship between the content of PAHs and phenol has not been established. The parameter that most affects the PAH content is Smoke formation temperature. It should be below 6000C. However, for obtaining the required color of the smoked product requires a longer smoking time, which may be associated with high product mass losses. The smoking temperature should drop below 5000C, as under such conditions the color and taste of the smoked product will be weak expressed Purposeful moistening of the cod did not lead to a decrease of surfactant content in hot smoked meat products, because the relationship between the moisture content of the cod and the content of PAH in the product was not established. The use of a removable cellulose coating significantly reduced the content of PAHs in hot-smoked meat products, since most of the PAHs (BaP: 77%; PAH4: 61%) remained in the coating and did not penetrate into the inner layers of the meat product. In contrast, phenolic compounds, which are of great importance for the formation of the desired aroma of the product, were almost completely (approximately 99%) penetrated into the product.

Key words: sausages, fat, meat products, phenolic compounds, formulation, polycyclic aromatic hydrocarbons.

Постановка проблеми. Копчення м'яса та м'ясопродуктів є одним із найстаріших способів надання стійкості. При цьому леткі компоненти, що утворюються при тлінні деревини, проникають через поверхню продукту його внутрішні шари [10, с. 3]. При копченні утворюються так звані позитивні речовини, наприклад, фенольні сполуки, які мають велике значення для формування сенсорних властивостей м'ясопродуктів, а також мають антимікробний і, перш за все, антиокислювальний ефект. Однак, під час копчення також утворюються небажані сполуки, наприклад, поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАУ), деякі представники яких є генотоксичними канцерогенами [6, с. 37]. У зв'язку з цим з метою захисту здоров'я споживачів вміст ПАВ у копчених м'ясопродуктах має бути по можливості знижено до мінімуму. Насамперед, це стосується канцерогенних ПАВ, оскільки для канцерогенних речовин не можна встановити граничні величини, нижче яких ці речовини не володітимуть канцерогенним потенціалом [9, с. 11].

У Європейському Союзі з вересня 2012 року поряд із уже давно встановленим максимально допустимим вмістом бензопірену 5µг/кг дійсною є величина 30µг/кг для сумарного вмісту чотирьох сполук ПАВ: бензопірена (BaP), хризену (CHR), бензоантрацену (BaA) та бензофлуорантену (BbF). (ПАУ4; розпорядження ЄС № 1881/2006; остання зміна на розпорядження ЄС № 835/2001) [2, с. 43, 5, с. 4, 7, с. 28].

Постановка завдання. Метою даної роботи було дослідити взаємозв'язок між вмістом ПАУ (BaP та ПАУ4) та умовами копчення димом від тління деревної сировини, використовуваних типів оболонки та вмістом жиру у варених ковбасах гарячого копчення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Досліди з копчення були проведені таким чином, що в результаті досягнуто порівняльне кольороутворення продуктів, обумовлене умовами копчення.

Для проведення дослідів за різних умов копчення (А) з застосуванням різних типів оболонки (В) використовували ту саму рецептуру. При цьому для експерименту В1 використовували целюлозні оболонки, що знімаються, В2 – баранячі черева (18–20 мм), В3 – колагенові оболонки (20–22 мм). Досліди з копчення (С) з різним змістом жиру (10%, 20%, 30% і 39%) проводили на сосисках «Віденські» з різними частками охолодженої свинини та яловичини, хребтового шпику та різною кількістю льоду [3, с. 72]. Для проведення дослідів з копчення було використано копильна камера «FPC 100» з димогенератором тління (фірма «Fessmann», Вінненден). Варені ковбаси спочатку обсмажували при 520С протягом 10 хвилин,

Таблиця 1

**Рецептури та використовувані оболонки при виробництві сосисок
«Віденські» у різних дослідах з копчення**

Дослід	Свинина (%)	Яловичина, %	Хребтовий шпик, %	Лід, %	Оболонка %
(А) Різні умови копчення					
A1–A24	29,4	19,6	26,5	22,5	Баранячі черева
(В) Тип оболонок					
B1	29,4	19,6	26,5	22,5	Целюлоза
B2	29,4	19,6	26,5	22,5	Баранячі черева
B3	29,4	19,6	26,5	22,5	Колаген
(С) Вміст жиру					
10% жиру	35,8	23,9	9,9	28,3	Баранячі черева
20% жиру	32,0	21,3	19,6	25,0	Баранячі черева
30% жиру	28,0	18,7	29,5	21,8	Баранячі черева
39% жиру	24,1	16,1	39,1	18,7	Баранячі черева

потім 12-хвилинної сушіння при 560С, а на закінчення – копчення при 580С. Тривалість копчення залежала від її інтенсивності. Для копчення був використаний дим трьох різних щільностей (висока, середня, низька) та три швидкості руху повітря (750, 1500 та 3000 про/хв.). Тривалість копчення встановлювали таким чином, щоб кольороутворення сосисок «Віденські» можна було порівняти, виходячи із умов копчення. Після копчення сосиски «Віденські» нагрівали протягом 25 хвилин до 750С. Для проведення хімічних досліджень 2,25 кг сосисок гомогенізували в куттері, упаковували в пакети з плоскої плівки, що зварюються по краях (фірма «Gruber-Folien», Straubing) і зберігали у темному місці при -180С [1, с. 83].

Дослідження складу газів у копильній камері та вимірювання температури копчення здійснювалося за допомогою аналізатора димових газів «testo 350-S» і сенсора «NiCrNi-Sensors» (фірма «Testo», Ленкірх). Концентрацію кисню та двоокису вуглецю вимірювали в об'ємних відсотках, а концентрацію окису вуглецю – у ppm. Концентрацію газів у час всього процесу копчення вимірювали в секундному такті, причому дані п'яти вимірів усереднювали [7, с. 37].

Значення рН копчених сосисок «Віденські» визначали за допомогою рН-метра «Portamess, тип 911» (фірма «Knick», Берлін). Для визначення показників кольору використовували прилад для вимірювання кольору «Minolta CR- 400» (фірма «Minolta», Осака, Японія). У копчених сосисок визначали параметри кольору L* (світло), a* (червоно-зелений), b*(жовто-синій). Потім було зроблено цифрові знімки сосисок «Віденські» [1, с. 37].

Визначення змісту ПАУ (15+1 ЄЕС-ПАУ) здійснювалося за раніше описаному методу газової хроматографії/мас-спектрометрії високої роздільної здатності (Jiga,

Таблиця 2

Результати вимірювання рН, втрат маси та параметрів кольору в різних дослідах з копчення

Показник	(А) Різні умови копчення			(В) Тип оболонки				(С) Вміст жиру		
	Дим низької щільно- сті	Дим середньої щільності	Дим високої щільно- сті	Целюлоза	Баранячі черева	Колаген	9,9	19,6	29,5	39,1
Величина рН	6,4	6,4	6,4	6,05	6,12	6,04	6,06	6,07	6,06	6,07
Втрати маси,%	9,7	9,5	8,2	6,6	7,8	6,0	9,3	8,7	7,2	6,5
Колір										
L*(світло- -лоість)	61,5	59,2	59,2	56,6	57,0	54,3	49,0	52,3	56,3	57,8
a*(червоно- зелений)	19,3	20,5	20,2	18,7	18,2	20,1	22,1	21,0	19,1	18,0
b*(жовто- синій)	23,7	25,5	28,7	29,2	31,5	33,9	30,9	32,4	33,5	33,2

2010). Зміст фенольних сполук: гваяколу, 4-метилгваяколу, сириноголу, ейгенолу та trans-ізоейгенолу визначали за допомогою водо-парової дистиляції з подальшим очищенням проб, силілюванням, а потім проводили вимірювання методом газової хроматографії/та мас-спектрометрії (ВЕРХ/МС) [1, с. 37].

Розмір рН в дослідях з копчення за різних умов (А) становила 6,4, у дослідях з копчення з використанням різних типів оболонки (В) та при різному вмісті жиру (С) – від 6,04 до 6,12. За цією причиною у сосисок «Віденських», які копчили димом низької щільності, у зв'язку з більш тривалим процесом копчення втрати маси були дещо вище (9,7), ніж у продуктів, які копчили димом середньої та високої густини. Чим вище вміст жиру в сосках «Віденські», тим нижчими були втрати маси.

Під час досліджень основна увага була спрямована на визначення вмісту ВаР(бензо [а]пірена) та ПАУ4 (сумарне зміст ВаР, ВаА, СНР та ВbF). Досліди з копчення 1–9 проводили з використанням тріски, що має вологість, встановлену виробником (Від 11,8 до 13,0%). Зміст ПАУ4 залежало від швидкості повітря, нагнітається вентиляторами, та щільності диму. Підвищення швидкості руху повітря з 750 об/хв. до 3000 об/хв. та збільшення щільності диму призводило до підвищення вмісту ПАУ4.

Збільшення щільності диму сильніше впливало на зміст ПАВ, ніж підвищення швидкості повітря. Вища швидкість повітря збільшувала подачу кисню і цим призводила до підвищення температури утворення диму. Середній вміст ПАУ4 в сосисках «Віденські», які коптили при високій щільності диму та швидкості руху повітря 1500 об/хв. 3000 об/хв. було майже ідентичним (2,96 та 2,90 $\mu\text{g}/\text{kg}$ відповідно). При порівнянні сосисок, виготовлених у першому (а) та другому (б) досліді з копчення було встановлено, що зміст ПАУ4 у пробах першого досвіду лінійно збільшувалося із підвищенням швидкості повітря. Зміст ПАУ4 в сосисках, виготовлених в ході другого досвіду, склало 3,26 $\mu\text{g}/\text{kg}$ при швидкості повітря 1500 об/хв., що виявилось найвищим значенням. Найнижчий вміст ПАУ4 (1,10 $\mu\text{g}/\text{kg}$) було встановлено в сосисках, які коптили димом низької щільності при швидкості руху повітря 750 об/хв. У вмісті ВаР (0,11–0,48 $\mu\text{g}/\text{kg}$) та ПАУ4 (1,10–2,96 $\mu\text{g}/\text{kg}$), встановлене в досліді з копчення 1–9, простежувалися дуже схожі тенденції. Як уже згадувалося, швидкість руху повітря та щільність диму безпосередньо впливали на температуру диму та концентрацію СО, СО2 та О2 у копильній камері. Вища температура утворення диму призводила до підвищення вмісту ВаР та ПАУ4. Температура утворення диму корелювала зі змістом ПАУ4 ($R^2=0,98$) та вмістом ВаР ($R^2=0,96$). Вища температура утворення диму призводило до підвищення вмісту СО і СО2, але також час – до зниження концентрації кисню. В результаті зміст ПАУ4 було прямо пропорційно концентрації СО та СО2 і назад пропорційно концентрації кисню.

У досліді з копчення з використанням тріски різної вологості було обрано швидкість руху повітря 1500 об/хв. І вологість тріски 10, 15, 20, 25 та 30%. Підвищення вологості тріски призводило до зниження температури утворення диму. Хоча в досліді з копчення при постійній вологості тріски було встановлено кореляцію між температурою утворення диму та вмістом ПАУ, взаємозв'язок між вологістю тріски та вмістом ПАУ встановлена не була.

Для проведення дослідів було використано три різні типи оболонки. У сосисках «Віденські» в целюлозній знімається оболонці було встановлено такий вміст ПАУ: $0,75 \pm 0,19 \mu\text{g}/\text{kg}$ (ПАУ4) та $0,09 \pm 0,03 \mu\text{g}/\text{kg}$ (ВаР). Вміст ПАУ у віденських сосисках баранячих черевах було вище, ніж у продуктах

у целюлозній знімається оболонці та становило $3,59 \pm 1,09$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ПАУ4) та $0,57 \pm 0,21$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ВаР). У сосисках у колагеновій оболонці було встановлено такий самий рівень забруднення ПАУ, як у продуктів у целюлозній оболонці: ПАУ4: $2,98 \pm 0,63$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ та ВаР: $0,40 \pm 0,12$ $\mu\text{g}/\text{kg}$.

Целюлозні оболонки, що знімаються, також були проаналізовані і в них було встановлено більш високий вміст ПАУ, ніж у сосисках (ПАУ4: 81 ± 31 $\mu\text{g}/\text{kg}$ та ВаР: 23 ± 11 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Целюлозна оболонка становила 1,5% загальної ваги віденських сосисок в оболонці. Якщо прийняти до уваги різний вміст ПАУ в целюлозній оболонці та їстівної частини сосисок, то вміст ПАУ в сосисках загалом (включаючи целюлозну оболонку) становитиме: $1,95 \pm 0,58$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ПАУ4) та $0,43 \pm 0,19$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ (ВаР). Таким чином, вміст ПАУ в целюлозній оболонці в порівнянні з сосисками в цілому (включаючи оболонку) становило $61 \pm 11\%$ (ПАУ4) та $77 \pm 7\%$ (ВаР). Тенденція до накопичення у целюлозній оболонці ПАУ з п'ятьма ароматичними кільцями (BbF та ВаР) була найбільш яскраво виражена в порівнянні з накопиченням ПАУ з чотирма ароматичними Т кільцями (ВаА та СНR). Різні частки шпика хребта в сосисках «Віденські» зумовлювали різний зміст ПАВ. Збільшення частки хребтового шпигу з 9,9% до 19,6%, 29,5% та 39,1% призвело до підвищення вмісту ПАУ4 з $2,4 \pm 0,7$ $\mu\text{g}/\text{kg}$, $3,2 \pm 1,2$ $\mu\text{g}/\text{kg}$, $3,7 \pm 0,9$ $\mu\text{g}/\text{kg}$ та $3,9 \pm 0,9$ $\mu\text{g}/\text{kg}$. Аналогічні тенденції простежувалися щодо змісту ВаА, СНR, BbF та ВаР. Для кращого порівняння різних умов копчення зміст ПАУ4 у сосисках «Віденські» з часткою жиру 39,1% було обрано як 100%-ної норми та інші показники ПАУ, встановлені в рамках одного і того ж досвіду копчення, порівнювали з цією величиною.

Для перевірки впливу вмісту жиру на нормоване зміст ПАУ залежно від абсолютного вмісту ПАУ4 були. Досліджено три групи продукту сосиски «Віденські». Перша група включала сосиски (вміст жиру 9,9%) з найнижчим вмістом ПАУ4 (ПАУ4 < 2 $\mu\text{g}/\text{kg}$), друга група включала сосиски (вміст жиру 9,9%) із середнім вмістом ПАУ4 (2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ < ПАУ4 < 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$), а третя група (вміст жиру 9,9%) складалася з сосисок із найвищим вмістом ПАУ4 (ПАУ4 > 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Нормований вміст ПАУ4 у сосисках першої групи (з найнижчим вмістом ПАУ4) та другої групи (середній вміст ПАУ4) зростало зі збільшенням частки хребтового шпигу, причому в обох групах спостерігалася однакова тенденція: нормований вміст ПАУ4 збільшувалося з 55% (вміст жиру 9,9%), 72% (вміст жиру 19,6%) до 91% та 93% відповідно (вміст жиру 29,5%). На відміну від цього, у сосисках «Віденські» третьої групи (з високим абсолютним вмістом ПАУ4) нормований вміст ПАУ4 було встановлено при частці жиру 19,6% (нормований вміст ПАУ: 102%). Однак відмінностей у нормованому вмісті ПАУ4 між сосисками «Віденські» із вмістом жиру 19,65% (нормований вміст ПАУ4: 102%), 29,5% (нормований вміст ПАУ: 103%) та 39,1% встановлено не було. Лише у сосисках із вмістом жиру 9,9% було встановлено нижчий нормований вміст ПАУ4 (74%).

Висновки. Зниження вмісту ПАУ можна досягти шляхом зменшення вмісту жиру в рецептурі варених ковбас гарячого копчення. Незважаючи на більш високі втрати маси у ковбас зі зниженням вмісту жиру, вміст ПАУ в таких продуктах низький. Причиною цього явища може бути зменшення ліпофільних властивостей на поверхні м'ясопродуктів за рахунок зниження кількості шпигу хребта в рецептурі. Однак цей ефект слабше виражений у сосисок, які копчили димом високої густини, з високим вмістом ПАУ (ПАУ4 > 2,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$). Для таких ковбас значне зниження вмісту ПАВ було встановлено при зменшенні вмісту жиру з 20% до 10%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Commission Regulation (EU) No 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs. *Official Journal of the European Union* L, 215, 4-8.
2. IARC. Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. 2010. Vol 92, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France. URL: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>.
3. Jira, W. Polycyclic aromatic hydrocarbons in German smoked meat products. *European Food Research and Technology*, 2010. P. 447-455.
4. Pöhlmann, M., Hitzel, A., Schwägele, F., Speer, K., Jira, W. Contents of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in Frankfurter-type sausages depending on smoking conditions using glow smoke. *Meat Science*, 2012. № 90. P. 176-184.
5. Prylipko T.M., Kostash V. B., Pidlisnyj V.V., Semenov A. M. Improvement of methods of identification of meat types. *The International Scientific Periodical Journal «Modern engineering and innovative technologies»* Karlsruhe, Germany Issue. № 26. Part 1. April 2023. P.72-77.
6. Prylipko T.M., Koval T.V. Method of operational quality control of meat raw materials and meat products. *The International Scientific Periodical Journal «Modern engineering and innovative technologies»* Karlsruhe, Germany Issue. № 26. Part 1. April 2023. P.78-83.
7. SCF, Scientific Committee on Food. Opinion of the Scientific Committee on Food on the Risks to Human Health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food.2002. URL: http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/out153_en.pdfToth, L Chemie der Räucherung. Berlin: Verlag Chemie, Weinheim. 1982.
8. Tetiana Prylipko, Volodymyr Kostash, Viktor Fedoriv, Svitlana Lishchuk, Volodymyr Tkachuk. Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. *International Journal of Agricultural Extension*. Special Issue (02). 2021. P.83-91.
9. Приліпко Т.М., Федорів В.М. Методи сучасних видів експертизи якості, ідентифікації фальсифікації продовольчої сировини тваринного походження *Вісник Львівського торговельно-економічного університету Технічні науки. Харчові технології*. 2023. №35. С.43-48.

REFERENCES:

1. Commission Regulation (EU) No 835/2011 of 19 August 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for polycyclic aromatic hydrocarbons in foodstuffs. *Official Journal of the European Union* L, 215, 4-8.
2. IARC. (2010). Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol 92, International Agency for Research on Cancer, Lyon, France. URL: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol92/mono92.pdf>.
3. Jira, W. (2010). Polycyclic aromatic hydrocarbons in German smoked meat products. *European Food Research and Technology*, P. 447-455.
4. Pöhlmann, M., Hitzel, A., Schwägele, F., Speer, K., Jira, W. (2012). Contents of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) and phenolic substances in Frankfurter-type sausages depending on smoking conditions using glow smoke. *Meat Science*, № 90. P. 176-184.
5. Prylipko T.M., Kostash V. B., Pidlisnyj V.V., Semenov A. M. (2023). Improvement of methods of identification of meat types. *The International Scientific Periodical Journal «Modern engineering and innovative technologies»* Karlsruhe, Germany Issue. № 26. Part 1. P.72-77.
6. Prylipko T.M., Koval T.V. (2023). Method of operational quality control of meat raw materials and meat products. *The International Scientific Periodical Journal «Modern engineering and innovative technologies»* Karlsruhe, Germany Issue. № 26. Part 1. P.78-83.

7. SCF, Scientific Committee on Food. (2002). Opinion of the Scientific Committee on Food on the Risks to Human Health of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Food. URL: http://ec.europa.eu/food/food/chemicalsafety/contaminants/out153_en.pdfToth, L (1982). *Chemie der Räucherung*. Berlin: Verlag Chemie, Weinheim.

8. Tetiana Prylipko, Volodymyr Kostash, Viktor Fedoriv, Svitlana Lishchuk, Volodymyr Tkachuk. (2021). Control and Identification of Food Products Under EC Regulations and Standards. *International Journal of Agricultural Extension*. Special Issue (02). P.83-91.

9. Prylipko T.M., Fedoriv V.M. (2023). Metody suchasnykh vydiv ekspertyzy yakosti, identyfikatsii falsyfikatsii prodovolchoi syrovyny tvarynnoho pokhodzhennia Visnyk Lvivskoho torhovelno-ekonomichnoho universytetu Tekhnichni nauky. Kharchovi tekhnolohii. №35. S.43-48.

УДК 664.8/.9

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.19>

ПІДВИЩЕННЯ БІОЛОГІЧНОЇ ЦІННОСТІ ПЛАВЛЕНИХ СИРІВ ЗА РАХУНОК ФРУКТОВИХ ТА ЯГІДНИХ НАПОВНЮВАЧІВ

Ряполова І. О. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри ветеринарії, гігієни та розведення тварин
імені В. П. Коваленка
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7672-6639
Scopus-Author ID: 57207853973

Антонов О. О. – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0009-0001-1171-2068

Створення ліній молочних продуктів з новими підходами до якості, здатних задовольнити фізіологічні потреби людини в основних поживних речовинах, є важливим чинником забезпечення повноцінного харчування людей.

Робота присвячена обґрунтуванню використання ягідної та фруктової сировини для підвищення біологічної цінності десертних плавлених сирів та оптимізації їх складу за вмістом вітамінів, мікроелементів, органічних кислот. Загальновідомо, що ягоди, фрукти володіють корисними і цілющими властивостями, насичуючи організм мікроелементами, вітамінами, клітковиною, органічними кислотами, позитивно впливають на обмінні процеси. Кожен фрукт чи ягода володіє унікальним складом.

Для того щоб знизити ризики впливу активної кислотності на готовий продукт, використовували ягідні та фруктові порошки отримані шляхом сублимації, які пропонують українські виробники. Як стверджують виробники, сублимовані порошки ягід та фруктів зберігають 95% всіх вітамінів і корисних мікроелементів.

Аналіз показників розробленої продукції свідчить, що додавання порошків фруктів та ягід позитивно позначається на органолептичних і функціональних властивостях плавлених сирів десертного спрямування. Найбільш високими біологічними властивостями володіє зразок сиру з додаванням порошку чорної смородини. Цей зразок мав відмінні органолептичні показники, вміст мікроелементів, вітамінів і фізико-хімічні властивості.

Враховуючи здійснені проробки з рецептурою, підбором фруктово-ягідної сировини з біологічною цінністю ми можемо пропонувати кафе – кондитерській BVS розглянути можливість виготовлення десертних плавлених сирів підвищеної біологічної цінності та введення їх в асортиментне меню для дітей та дорослих.

Ключові слова: плавлені сири, сублимовані ягоди, фрукти, порошки, чорна смородина, банан, абрикос, манго, вітаміни, мікронутрієнти, органолептичні показники, фізико-хімічні показники.

Ryapolova I. O., Antonov O. O. Increasing the biological value of processed cheeses due to fruit and berry fillings

The creation of dairy product lines with new quality approaches that can meet human physiological needs for essential nutrients is an important factor in ensuring good nutrition for people.

The work is devoted to the substantiation of the use of berry and fruit raw materials to increase the biological value of dessert processed cheeses and optimize their composition in terms of the content of vitamins, trace elements, organic acids. It is well known that berries and fruits have useful and healing properties, saturating the body with trace elements, vitamins, fiber, organic acids, and have a positive effect on metabolic processes. Each fruit or berry has a unique composition.

In order to reduce the risks of active acidity affecting the finished product, we used berry and fruit powders obtained by sublimation, which are offered by Ukrainian manufacturers.

According to manufacturers, freeze-dried powders of berries and fruits retain 95% of all vitamins and minerals.

Analysis of the indicators of the developed products shows that the addition of fruit and berry powders has a positive effect on the organoleptic and functional properties of processed dessert cheeses. The highest biological properties were possessed by a sample of cheese with the addition of blackcurrant powder. This sample had excellent organoleptic characteristics, content of trace elements, vitamins and physicochemical properties.

Taking into account the work carried out with the recipe, the selection of fruit and berry raw materials with biological value, we can offer the café – confectionery BVS to consider the possibility of making dessert processed cheeses of increased biological value and introducing them into the assortment menu for children and adults.

Key words: *processed cheeses, freeze-dried berries, fruits, powders, black currant, banana, apricot, mango, vitamins, micronutrients, organoleptic characteristics, physicochemical parameters.*

Вступ. Попит на молочні продукти в Україні зростає, що стимулює розвиток виробництва та підвищення якості продукції. Виробники та підприємства продовжують удосконалювати технологію виробництва плавлених сирів для покращення їх якості. Важливим фактором розвитку молочного ринку є позитивний імідж українських молочних брендів як всередині країни, так і за кордоном. Вони користуються доброю репутацією на внутрішньому та зовнішньому ринках. Це підвищує довіру споживачів та партнерів [1, 2].

Постановка проблеми. Створення ліній молочних продуктів з новими підходами до якості, здатних задовольнити фізіологічні потреби людини в основних поживних речовинах, є важливим чинником забезпечення повноцінного харчування людей. Одним із способів підвищення харчової та біологічної цінності плавленого сиру може бути використання в рецептурах сирів молочних інгредієнтів, які містять білок, наприклад сироватки або знежиреного молока. Використання вторинної молочної сировини є найбільш економічним і ефективним у виробництві плавлених сирів, оскільки вони мають високу біологічну і харчову цінність, а також низьку енергетичну цінність через знижену жирність молока, а також містять більше білка, ніж вихідний матеріал. Додавання концентрату сироваткового білка до рецептур плавленого сиру прискорить коагуляцію білка, скоротить час дозрівання, покращить сенсорні властивості та збільшить вихід готового продукту [3, 4].

Розробка продуктів на молочній основі з ягідною сировиною є актуальною для використання функціонально-технологічних властивостей ягід та оптимізації складу продуктів за вмістом вітамінів, мікроелементів, органічних кислот.

Мета досліджень. Нашою метою було дослідити можливість використання ягідної сировини у якості функціональних інгредієнтів до десертних плавлених сирів для підвищення їх біологічної цінності

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При розробленні технологій більшості молочних продуктів приділяється увага їх органолептичним показникам і властивості зберігати якісні критерії тривалий час. Як показує досвід останніх років, цьому сприяє використання при виробництві ряду продуктів спеціальних харчових добавок, рослинної сировини, натуральних фруктових компонентів які виконують роль структуроутворювачів [5, 6]. Їх використання призводить до зв'язування вологи, покращенню консистенції, знижує усушку, збільшує тривалість його зберігання. Головною технологічною ознакою для використання ягід є вміст органічних кислот. Як свідчать дані Т.В. Пшеничної, О.В. Грек [7] ягоди малини, калини та горобини відрізняються низьким вмістом органічних кислот – на рівні від 0,6% до 2,3%, порівняно зі смородиною, брусницею та журавлиною

(3,44...4,02%). До того ж, калина та горобина містять в своєму складі дубильні речовини до 3,0%, а брусниця та журавлина – бензойну кислоту в кількості від 0,091 до 0,138%, що є обмеженням для їх використання. Крім того, як зазначають автори вплив термічного оброблення на зміну хімічного складу ягід потребує додаткових досліджень.

Виклад основного матеріалу дослідження. Визначення можливості використання ягідної та фруктові сировини у якості функціональних інгредієнтів до десертних плавлених сирів розпочали з аналізу можливих наповнювачів. Критерієм вибору функціональної сировини були її органолептичні властивості які б покращували смак, запах, зовнішній вигляд та були б сумісними з молочною сировиною; хімічний склад, що підвищує біологічну цінність продукту; безпекові характеристики (рис. 1).



Рис. 1. Критерії вибору функціональної сировини

Для того щоб знизити ризики впливу активної кислотності, додаткової вологи свіжих ягід та фруктів на готовий продукт, ми вирішили додавати в плавлену сирну масу ягідні та фруктові порошки отримані шляхом сублимації, які пропонують українські виробники.

Виробники сублимованих продуктів стверджують, що під час наукових досліджень було проаналізовано вплив сублимаційної сушки на поживні властивості багатьох фруктів і овочів (полуниці, лайму, апельсинів, чорної смородини, брокколі, червоного перцю). Результати показали, що полуниця зберегла 100% вмісту вітаміну С і фенолу після обробки, тоді як втрата «загальної антиоксидантної здатності» становила лише 8%. Для порівняння: у просто охолодженій полуниці втрата вітаміну С після 7 днів зберігання становила близько 19%, а «загальна антиоксидантна здатність» становила 23%, але дослідження показало, що була значна втрата фенольного вмісту (82%). Також, були проведені дослідження, щоб дослідити вплив терміну придатності продукту на збереження його поживних властивостей. Дослідженнями встановлено, що сублимовані порошки ягід та фруктів зберігають 95% всіх вітамінів і корисних мікроелементів від свіжої сировини, а завдяки тривалому терміну зберігання ними можна ласувати навіть взимку, додаючи, як інгредієнт для кондитерських виробів у випічку, кондитерський крем, кондитерські глазури, покриття і різні начинки [8].

Для того, щоб оцінити та порівняти користь від застосування того чи іншого фруктово – ягідного наповнювача, ми зробили аналіз їх нутрієнтного та вітамінного складу (табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад фруктів свіжих і ягід

Показник, 100 г	Манго	Малина	Чорна смородина	Інжир	Банан	Абрикос
Білок, г	1,4	1,2	1,4	0,7	1,5	0,9
Жир, г	0,6	0,7	0,4	0,2	0,1	0,1
Вуглеводи, г	25,0	11,9	13,0	12,0	22,0	9,0
Калорійність, ккал	60,0	52,2	44,0	54,0	96,0	44,0
Мінеральні речовини, мг/100 г						
Натрій	1,0	1,0	32,0	18,0	31,0	3,0
Калій	168,0	151,0	350,0	190,0	300,0	305,0
Кальцій	11,0	37,0	32,0	35,0	40,0	28,0
Магній	10,0	22,0	31,0	17,0	25,0	8,0
Фосфор	14,0	29,0	33,0	14,0	34,0	26,0
Залізо	0,2	0,69	1,3	3,2	0,8	0,7
Цинк	0,1	0,4	0,27	0,55	0,3	0,08
Вітаміни, мг/100 г						
Вітамін А	0,3	12,0	210,0	0,01	0,015	267,0
Вітамін С	36,4	26,2	181	2,0	180,0	10,0
Вітамін Е	0,9	-	0,72	0,1	0,3	1,1

Провівши аналіз складу додаткової сировини, яка б призводила до збільшення вмісту корисних речовин, володіла привабливими зовнішнім виглядом та вишуканим смаком у десертних плавлених сирах, до того ж була не надто вартісною, ми зупинили свій вибір на порошках з манго, банану, абрикосу та чорної смородини. Вміст вітаміну А у ягодах чорної смородини та в плодах абрикосу є найвищим, вітаміну С найбільше у смородині та бананах. За вмістом калію, кальцію, фосфору лідером також є ягоди чорної смородини, плоди банану та абрикосу, отже вони можуть бути використані для підвищення біологічної цінності плавленого сиру.

Технологія приготування десертних плавлених сирів передбачає декілька етапів. В умовах кафе кондитерської під час виготовлення модельних зразків ми користувалися наступною схемою (рис. 2).

Запропоновані рецептури з декількома варіантами обраних наповнювачів (I варіант з порошком чорної смородини; II варіант з порошком банану; III варіант з порошком абрикосу; IV варіант з порошком манго). Вміст всіх компонентів суміші практично однаковий для всіх зразків. Виняток зробили для другого і третього варіанту, збільшивши вміст вершків, за рахунок зменшення молока, щоб трохи зрівноважити кислотність додаткової сировини більшою кількістю жирності.

Аналіз вмісту різних інгредієнтів дозволив провести оцінку вмісту нутрієнтів у запропонованих модельних зразках десертного плавленого сиру підвищеної біологічної цінності (табл. 2).



Рис. 2. Технологічна схема виготовлення десертних плавлених сирів підвищеної біологічної цінності

Таблиця 2

Вміст нутрієнтів у запропонованій рецептурі плавлених сирів

Інгредієнти	Масова частка (%) у вихідних компонентах				
	жиру	білку	сухої речовини	вуглеводів	води
Сир сичужний натуральний	40,0	23,5	64,5	1,5	35,5
Сир кисломолочний	9,0	16,0	28,0	2,0	72,0
Масло вершкове	72,5	0,8	75,0	1,3	25,0
Вершки натуральні	35,0	2,5	41,0	3,5	59,0
Сіль-плавитель	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
Молоко	3,5	3,5	13,0	5,0	87,0
Порошок фруктовий, ягідний	0,2-0,3	0,6-1,1	95,0	9,0-22,0	5,0
Цукор	0,0	0,0	100,0	100	0,05

Отримані дані органолептичної оцінки свідчать, що додавання порошку манго і чорної смородини позитивно впливає на колір, смак продукції та мають привабливий зовнішній вигляд. Відповідно загальна сума балів також є більшою для I і IV варіанту плавлених сирів (табл. 3).

Плавлені сири десертного спрямування підвищеної біологічної цінності за рахунок додавання порошоків ягід та фруктів, отриманих в результаті сублимації, мають досить гарні показники зовнішнього вигляду, смаку та запаху за рахунок відновлення ягідної та фруктової сировини під час плавлення суміші.

Профільна оцінка розроблених зразків десертних плавлених сирів дозволяє порівняти їх органолептичні властивості (рис. 3).

Таблиця 3

Результати бальної оцінки експериментальних зразків

Досліджувані зразки плавлених сирів	Бальна оцінка					Сумарна бальна оцінка
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Консистенція	Смак	
	Коефіцієнт вагомості показника якості					
	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	
Плавлений сир без добавок	4,6	4,5	4,3	4,5	4,8	4,7
I варіант з порошком чорної смородини	5	4,8	4,5	4,6	4,7	4,72
II варіант з порошком банану	4,8	4,2	3,9	4,5	4,3	4,34
III варіант з порошком абрикосу	4,4	4,8	3,9	4,5	4,5	4,42
IV варіант з порошком манго	4,5	4,8	4,6	4,7	4,8	4,68

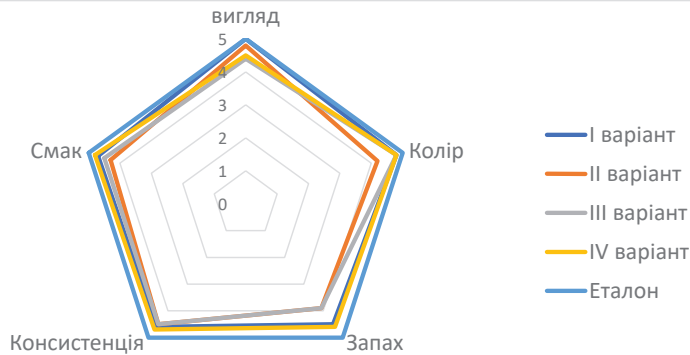


Рис. 3. Профільна оцінка досліджуваних зразків десертних плавлених сирів

Профільограма показує, що сир з додаванням смородини і манго мають найближчі значення до еталону за висновками експертної комісії. Хоча за мікронутрієнтним складом більшою біологічною цінністю володіють плоди банану і абрикосу ніж плоди манго.

Аналізуючи отримані дані фізико-хімічних показників, можна зробити висновок, що є відмінності по вмісту вологи у нормативних значеннях і у отриманих зразках, це пов'язано з додаванням наповнювача, яким виступали порошки ягід та фруктів. Вони були нижчими на 1% у третьому варіанті, 1,2% – у першому і на 1,5% у другому (табл. 4).

Також, більші значення титрованої та активної кислотності спостерігались у сирі з порошком чорної смородини і порошком абрикосу.

Вони ж мали і більш високий вміст жиру за рахунок збільшеної кількості вершків натуральних у запропонованій рецептурі.

Таблиця 4

Фізико-хімічні показники модельних зразків десертних плавлених сирів

Найменування показника	Нормативні показники	I варіант	II варіант	III варіант	IV варіант
Вміст вологи, %	50,0	48,8	48,5	49,0	49,2
Вміст масової частки кухонної солі, %	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Титрована кислотність, Т	228,0	229,7	228,2	229,6	228,7
Активна кислотність, рН	6,25	6,26	6,20	6,28	6,22
Вміст масової частки жиру, % в сухій речовині	40,0	41,1	39,9	40,8	40,0

Для оцінки корисності запропонованих рецептур десертних плавлених сирів з додаванням фруктових та ягідних наповнювачів у вигляді порошку, ми провели розрахунок комплексного показника якості (КПЯ) дослідних зразків за визначеними показниками органолептичної оцінки, фізико-хімічних властивостей, вітамінного та мінерального складу, вмісту білків, жирів, вуглеводів.

При розподілі коефіцієнтів вагомості також враховувались: для групи органолептичних показників – шкала органолептичної оцінки якості; для групи фізико-хімічних показників – вимоги нормативних документів до якості плавлених сирів ДСТУ 4635:2006 «Сирі плавлені. Загальні технічні умови»; для групи харчової цінності – рекомендована добова потреба у мікронутрієнтах (рис. 4).

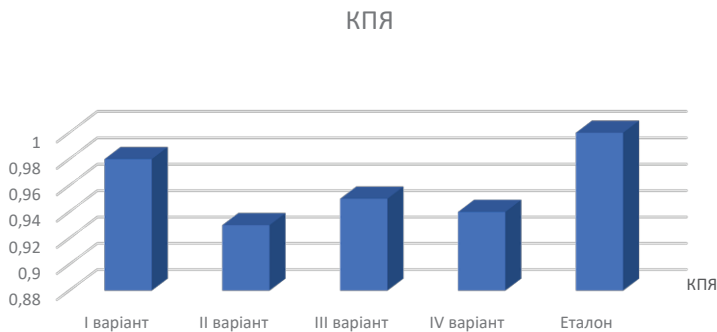


Рис. 4. Значення комплексного показника якості модельних зразків плавлених сирів

Як свідчить аналіз показників розробленої продукції, додавання порошоків фруктів та ягід позитивно позначається на органолептичних і функціональних властивостях плавлених сирів десертного спрямування.

Найбільш високими біологічними властивостями володів зразок сиру з додаванням порошку чорної смородини. Цей зразок мав відмінні органолептичні показники, вміст мікроелементів, вітамінів і фізико – хімічні властивості.

Висновки. Зважаючи на отримані дані, ми можемо пропонувати кафе – кондитерській BVS виробляти десертні сири збагачені фруктовими та ягідними добавками, які володіють підвищеною біологічною цінністю. Отримані плавлені сири за своєю консистенцією є пластичними, пастоподібними в міру солодкими

з фруктовими і ягідними нотками і природнім кольором в залежності від варіанту порошку. Їх можна пропонувати маленьким і дорослим відвідувачам як самостійний десерт, так і разом з тарталетками в якості наповнювача, що дозволить урізноманітнити меню кондитерської.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Stakhurska, S.V. (2023). Дослідження ринку молочної продукції України. *Journal of Strategic Economic Research*, (2), 102-109.
2. Гладій М.Р., Просович О.П. (2022). Сучасний стан та перспективи розвитку молочної галузі України. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*, (2), 20-31.
3. Лісниченко О.О., Соколова Є.Б., Карпенко З.П. Розробка рецептури плавлених сирів із підвищеною біологічною цінністю за рахунок введення концентрату сироваткового білка *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. Том 30 (69) № 4 Частина 2. 2019. С. 98-104.
4. Василевич, Т., (2015). Інновації у виробництві сиру: вивчення ролі ферментів для покращення сиру. *Annual Review of Food Science and Technology*, 6, 403-423.
5. Fox P. F., Guinee T. P., Cogan T. M., McSweeney P. L. H. Processed Cheese and Substitute / Imitation Cheese Products. In book: *Fundamentals of Cheese Science*. TEAGASC – The Agriculture and Food Development Authority. 2017. P. 589–627. DOI: 10.1007/978-1-4899-7681-9_17.
6. Побрусило М., Башта А. Збагачення плавлених сирів компонентами рослинної сировини. *«Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті»* : матеріали 86 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів (2–3 квітня 2020 р. Київ), НУХТ, 2020. Ч. 1. С. 33.
7. Пшенична Т.В., Грек О.В. Розроблення критеріїв вибору ягідної сировини в якості коагулянту білків молока *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: мат IX-ї Міжнародної науково-технічної конференції* (10-11 листопада 2020 р., м. Київ). К.: НУХТ, 2020 р. С. 191-193.
8. Сублімовані продукти URL: Продукти сублімовані натуральні: ягоди, фрукти, овочі, їжа, йогурти, дропси, порошки фруктово-ягідні, ліофільні сушарки (сублімаційні). (sublimat.com.ua)

REFERENCES:

1. Stakhurska, S.V. (2023). Doslidzhennya rynku molochnoyi produktsiyi Ukrayiny [Research of the market of dairy products of Ukraine] *Journal of Strategic Economic Research*, (2), 102-109 [in Ukrainian].
2. Gladiy M.R. & Prosovich O.P. (2022). Suchasnyy stan ta perspektyvy rozvytku molochnoyi haluzi Ukrayiny. [The current state and prospects for the development of the dairy industry of Ukraine] *Visnyk Natsional'noho universytetu «L'vivs'ka politekhnika»*, (2), 20-31 [in Ukrainian].
3. Lisnichenko O.O., Sokolova E.B. & Karpenko Z.P. (2019). Rozrobka retseptury plavlenykh syriv iz pidvyshchenoyu biolohichnoyu tsinnistyu za rakhunok vvedennya kontsentratu syrovatkovoho bilka [Development of the recipe of processed cheeses with increased biological value due to the introduction of whey protein concentrate] *Vcheni zapysky TNU imeni V.I. Vernads'koho. Seriya: Tekhnichni nauky. Tom 30 (69) № 4 Chastyna 2. pp.98-104* [in Ukrainian].
4. Vasylevich, T., (2015). Innovatsiyi u vyrobnytstvi syru: vyvchennya roli fermentiv dlya pokrashchennya syru [Innovations in cheese production: exploring the role of enzymes for cheese improvement] *Annual Review of Food Science and Technology*, 6, 403-423 [in Ukrainian].

5. Fox P. F., Guinee T. P., Cogan T. M., McSweeney P. L. H. Processed (2017). Cheese and Substitute / Imitation Cheese Products. In book: Fundamentals of Cheese Science. TEAGASC – The Agriculture and Food Development Authority. P. 589–627. DOI: 10.1007/978-1-4899-7681-9_17 [in Ireland].

6. Pobrusylo M., Bashta A. (2020). Zbahachennya plavlenykh syriv komponenty roslynnoyi syrovyny [Enrichment of processed cheeses with components of vegetable raw materials]. *Materialy 86 Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv «Naukovi zdobutky molodi – vyrishennyu problem kharchuvannya lyudstva u XXI stolitti» – Materials of the 86th International Scientific Conference of Young Scientists, Postgraduate Students and Students "Scientific achievements of youth – solving the problems of human nutrition in the XXI century"* (pp. 33) Kyiv NUKHT [in Ukrainian].

7. Pshenichna T.V., Grek O.V. (2020). Rozroblennya kryteriyiv vyboru yahidnoyi syrovyny v yakosti koahulyantu bilykiv moloka [Development of criteria for the selection of berry raw materials as a coagulant of milk proteins]. *Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohiy ta promyslovyi biotekhnolohiyi v konteksti Yevrointehratsiyi: mat IX Mizhnarodnoyi nauko-ve-tekhnichnoyi konferentsiyi – Scientific problems of food technologies and industrial biotechnology in the context of European integration: mat of the 9th International Scientific and Technical Conference K.: NUKHT, (pp. 191-193)* [in Ukrainian].

8. Sublimovani produkty URL: Produkty sublimovani natural'ni: yahody, frukty, ovochi, yizha, yohurty, dropsy, poroshky fruktovo-yahidni, liofil'nii susharky (sublimatsiyi) [Natural sublimated products: berries, fruits, vegetables, food, yogurts, drops, fruit and berry powders, freeze dryers (sublimation)] Retrieved from <http://sublimat.com.ua/> [in Ukrainian].

УДК 664.7:664.6

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.20>

ВИКОРИСТАННЯ БОРОШНА НІШЕВИХ КУЛЬТУР У ТЕХНОЛОГІЇ БІСКВІТНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Соєва Н. А. – кандидатка технічних наук, доцентка,
доцентка кафедри харчових технологій
Дніпровського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-4750-2473

Свиценко О. В. – інженер з якості I категорії відділу внутрішнього аудиту
та контролю якості освітньої діяльності
Дніпровського державного аграрно-економічного університету

На сьогодні для рецептур тортів в більшій мірі використовують бісквітні напівфабрикати, які, на жаль, мають низький вміст нутрієнтів у своєму складі. Тому метою роботи є розроблення рецептури бісквітного напівфабрикату, збагаченого борошном нішевих культур (спельтовим, конопляним та нутовим), яке характеризується високим вмістом нутрієнтів, для збільшення асортименту борошняних кондитерських напівфабрикатів для споживачів, орієнтованих на здоровий спосіб харчування.

Виготовлено 13 зразків бісквітних напівфабрикатів (контрольний зразок – основний і зразки №1–12 – із заміною 100, 50, 75 та 25 % борошна пшеничного нутовим, спельтовим та конопляним відповідно). Визначення показників їх якості на відповідність ДСТУ 8001:2015 «Бісквіти. Загальні технічні умови» проводили за стандартними методиками, зазначеними у відповідних діючих нормативних документах.

Всі зразки бісквітних напівфабрикатів отримали досить високий бал після дегустаційної оцінки. Найменшу балову оцінку отримав зразок зі 100 % заміною борошна пшеничного нутовим, а найвищу – зразок із 25 % заміною борошна пшеничного конопляним. Зразок бісквітного напівфабрикату, збагачений конопляним борошном, переважає контрольний зразок за вмістом клітковини (у 40 разів) та жиру (у 1,3 рази). Масова частка протеїну у конопляному бісквітному напівфабрикаті вище всього на 1 % у порівнянні з контролем. Виявлено в 15 разів більший вміст магнію (6,04 г/кг) у дослідному зразку бісквітного напівфабрикату, збагаченого конопляним борошном, в порівнянні з контролем, а також в 1,5 рази більший вміст фосфору (2,88 г/кг). Дослідний зразок №12 перевищував показники контролю за вмістом мікроелементів: заліза – у 2,7 рази, цинку – у 1,9 разів, міді – у 3,5 рази, марганцю – у 5 разів.

Рекомендовано до впровадження дослідний зразок конопляного бісквітного напівфабрикату (75 % борошна пшеничного, 25 % – конопляного). Завдяки складу та оздоровчим властивостям борошна конопляного одержаний продукт можна віднести до категорії продуктів оздоровчо-профілактичного призначення.

Ключові слова: борошняні кондитерські вироби, бісквітні напівфабрикати, борошно спельтове, борошно нутове, борошно конопляне.

Sova N. A., Svysenko O. V. The use of niche crops flour in the semi-finished biscuit technology

Nowadays, biscuit semi-finished products are mostly used for cake recipes, which, unfortunately, have a low content of nutrients in their composition.

The purpose of the work is to develop a recipe for a biscuit semi-finished product enriched with flour from niche crops (spelt, hemp and chickpea), which is characterized by a high content of nutrients, in order to increase the assortment of flour confectionery semi-finished products for consumers oriented towards a healthy diet.

13 samples of biscuit semi-finished products were made (the control sample is the main one and samples No. 1–12 – with the replacement of 100, 50, 75 and 25% of wheat flour with chickpea, spelt and hemp flour, respectively). Determination of their quality indicators for compliance with SSTU 8001:2015 "Biscuits. General technical conditions" were carried out according to the standard methods specified in the relevant current regulatory documents.

All samples of biscuit semi-finished products received a fairly high score after the tasting evaluation. The sample with 100% replacement of wheat flour with chickpeas received the lowest score, and the sample with 25% replacement of wheat flour with hemp received the highest score. The semi-finished biscuit sample enriched with hemp flour exceeded the control sample in terms of fiber (40 times) and fat (1.3 times). The mass fraction of protein in the semi-finished hemp biscuit is only 1% higher compared to the control. A 15-fold higher magnesium content (6.04 g/kg) was found in the test sample of semi-finished biscuit enriched with hemp flour, compared to the control, as well as a 1.5-fold higher phosphorus content (2.88 g/kg). Test sample No. 12 exceeded the control indicators for the content of trace elements: iron – by 2.7 times, zinc – by 1.9 times, copper – by 3.5 times, manganese – by 5 times.

A prototype hemp biscuit semi-finished product (75% wheat flour, 25% hemp flour) is recommended for implementation. Due to the composition and health-promoting properties of hemp flour, the obtained product can be attributed to the category of health-prophylactic products.

Key words: flour confectionery, biscuit semi-finished products, spelled flour, chickpea flour, hemp flour.

Постановка проблеми. Вітчизняна кондитерська галузь на сьогодні виробляє широкий асортимент та велику кількість продукції. Основні асортиментні види продукції кондитерської галузі – цукристі вироби, до яких фахівці відносять карамельні, мармеладні, пастильні вироби, різноманітні цукерки (помадні, фруктові, желейні, марципанові тощо) та борошняні вироби, до яких відносять пряникові і вафельні вироби, кекси, тощо. За підрахунками аналітиків частка споживання борошняної кондитерської продукції вітчизняними споживачами становить близько 55 % від всієї кількості кондитерської продукції. Основною сировиною для виробництва вітчизняних борошняних кондитерських виробів є продукція борошномельно-круп'яної, цукрової та молочної галузей.

Як відомо, на сьогодні торти користуються великим попитом серед вітчизняних споживачів. Для сучасних рецептур тортів у більшій мірі використовують бісквітні напівфабрикати. Варто зазначити, що бісквітні напівфабрикати, на жаль, характеризуються низьким вмістом нутрієнтів.

Як добавки до рецептури бісквітних напівфабрикатів, на нашу думку, можна використати борошно із зерна та насіння малопоширених культур, як приклад, конопляне, нутове, спельтове або інші. Більшість малопоширених видів борошна одержують подрібненням зерна нішевих культур із подальшим просіюванням. Якщо говорити про олійні малопоширені культури, то борошно одержують після вилучення олії, подрібненням та розділенням на фракції макухи або шроту. Борошно із малопоширених культур характеризується підвищеним складом нутрієнтів.

Виходячи з вищесказаного, виготовлення бісквітних напівфабрикатів, збагачених нутрієнтами, є актуальним в умовах сьогодення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Бісквітний напівфабрикат – це пухкий, дрібнопористий напівфабрикат із гладкою верхньою скоринкою, пористою, еластичною структурою м'якушки, при натисненні легко стискується, а потім відновлює колишню форму [1]. Існують різні класифікації бісквітних напівфабрикатів. За [2] бісквітні напівфабрикати поділяють на «Класичний», «Шоколадний», «Горіховий», «Хлібний», «Лимонний» та «Бісквіт Буше». Зайцева Г.Т. та Горпинко Т.М. класифікують бісквітні напівфабрикати так: «Основний», «Новий», «З наповнювачами», «Буше» та «Масляний» [3].

Істотним недоліком наведених рецептур бісквітних напівфабрикатів є бідний вміст життєво необхідних організму людини нутрієнтів (харчових волокон,

вітамінів, мінеральних речовин, аміно- та жирних кислот тощо). Через що, постає питання їх збагачення з метою поліпшення складу готових напівфабрикатів. Вчені активно вивчають це питання і використовують у своїх дослідженнях найрізноманітнішу сировину: фітокомпозиції [4], овочеві та фруктові пюре і порошки [5–7], безглютенове борошно (кукурудзяне, рисове, гречане, амарантове) [8–10], харчові волокна [11], мінеральні речовини [12] тощо. Ми вважаємо, що мало уваги сучасні вчені приділяють використанню борошна з малопоширених культур, такого як нутове, конопляне та спельтове у технології бісквітних напівфабрикатів. На нашу думку, заміна частини борошна пшеничного на борошно інших культур є гарним способом збагачення бісквітних напівфабрикатів з технологічної точки зору.

Щодо переваг згаданих вище видів борошна варто відзначити наступне. Борошно нутове характеризується підвищеним вмістом білку (в 2 рази більше порівняно з борошном пшеничним), мінеральних речовин (Цинк, Кальцій, Магній, Фосфор, тощо), фолієвої кислоти, дієтичних волокон. Вживання виробів з нутового борошна сприяє нормальній роботі нервової та серцево-судинної системи; профілактиці при дерматиті, аутизмі, синдромі дефіциту уваги, цукрового діабету; накопиченню селену, що допомагає запобігти появі та розвитку онкологічних та інших захворювань [13].

Борошно спельтове порівняно із борошном пшеничним (традиційним) має підвищений вміст біологічно цінних компонентів, таких як протеїн, ліпіди, вітаміни, харчові волокна, мінеральні речовини та антиоксидантні сполуки. Білки спельтового зерна мають високий рівень розчинності (80,1 %). Тому вони швидше та легше засвоюються організмом людини. Спельтове борошно використовують для профілактики захворювань кровоносної системи та шлунково-кишкового тракту. Вживання виробів зі спельтового борошна сприяє захисту від негативних наслідків хронічної гіперглікемії, контролю рівня глюкози в крові, чутливості до інсуліну [14–16].

Конопляне борошно характеризується високим вмістом білків, збалансованих за амінокислотним складом, жирних кислот, у тому числі поліненасичених, вітамінів (групи В (B_{1-3} , та B_6), Е), мінеральних речовин (Магній, Кальцій, Фосфор, тощо) та харчових волокон. Вживання виробів з конопляного борошна сприяє зміцненню імунної системи; зменшенню ризику виникнення атеросклерозу, цукрового діабету та ішемічної хвороби серця; виведенню з організму людини холестерину, важких металів, радіонуклідів, жовчних кислот та канцерогенних речовин; покращенню пам'яті, перистальтики кишечника та процесів травлення; регенерації ушкоджених тканин [17, 18].

Мета роботи. На основі аналізу вивчених джерел інформації сформульовано мету роботи – розроблення рецептури бісквітного напівфабрикату, збагаченого борошном нішевих культур (спельтовим, конопляним та нутовим), яке характеризується високим вмістом нутрієнтів, для збільшення асортименту борошняних кондитерських напівфабрикатів для споживачів, орієнтованих на здоровий спосіб харчування.

Матеріали і методи дослідження. Основною сировиною для виготовлення бісквітних напівфабрикатів було борошно пшеничне вищого сорту (ТМ «Хуторок»), а також спельтове (ТМ «Ахімса»), нутове (ТМ «Органік-Еко-Продукт») та конопляне (ТМ «Дар Землі»). У табл. 1 наведено поживну цінність використаного у дослідженні борошна відповідно до інформації, наданої оператором ринку.

Таблиця 1

Поживна цінність борошна, використаного в дослідженні

№ з/п	Назва поживних речовин	Вміст, г/100 г борошна			
		конопляного	спельтового	нutowого	пшеничного
1	Білки	30,0	12,0	22,4	10,3
2	Жири	7,9	0,7	6,7	1,1
3	Вуглеводи	24,7	25,1	57,8	70,0

З даних табл. 1 видно, що борошно конопляне містить найбільшу кількість білків та жирів, в порівнянні з іншими видами борошна. Проте можна помітити, що за вмістом вуглеводів переважає борошно пшеничне.

Окрім борошна використовували цукор-пісок, крохмаль кукурудзяний, меланж та ароматизатор «Ваніль». Якість використаної сировини відповідала вимогам чинної нормативної документації.

При проведенні дослідження за прототип було обрано основне бісквітне тісто згідно [2], у рецептурі якого повністю або частково замінювали борошно пшеничне спельтовим, нutowим та конопляним. У результаті одержано 13 зразків бісквітних напівфабрикатів:

- 1) контрольний зразок – основний;
- 2) зразки №1–4 – із заміною 100, 50, 75 та 25 % борошна пшеничного нutowим відповідно;
- 3) зразки №5–8 – із заміною 100, 50, 75 та 25 % борошна пшеничного спельтовим відповідно;
- 10) зразки №9–12 – із заміною 100, 50, 75 та 25 % борошна пшеничного конопляним відповідно.

Запропоновані рецептури дослідних зразків бісквітних напівфабрикатів наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Рецептури бісквітних напівфабрикатів на 100 г готового продукту

№ з/п	Сировина	Вміст в рецептурі, г												
		прото- типу	№ дослідних зразків											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Борошно пшеничне	28,1	-	14,05	7,0	21,1	-	14,05	7,0	21,1	-	14,05	7,0	21,1
2	Крохмаль кукурудзяний							6,9						
3	Цукор							34,7						
4	Меланж							57,8						
5	Ароматизатор							0,1						
6	Борошно нutowe / спельтове / конопляне	-	28,1	14,05	21,1	7,0	28,1	14,05	21,1	7,0	28,1	14,05	21,1	7,0

Виробництво дослідних зразків включало підготовку сировини, приготування тіста, випікання та охолодження виробів.

Спочатку відважували всі складові бісквітних напівфабрикатів відповідно до рецептури конкретного дослідного зразка. Далі готували тісто. За допомогою міксера збивали меланж з цукром-піском, поступово збільшуючи обороти, протягом 30 хв до збільшення об'єму маси у 2,5–3 рази. Після закінчення збивання додавали ароматизатор, після чого всипали просіяне борошно або суміш борошна, а також крохмаль, перемішували масу вручну. Заповнювали форми тістом, направляли на випікання (тривалість випікання – 20 хв, температура – 180 °С), після чого готові бісквітні напівфабрикати охолоджували (не менше 8 год).

Після виготовлення дослідних зразків проводили визначення показників їх якості на відповідність ДСТУ 8001:2015 «Бісквіти. Загальні технічні умови» за стандартними методиками, зазначеними у відповідних діючих нормативних документах.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз вітчизняного асортименту нетрадиційного борошна показує, що він доволі широкий. На полицях наших магазинів можна зустріти спельтове, амарантове, нутове, соєве, конопляне, гречане, кукурудзяне, рисове, гарбузове, лляне, вівсяне, ячмінне, сочевичне та інші види борошна. Як результат, це полегшує пошук збагачувачів чи заміників для борошняних кондитерських виробів і виробники легко можуть обирати необхідну для кінцевого споживача сировину. Для проведення наших досліджень ми обрали один вид борошна зі злакових (спельтове), один – зернобобових (нутове) та один – олійних (конопляне) культур.

На рис. 1 зображені зразки готових бісквітних напівфабрикатів у розрізі. Всі одержані дослідні зразки бісквітних напівфабрикатів відповідали вимогам за органолептичними показниками якості згідно ДСТУ 8001:2015 «Бісквіти. Загальні технічні умови», окрім дослідних зразків №1, №5, №6, №9, №10, що не відповідали вимогам за смаком та зовнішнім виглядом.

Для надання готовим виробам бальної оцінки споживачі-експерти оцінювали бісквітні напівфабрикати за такими показниками як форма, поверхня, вид у розрізі, смак та запах. Результати органолептичної оцінки готових бісквітних напівфабрикатів наведені на рис. 2, з якого видно, що всі зразки бісквітних напівфабрикатів отримали досить високий бал. Найменшу бальову оцінку отримав зразок №1 (100 % заміна борошна пшеничного нутовим), а найвищу – зразок №12 (25 % заміна борошна пшеничного конопляним). Після чого вирішено визначити вміст вологи, протеїну, жирів, клітковини, мікро- та макроелементів у контрольному зразку та зразку, який отримав найвищі бали після дегустації (табл. 3).

Аналізуючи дані табл. 3 робимо висновок, що за складом зразок конопляного бісквітного напівфабрикату переважає контроль за вмістом клітковини (у 40 разів) та жиру (у 1,3 рази). Варто відзначити важливість даних речовин для людського організму. Як відомо, наявність клітковини у харчових продуктах сприяє зв'язуванню токсичних елементів, радіонуклідів, жовчних кислот; зниженню рівня холестерину в крові та кров'яного тиску; нормалізації складу мікрофлори травної системи; бактеріальному синтезу вітамінів В₂, В₆, РР; профілактиці цукрового діабету, серцево-судинних захворювань та ожиріння; здатності утримувати воду; покращенню перистальтики тонкого та товстого кишечника [19]. Щодо вмісту жирів, слід відмітити, що конопляна олія має цінний жирнокислотний та вітамінний склад. Уміст протеїну у конопляному бісквітному напівфабрикаті вище всього на 1 % у порівнянні з контролем. Слід зазначити цінний амінокислотний склад конопляного протеїну та рівень його засвоюваності (90,8–97,5 %) [20]. Виявлено,



Нутові (зліва направо) – зразок: №1, №2, №3, №4



Спельтові (зліва направо) – зразок: №5, №6, №7, №8



Конопляні (зліва направо) – зразок: №9, №10, №11, №12

Рис. 1. Одержані дослідні зразки бісквітних напівфабрикатів у розрізі



Рис. 2. Загальна органолептична оцінка

Таблиця 3

Характеристика складу одержаних зразків бісквітних напівфабрикатів

Назва показника	Контрольний зразок (основний бісквіт на основі борошна пшеничного)	Дослідний зразок №12 (25 % заміна борошна пшеничного конопляним)
Масова частка, %:		
Вологи	27,24	27,57
Протеїну	14,21	15,24
Жиру	7,26	9,39
Клітковини	0,06	2,39
Вміст макроелементів:		
Кальцій, г/кг	1,32	1,12
Фосфор, г/кг	1,83	2,88
Магній, г/кг	0,38	6,04
Натрій, %	0,15	0,14
Вміст мікроелементів, мг/кг:		
Залізо	15,28	40,98
Цинк	11,37	21,82
Мідь	0,83	2,98
Марганець	3,14	15,88

що внесення конопляної добавки у кількості 25 % від загальної кількості борошна майже не впливає на вологість готового виробу.

Щодо вмісту макроелементів, виявлено в 15 разів більший вміст магнію (6,04 г/кг) у дослідному зразку бісквітного напівфабрикату, збагаченого конопляним борошном, в порівнянні з контролем, а також в 1,5 рази більший вміст фосфору (2,88 г/кг). Вміст кальцію і натрію в обох зразках був майже однаковий. Кожен з показників мікроелементів дослідного зразку №12 значно перевищує показники контролю: залізо – у 2,7 рази, цинк – у 1,9 разів, мідь – у 3,5 рази, марганець – у 5 разів.

Висновки. Опрацювавши результати сенсорного аналізу та складу дослідних зразків бісквітних напівфабрикатів, збагачених спельтовим, конопляним та нутовим борошном, нами рекомендовано до впровадження дослідний зразок №12 – конопляний бісквітний напівфабрикат (75 % борошна пшеничного, 25 % борошна конопляного). Завдяки складу та оздоровчим властивостям борошна конопляного одержаний продукт можна віднести до категорії продуктів оздоровчо-профілактичного призначення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сучасні технології кондитерського виробництва: підручник / О.В. Гайдук та ін. Житомир: Полісся, 2020. 514 с.
2. Ростовський В.С., Дібрівська Н.В., Пасенко В.Ф. Збірник рецептур. Київ: Центр учбової літератури, 2010. 324 с.
3. Зайцева Г.Т., Горпинко Т.М. Технологія виготовлення борошняних кондитерських виробів: підручник. Київ: Вікторія, 2002. 400 с.
4. Бісквіт: пат. 64457 Україна: МПКА23G 3/00. №u201104161; заявл. 06.04.2011; опубл. 10.11.2011, Бюл. №21.

5. Склад бісквіта з морквяним пюре: пат. 83984 Україна: МПК А21D 13/00. №u 2013 03608; заявл. 22.03.2013; опубл. 10.10.2013, Бюл. №19.
6. Method for sponge cake added with banana powder: пат. 101273833 South Korea, МПК А21D13/80, заявл. 10.06.2010; опубл. 11.06.2013.
7. Мирошник Ю.А. Використання порошків калини, горобини та обліпихи в технології бісквітного напівфабрикату. *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. 2014. №46, т. 1. С. 166–170.
8. Making technology of rice flour sponge cake: пат. 106305941 Chinese, заявл. 26.10.2016; опубл. 11.01.2017.
9. Лебединець В.Т., Донцова І.В., Гаврилишин В.В., Лебединець А.І. Розширення асортименту безглютоєвих бісквітних напівфабрикатів. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*. 2021. Вип. №25. С. 52–59.
10. Матияшук О.В., Фурманова Ю.П., П'яних С.К. Використання амарантового борошна в технології виробництва бісквітних напівфабрикатів. *Науковий погляд в майбутнє*. 2017. №6, т. 2. С. 52–58.
11. Спосіб виробництва бісквітного напівфабрикату: пат. 72242 Україна: МПК А21D 13/08 (2006.01). №u 2012 01438; заявл. 13.02.2012; опубл. 10.08.2012, Бюл. №15.
12. Шидакова-Каменюка О.Г., Рогова А.Л., Чоні І.В., Терещенко М.В. Розробка технології бісквітного напівфабрикату, збагаченого мінеральними речовинами. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія Технічні науки*. 2019. №1 (91). С. 62–70.
13. Діденко М.В. Дослідження показників насіння нуту для виробництва функціональних продуктів. Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 87 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 15–16 квітня 2021 р. Київ: НУХТ, 2021. Ч. 1. С. 149.
14. Дробот В.І., Семенова А.Б., Михонік Л.А. Порівняльна характеристика хімічного складу та технологічних властивостей суцільнозмеленого пшеничного борошна та борошна спельти. *Зберігання і переробка зерна*. 2014. №4. С. 37–39.
15. Frakolaki G., Giannou V., Tzia C. The properties and breadmaking potential of freshly baked and frozen bakery products during partial replacement of wheat flour with spelt flour. *Food Science and Technology International*. 2020. Vol. 26. №6. P. 485–492.
16. Biskup I., Gajcy M., Fecka I. The potential role of selected bioactive compounds from spelt and common wheat in glycemic control. *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*. 2017. Vol. 26. №6. P. 1013–1019.
17. Rusu I.E. et al. Advanced characterization of hemp flour (*Cannabis sativa* L.) from Dacia Secuieni and Zenit varieties, compared to wheat flour. *Plants*. 2021. Vol. 10. №6. P. 1237.
18. Lukin A., Bitiutskikh K. Investigation on the use of hemp flour in cookie production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 2017. Vol. 23. №4. P. 664–667.
19. Основи харчування: підручник / М. І. Кручаниця та ін. Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2019. 252 с.
20. House J.D., Neufeld J., Leson G. Evaluating the Quality of Protein from Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Products Through the use of the Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. №58 (22). P. 11801–11807.

REFERENCES:

1. Haiduk, O.V. et al. (2020). Suchasni tekhnolohii kondyterskoho vyrobnytstva: pidruchnyk [Modern technologies of confectionery production: textbook]. Zhytomyr: Polissia [in Ukrainian].
2. Rostovskyi, V.S., Dibrivska, N.V., Pasenko, V.F. (2010). Zbirnyk retseptur [A collection of recipes]. Kyiv: Tsentр uchbovoi literatury [in Ukrainian].

3. Zaitseva, H.T., Horpynko, T.M. (2002). Tekhnolohiia vyhotovlennia boroshnianykh kondyterskykh vyrobiv: pidruchnyk [Technology of production of flour confectionery products: a textbook]. Kyiv: Viktoriia [in Ukrainian].
4. Biskvit [Biscui]: pat. 64457 Ukraine: A23G 3/00. №u201104161; Application 06.04.2011; Publ. 10.11.2011, Bul. №21 [in Ukrainian].
5. Sklad biskvita z morkvianym piure [Composition of sponge cake with carrot puree]: pat. 83984 Ukraine: A21D 13/00. №u 2013 03608; Application 22.03.2013; Publ. 10.10.2013, Bul. №19 [in Ukrainian].
6. Method for sponge cake added with banana powder: pat. 101273833 South Korea, A21D13/80, Application 10.06.2010; Publ. 11.06.2013.
7. Myroshnyk, Yu.A. (2014). Vykorystannia poroshkiv kalyny, horobyny ta oblipykhy v tekhnolohii biskvitnoho napivfabrykatu [The use of viburnum, rowan and sea buckthorn powders in the technology of semi-finished biscuits]. *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii – Scientific works of the Odessa National Academy of Food Technologies*, 46, 1, 166–170 [in Ukrainian].
8. Making technology of rice flour sponge cake: nar. 106305941 Chinese, Application 26.10.2016; Publ. 11.01.2017.
9. Lebedynets, V.T., Dontsova, I.V., Havrylyshyn, V.V., Lebedynets, A.I. (2021). Rozshyrennia asortymentu bezghliutenovykh biskvitnykh napivfabrykativ [Expanding the assortment of gluten-free biscuit semi-finished products]. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky – Bulletin of LTEU. Technical sciences*, 25, 52–59 [in Ukrainian].
10. Matyashchuk, O.V., Furmanova, Yu.P., Pianykh S.K. (2017). Vykorystannia amarantovoho boroshna v tekhnolohii vyrobnytstva biskvitnykh napivfabrykativ [The use of amaranth flour in the production technology of biscuit semi-finished products]. *Naukovyi pohliad v maibutnie – A scientific view of the future*, 6, 2, 52–58 [in Ukrainian].
11. Sposib vyrobnytstva biskvitnoho napivfabrykatu [Method of production of semi-finished biscuit]: pat. 72242 Ukraine: A21D 13/08 (2006.01). №u 2012 01438; Application 13.02.2012; Publ. 10.08.2012, Bul. №15 [in Ukrainian].
12. Shydakova-Kamieniuka, O.H., Rohova, A.L., Choni, I.V., Tereshchenko, M.V. (2019). Rozrobka tekhnolohii biskvitnoho napivfabrykatu, zbahachenoho mineralnymy rehovynamy [Development of technology of biscuit semi-finished product enriched with mineral substances]. *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Seriya Tekhnichni nauky – Scientific Bulletin of the Poltava University of Economics and Trade. Series Technical sciences*, 1 (91), 62–70 [in Ukrainian].
13. Didenko, M.V. (2021). Doslidzhennia pokaznykiv nasinnia nutu dlia vyrobnytstva funktsionalnykh produktiv [Research of indicators of chickpea seeds for the production of functional products]. Proceedings from 87 Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv “Naukovi zdobutky molodi – vyrishenniu problem kharchuvannia liudstva u XXI stolitti” – the 87th International Scientific Conference of Young Scientists, Graduate Students and Students “Scientific achievements of young people – solving the problems of human nutrition in the 21st century”. p. 149. Kyiv: NUKhT [in Ukrainian].
14. Drobot, V.I., Semenova, A.B., Mykhonik, L.A. (2014). Porivnialnakharakterystyka khimichnoho skladu ta tekhnolohichnykh vlastyvopei sutsilnozmelеноho pshenychnoho boroshna ta boroshna spelyty [Comparative characteristics of the chemical composition and technological properties of whole wheat flour and spelled flour]. *Zberihannia i pererobep zerna – Grain storage and processing*, 4, 37–39 [in Ukrainian].
15. Frakolaki, G., Giannou, V., Tzia, C. (2020). The properties and breadmaking potential of freshly baked and frozen bakery products during partial replacement of wheat flour with spelt flour. *Food Science and Technology International*, 26, 6, 485–492.
16. Biskup, I., Gajcy, M., Fecka, I. (2017). The potential role of selected bioactive compounds from spelt and common wheat in glycemic control. *Advances in clinical and experimental medicine: official organ Wroclaw Medical University*, 26, 6, 1013–1019.

17. Rusu, I.E. et al. (2021). Advanced characterization of hemp flour (*Cannabis sativa* L.) from Dacia Secuieni and Zenit varieties, compared to wheat flour. *Plants*, 10, 6, 1237.
 18. Lukin, A., Bitiutskikh, K. (2017). Investigation on the use of hemp flour in cookie production. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 23, 4, 664–667.
 19. Kruchanytsia, M.I. et al. (2019). Osnovy kharchuvannia: pidruchnyk [Basics of nutrition: textbook]. Uzhhorod: Vyd-vo UzhNU «Hoverla» [in Ukrainian].
 20. House, J.D., Neufeld, J., Leson, G. (2010). Evaluating the Quality of Protein from Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Products Through the use of the Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score Method. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (22), 11801–11807.
-

УДК 637.146:613.98

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.21>

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ПРОБІОТИЧНОЇ СКЛАДОВОЇ У ВИРОБНИЦТВІ ПРОДУКТІВ З ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Соломон А. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри біоінженерії, біо- та харчових технологій
Вінницького національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-2982-302X

Слободяник І. С. – головний інженер ТОВ «Агрона Фрут Україна»
ORCID ID: 0009-0000-5913-313X

Коваль Є. – інженер ПП «Еко-молпродукт»
ORCID ID: 0009-0004-4007-9902

Згідно до сучасної концепції здорового харчування, що базується на теорії збалансованого харчування, потреби організму в енергії, поживних, біологічних та фізіологічно цінних речовинах, які людина повинна отримувати з їжею, змінюються в залежності від віку, статі, фізіологічного стану організму та фізичного навантаження. Все це призводить до зниження імунітету, порушення функцій травлення, збільшення числа людей, що страждають на алергію, цукровий діабет та інші захворювання, які пов'язані з порушенням обмінних процесів в організмі людини. Тому збалансоване і оздоровче харчування є важливою умовою для оптимального фізичного і розумового розвитку людини, підтримки його тривалої працездатності, підвищення здатності організму протистояти впливу несприятливих факторів зовнішнього середовища. Повноцінне та здорове харчування відносяться до найважливіших умов збереження життя і здоров'я людини. Розробка нових функціональних продуктів, які здатні покращити здоров'я людини, подовжити її працездатність і тривалість повноцінного життя, є одним з актуальних напрямків розвитку харчової науки в Україні і світі. Особлива увага приділяється питанню оздоровлення кишкової мікрофлори, яка відіграє важливу роль у відновленні порушених обмінних процесів в організмі і зміцненні здоров'я людини. Для нормального функціонування організму і забезпечення активної життєдіяльності, людину необхідно забезпечити повноцінними збалансованими продуктами харчування. Основні вимоги до таких продуктів харчування базуються на використанні натуральної сировини з високим вмістом біологічно активних і фізіологічно необхідних речовин, таких як вітаміни, мінеральні речовини, харчові волокна, фенольні сполуки, поліненасичені жирні кислоти.

Ключові слова: кисломолочні продукти, біфідобактерії, пробіотики, пребіотики, симбіотики, оздоровче харчування.

Solomon A. N., Slobodanyk I. S., Koval Ye. Promising directions of probiotic composition in the production of products with functional properties

According to the modern concept of healthy nutrition, based on the theory of balanced nutrition, the body's needs for energy, nutrients, biological and physiologically valuable substances that a person should receive from food vary depending on age, gender, the physiological state of the body and physical activity. All this leads to a decrease in immunity, impaired digestive functions, an increase in the number of people suffering from allergies, diabetes mellitus and other diseases that are associated with metabolic disorders in the human body. Therefore, a balanced and healthy diet is an important condition for the optimal physical and mental development of a person, maintaining his long-term performance, and increasing the body's ability to withstand the effects of adverse environmental factors. A nutritious and healthy diet is one of the most important conditions for preserving human life and health. The development of new functional products that can improve human health, prolong their working capacity and life expectancy

is one of the current directions in the development of food science in Ukraine and the world. Particular attention is paid to the issue of improving the intestinal microflora, which plays an important role in restoring impaired metabolic processes in the body and strengthening human health. For the normal functioning of the body and ensuring the active functioning of a person, it is necessary to provide complete, balanced food. The basic requirements of such food products are based on the use of natural raw materials with a high content of biologically active and physiologically necessary substances, such as vitamins, minerals, dietary fiber, phenolic compounds, and polyunsaturated fatty acids.

Key words: fermented milk products, bifidobacteria, probiotics, prebiotics, symbiotics, health food.

Постановка проблеми. Молоко і молочні продукти за своїм складом відносяться до найцінніших продуктів харчування. З продуктами переробки молока людина отримує не менше третини всіх харчових речовин, які необхідні для її повноцінного життя і повинні потрапляти в організм з продуктами харчування.

Світові тенденції в області харчування пов'язані з раціональним корегуванням хімічного складу молочних продуктів, калорійності, підвищенням біологічної цінності, розробкою продуктів збагачених функціональними інгредієнтами, які здатні зберігати і покращувати здоров'я споживачів.

Основні принципи концепції здорового харчування вимагають сучасного підходу до створення функціональних продуктів, які повинні задовольняти потреби організму людини в харчових, біологічно і фізіологічно цінних речовинах, сприяти профілактиці захворювань, збереженню здоров'я, подовженню працездатності та тривалості життя. Розширення асортименту кисломолочних ферментованих продуктів базується на розробці технологій з використання нових видів натуральної біологічно цінної сировини, що дозволяє надати продуктам певних оздоровчих і лікувально-профілактичних властивостей, які користуються постійно зростаючим попитом у населення країни. Для кращого засвоєння та надання певних смакових і лікувально-профілактичних властивостей застосовують різноманітні фітодобавки, продукти переробки – пребіотики. Варто зазначити, що на тепер асортимент кисломолочних ферментованих продуктів представлений в основному напоями функціонального призначення, серед яких особливою популярністю користуються йогурти.

Формування цілей статті. Метою даної роботи є наукове обґрунтування виробництва кисломолочних ферментованих продуктів функціонального призначення, збагачених біфідобактеріями.

Виклад основного матеріалу. Якісне харчування є одним з головних факторів забезпечення здоров'я людини. Споживачі починають все більше уваги приділяти функціональним продуктам харчування, тобто їх здатності зменшувати загрозу захворювання людини найбільш поширеними хворобами цивілізації – діабетом, серцево-судинними, алергією, шлунково-кишковими. Ферментовані молочні продукти є основними постачальниками пробіотичних мікроорганізмів, які сприяють підтримці і відновленню мікробної екології людини. До пробіотичних культур, які забезпечують корисну дію на організм споживача і нормалізують склад та функції мікрофлори шлунково-кишкового тракту, відносяться такі види лакто- та біфідобактерій, як *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Bifidobacterium spp.* (*B. adolescentis*, *B. animalis ssp. lactis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. breve*).

Біфідобактерії – одна з найбільш важливих груп мікроорганізмів кишкового, які домінують у анаеробній флорі товстої кишки [1]. Міжнародна молочна федерація називає біопродуктами такі суміші, в яких міститься не менше $1 \cdot 10^6$ біфідобактерій в 1 см^3 [2]. Слід відзначити, що для більшості мікроорганізмів, які

є представниками нормальної мікрофлори кишкового тракту людини, молоко є несприятливим середовищем для їх розвитку. Це пов'язано з тим, що в молоці практично відсутні необхідні для розвитку мікроорганізмів низькомолекулярні сполуки, такі як вільні амінокислоти, моноцукри тощо, а також з тим, що більшість бактерій роду *Lactobacillus*, *Lactococcus* і *Bifidobacterium* відносяться до облигатних анаеробів, на які негативно діє розчинений в молоці кисень повітря. Тому біфідобактерії, які відносяться до анаеробів, в молоці розвиваються дуже повільно.

Фахівцями досліджено можливість сумісного використання біфідо- і лактобактерій. Визначено, що значна кількість видів молочнокислих стрептококів і паличок стимулюють ріст біфідофлори в молоці, сприяють збільшенню кількості активних клітин біфідобактерій та інтенсивному накопиченню продуктів їх метаболізму.

Біфідобактерії приймають активну участь у поновленні нормальної мікрофлори кишечника при кишково-шлункових захворюваннях та після лікування антибіотиками. Для стимулювання їх розвитку необхідно використовувати адаптовані до молока штами біфідобактерій, забезпечити необхідний склад поживного середовища і стимуляторів росту для їх розвитку, а також культивувати їх разом з молочнокислими бактеріями, які володіють високою β -галактозидазною активністю, за рахунок якої підвищується власна β -галактозидазна активність біфідобактерій [3].

Необхідно визначити склад високоефективних культур мікроорганізмів, які поряд з високою продуктивністю, володіють високою та різноманітною біохімічною активністю. Правильний вибір біологічно активних штамів біфідо- та лактокультур для виробництва ферментованих молочних продуктів дозволяють отримати якість, що відповідає вимогам нормативних документів за органолептичними і фізико-хімічними показниками.

Одним з перспективних напрямків створення функціональних кисломолочних ферментованих продуктів є розробка комплексних заквасок на основі консорціумів пробіотичних бактерій різних таксономічних груп, які більш стійкі до несприятливих факторів середовища і володіють більш високою активністю порівняно з заквасками, які виготовлені з використанням чистих монокультур. Критеріями відбору штамів лакто- і біфідобактерій для заквашувальних композицій є їх біологічна активність, тобто здатність забезпечити прогнозований функціональний вплив на організм людини, а також технологічні параметри, які дозволять отримати десертні кисломолочні продукти з певними фізико-хімічними і реологічними властивостями [4].

Вибір біологічно активних штамів лакто – та біфідокультур для виробництва молочних ферментованих десертних продуктів здійснювали з числа штамів, які знайшли широке використання при виробництві кисломолочних функціональних продуктів.

Для цього використали штам *Lactococcus lactis ssp. lactis*, який широко застосовується при виробництві кисломолочних продуктів.

Результати визначення оптимальних умов вирощування мікроорганізмів в залежності від рН наведено на рисунках 1.

Лактоза, що міститься у молоці, є основною поживною речовиною для мікроорганізмів закваски.

Відомо, що найбільший лактозозброджуючий потенціал мають термофільні молочнокислі стрептококи, серед яких найвищою β -галактозидазною активністю володіє використаний нами штам *Str. thermophilus* СТ-14 [6].

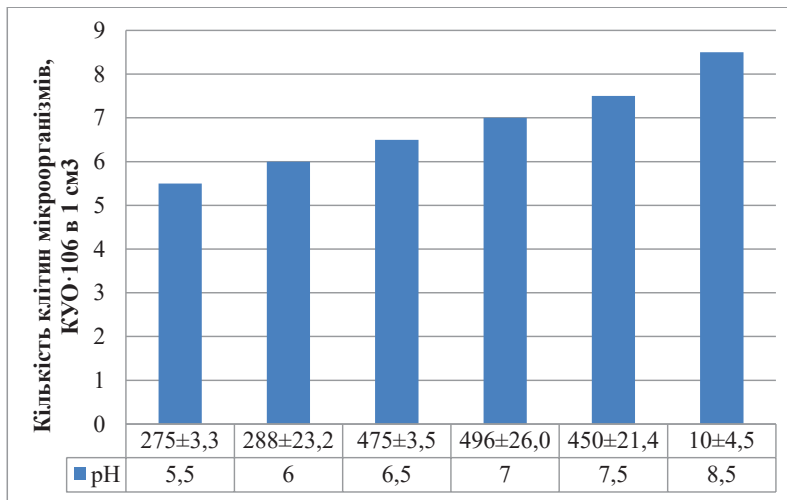


Рис. 1. Залежність росту *Lactococcus lactis ssp. lactis* від pH поживного середовища

Фермент β-галактозидаза термофільного стрептокока найбільш активно гідролізує лактозу молока при pH 6,7. Стимулюють активність β-галактозидази катіони молока. При дії ферменту β-галактозидази на молочний цукор утворюються біфідогенні продукти, які підвищують активність біфідобактерій і стимулюють їх розвиток [7].

Аналізуючи кислотоутворюючу здатність дослідних штамів молочно-кислих бактерій, слід відзначити, що лактококи і стрептококи характеризуються високим рівнем кислотоутворення, але лактобацили *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* і *Lactobacillus acidophilus* перевищують інші молочнокислі бактерії за рівнем кислотоутворення. За даними фахівців, штами молочнокислих стрептококів *Lactococcus lactis ssp. lactis*, *Lactococcus lactis ssp. cremoris*, *S. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* продукують переважно L(+) – молочну кислоту, яка є більш фізіологічно сприятливою для організму людини [10]. Ацидофільні палички *Lactobacillus acidophilus* пригнічують шкідливу мікрофлору – сальмонели, стафілококи, тощо, внаслідок здатності продукувати антибіотики ацидофілін і лактоцидин, дія яких посилюється в присутності молочної кислоти [5].

Найбільший приріст вільних амінокислот спостерігається при ферментації молока лактобактеріями видів *L. delbrueckii ssp. bulgaricus* і *L. acidophilus*. Серед досліджених штамів лактобактерій присутні такі, що знижують кількість вільних амінокислот, порівняно з початковим рівнем. Такі штами мікроорганізмів для розвитку у молоці потребують додаткового внесення азотовмісних сполук або сумісного використання з іншими молочнокислими культурами, які володіють значною протеолітичною активністю, такими як *L. acidophilus* або *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*. Результати проведених нами пошуків свідчать, що всі досліджені штами молочнокислих бактерій здатні розвиватися у молоці, мають високу активність до зброджування лактози та протеолізу білків молока [8].

Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій в отриманих згустках від масової частки лактулози наведено на рис. 2.

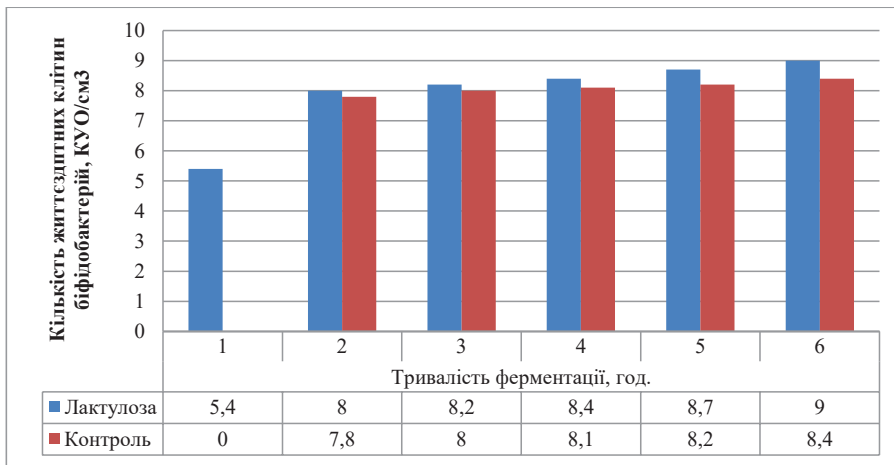


Рис. 2. Залежність кількості життєздатних клітин біфідобактерій у згустках від тривалості ферментації та дози біфідостимуляторів, %: 1 – контроль, 2 – лактулоза

Це свідчить, що кількість біфідобактерій, яка утворюється в присутності 0,1 % біфідостимуляторів, здатна забезпечити пробіотичний ефект впливу на організм людини.

Лактулоза вважається найбільш дослідженим пребіотиком у світі. Доведено, що лактулоза є високоактивним біфідогенним фактором, який значно покращує мікробіоценоз кишечника, збільшуючи чисельність біфідобактерій і зменшуючи чисельність умовно-патогенної мікрофлори [8]. Її здатність відновлювати і підтримувати ріст біфідобактерій доведена багаточисельними дослідженнями вітчизняних і закордонних вчених. Лактулоза не перетравлюється у верхньому відділку шлунково-кишкового тракту, а надходить в товсту кишку у незмінному вигляді, де слугує стимулятором росту і розвитку власної корисної мікрофлори кишечника.

Значний вплив на життєздатність лакто- та біфідокультур, які надходять з молочними ферментованими продуктами до організму людини, має травна система. Тому поряд з визначенням кількості зродженої лактози, здатністю до кислотоутворення і протеолітичною активністю молочнокислі бактерії оцінювались нами за стійкістю до умов інгібіторів їх росту – шлункового соку, жовчі, фенолу, хлориду натрію та антибіотиків [11].

Висновки. Продукти життєдіяльності лактобактерій здатні забезпечити необхідний склад поживного середовища для стимуляції росту та розвитку біфідобактерій у молоці, а також надавати продукту певних смакових і лікувально-профілактичних властивостей.

Встановлено, що при використанні композиції консорціумів лакто- і біфідобактерій, енергія кислотоутворення композиції, порівняно з консорціумом біфідобактерій, зростає, але зменшується порівняно з консорціумом лактобактерій, що сприяє росту і розвитку біфідобактерій.

Таким чином, комбінація компонентів тваринного і рослинного походження дозволяє створювати продукти харчування оздоровчої, дієтичної спрямованості з підвищеною харчовою цінністю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Соломон А.М., Полевода Ю.А. Кисломолочні десерти збагачені біфідобактеріями. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019. № 2 (105). С. 66-74.2.
2. Власенко В.В., Соломон А.М., Паулина Я.Б. Сучасний стан та перспективи виробництва кисломолочних продуктів функціонального призначення. *Харчова наука і технологія. Харчова наука і технол.* № 4 (9). 2009. С. 21-23.
3. Solomon A., Bondar M., Dyakonova A. Substantiation of the technology for fermented sour-milk desserts with bifidogenic properties. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 1/11 (97). P. 6-16.
4. Берник І. М., Новгородська Н. В., Соломон А. М., Овсієнко С. М., Бондар М. М. Інноваційні технології харчових виробництв: монографія. Вінниця: Видавець ФОП Кушнір Ю. В., 2022. 300 с.
5. Капрельянц Л.В., Іоргачова К.Г. Функціональні продукти. Одеса, 2003. 312 с.
6. Соломон А.М., Новгородська Н.В., Бондар М.М. Кисломолочні десерти з подовженим терміном зберігання: Монографія. Вінниця: РВВ ВНАУ, 2019. 155 с.
7. Соломон А.М., Бондар М.М. Fermented desserts of functional purpose using vegetables. *Збірник наукових праць «Аграрна наука та харчові технології»*. 2018. № 3 (102). С. 168-179.
8. Соломон А.М., Полевода Ю.А. Пробиотики і їх роль у виробництві кисломолочних продуктів спеціального призначення. *Техніка, енергетика, транспорт АПК*. 2019. № 3 (106). С. 56-65.
9. Соломон А.М. Роль біфідобактерій при виробництві функціональних продуктів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2023. Т. 25. № 99. С. 21-27.
10. Semko T., Palamarchuk V., Ivanishcheva O., Vasylyshyna O., Andrusenko N., Kryzhak L., Pahomska O., Solomon A. The production of the innovative craft cheese «Anchan». *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2022. Vol. 16. P. 705-720.
11. Соломон А.М.. Нові аспекти виробництва кисломолочних продуктів з пробіотичними властивостями. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З.Гжицького. Серія: Сільськогосподарські науки*. 2022. Т. 24. № 98. С. 50-56.

REFERENCES:

1. Solomon A.M, Polevoda Yu. A. (2019). Kyslomolochni deserty zbahacheni bifidobakteriyamy. [Sour-milk desserts enriched with bifidobacteria]. *Tekhnika, enerhetyka, transport APK*. [Technics, energy, transport of the agro-industrial complex]. No. 2 (105). P. 66-74. [in Ukrainian].
2. Vlasenko V.V., Solomon A.M, Paulina Ya.B. (2009). Suchasnyy stan ta perspektyvy vyrobnytstva kyslomolochnykh produktiv funktsional'noho pryznachennya [Current state and prospects of production of functional dairy products.]. *Kharchova nauka i tekhnol.* [Food science and technology]. № 4 (9). P. 21-23. [in Ukrainian].
3. Solomon A., Bondar M., Dyakonova A. (2019). Obgruntuvannya tekhnolohiyi pryhotuvannya kyslomolochnykh desertiv iz bifidohennymy vlastyvostyamy. [Substantiation of the technology for fermented sourmilk desserts with bifidogenic properties]. [in Ukrainian].
4. Bernyk I. M., Novgorodska N. V., Solomon A. M., Ovsienko S. M., Bondar M. M. (2022). Innovatsiyni tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv. [Innovative technologies of food production]. *Monohrafiya*. [Monograph]. Vinnytsia: Yu.V. Kushnir Publishing House. 300 p. [in Ukrainian].
5. Kapreliants L.V., Iorhachova K.H. (2003). Funktsionalni produkty. [Functional products]. 312 s. [in Ukrainian].
6. Solomon A.M., Novgorodska N.V., Bondar M.M. (2019). Kyslomolochni deserty z podovzhenym terminom zberihannya. [Sour milk desserts with extended shelf life] [Monograph]. Vinnytsia: RVV VNAU, 155 p. [in Ukrainian].

7. Solomon A. M., Bondar N. N. (2018). Fermented desserts of functional purpose using vegetables. [Fermented desserts of functional purpose using vegetables]. Zbirnyk naukovykh prats' «Ahrarna nauka ta kharchovi tekhnolohiyi» [Collection of scientific papers «Agricultural science and food technologies»]. No. 3 (102). P. 168-179. [in Ukrainian].

8. Solomon AM, Polevoda Yu. A. (2019). Probiotyky i yikh rol' u vyrobnytstvi kyslomolochnykh produktiv spetsial'noho pryznachennya. [Probiotics and their role in the production of fermented milk products for special purposes]. Tekhnika, enerhetyka, transport APK. [Technics, energy, transport of the agro-industrial complex]. No. 3 (106). P. 56-65. [in Ukrainian].

9. Solomon A.M. (2023). Rolbifidobakteriy pry vyrobnytstvi funktsional'nykh produktiv. [The role of bifidobacteria in the production of functional products]. Naukovyy visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy imeni S.Z. Gzhyts'koho. Seriya: Kharchovi tekhnolohiyi. [Scientific Bulletin of S.Z. Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Gzhitskyi. Series: Food technologies]. Vol. 25. No. 99. P. 21-27. [in Ukrainian].

10. Semko T., Palamarchuk V., Ivanishcheva O., Vasylyshyna O., Andrusenko N., Kryzhak L., Pahomska O., Solomon A. (2022). The production of the innovative craft cheese «Anchan». [The production of the innovative craft cheese "Anchan"]. Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. [Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences]. Vol. 16. P. 705-720. [in Ukrainian].

11. Solomon A.M. (2022). Novi aspekty vyrobnytstva kyslomolochnykh produktiv z probiotychnymy vlastyvostyamy. [New aspects of the production of fermented milk products with probiotic properties]. Naukovyy visnyk L'vivs'koho natsional'noho universytetu veterynarnoyi medytsyny ta biotekhnolohiy imeni S.Z.Gzhyts'koho. Seriya: Sil's'kohospodars'ki nauky. [Scientific Bulletin of S.Z. Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. Series: Agricultural sciences]. Vol. 24. No. 98. P. 50-56. [in Ukrainian].

УДК 664.664.4

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.22>

ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ГІДРОЛІЗАТУ З М'ЯСА МІДІЙ ДЛЯ ІННОВАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ РИБНОЇ КОТЛЕТНОЇ МАСИ

Степова А. А. – здобувачка другого (магістерського) рівня вищої освіти
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0005-2501-9546

Нєміріч О. В. – доктор технічних наук, професор,
завідувачка кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-2849-7501

Ястреба С. П. – кандидат технічних наук, доцент,
виконуючий обов'язки директора Полтавської філії
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0000-1371-1985

Ройко О. М. – кандидат технічних наук,
викладач циклової випускової комісії виробництва та технологій
Відокремленого структурного підрозділу «Волинський фаховий
коледж Національного університету харчових технологій»,
спеціаліст вищої категорії, старший викладач
ORCID ID: 0009-0008-5490-6138

Мамченко Л. Є. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0003-2519-043X

Кузьмін О. В. – доктор технічних наук, професор,
професор кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-9321-6684

На підставі теоретичного матеріалу та експериментальних досліджень обґрунтовано актуальність розробки технології рибної котлетної маси шляхом збагачення гідролізатом з м'яса мідій – джерела йоду та білка.

Обґрунтовано доцільність використання харчової добавки гідролізату з м'яса мідій у вигляді концентрату для покращення харчової цінності. Сам гідролізат відноситься до області біотехнології, а точніше, до способів отримання білково-вуглеводного гідролізату з моллюсків, наприклад мідій, які можуть бути використані як сировина для отримання харчових домішок лікувально-профілактичної дії, а також для фармакологічних і косметичних препаратів. Гідролізат мідійний є продуктом м'якого лужного гідролізу м'яса культивованих мідій.

Актуальність інновації полягає в закритті ніши проблеми йододефіциту в харчуванні населення, адже споживання йоду є важливим для забезпечення нормального функціонування організму.

При дослідженні впливу гідролізату з мідій на зміни фізико-хімічних показників котлет рибних виявлено, що збільшується вміст золи на 27%.

Оскільки гідролізати мідій піддаються обробці, вони мають покращену засвоюваність. Це робить їх відмінним вибором для людей, які мають проблеми з перетравленням білків або потребують швидкого та ефективного постачання поживних речовин.

Органолептичні показники якості залишаються незмінними: консистенція – однорідна, пластична, смак – солонуватий, рибний, відповідає інгредієнтам рецептури, запах – рибний, відповідає інгредієнтам рецептури.

Розроблено технологію виробництва рибної котлетної маси, за якої рекомендовано запроваджувати технологічний прийом попереднього змішування гідролізату з м'яса мідій з водою як 1:3,6. Слід відмітити повне вилучення солі з рецептури інноваційних котлет за рахунок властивостей концентрату, а саме – присмного солоного смаку.

За результатами досліджень запропоновану технологію рибної котлетної маси підвищеної харчової цінності можна рекомендувати до впровадження у практику виробництва закладів ресторанного господарства.

Ключові слова: гідролізат з м'яса мідій, концентрат, показники якості, технологія, рибні котлети, йод, білок, харчова цінність.

Stepova A. A., Nyemirich O. V., Yastreba S. P., Royko O. M., Mamchenko L. E., Kuzmin O. V. Quality indicators of mussel meat hydrolyzate for innovative technology of fish cut mass

On the basis of theoretical material and experimental studies, the relevance of developing fish cutlet mass technology by enriching it with hydrolyzate from mussel meat – a source of iodine and protein – is substantiated.

The expediency of using a food additive of mussel meat hydrolyzate in the form of a concentrate to improve its nutritional value is substantiated. The hydrolyzate itself belongs to the field of biotechnology, and more precisely, to the methods of obtaining protein-carbohydrate hydrolyzate from molluscs, such as mussels, which can be used as raw materials for obtaining food additives of therapeutic and preventive action, as well as for pharmacological and cosmetic preparations. Mussel hydrolyzate is a product of mild alkaline hydrolysis of cultured mussel meat.

The relevance of the innovation lies in closing the niche of the problem of iodine deficiency in the diet of the population, because the consumption of iodine is important for ensuring the normal functioning of the body

When studying the effect of mussel hydrolyzate on changes in the physical and chemical parameters of fish cutlets, it was found that the ash content increased by 27%.

Since mussel hydrolysates are processed, they have improved digestibility. This makes them an excellent choice for people who have problems digesting proteins or need a quick and efficient supply of nutrients

Organoleptic quality indicators remain unchanged: the consistency is homogeneous, plastic, the taste is salty, fishy, corresponds to the ingredients of the recipe, the smell is fishy, corresponds to the ingredients of the recipe.

A technology for the production of fish cutlet mass has been developed, for which it is recommended to introduce the technological method of pre-mixing hydrolyzate from mussel meat with water as 1:3.6. It should be noted the complete removal of salt from the recipe of innovative cutlets due to the properties of the concentrate, namely, a pleasant salty taste

Based on the results of research, the proposed technology of fish cutlet mass with increased nutritional value can be recommended for implementation in the production practice of restaurants.

Key words: mussel meat hydrolyzate, concentrate, quality indicators, technology, fish cutlets, iodine, protein, nutritional value.

Все більшої популярності у споживачів набувають заклади, що спеціалізуються на збалансованому харчуванні. Тому актуальним є удосконалення технологій страв та кулінарних виробів з підвищеною харчовою цінністю. Збалансоване харчування – це підхід до харчування, який передбачає раціональне поєднання різних груп продуктів, щоб забезпечити організм всіма необхідними поживними речовинами. Важливо дотримуватись правильних пропорцій між різними групами продуктів. Зазвичай рекомендується, щоб раціон включав вуглеводи (приблизно 45...65% денної калорійності), білки (10...35%) і жири (20...35%) [1].

Використання натуральних харчових добавок дозволяє збільшити кількість мікро- та макронутрієнтів, покращити органолептичні властивості страв та кулінарних виробів.

Нове покоління напівфабрикатів й готових до вживання харчових продуктів зі збалансованим складом амінокислот й мінералів та зниженим вмістом солі, цукру й насичених жирів – актуальність, на яку орієнтуються сучасні виробники.

Риба є джерелом високоякісного білка і може містити від 15 до 25 грамів білка на 100 грамів сирової риби; вміст білка коливається залежно від конкретного виду риби, способу обробки та рецептури котлетної маси [2].

Науковцями було досліджено, що гідролізат мідій має високу харчову цінність [3] та може використовуватись як харчова добавка у різних товарних формах, має лікувальні властивості, головним чином, стимулює імунну систему. Гідролізат мідій є продуктом м'якого лужного гідролізу м'яса культивованих мідій.

Тому **метою** роботи є вивчення показників якості гідролізату з м'яса мідій для подальшого удосконалення технології рибної котлетної маси за використання даної харчової добавки.

Об'єкт дослідження – технологія рибної котлетної маси з додаванням гідролізату з м'яса мідій.

Предметами дослідження виступали:

харчова добавка «Гідролізат з мідій» СОУ 15.8-34821206-020:2008 [4];

маса котлетна за традиційною рецептурою №1.24 [5];

маса котлетна з використанням гідролізату з м'яса мідій;

котлети рибні за традиційною технологією;

котлети рибні з використанням харчової добавки «Гідролізат з мідій».

Методи та матеріали дослідження – аналіз літературних джерел, власні дослідження органолептичні, фізико-хімічні, математична обробка експериментальних даних.

Міністерством охорони здоров'я України затверджені у 2017 р. норми фізіологічних потреб населення України в основних харчових речовинах і енергії, у яких поряд з іншими харчовими речовинами за основу прийнято енергію та білок [2, 6, 7].

На початковому етапі наукового дослідження аналізовано та вивчено харчову добавку «Гідролізат мідійний» (рис. 1).

Гідролізат з м'яса мідій застосовують як харчову добавку у вигляді порошку або капсул. Це – концентрований сухий білок, що підвищує витривалість організму та імунітет.

Технологію отримання концентрату з мідії незалежно від засобів його одержання умовно поділяють на три основні стадії: попередня обробка мідії-сирцю; гідроліз м'яса мідії й очищення гідролізату; концентрування гідролізату та термообробка концентрату [3].

Попередня обробка – видалення морської води, подрібнювання мідії та термообробка. Мідію подрібнюють механізмом молоткового типу з отриманням різних за розміром частинок стулки та м'яких тканин. Встановлено, що подрібнення стулки мідії до розмірів 3–10 мм забезпечує оптимальні умови для масообміну та наступного гідролізу. Для переводу білків і вуглеводів мідії до стану, що максимально атакується ферментними препаратами, а також до інактивації її власних ферментів для виключення протікання автолізу, проведено попередню термообробку подрібненої сировини в діапазоні температур 65–70 °С протягом 20–40 хв при співвідношенні подрібненої мідії та води – 1:1. Після завершення процесу одержаний гідролізат звільнено від стулок декантацією, інактивацію ферменту проведено при температурі 95–100 °С протягом 10–15 хв, гідролізат очищено центрифугуванням. Спосіб одержання білково-вуглеводного концентрату з мідії захищено патентом України [3].

Гідролізати з м'яса мідій мають високу біологічну цінність і вважаються важливим джерелом протеїну. Вони містять амінокислоти, які є будівельним матеріалом для нашого організму і необхідні для росту, «ремонту» тканин, синтезу ферментів та багатьох інших біохімічних процесів. Гідролізати мідій також містять різні мікроелементи, які можуть бути корисними для здоров'я, такі як залізо, цинк та селен.

Так як гідролізат з м'яса мідій має три товарні форми – порошок, рідина та концентрат, то розглянемо та проаналізуємо їх за властивостями для подальшого використання в удосконаленні технологій рибної котлетної маси.

Порошкоподібна маса гідролізату (надалі Зразок №1) є технологічною, оскільки дозволяє легко дозувати і рівномірно змішувати в різних багатокомпонентних харчових системах. Він розчиняється добре у рідині і може надати рибним стравам багатий смак та аромат (табл. 1).

Таблиця 1

Органолептичні властивості гідролізату з мідій у порошкоподібній формі

Показники	Характеристика
Запах	Виражений рибний, чистий, без сторонніх запахів.
Смак	Виражений рибний, чистий, ніжний, без сторонніх присмаків.
Колір	Білий з кремовим відтінком, рівномірний за всією масою, натуральний.
Консистенція	Порошок дрібнодисперсний.

Гідролізат з мідій у вигляді рідини (надалі Зразок №2) (табл. 2) має деякі переваги. Він готовий до використання без необхідності розчинення або додаткової обробки. Такий гідролізат може бути включений до різних рецептур і продуктів харчування без особливих пристосувань. Його можна додавати до соусів, маринадів, супів, напоїв та іншої кулінарної продукції з метою покращення смаку, аромату і поживних властивостей.

Таблиця 2

Органолептичні властивості гідролізату з мідій у рідкій формі

Показники	Характеристика
Запах	Виражений рибний, чистий, без сторонніх запахів.
Смак	Виражений рибний, чистий, ніжний, без сторонніх присмаків. Солоний.
Колір	Світло-коричневий колір з відблиском, рівномірний за всією масою, натуральний.
Консистенція	Рідина, при збовтуванні залишає потіки на стінках посудин.

Важливо зазначити, що рідкий гідролізат з мідій має обмежений термін зберігання.

Гідролізат з мідій у вигляді концентрату (надалі Зразок №3) отримують шляхом видалення зайвої рідини з розчину гідролізованого мідійного матеріалу. Він є концентратом есенціальних речовин порівняно з іншими товарними формами, тому може бути використаний в менших кількостях, щоб досягти потрібного ефекту (табл. 3).

Таблиця 3

Органолептичні властивості концентрату гідролізату з мідій

Показник	Характеристика
Запах	Виражений рибний, чистий, без сторонніх запахів.
Смак	Яскраво виражений рибний, чистий, без сторонніх присмаків. Солоний.
Колір	Темно-коричневий колір з відблиском, рівномірний за всією масою, натуральний.
Консистенція	Густа рідина, при збовтуванні залишає потіки на стінках посудин. Текстура унагі соусу.

Для використання концентрату необхідно розчинити його у відповідних розрахованих кількостях рідини або додавати безпосередньо до продуктів під час їх готування.

В ході досліджень оцінено показники якості текстури гідролігатів з мідій, результати яких показано на рис. 1.

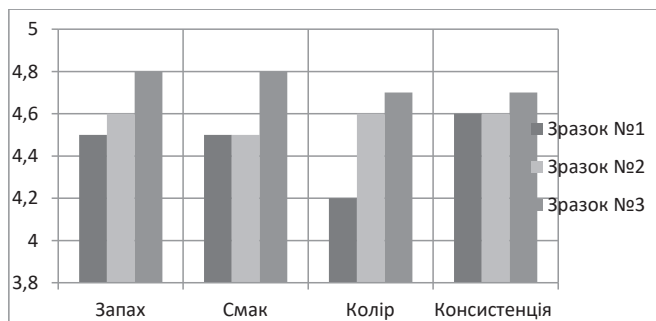


Рис. 1. Органолептична оцінка дослідних зразків гідролізату з мідій

Як видно з рис. 1., концентрат гідролізату з мідій має найвищу оцінку текстури. Тому для подальших досліджень та розробки інноваційної технології страв з рибної котлетної маси обрано даний зразок.

Наступними предметами дослідження були маса котлетна за традиційною рецептурою «№1.246» та маса котлетна з використанням гідролізату з м'яса мідій як дослідний зразок. В таблиці 4 наведено рецептуру фаршу традиційного та фаршу за розробленою технологією.

На підставі багатократного відпрацювання технологічних параметрів рекомендовано запроваджувати технологічний прийом попереднього змішування гідролізату з м'яса мідій з водою як 1:3,7. Слід відмітити повне вилучення солі з рецептури інноваційних котлет за рахунок властивостей концентрату, а саме – приємного солоного смаку.

Рибний фарш за класичною рецептурою та досліджувальний – рибний фарш з додаванням гідролізату з м'яса мідій (4,3% до маси фаршу) формують цілісні гомогенні грубодисперсні поліфазні системи, які мають відповідну текстуру і не відрізняються за адгезійними властивостями (рис. 2).

Визначено фізико-хімічні показники якості котлет з рибної котлетної маси, які показано на рис. 3.

Таблиця 4

Рецептура котлет рибних за традиційною і інноваційною технологіями

Сировина	Витрати сировини в г на 3 порції по 70 г			
	котлети рибні за традиційною технологією (рецептура № 1.246)		котлети рибні за інноваційною технологією	
	Брутто	Нетто	Брутто	Нетто
Риба хек розморожена	180	155	180	155
Хліб пшеничний	26	26	26	26
Вода	45	45	37	37
Гідролізат мідій (концентрат)	–	–	10	10
Сухарі панірувальні	4	4	4	4
Сіль	2	2	–	–
Маса напівфабрикату	–	232	–	232
Олія соняшникова	15	15	15	15
Вихід смажених виробів	–	210	–	210

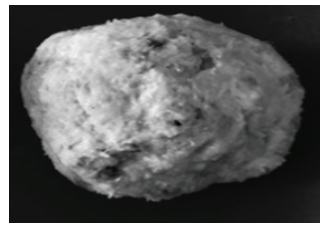
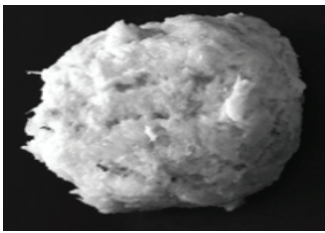


Рис. 2. Зовнішній вигляд фаршу рибного контрольного та інноваційного

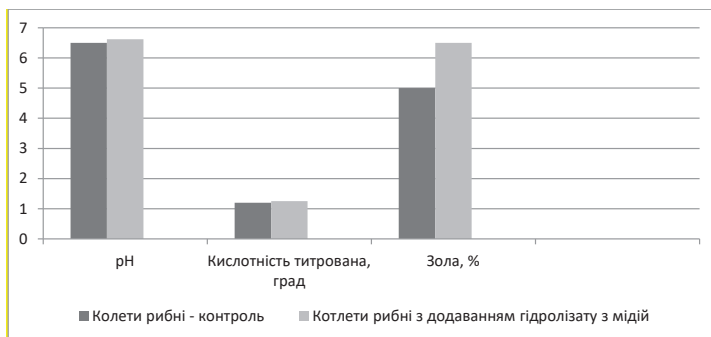


Рис. 3. Фізико-хімічні показники якості котлет рибних

Як видно з рис. 3, кількість золи збільшилась на 27%, що свідчить про збільшення вмісту мінеральних речовин з додаванням гідролізату мідій до інноваційної рибної котлетної маси.

Досліджено харчову цінність котлет рибних порівняно з інноваційними зразками з додаванням гідролізату з м'яса мідій – рис. 4.

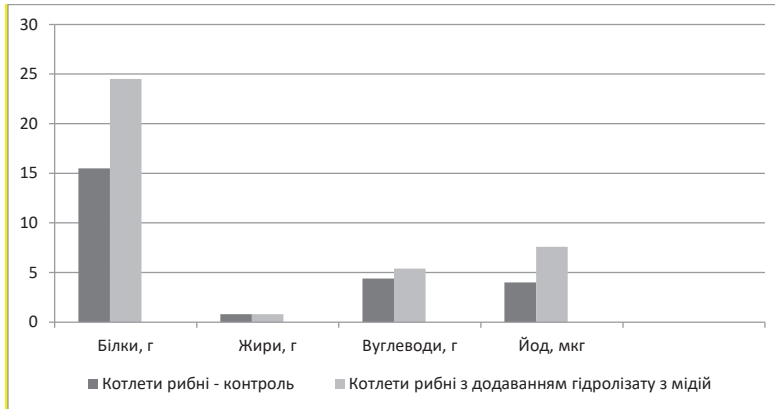


Рис. 4. Харчова цінність котлет рибних, на 100 г

Як видно, інноваційні котлети відрізняються в 1,7 разів більшим вмістом білка та майже в 2 рази – йоду, що при високих органолептичних властивостях страви є ще й джерелом есенціальних речовин.

Висновки. Основою раціонального харчування є достатнє та збалансоване вживання макро- та мікронутрієнтів. Нестача споживання мікронутрієнтів спричиняє в організмі прояви, які в комплексі можна охарактеризувати поняттям «прихований голод».

Гідролізат з м'яса мідій є однією із харчових добавок, за допомогою якої можна підвищити кількість білка та йоду в раціоні харчування населення. Для обґрунтування та розробки інноваційної технології обрано рибну котлетну масу з додаванням концентрату з гідролізату з м'яса мідій.

На основі узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень у даній роботі визначено та науково підтверджено перспективність використання гідролізату з м'яса мідій у вигляді концентрату в технології рибного фаршу.

Досліджено показники якості котлет рибних з додаванням гідролізату з м'яса мідій у вигляді концентрату як найбільш привабливої інноваційної харчової добавки. Встановлено, що така інноваційна розробка має в 1,7 разів більше білка і в 1,9 разів – вміст йоду порівняно контролем, тому є доцільна для використання у закладах ресторанного господарства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Шемета О., Дожук К. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя : *Електронний журнал Медікс Груп. Ліки України* 2015. №1(186). С. 24-27.
1. URL:[https://doi.org/10.37987/19979894.2015.1\(186\).222351](https://doi.org/10.37987/19979894.2015.1(186).222351)
2. Halim N.R.A., Yusof H.M., Sarbon N.M. Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides: a comprehensive review *Trends Food Sci Technol.* 2016. P. 24–33.
3. Мідійний гідролізат : пат. №53327, Україна, МКП А23L1/333, А01К61/00.

4. СОУ 15.8–34821206–032:2009.Добавка дієтична. Гідролізат із мідій (МІГІ–К). Технічні умови. [Чинний від 01.07.2010]. Вид. офіц. Київ : Держкомрибгосп України, 2009.
5. ТІ 15.8-34821206-017:2009. Технологічна інструкція з виготовлення дієтичної добавки із мідій (МІГІ–К). [Чинний від 01.07.2010]. Вид. офіц. Київ : Держкомрибгосп України, 2009.
6. Шалимінов О.В., Дятченко Т.П., Кравченко Л.О., Рачковський А.А.: Збірник рецептур національних страв та кулінарних виробів. Київ : А.С.К., 2000. – 848 с. – ISBN 966-539-170-4.
7. Про затвердження мікробіологічних критеріїв для встановлення показників безпечності харчових продуктів : наказ МОЗ України № 548 від 19.07.2012р. № 548 *Офіційний вісник України*. 2012.

REFERENCES:

1. Shemeta O. , Dozhuk K (2015) Funkcionaljne kharchuvannja – novyj pidkhid do zdorovogho sposobu zhyttja [Functional nutrition is a new approach to a healthy lifestyle] Medicines of Ukraine (electronic journal), vol. 1 , no. 186, pp. 24-27. Retrieved from: [https://doi.org/10.37987/19979894.2015.1\(186\).222351](https://doi.org/10.37987/19979894.2015.1(186).222351) (accessed October 2023).
2. Halim N.R.A., Yusof H.M., Sarbon N.M. Functional and bioactive properties of fish protein hydolysates and peptides: a comprehensive review *Trends Food Sci Technol.*, 2016 , P. 24–33.
3. Mussel hydrolyzate: *patent* № 53327, Ukraine, МКР А23L1/333, А01К61/00.
4. *Dietary supplement. Hydrolyzate from mussels (MIGI-K). Specifications.* (2009) SOU 15.8–34821206–032:2009. from 01 June 2010 . Kyiv: State Fisheries Committee of Ukraine [in Ukrainian].
5. *Technological instructions for making a dietary supplement from mussels (MIGI-K).*(2009) ТІ 15.8-34821206-017:2009. from 01 June.2010]. Kyiv: State Fisheries Committee of Ukraine [in Ukrainian].
6. Shalyminov O.V., Djatchenko T.P., Kravchenko L.O., Rachkovskyy A.A.(2000) *Zbirnyk receptur nacionalnykh strav ta kulinarnykh vyrobiv* [A collection of recipes for national dishes and culinary products]. Kyiv , ISBN 966-539-170-4.
7. *On the approval of microbiological criteria for establishing food safety indicators* № 548 (2012 , June 19) *Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny* [in Ukrainian]

УДК 664

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.23>

ВПЛИВ ЦИТРУСОВОГО ПЕКТИНУ НА ЯКІСТЬ БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Стукальська Н. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-6590-7170

Богдан О. С. – магістр
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0006-3947-3552

Харчування – один з найважливіших факторів, що впливає на здоров'я. Раціональне та здорове харчування є важливою складовою здорового способу життя. Воно запобігає хворобам, продовжує життя і створює умови для належної адаптації людини до навколишнього середовища, яке має значущий вплив на здоров'я людей.

Питання забруднення навколишнього середовища важкими металами було проблемою не одне десятиліття, а з початком повномасштабних військових дій на території нашої країни воно стало більш гострим.

Під час вибуху і згоряння вибухових речовин і вибухових пристроїв утворюються азот, сажа, вуглеводні, діоксид свинцю, а також виділяється значна кількість газів. Крім того, під час бойових дій використовуються бойові машини з двигунами, що працюють переважно на дизельному паливі, при згорянні якого викидається значна кількість різних забруднюючих речовин.

На основі аналізу забруднювачів довкілля під час бойових дій можна зробити висновок, що одними з найпоширеніших забруднювачів є сполуки свинцю, які потрапляють у навколишнє середовище в результаті стрільби з вогнепальної зброї та використання самохідних машин.

Основний шлях, яким сполуки свинцю потрапляють в організм з навколишнього середовища – інгаляційний. Залежно від вмісту свинцю в повітрі, розміру і форми частинок в аерозолі та стану легеневої вентиляції, 35–60% від загальної кількості затримується в легенях і лише 5–10% потрапляє в організм через шлунково-кишковий тракт.

З метою профілактики негативного впливу важких металів, що виділяються під час проведення бойових дій, на організм військовослужбовців пропонується здійснити удосконалення продуктів харчування. Удосконалення проводиться на прикладі борошняного кондитерського виробу «Галети».

На основі аналізу літературних джерел, присвячених теоретичним та практичним підходам до удосконалення технології борошняних кондитерських виробів з метою надання детоксуючих властивостей, встановлено, що актуальним є використання цитрусового пектину.

Проаналізовано вплив пектину на якість готового виробу, встановлено зміну органолептичних показників. Описано вплив доданого компоненту на кислотність готового виробу та показники окисно-відновного потенціалу.

Ключові слова: пектин, галети, якість, детоксуючі властивості.

Stukalska N. M., Bohdan O. S. Influence of citrus pectin on the quality of flour confectionery products

Nutrition is one of the most important factors affecting health. Rational and healthy food is an important component of a healthy lifestyle. It prevents diseases, prolongs life and creates conditions for proper adaptation of a person to the environment, which has a significant impact on people's health.

The issue of environmental pollution with heavy metals has been a problem for decades, and with the beginning of full-scale military operations on the territory of our country, it became more acute.

During the explosion and combustion of explosives and explosive devices, nitrogen, soot, hydrocarbons, lead dioxide are formed, and a significant amount of gases are released. In addition, combat vehicles with engines running mainly on diesel fuel are used during hostilities, the combustion of which emits a significant amount of various pollutants.

Based on the analysis of environmental pollutants during combat operations, it can be concluded that among the most common pollutants are lead compounds that enter the environment as a result of firing firearms and the use of self-propelled vehicles.

The main route by which lead compounds enter the body from the environment is inhalation. Depending on the content of lead in the air, the size and shape of the particles in the aerosol and the state of pulmonary ventilation, 35–60% of the total amount is retained in the lungs and only 5–10% enters the body through the gastrointestinal tract.

In order to prevent the negative impact of heavy metals released during hostilities on the body of military personnel, it is suggested to improve food products. The improvement is carried out on the example of the flour confectionery product "Galeta".

Based on the analysis of literary sources devoted to theoretical and practical approaches to improving the technology of flour confectionery products in order to provide detoxifying properties, it was established that the use of citrus pectin is relevant.

The effect of pectin on the quality of the finished product was analyzed, and the change in organoleptic indicators was determined. The effect of the added component on the acidity of the finished product and indicators of redox potential is described.

Key words: pectin, galettes, quality, detoxifying properties.

Вступ. Основними джерелами забруднення під час військових операцій є продукти вибуху, які являють собою дрібнодисперсні частинки та іони важких металів, що разом з водою проникають в організм.

Постановка проблеми. Основний шлях, яким сполуки свинцю потрапляють в організм з навколишнього середовища – інгаляційний. Залежно від вмісту свинцю в повітрі, розміру і форми частинок в аерозолі та стану легеневої вентиляції, 35–60% від загальної кількості затримується в легенях і лише 5–10 % потрапляє в організм через шлунково-кишковий тракт.

Одним із способів виведення важких металів з організму є споживання пектиновмісних продуктів. Ці продукти мають здатність виводити з організму людини радіонукліди, пестициди, важкі метали та інші токсичні речовини, які викликають серйозні захворювання, в тому числі рак, і порушують діяльність основних функцій організму.

Мета даної роботи полягає в тому, щоб провести удосконалення одного із харчових продуктів, що входить до раціону харчування військових, а саме галетів. Удосконалення пропонується здійснити шляхом внесення в рецептуру виробу пектинів, які за рахунок своїх властивостей зі зв'язування важких металів можуть допомогти уникнути негативного впливу важких металів на організм, виводячи їх до моменту всмоктування в стінки кишківника.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пектин має здатність зв'язуватися з металами, полегшуючи виведення іонів важких металів без вторинних ефектів і вважається надійною альтернативою традиційним хелатоутворювачам [1, 2]. Здатність пектину зменшувати абсорбцію та біоаккумуляцію токсичних металів пояснюється тим, що пектин зв'язується з металами в шлунково-кишковому тракті і перешкоджає їх абсорбції, полегшуючи при цьому їх виведення з фекаліями.

Вплив модифікованого пектину на екскрецію токсичних металів у людини досліджували Elias та ін. [3], які оцінювали пероральне застосування пектину з низьким ступенем етерифікації (3,8%) і низькою молекулярною масою у людей з нормальними концентраціями металів, з багатообіцяючими результатами значного збільшення екскреції токсичних металів із сечею через 6 днів

після введення. Автори дійшли висновку, що наявність рамнолактуронану II, який багатий на вільні карбоксильні групи в пектині, сприяє хелатуванню металів.

У дослідженні Zhao та ін. [4] пероральне застосування цитрусового пектину дітям, госпіталізованим з токсичним рівнем свинцю в крові, збільшило екскрецію свинцю з сечею у всіх суб'єктів і згодом значно знизило рівень свинцю в крові. Негативних наслідків для здоров'я не зафіксовано. Це дослідження демонструє ефективність модифікованого цитрусового пектину як хелатора свинцю з оптимальною структурою, яка ефективно хелатує важкі метали.

Враховуючі існуючі напрацювання науковців та харчування військовослужбовців, важливим є створення продуктів харчування, які будуть спонукати виведенню важких металів з організму людини. З цієї метою пропонується використовувати пектин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час вибуху і згоряння вибухових речовин і вибухових пристроїв утворюються азот, сажа, вуглеводні, діоксид свинцю, діоксид марганцю та ідіодол, а також виділяється значна кількість газів. До 30% газів розсіюється в атмосфері, а більша частина газів (важкі компоненти і важкі метали) осідає на шкірі та ґрунті. Продукти вибуху містять до 15% водяної пари, тому іони важких металів і тверді частинки можуть проникати в організм у вигляді водних розчинів.

Крім того, під час бойових дій використовуються бойові машини з двигунами, що працюють переважно на дизельному паливі, при згорянні якого викидається до 2,6 кг (на кілометр пробігу) близько 200 різних забруднюючих речовин. Як наслідок, під час постійних бойових дій в організмі накопичуються свинець, чадний газ і кадмій.

На основі аналізу забруднювачів довкілля під час бойових дій можна зробити висновок, що одними з найпоширеніших забруднювачів є сполуки свинцю, які потрапляють у навколишнє середовище в результаті стрільби з вогнепальної зброї та використання самохідних машин.

Симптоми отруєння свинцем приблизно пропорційні концентрації свинцю, але безпечної концентрації свинцю не існує. Отруєння важкими металами зазвичай лікують спеціальними хелатуючими агентами, такими як етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТА), 2,3-димеркаптобурштинова кислота (ДМСО) і 2,3-димеркапто-1-пропансульфонат натрію (ДМПС), які зв'язуються з металами в крові і полегшують їх виведення з сечею і фекаліями. Хоча концентрація металів в організмі може бути знижена, ці методи лікування можуть викликати вторинні ефекти, такі як перерозподіл металів у мозку та кістках, зниження рівня основних мінералів, дисфункція шлунково-кишкового тракту та висипання на шкірі.

Провівши аналіз раціону харчування військовослужбовців, ми дійшли висновку, що при його складанні було зовсім мало приділено уваги проблемі накопичення важких металів в організмі військовослужбовців. Тому нами була виявлена зацікавленість у вдосконаленні борошняних кондитерських виробів, а саме галетів з використанням пектину, який спонукатиме виведенню важких металів з організму військовослужбовців.

Пектин – це структурний полісахарид клітинних стінок рослин, що складається переважно з одиниць галактуронової кислоти різного складу, структури та молекулярної маси. Цей полісахарид часто пов'язаний з іншими компонентами клітинної стінки, такими як целюлоза, геміцелюлоза та лігнін.

Пектин міститься майже у всіх рослинах, але найбільше його отримують з цитрусових, таких як апельсини, лимони, грейпфрути та яблука [5].

За основу для удосконалення нами було взято галети з підвищеним вмістом цукру і жиру «Спортивні» [6].

Для надання детоксикуючих властивостей даним борошняним кондитерським виробам було прийняте рішення використовувати цитрусовий пектин. З огляду на напрацювання інших дослідників, дійшли висновку про необхідність додавання пектину в кількостях від 5 до 10% від маси борошна, що використовується для виготовлення даного виробу. Для визначення найбільш вдалої композиції проводилось виготовлення трьох зразків, крок збільшення становить 2,5 одиниць: 5%, 7,5% та 10%.

Задля збереження заданої кількості сухих речовин в готовому виробі, проводилось визначення вмісту вологи в пшеничному борошні і цитрусовому пектині, на основі якого здійснювалися розрахунки зі встановленням оптимального співвідношення пектин/борошно. За результатами розрахунків було зроблено висновки про необхідність компонування пектину і борошна в наступних співвідношеннях: 5% пектину – 71,2 г борошна; 7,5% пектину – 69,6 г борошна; 10% пектину – 67,3 г борошна.

Зразки галетів готували з основних компонентів – борошна пшеничного вищого сорту, масла вершкового, молока коров'ячого пастеризованого, яєць курячих, цукру, цитрусового пектину, солі, соди харчової та дріжджів пекарських пресованих. На заміну пшеничного борошна додавали 5; 7,5; 10% цитрусового пектину. Контрольним був зразок без цитрусового пектину.

Під час досліджень було визначено кислотність та окисно-відновний потенціал на рН-метрі Ohaus Starter 2100.

Отримані дані являють собою середнє значення мінімум трьох повторів \pm стандартне відхилення (SD). Графічне представлення експериментальних даних здійснювали за допомогою програми Microsoft Excel 2010.

Після виготовлення контрольного та дослідних зразків, була проведена їх органолептична оцінка, результати якої занесені до табл. 1 і графічно зображені на рис. 1.

З результатів органолептичної оцінки випливає, що дослідний зразок з вмістом пектину 7,5% має найкращі показники серед інших зразків, який співставний з показниками контролю, зокрема за зовнішнім виглядом та запахом, а за консистенцією навіть перевищує показники контролю.

З результатів вимірювання випливає закономірність, яка вказує на те, що при збільшенні концентрації пектину зменшується рівень кислотності, виробу утворюють більш кисле середовище. При цьому збільшується показник окисно-відновного потенціалу. Це пояснюється додаванням до продукту більшої кількості вуглеводів, які під впливом теплової обробки піддаються термічній дегідратації з утворенням кислот та інших продуктів, деякі з яких мають певний запах і тому можуть надавати харчовому продукту певний аромат. Дана закономірність з різною інтенсивністю притаманна всім дослідним зразкам.

Отримані результати були нанесені на координатні вісі графіків (рис. 2, 3). Отримані криві носять поліноміальний характер з величинами достовірності апроксимації $R^2 = 0,9959$ та $0,9978$ відповідно. Тому можна сказати, що наведені на графіках рівняння можуть використовуватись для визначення рівня рН та показника ОВП в досліджуваних зразках.

Таблиця 1

Органолептична оцінка якості удосконалених галетів

Зразок	Зовнішній вигляд	Колір	Консистенція	Смак	Запах
Контроль	Прямокутна форма, поверхня гладка без пошкоджень з проколюваннями	Жовто-золотистий, рівномірний, відповідає готовому виробу	Розсипчаста	Борошняний з присмаком масла	Борошняний з ароматом масла
5 %	Прямокутна форма, поверхня гладка без пошкоджень з проколюваннями	Золотисто-коричневий з підсмаженими краями	Більш щільна, крихка	Борошняний з присмаком масла	Борошняний з ароматом масла
7,5 %	Прямокутна форма, поверхня гладка без пошкоджень з проколюваннями	Золотисто-коричневий з підсмаженими краями	Щільна, наявна пружність при розламуванні	Борошняний з присмаком масла, втрачається солодкість	Борошняний з ароматом масла
10 %	Прямокутна форма, поверхня в тріщинках з проколюваннями	Насичений жовто-коричневий	Крихка, втрачає здатність до зв'язування жиру Тісто рвалося при розкатуванні	Борошняний з присмаком масла, втрачається солодкість	Борошняний з ароматом масла

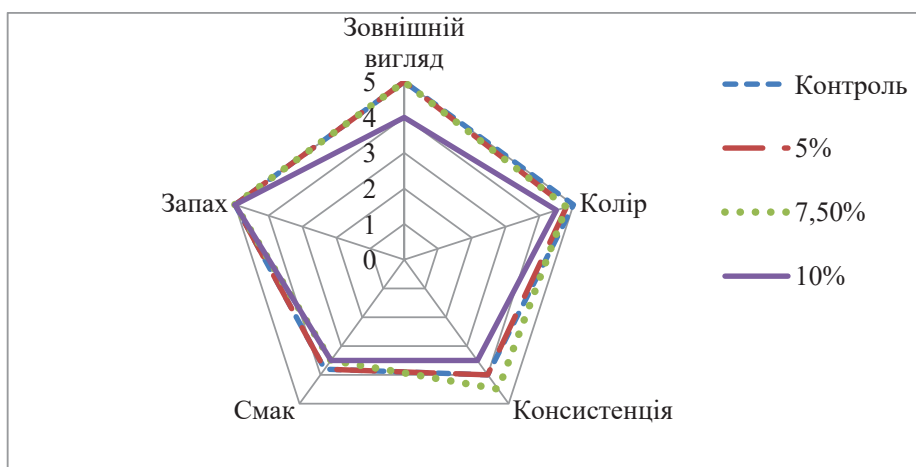


Рис. 1. Профілограма якості удосконалених галетів в порівнянні з контрольним зразком

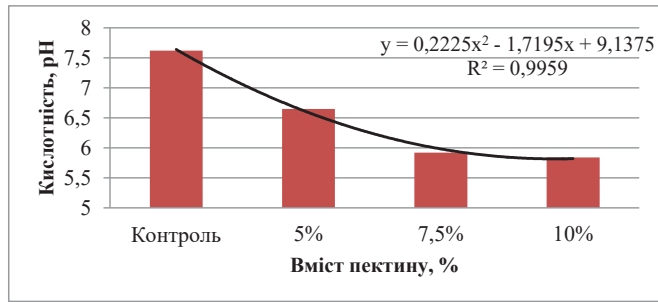


Рис. 2. Графік залежності рівня рН при збільшенні концентрації цитрусового пектину

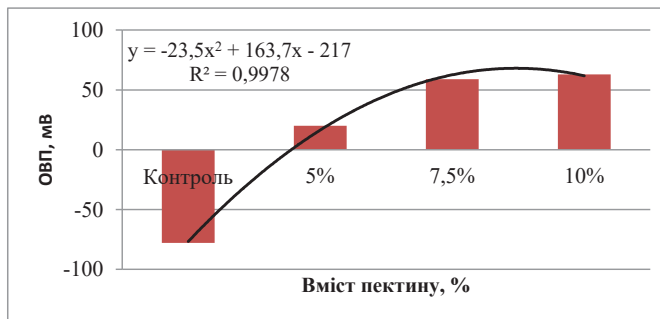


Рис. 3. Графік залежності показника ОВП при збільшенні концентрації цитрусового пектину

Впливаючи з результатів досліджень, можна сказати, що додавання пектину в кількості 7,5% від маси борошна є найбільш оптимальним для надання виробу прогнозованих властивостей при найменших змінах органолептичних та фізико-хімічних показників.

Виготовлення удосконалених галетів проводилось відповідно функціональній схемі технологічного процесу виробництва, зображеній на рис. 4.

Розроблена функціональна схема технологічного процесу виробництва удосконалених галетів складається з наступних етапів: підготовки сировини до виробництва, приготування рецептурної суміші, оформлення.

Підсистема С «Підготовка сировини до виробництва». В межах підсистеми проводиться підготовка всієї сировини. Здійснюється просіювання сипучих компонентів через сита з розміром комірок не більше $1...3 \cdot 10^{-3}$ м. Проводиться санітарна обробка курячих яєць, їх відділення від шкаралупи з подальшим перемішуванням для отримання меланжу, який проціджується крізь сито з розміром комірок $1...2 \cdot 10^{-3}$ м. дріжджі розтираються з просіяним цукром і підігрітою до 35°C водою. Іншу рідку сировину підігрівають до 25°C . Просіяний пектин розводиться у підігрітому до 25°C молоці. Масло розтоплюють за температури $40...50^\circ\text{C}$.

Підсистема В «Приготування рецептурної суміші». В межах підсистеми здійснюється операція одержання галетного тістового напівфабрикату за рахунок перемішування підготовлених інгредієнтів рецептури за підсистемою С,

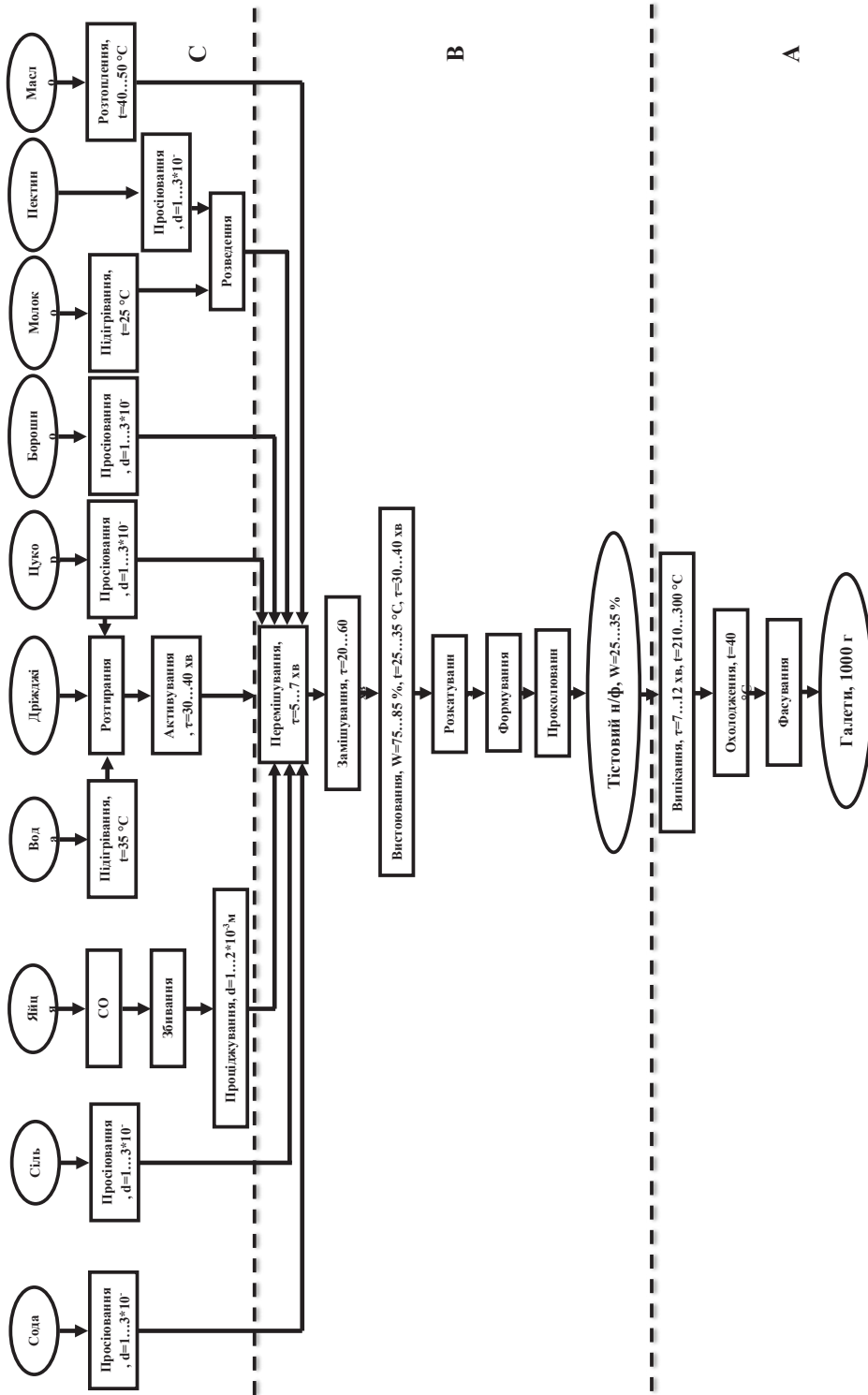


Рис. 4. Функціональна схема технологічного процесу виробництва удосконалених галетів

замішуванням тіста з його подальшим вистоюванням, розкатуванням, формуванням напівфабрикату.

Готове галетне тісто має вологість 25...35%.

Підсистема А «Оформлення та реалізація борошняного кондитерського виробу». Галети випікають за температури 180 °С протягом 12–15 хвилин на деках для випікання.

Виходом підсистеми є галетне печиво відповідними органолептичними, фізико-хімічними показниками якості, безпеки і структурно-механічними властивостями. Для реалізації підсистеми здійснюють фасування і пакування виробу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Встановлено, що додавання цитрусового пектину (5; 7,5; 10%) до рецептури галетів призводить до надання останнім детоксикуючих властивостей за рахунок здатності пектину до зв'язування іонів важких металів. При цьому додавання пектину впливає на якісні показники готового виробу, зокрема знижує рівень кислотності і підвищує показники окисно-відновного потенціалу. Крім того додавання цитрусового пектину впливає і на органолептичні показники готового виробу. Зокрема при додаванні пектину в кількості 7,5% від маси борошна, виріб має співставні показники якості в порівнянні з показниками контролю, зокрема за зовнішнім виглядом та запахом, а за консистенцією навіть перевищує показники контролю. Тому з впевненістю можна сказати, що додавання пектину до борошняних кондитерських виробів, зокрема галетів, є перспективним та таким що потребує подальших досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ahmady-Asbchin S., Andres Y., Gerente C., Cloirec P.L. Natural Seaweed Waste as Sorbent for Heavy Metal Removal from Solution. *Environ. Technol.* 2009; 755–762.
2. Khotimchenko Y., Khozhaenko E., Kovalev V., Khotimchenko M. Cerium Binding Activity of Pectins Isolated from the Seagrasses *Zostera marina* and *Phyllospadix iwatensis*. *Mar. Drugs.* 2012; 834–848.
3. Eliaz I., Hotchkiss A.T., Fishman M.L., Rode D. The Effect of Modified Citrus Pectin on Urinary Excretion of Toxic Elements. *Phytother. Res.* 2006; 859–864.
4. Zhao Z.Y., Liang L., Fan X., Yu Z., Hotchkiss A.T., Wilk B.J., Eliaz I. The Role of Modified Citrus Pectin as an Effective Chelator of Lead in Children Hospitalized with Toxic Lead Levels. *Altern. Ther. Health Med.* 2008; 34–38.
5. Rascón-Chu A., Martínez-López A., Carvajal-Millán E., Ponce de León-Renova N., Márquez-Escalante J., Romo-Chacón A. Pectin from Low Quality “Golden Delicious” Apples: Composition and Gelling Capability. *Food Chem.* 2009; 101–113.
6. Новікова О. В. Технологія виробництва хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів. 2014; С. 493-499.

REFERENCES:

1. Ahmady-Asbchin S., Andres Y., Gerente C., Cloirec P.L. (2009). Natural Seaweed Waste as Sorbent for Heavy Metal Removal from Solution. *Environ. Technol.* 755–762.
2. Khotimchenko Y., Khozhaenko E., Kovalev V., Khotimchenko M. (2012). Cerium Binding Activity of Pectins Isolated from the Seagrasses *Zostera marina* and *Phyllospadix iwatensis*. *Mar. Drugs.* 834–848.
3. Eliaz I., Hotchkiss A.T., Fishman M.L., Rode D. (2006). The Effect of Modified Citrus Pectin on Urinary Excretion of Toxic Elements. *Phytother. Res.* 859–864.
4. Zhao Z.Y., Liang L., Fan X., Yu Z., Hotchkiss A.T., Wilk B.J., Eliaz I. (2008). The Role of Modified Citrus Pectin as an Effective Chelator of Lead in Children Hospitalized with Toxic Lead Levels. *Altern. Ther. Health Med.* 34–38.

5. Rascón-Chu A., Martínez-López A., Carvajal-Millán E., Ponce de León-Renova N., Márquez-Escalante J., Romo-Chacón A. (2009). Pectin from Low Quality “Golden Delicious” Apples: Composition and Gelling Capability. *Food Chem.* 101–113.

6. Novikova O. V. (2014). Tekhnolohiya vyrobnytstva khlibobulochnykh i boroshnyanykh kondyters'kykh vyrobiv [Production technology of bakery and flour confectionery products], 493-499 [in Ukrainian].

УДК 635.8: 641

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.24>

НАУКОВО-ПРАКТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЦЕПТУР І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА ПАШТЕТУ НА ОСНОВІ ГРИБІВ *PLEUROTUS ERYNGII*

Ющенко Н. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології ресторанної та аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-4277-5782
Scopus-Author ID: 57192679921
Researcher ID: D-7516-2019

Чепурська К. В. – магістрант
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0007-5005-3767

На підставі узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень обґрунтовано та науково підтверджено перспективність використання *Pleurotus eryngii* для виробництва паштетів в закладах ресторанного господарства. Грибна сировина є цінним джерелом білка, мінеральних та біологічно активних речовин, зокрема фізіологічно активних β -глюканів, вітамінів тощо, володіють антиоксидантними, антимікробними властивостями, справляють позитивний вплив на здоров'я людини та практично не мають вікових обмежень щодо вживання.

Pleurotus eryngii характеризуються ще і високим рівнем засвоюваності, що дозволяє їх використання у технологіях харчової продукції дієтичного харчування.

Крім того, *Pleurotus eryngii* мають ніжну порівняно з іншими грибами консистенцію, м'який смак та аромат, що робить можливим їх використання у технологіях харчової продукції полікомпонентного складу, а застосування культивованої грибної сировини дозволить забезпечити її безпечність та якість.

На підставі аналізу складу та функціонально-технологічних властивостей здійснено вибір інгредієнтів та розроблено рецептуру паштету на основі *Pleurotus eryngii*, що містить гриби *Pleurotus eryngii* – 60 %; морква свіжа – 11,8 %; цибуля ріпчаста свіжа – 9,7 %; напій на основі мигдалю – 13 %; псилум – 3 %; сіль кухонна – 0,5 %; перець чорний – 0,5 %; гуньба сінна – 0,5 %; зелень петрушки – 1 %.

Розроблено технологічну схему виробництва нового виду паштету та обґрунтовано технологічні параметри оброблення суміші – $120 \pm 15^\circ\text{C}$ за частоти робочого органу 2000 об/хв. Доцільність прийнятих рішень підтверджено оцінкою органолептичних зразків та аналізом мікрофотозображення нового виду паштету.

Паштет має відносно невисоку калорійність, що чудово підходить для тих, хто тримає себе у формі.

Результати цієї роботи можуть бути корисні для виробників паштетів, кулінарів, а також для наукових досліджень в галузі харчової промисловості.

Ключові слова: паштет, гриби *Pleurotus*, рецептура, технологія, органолептичні властивості.

Yuschenko N. M., Chepurska K. V. Scientific and practical justification of pate recipes and technology based on pleurotus mushrooms

Based on the generalization of analytical and experimental studies, the prospects of using *Pleurotus eryngii* for the production of pates in restaurant establishments have been substantiated and scientifically confirmed. Mushroom raw materials are a valuable source of protein, minerals and biologically active substances, in particular physiologically active β -glucans, vitamins, etc., have antioxidant and antimicrobial properties, have a positive effect on human health and have practically no age restrictions on consumption.

Pleurotus eryngii is also characterized by a high level of digestibility, which allows it to be used in dietary food technologies.

In addition, Pleurotus eryngii have a delicate texture, mild taste and aroma compared to other mushrooms, which makes it possible to use them in the technologies of food products with a multicomponent composition, and the use of cultivated mushroom raw materials will ensure their safety and quality.

Based on the analysis of the composition and functional and technological properties, the ingredients were selected and a recipe for a paste based on Pleurotus eryngii was developed, containing Pleurotus eryngii mushrooms – 60 fresh carrots – 11.8%; fresh onions – 9.7%; almond-based drink – 13%; psyllium – 3%; table salt – 0.5%; black pepper – 0.5%; haymaker – 0.5%; parsley – 1%.

A technological scheme for the production of a new type of paste was developed and the technological parameters of processing the mixture were substantiated – $120 \pm 15^\circ\text{C}$ at a working body frequency of 2000 rpm. The expediency of the decisions made was confirmed by the evaluation of organoleptic samples and the analysis of microphotographic images of the new type of paste.

The pate has a relatively low calorie content, which is great for those who keep fit.

The results of this work can be useful for pate producers, chefs, and for scientific research in the food industry.

Key words: *pate, Pleurotus mushrooms, recipe, technology, organoleptic properties.*

Актуальність дослідження. Паштети – це найрізноманітніші фарші на основі м'ясної, рибної чи грибною сировини, що стали невід'ємною складовою раціону усіх верств населення завдяки простоті приготування, вишуканості смаку та різноманітності сфер застосування. Паштети з успіхом можуть бути приготовані як професіоналами ресторанної справи, так у домашніх умовах.

Традиційно в Україні для виробництва паштетів використовується м'ясо свійських тварин та птиці, печінку, рибу з або без додавання овочів та грибів.

Асортимент грибних паштетів є обмеженим з огляду на відносно високу вартість сировини та упередженість споживачів щодо безпечності паштетів на основі грибів.

Авторами запропоновано удосконалену технологію паштетів на основі свіжих грибів родини *Pleurotus*, а саме *Pleurotus eryngii*.

Критеріями вибору грибною сировини слугували: доступність та безпечність, функціонально-технологічні властивості та поживна цінність.

Гриби роду *Pleurotus* відносяться до дереворуйнівних грибів, що культивуються на відходах сільськогосподарського виробництва, є відносно невибагливими, тому їх вирощування в Україні набуває промислових обсягів [1].

Окрім того, використання культивованої грибною сировини дозволяє забезпечити виробництво безпечної продукції зі стабільними показниками щодо якості.

Серед інших гриби роду *Pleurotus* вирізняються високою поживною цінністю завдяки вмісту білка, комплексу вітамінів, мінеральних та біологічно активних речовин, доступністю для травних ферментів та високою засвоюваністю, тендітна структура плодового тіла дозволяє отримати ніжний та однорідний паштет, а ніжний смак та аромат дозволяє комбінувати грибну основу з різними видами овочів та прянощами.

Аналіз наукових досліджень. Популярною стравою на сьогоднішній день є паштет, який зазвичай використовують як намазку на хліб або роблять бутерброди у поєднанні зі свіжим огірком, вершковим маслом тощо. Паштети можуть входити до меню як на сніданок, і як на перекус протягом дня, і як Amuse Bouche. Amuse bouche подають перед застіллям, як комплімент від шеф-кухаря, щоб «розігріти» апетит клієнта ресторану або гостя на святковій вечері.

На українському ринку представлені кілька видів м'ясних паштетів. Класифікувати їх можна за складом або за вибором упаковки для продукту. Види м'ясних паштетів за складом: з м'яса яловичини і свинини; з субпродуктів; з м'яса птиці;

з грибною сировини, із додаванням рослинних інгредієнтів, спецій та прянощів [2]. Найбільша розповсюдженими є такі паштети: паштет грибний ТМ «Vegetus», паштет грибний вегетаріанський зі смаком трюфеля ТМ «Vegan Deli», паштет «Лавка Традицій» Bonper з грибами шіітаке ТМ «Нахлібчик», паштет печінковий з грибами ТМ «Вербена», паштет з лісовими грибами ТМ «Perva Extra».

Паштет з грибів можна віднести до дієтичного продукту, оскільки в цій страві присутня велика кількість білка, що являє собою вагому частину добової потреби організму людини, та відносно невелику енергетичну цінність, що чудово підходить для тих, хто тримає себе у формі.

Актуальність питання полягає в тому, що в організмі людини практично немає резерву білку. Єдиним постачанням його є продукти з великим вмістом білків. Тому у якості основи для виробництва паштету було обрано гливу королівську. Її можна вирощувати протягом року в спеціально обладнаних приміщеннях незалежно від погодних, ґрунтових умов. Гриби вважаються низькокалорійним продуктом, який має високий ступінь засвоюваності в організмі людини та містить більше 35 % білку (на суху речовину). Вони мають дуже низький вміст нітратів та нітритів. Також, існує декілька факторів позитивного впливу на організм людини вживання культивованих грибів – покращення функціонального стану систем організму та окремих органів, підвищення імунітету, зниження рівню холестерину. При постійному вживанні у своєму раціоні грибів людський організм отримує комплекс органічних сполук, що мають фармакологічні властивості і впливають значно м'якше, ніж синтетичні засоби [3].

Одним із переваг використання грибів роду *Pleurotus* у виробництві паштетів є їх доступність та низька вартість порівняно з м'ясом та рибою. Це може дати можливість знижувати вартість продукту та зробити його доступнішим для споживачів. Також, вирощування глив має ряд переваг: висока швидкість росту; гриби відносно швидко приносять перший урожай, а значить і прибуток; хороший спротив агресивним мікроорганізмам; гриби слабкосхильні до хвороб і шкідників, тому забезпечують хороше збереження врожаю, що важливо в бізнес-плануванні; дешевизна субстрату – найпоширенішим матеріалом для розведення гливи є відходи сільського господарства, які мають невисоку вартість: шкарлупинки насіння, кукурудзяні качани, солома, тирса та інше; проста технологія вирощування – гливи не вимагають постійного контролю і великих трудовитрат в період зростання, також немає необхідності в застосуванні складного технологічного обладнання; повторне використання субстрату – після повного вироблення ресурсу субстрату його можна застосувати як корм або як сільськогосподарське добрив; доступні умови для культивування в Україні; не потребують великих площ для вирощування та дають вищу врожайність ніж традиційні види грибів.

У науковій літературі було проведено кілька досліджень щодо виробництва паштетів на основі грибів роду *Pleurotus*, такими науковцями як Л.О. Косаренко, Н.В. Молчанова, О.І. Ковальчук, Г.В. Карпова, Г.В. Савченко, В.М. Ткаченко, Л.П. Сидоренко, Н.В. Новікова та ін.

Доведено, що включення даних грибів до складу паштетів може підвищувати їх поживну цінність та покращувати органолептичні властивості [4]. *Pleurotus eryngii* належать до базидієвих грибів з огрядними плодовими тілами, є цінним джерелом білка та вітамінів – B_2 , B_3 , B_5 , B_6 , B_9 та Е, а також мінеральних речовин, таких як залізо, мідь та цинк [5]. Гриби роду *Pleurotus* мають високу харчову цінність і є джерелом білка, вуглеводів, різноманітних вітамінів та мінеральних речовин. Їх вміст залежить від субстрату, на якому вони вирощені, та умов вирощування [6].

Тому, розробка нових рецептур та технологій з використанням грибів роду *Pleurotus* може допомогти вирішити проблему нестачі білка та вітамінів у раціоні сучасної людини.

По-перше, паштети є дуже популярним продуктом харчування, який можна використовувати як закуски або основну страву. Розробка нових рецептур та технологій паштетів на основі грибів роду *Pleurotus* може допомогти покращити харчову цінність та смакові якості продукту.

По-друге, розробка нових рецептур та технологій паштетів на основі грибів роду *Pleurotus* може мати позитивний вплив на екологічну ситуацію.

Гриби є відновлюваним джерелом поживних речовин, а їх вирощування не потребує великих земельних ділянок та водних ресурсів, що може зменшити негативний вплив сільського господарства на довкілля.

Отже, науково-практичне обґрунтування рецептур та технологій паштетів на основі грибів роду *Pleurotus* є важливою проблемою, яка потребує подальшого дослідження та розвитку.

Крім того, з ростом популярності здорового способу життя та вегетаріанської культури харчування, гриби роду *Pleurotus* стали одними з найбільш вживаних інгредієнтів в різних кулінарних рецептах. Це обумовлено тим, що вони містять велику кількість корисних речовин, включаючи білки, вуглеводи, вітаміни та мінерали (табл. 1). Тому вивчення властивостей та розробка оптимальної технології виробництва паштетів на основі грибів роду *Pleurotus* є важливим напрямом сучасних досліджень в області харчової промисловості та науки про харчування.

Порівняльна характеристика поживної цінності та калорійності гливи королівської (*Pleurotus eryngii*) та їстівних грибів, що традиційно використовуються для приготування кулінарних страв наведена у табл. 1

Таблиця 1

Порівняльна характеристика поживної цінності та калорійності окремих видів їстівних грибів [7]

Показник	Глива королівська	Печериці	Лисички
Волога	89	92,1	89,9
Білки	3,3 г	2,5 г	1,5 г
Жири	0,4 г	0,1 г	0,5 г
Вуглеводи	3,8 г	3,5 г	6,9 г
Клітковина	2,3 г	0,6 г	3,8 г
Зола	1 г	1 г	1,3 г
Жирні кислоти	0,03 г	0,03 г	-
Калій	17 мг	44 мг	50 мг
Фосфор	15 мг	12 мг	57 мг
Залізо	7,4 мг	4 мг	3,5 мг
Цинк	6,4 мг	1,1 мг	0,7 мг
Тіамін (В ₁)	8,3 мг	0,9 мг	-
Рибофлавін (В ₂)	19,0 мг	4,9 мг	2 мг
Ніацин (В ₃)	9,7 мг	3,8 мг	2 мг
Пантотенова кислота (В ₅)	26,0 мг	1,5 мг	1,1 мг
Вітамін Д	7,0 мг	2 мкг	5,3 мг
Вітамін Е	-	0,1 мг	-
Біотин (Н)	22,0 мг	2 мг	3 мг
Нікотинова кислота (РР)	25,0 мг	3,6 мг	4,1 мг
Калорійність	38 кКал	22 кКал	33 кКал

Гриби роду *Pleurotus* мають добру врожайність, високу якість та смакові властивості, що робить їх популярними серед виробників харчових продуктів. Крім того, вони є джерелом важливих біологічно активних речовин, таких як β -глюкани, ерготіонеїни, антимікробні та антиоксидантні сполуки, що забезпечують їх застосування в медицині [6].

Було вивчено вплив різних типів жирів (рослинних, тваринних) на якість паштетів на основі грибів роду *Pleurotus*. В результаті було встановлено, що рослинні жири можуть замінювати тваринні та знижувати калорійність паштетів без погіршення смакових властивостей [6, 7].

Також дослідження були спрямовані на вивчення можливості використання екстракту грибів роду *Pleurotus* як натурального консерванту у паштетах. Результати цих досліджень вказують на те, що екстракт грибів може знижувати чисельність залишкової мікрофлори у продукті та збільшувати термін його зберігання за рахунок комплексу сполук з антимікробною активністю [8].

Отже, виробництво паштетів на основі грибів роду *Pleurotus* є перспективним напрямком, який може підвищити харчову цінність цього продукту та зменшити використання м'яса та тваринних жирів у харчуванні.

На особливу увагу заслуговує функціональний інгредієнт – псиліум, що являє собою лущиння насіння подорожника (*Plantago ovata*). Основа псиліума – харчове волокно, що у свою чергу складається з 3-х фракцій: А – близько 30 %, не ферментується, забезпечує нормалізацію роботи кишечника, виступає як наповнювач, що надає відчуття ситості без підвищення калорійності; В – близько 55 %, є гель-формуючою фракцією, зв'язує воду, жовчні кислоти, токсини та С (15%) – швидко ферментується, забезпечує життєдіяльність нормальної мікрофлори кишечника (лакто- та біфідобактерій). Окрім кишечника псиліум позитивно впливає на функціонування багатьох органів і систем, включно з підшлунковою залозою та серцевим м'язом. Псиліум є ефективним засобом для осіб, які страждають від надмірної ваги, а також зниження рівня глюкози крові та холестерину [9].

Метою дослідження є науково-практичне обґрунтування рецептур та технологічних параметрів виробництва паштетів на основі грибів роду *Pleurotus*, визначення їх якості та поживної цінності, а також розробка рекомендацій щодо використання даного продукту у раціоні харчування людей.

Методи досліджень. Для даного дослідження використовувалась грибна сировина – глива королівська ТМ «Перша хвиля» згідно з ДСТУ 7786:2015, олія соняшникова виробництва ТМ «Олейна», згідно з ДСТУ 4492:2017, морква свіжа згідно з ДСТУ 7035:2009, цибуля ріпчаста згідно з ДСТУ 3234-95, напій мигдальний згідно з ТУ У 11.0-23063575-015:2018, псиліум згідно з ТУ У 10.8-42063780-001:2018, сіль кухонна згідно з ДСТУ 3583:2015, перець чорний згідно з ДСТУ ISO 959-2:2008, зелень петрушки згідно з ДСТУ 8645:2016, гуньба сінна згідно з ДСТУ 7160:2020.

Моделльні зразки паштету готувались таким чином: здійснювалась підготовка грибної та овочевої сировини (миття, очищення, подрібнення). Гриби та овочі окремо піддавались пасеруванню на соняшниковій олії.

Прянощі подрібнювались за допомогою молоткової дробарки до розмірів частинок не більше $2\pm 0,2$ мм.

Готувалась суміш пасерованих грибів, овочів, подрібнені прянощі, сіль харчова, псиліум. Суміш ретельно перемішувалась, додавалась необхідна кількість мигдалевого молока, після чого піддавалась механічному обробленню із використанням лабораторного міксера за частоти обертання робочого органу 2000 ± 100 об/хв. Тривалість обробки встановлювалась залежно від умов досліду.

Під час виконання дослідження використовували такі методи: органолептичні (зовнішній вигляд, колір, запах, смак, консистенція, соковитість), експериментальні (визначення вмісту вологи, волоутримуючої здатності, вологості, кислотності) та статистичні. Достовірність результатів забезпечувалась 3–5 кратним повтором експериментальних досліджень.

Масову частку вологи паштету визначали методом висушування із використанням вологоміра Чижової ($165 \pm 5^\circ\text{C}$ протягом 5 хв. з подальшим охолодженням у ексікаторі та визначенням маси вологи, яка випарувалась); показник активної кислотності – із використанням рН-метра.

Визначення волоутримуючої здатності паштету здійснювалось за гравіметричним методом Грау-Хамма в модифікації А. А. Алексєєва, який ґрунтується на визначенні кількості вологи, що виділяється з продукту, при пресуванні наважки паштету масою 3 г за розподіленого тиску 500 г протягом $10 \pm 0,5$ хв.

Органолептична оцінка проводилась за 5-ти бальною шкалою бажаності, де 5 – дуже бажаний; 4 – бажаний, 3 – скоріш бажаний, аніж небажаний; 2 – скоріш небажаний, аніж бажаний; 1 – не дуже бажаний; 0 – небажаний.

Результати досліджень. На першому етапі встановлювалось раціональна кількість введення овочів: моркви та цибулі до складу грибного паштету. Для цього здійснювалась підготовка інгредієнтів: грибів гливи королівської, моркви та цибулі у наведеній вище послідовності. Кількість солі встановлювалась на рівні $1,0 \pm 0,1\%$ від маси суміші. Співвідношення гриби: морква: цибуля послідовно змінювалось від 1:0,4:0,1 до 1:0,8:0,5 з інтервалом у 0,2. Органолептична оцінка модельних зразків грибних паштетів наведена на рис. 1.

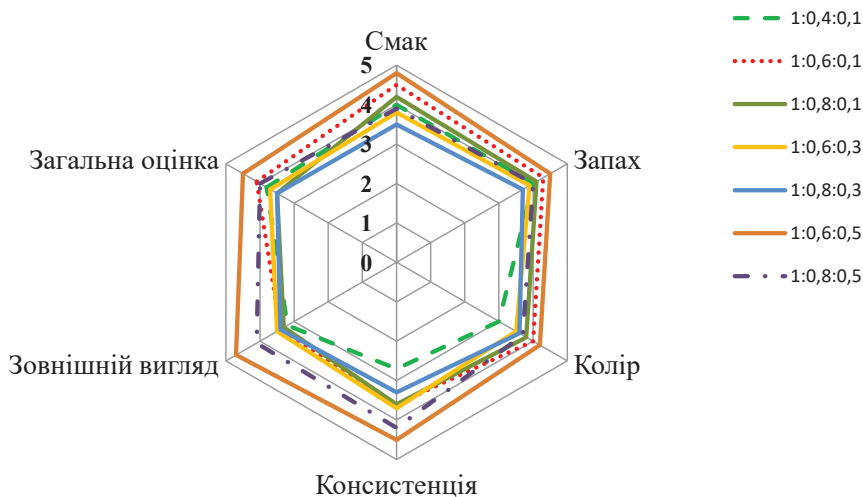


Рис. 1. Профілограма органолептичної оцінки модельних зразків грибних паштетів

Таким чином, раціональним співвідношенням є: 1:0,6:0,5, що відповідає найвищій оцінці органолептичних властивостей модельних зразків.

Аналогічно визначалось раціональне співвідношення прянощів у складі рецептури грибного паштету. Для цього готувався модельний зразок основи для паштету за визначеними у попередньому дослідженні співвідношеннями. Для

введення до складу паштету передбачено вводити чорний перець, гуньбу сінну та сушену зелень петрушки.

З метою визначення раціонального співвідношення прянощів у складі рецептури паштету була приготована основа у вищевизначеному співвідношенні, до складу якої вводилась композиція прянощів у кількості 1,0 % з таким співвідношенням компонентів:

Зелень петрушки: гуньба сінна: перець чорний від 1:0,4:0,1 до 1:0,8:0,5 з інтервалом у 0,2. Органолептична оцінка модельних зразків паштету з прянощами наведена на рис. 2.

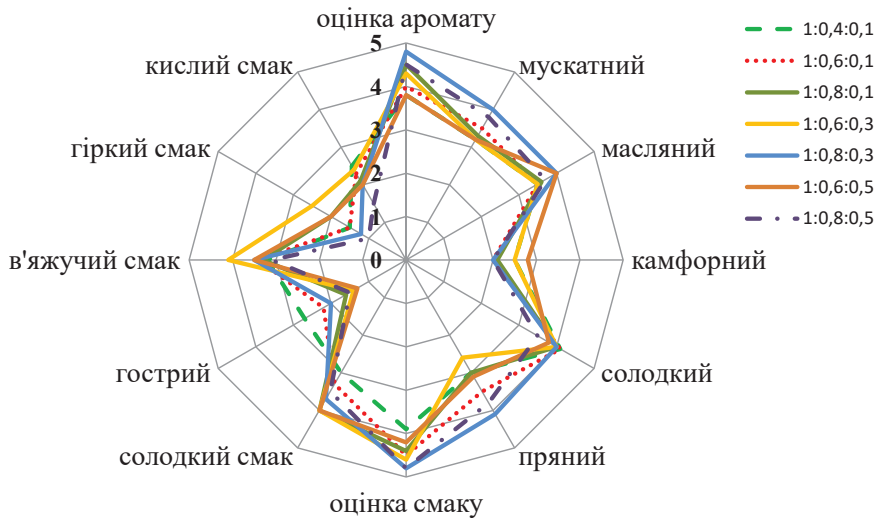


Рис. 2. Профілограма органолептичної оцінки модельних зразків грибного паштету з прянощами

На підставі аналізу профілограми органолептичних властивостей модельних зразків грибних паштетів, встановлено раціональне співвідношення прянощів чином, раціональним співвідношенням зелень петрушки: гуньба сінна: перець чорний як 1:0,8:0,3.

Отриманий паштет мав мазку та пластичну консистенцію, приємний ніжний смак з грибним присмаком та пряно-грибним ароматом. Але з огляду на високий вміст гливи у складі паштету консистенція виявилась неоднорідною, зорозв розрізнялись подрібнені волокна курячого м'яса та грибною сировини, при зберіганні через короткий час на поверхні спостерігалось відокремлення жирової фази. Тому було вирішено до складу рецептури вводити комбінацію мигдалевого молока та псиліуму, що дозволить забезпечити ніжність та однорідність консистенції, а також збагатити продукт харчовими волокнами.

Експериментально встановлено раціональне кількість введення псиліуму – 0,5 % та мигдалевого молока – 1,0 % від маси усіх компонентів.

З урахуванням органолептичної оцінки модельних зразків за змінної кількості компонентів розроблено рецептуру грибного паштету з курятиною та прянощами (табл. 2).

Таблиця 2

Рецептура паштету грибного з курятиною та прянощами

Назва сировини	Кількість на 100 г готового продукту		Функціональне призначення
	Брутто, г	Нетто, г	
Глива королівська	100	90	Основна сировина
М'ясо курки	22	20	Основна сировина
Цибуля ріпчаста	18	15	Основна сировина
Морква	25	20	Основна сировина
Сіль	1	1	Смакодадобавка
Чорний духмяний перець	1	1	Смакова добавка
Олія соняшникова	2	2	Допоміжна сировина
Напій на основі мигдалю	20	20	Основна сировина
Псиліум	4	4	Основна сировина
Гуньба сінна	1	1	Смакова добавка
Сушена зелень петрушки	2	2	Смакодадобавка

Визначено, вміст вологи у досліджуваних зразках паштету – в межах 50 ± 1 %, що відповідає встановленим нормам (згідно з ДСТУ 4432:2005 масова частка вологи паштетів не повинна перевищувати 53 %). Показник активної кислотності продукту, що становив – 6,7, це свідчить про те, що кислотність середовища є ближчою до нейтральної і продукт буде позбавлений кислуватого присмаку, що є характерним для більшості як м'ясних, так і грибних паштетів.

Найбільш важливою технологічною операцією, що визначатиме якість та споживчі властивості інноваційного продукту є механічне оброблення. Для встановлення раціональних режимів було приготовано суміш для виробництва паштету грибного з куркою та прянощами згідно з рецептурою табл. 1. Суміш піддавали механічному обробленню блендером протягом 30–150 с з інтервалом у 15 с. Критерієм ефективності процесу були показники вологоутримувальної та жирутримувальної здатності. Результати досліджень наведені на рис. 3.

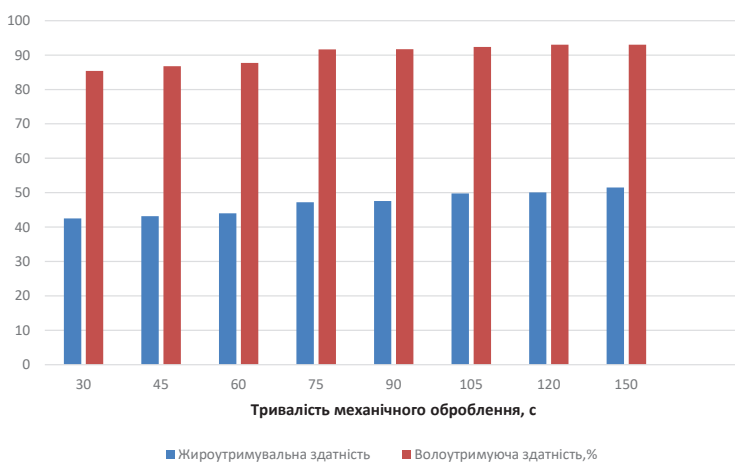


Рис. 3. Показник вологоутримувальної та жирутримувальної здатності грибного паштету за змінного часу механічного оброблення

Таким чином, зі збільшенням часу механічного оброблення суміші волоутримуюча здатність протягом 105 ± 15 с збільшується, що пояснюється подрібненням складових рецептури, а також перетворенням суміші на грубодисперсну систему паштету, у комірках якої утримується як водна, так і жирова фази.

При подальшому збільшенні тривалості оброблення показники жирота водоутримувальної здатності істотних змін не зазнавали. Таким чином, встановлений раціональна тривалість механічного оброблення суміші – 120 ± 15 с.

Отримані результати підтверджуються фотозображеннями зразків паштету за збільшення $\times 400$ (рис. 4 а-г).

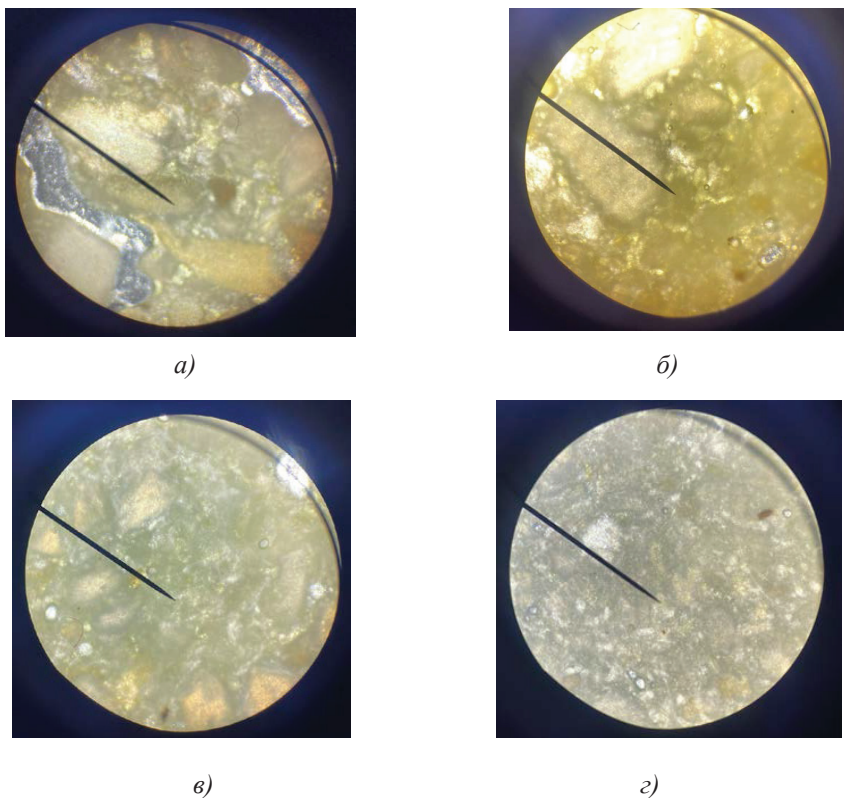


Рис. 4. Фотозображення структури паштету за збільшення $\times 400$ після залежно від тривалості механічного оброблення: а) 30 ± 15 с; б) 60 ± 15 с; в) 90 ± 15 с; з) 120 ± 15 с

Зі збільшенням часу механічного оброблення структура паштету стає більш однорідною. Якщо за тривалості механічного оброблення 30 ± 15 с спостерігаються неоднорідність фаз із достатньо великими ділянками водної та жирової фази, а також вирізняються частинки різного розміру та забарвлення, що спричинятиме нерівномірність кольору готового паштету, то за тривалості оброблення 120 ± 15 с консистенція стає максимально однорідною з включенням частинок різного розміру, що є допустимим для паштетів.

Фотозображення та варіант подачі грибного паштету з курятиною та прянощами наведено на рис. 5.



Рис. 5. Фотозображення та варіант подачі грибного паштету з курятиною та прянощами

Грибний паштет з курятиною та прянощами характеризувався приємним ніжним смаком та ароматом з вираженим пряно-грибним присмаком та ароматом; мав однорідну, в міру щільну та пластичну консистенцію та кремово-жовтий колір, рівномірний за усією масою, з включеннями тонко подрібнених грибних волокон та прянощів.

Розроблена технологія паштетів на основі грибів *Pleurotus*, які можуть бути включені до раціону харчування з метою підвищення поживної цінності та збереження здоров'я. Для подальших досліджень можна розглядати можливість використання інших видів грибів у рецептурі страв з метою розширення асортименту та покращення якості харчових продуктів.

Висновки. На підставі узагальнення аналітичних та експериментальних досліджень обґрунтовано та науково підтверджено перспективність використання гливи королівської у технології кулінарної продукції в закладах ресторанного господарства.

Обґрунтовано вибір компонентів, визначено їх раціональне співвідношення у складі рецептури паштету, розроблено рецептуру та визначено технологічні параметри механічного оброблення суміші у виробництві грибного паштету з курятиною та прянощами.

Розроблено модель технологічної системи приготування паштету з глив, з додаванням овочевої сировини, та м'яса птиці, що забезпечить високу поживну цінність паштету, та може використовуватись в дієтичному харчуванні.

Отже, новий вид паштету на основі гливи королівської курятиною та прянощами, характеризується високою поживною цінністю та засвоюваністю завдяки полікомпонентному складу та вмісту біологічно активних інгредієнтів, що володіють фізіологічною активністю.

Поживна цінність та функціонально-технологічні властивості гливи королівської дають підстави рекомендувати її до введення до складу рецептур інноваційної продукції ресторанного господарства. За хімічним складом та поживною цінністю ця грибна сировина є відмінною альтернативою м'ясу, тому можемо сміливо рекомендувати почати вживати його тим, хто є вегетаріанцем, або хоче спробувати цю систему харчування.

Крім того, доволі низька калорійність гливи королівської за доволі високого вмісту біологічно активних речовин дозволяє рекомендувати її до використання у технологіях продукції спеціального призначення, у тому числі геродієтичного.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Перцевой, Ф. В., Фотіна, Т. І., Кошель, О. Ю., Маренкова, Т. І. (2023) Розширення асортименту паштетів збагачених на культивовану грибку сировину при кейтеринговому обслуговуванні. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, Вип.13, С. 216-229.
2. Полятикіна Ю.К., Степанова Т.М. (2022) Застосування культивованої грибною сировини в технології приготування паштетів. *Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів і аспірантів, присвяченої Міжнародному дню студента (Україна, Суми, 14-18 листопада 2022 р.)* (ред. кол. А.М. Бричко, М.А. Михайліченко, О.Б. Кисельов та ін.), Суми: Сумський національний аграрний університет, С. 20-24.
3. Хареба О. В., Улянич О. І., Хареба В. В., Ковтунюк З. І., Бандура І. І., Воробйова Н. В., Цизь О. М., Яценко В. В. (2021) *Малопоширені овочеві рослини та гриби: навчальний посібник. – 2-е вид. допов. і перероб.* Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД»
4. Косаренко Л.О., Желтикова Н.В., Карпова Г.В. (2018) Дослідження впливу різних інгредієнтів на якість паштету на основі грибів роду *Pleurotus*. *Техніка, енергетика, транспорт України. Вінниця: Вінницький національний аграрний університет*, Вип. 6. С. 109-115.
5. Kim J.-Y., Moon Kw.-D., Lee S.-D. (2004) Physicochemical properties of *Pleurotus eryngii*. *Korean Journal of Food Preservation*, Vol. 11, pp. 347-351.
6. Ковальов М.М., Сиволап А.В. (2020) Ферментації солом'яного субстрату ЕМ препаратами при вирощуванні гливи лимонно-шляпкової. *Досягнення і перспективи галузі виробництва, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9-11 квітня, 2020 р.* (Ред. Черновол М. І.), Кропивницький: Центральньо-український національний технічний університет, С. 22-24.
7. Ряполова І.О., Новікова Н.В., Кіпіоро І.М. (2022) Експертиза розробленої консервної продукції функціонального призначення «Свинина з грибами». *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, Вип. 3, С. 156-166.
8. Алексєнко О. М., Полішко Т. М., Вінніков А. І. (2010) Харчова, лікувальна та екологічна цінність грибів *Pleurotus ostreatus*. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія*, Вип.18, Т. 1, С. 3-9.
9. Кравчун Н. О., Дунаєва І. П. (2021) Корекція харчових звичок у пацієнтів з порушеннями вуглеводного обміну. *Міжнародний ендокринологічний журнал*, Т.17, № 8. С. 619–623.
10. Пасічний В.М., Жабіна О.В., Ястреба Ю.А. (2009) Перспективи використання грибів у виробництві м'ясних та м'ясорослинних консервів. *М'ясний бізнес*, № 11 (84), С. 32-33.
11. Stajić M, Vukojević J, Duletić-Lausević S. (2009) Biology of *Pleurotus eryngii* and role in biotechnological processes: a review. *Crit Rev Biotechnol*, Vol. 29(1), Pp. 55-66.
12. Kim M.-K., Lee S.-D. (2006) Study of the quality standard of *Pleurotus eryngii*. *Mushroom Journal*, Pp. 129-134.
13. Кулик А. С., Бандура І. І., Сердюк М. Є., О. С., Булгаков І. В., Гапріндашвілі Н. А. (2022) Розробка рецептури м'ясних консервів з грибами. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, Т.1. Вип. 9, С. 156-166.
14. Melanouri, E. M., Dedousi, M., Diamantopoulou, P. (2022). Cultivating *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* mushroom strains on agro-industrial residues in

solid-state fermentation. Part I: Screening for growth, endoglucanase, laccase and biomass production in the colonization phase. *Carbon Resources Conversion*, Vol. 5 (1), Pp. 61-70.

15. Alpuche-González, C., Ornelas-García, B., Leal-Lara, H., Villanueva-Arce, R., Franco-Hernández, M. O., Garín-Aguilar, M. E., del Toro, G. V. (2023). Optimization of *Pleurotus eryngii* culture parameters and development of improved strains by mating of compatible neohaplonts. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 22 (1), Pp. 1-14.

REFERENCES:

1. Pertsevov, F. V., Fotina, T. I., Koshel, O. Yu. (2023) Rozshyrennja asortymentu pashtetiv zbaghachenykh na kuljtyvovanu ghyrbnu syrovynu pry kejterynghovomu obslughovuvanni [Expanding the range of pates enriched with cultivated mushroom raw materials for catering services]. *Tavriyskyi naukovyi vistnik. Series: Technical Sciences*, V ol. 13, Pp. 216-229.

2. Poljatykina Ju.K., Stepanova T.M. (2022) Zastosuvannja kuljtyvovanoji ghyrbnoji syrovyny v tekhnologhiji pryghotuvannja pashtetiv [The use of cultivated mushroom raw materials in the technology of preparing paste]. Proceedings of the *Materialy Vseukrajinsjkoji naukoivoji konferenciji studentiv i aspirantiv, prysvjachenoji Mizhnarodnomu dnu studenta (Ukrajina, Sumy, 14-18 lystopada 2022 r.)* (red. kol. A.M. Brychko, M.A. Mykhajlichenko, O.B. Kysel'ov ta in.), Sumy: Sumsjkyj nacionaljnyj aghrarnyj universytet, Pp. 20-24.

3. Khareba O. V., Uljanych O. I., Khareba V. V., Kovtunjuk Z. I., Bandura I. I., Vorobjova N. V., Cyzj O. M., Jacenko V. V. (2021) *Maloposhyreni ovochevi roslyny ta ghyrby: navchaljnyj posibnyk. – 2-e vyd. dopov. i pererob* [Rare vegetable plants and mushrooms: a study guide. – the second edition is supplemented and revised]. Vinnycja : TOV «Nilan-LTD».

4. Kosarenko L.O., Zheltykova N.V., Karpova Gh.V. (2018) Doslidzhennja vplyvu riznykh inghredijentiv na jakistj pashtetu na osnovi ghyrbiv rodu *Pleurotus* [Study of the influence of various ingredients on the quality of pate based on *Pleurotus* mushrooms]. *Tekhnika, energhetyka, transport Ukrainy. Vinnycja: Vinnycjkyj nacionaljnyj aghrarnyj universytet*, Vol. 6, Pp. 109-115

5. Kim J.-Y., Moon Kw.-D., Lee S.-D. (2004) Physicochemical properties of *Pleurotus eryngii*. *Korean Journal of Food Preservation*, Vol. 11, pp. 347-351.

6. Koval'ov M.M., Syvolap A.V. (2020) Fermentaciji solom'janogho substratu EM preparatamy pry vyroshhuvanni ghlyvy lymonno-shljapkovoji [Fermentation of the straw substrate with EM preparations during the cultivation of the lemon cap mushroom]. *Dosjaghnennja i perspektyvy ghaluzi vyrobnyctva, pererobky ta zberighannja sil'sjkgohospodarskoji produkciji: zbirnyk tez dopovidej Vseukrajinsjkoji naukovopraktychnoji konferenciji*, 9-11 kvitnja, 2020 r. (Red. Chernovol M. I.), Kropyvnycjkyj: Centraljno-ukrajinsjkyj nacionaljnyj tekhnichnyj universytet, Pp. 22-24.

7. Rjapolova I.O., Novikova N.V., Kipioro I.M. (2022) Ėkspertyza rozroblenoji konservnoji produkciji funkcionaljnogho pryznachennja «Svynyna z ghyrbamy» [Examination of the developed canned products of functional purpose "Pork with mushrooms"]. *Tavrijsjkyj naukovyj visnyk. Serija: Tekhnichni nauky*, Vol. 3, Pp. 156-166.

8. Aleksjejenko O. M., Polishko T. M., Vinnikov A. I. (2010) Kharchova, likuvaljna ta ekolohichna cinnistj ghyrbiv *Pleurotus ostreatus* [Food, medicinal and ecological value of *Pleurotus ostreatus* fungi]. *Visnyk Dnipropetrovsjkgoho universytetu. Biolohija. Ekolohija*, Vol. 1, Issue 18, Pp. 3-9.

9. Kravchun N. O., Dunajeva I. P. (2021) Korekcija kharchovykh zvyчок u pacientiv z porushennjamy vughlevodnogho obminu [Correction of eating habits in patients with carbohydrate metabolism disorders]. *Mizhnarodnyj endokrynologichnyj zhurnal*, Vol. 17, № 8. Pp. 619–623.

10. Pasichnyj V.M., Zhabina O.V., Jastreba Ju.A. (2009) Perspektivy vykorystannja ghyrbiv u vyrobnyctvi m'jasnykh ta m'jasoroslynnykh konserviv [Prospects for the use

of mushrooms in the production of canned meat and meat and vegetable products]. *M'jasnyj biznes*, Vol. 11 (84), Pp. 32-33.

11. Stajić M, Vukojević J, Duletić-Lausević S. (2009) Biology of *Pleurotus eryngii* and role in biotechnological processes: a review. *Crit Rev Biotechnol*, Vol. 29(1), Pp. 55-66.

12. Kim M.-K., Lee S.-D. (2006) Study of the quality standard of *Pleurotus eryngii*. *Mushroom Journal*, Pp. 129-134.

13. Kulyk A. S., Bandura I. I., Serdjuk M. Je., O. S., Bulghakov I. V., Ghaprin-dashvili N. A. (2022) Rozrobka receptury m'jasnykh konserviv z ghrybamy [Development of the recipe for canned meat with mushrooms]. *Tavrijskij naukovyj visnyk. Serija: Tekhnichni nauky*, T.1. Issue 9, Pp. 156-166.

14. Melanouri, E. M., Dedousi, M., Diamantopoulou, P. (2022). Cultivating *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* mushroom strains on agro-industrial residues in solid-state fermentation. Part I: Screening for growth, endoglucanase, laccase and biomass production in the colonization phase. *Carbon Resources Conversion*, Vol. 5 (1), Pp. 61-70.

15. Alpuche-González, C., Ornelas-García, B., Leal-Lara, H., Villanueva-Arce, R., Franco-Hernández, M. O., Garín-Aguilar, M. E., del Toro, G. V. (2023). Optimization of *Pleurotus eryngii* culture parameters and development of improved strains by mating of compatible neohaplonts. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, Vol. 22 (1), Pp. 1-14.

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 621.328

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.25>

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ КВАРЦОВИХ РЕАКТОРІВ ДЛЯ ДИФУЗІЇ БОРУ У ВИРОБНИЦТВІ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДІВ

Литвиненко В. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри гідротехнічного будівництва,
водної та електричної інженерії
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-9425-5551

Кварцові реактори у складі дифузійних печей широко застосовуються у виробництві напівпровідникових приладів і інтегральних схем для проведення процесів термічного окислення, дифузії домішок, різного високотемпературного відпалу. У виробництві р⁺-n діодів кварцові реактори використовуються для дифузії бору. В процесі дифузії на внутрішніх стінках кварцових реакторів і в порах в кварці утворюється боросилікатне скло, що є хорошим гетером. При температурах дифузії бору (900–1200°С) боросилікатне скло інтенсивно адсорбує різні домішкові атоми, гази і пари. Так як дифузійні кварцові реактори, лодочки і підкладки при експлуатації сильно насичуються дифузантом і іншими забруднюючими домішками, а високі температури і тривалий контакт з хімічно активними газоподібними середовищами викликає розкльовування і збільшення пористості кварцу, адсорбційна здатність його поверхні безперервно збільшується і оснащення стає неконтрольованим джерелом домішок. Окрім того, поверхня кварцу руйнується і утворена крихта забруднює поверхню напівпровідникових пластин, що обробляються. Показано, що причиною незадовільного очищення кварцових реакторів при їх обробці в кислотних травниках є утворення в внутрішній поверхні реакторів важкорозчинних з'єднань типу Si-B, які зазвичай утворюються на поверхні кварцу при проведенні процесів дифузії бору. Детально розглянута запропонована технологія очистки кварцевого реактора за допомогою його додаткової обробки водяною парою перед проведенням хімічної обробки. Встановлено, що попередня обробка внутрішньої поверхні реактора водяною парою в діапазоні температур 700–800°С на протязі 15–30 хвилин дає можливість зменшити в'язкість боросилікатного скла, що забезпечує повне його видалення з поверхні та пор в кварці в процесі послідувочої обробки в плавиковій кислоті. Наведено експериментальні результати дослідження впливу розробленої технології очищення кварцевого реактора на характеристики діодних структур, що виготовляються при використанні досліджуваного реактора, та показана її ефективність щодо зниження рівня зворотних струмів і підвищення виходу придатних діодів.

Ключові слова: кварцовий реактор, боросилікатне скло, дифузія бору, домішки, водяна пара.

Lytvynenko V. M. Optimization of quartz reactor cleaning technology for boron diffusion in the production of semiconductor diodes

Quartz reactors as part of diffusion furnaces are widely used in the production of semiconductor devices and integrated circuits for carrying out processes of thermal oxidation, diffusion of impurities, various high-temperature annealing. In the production of p⁺-n diodes, quartz reactors are used for boron diffusion. In the process of diffusion, borosilicate glass is formed on the inner walls of quartz reactors and in the pores of quartz, which is a good hetero. At boron diffusion temperatures (900–1200°C), borosilicate glass intensively adsorbs various impurity atoms, gases and vapors. Since diffusion quartz reactors, boats and substrates during operation are heavily saturated with diffusant and other polluting impurities, and high temperatures and prolonged contact with chemically active gas environments cause vitrification and increased porosity of quartz, the adsorption capacity of its surface continuously increases and the equipment becomes an uncontrolled source of impurities. In addition, the surface of the quartz is destroyed and the resulting crumb contaminates the surface of the semiconductor wafers being processed. It is shown that the reason for the unsatisfactory cleaning of quartz reactors during their processing in acid chlorinated water is the formation on the inner surface of the reactors of poorly soluble compounds of the Si-B type, which are usually formed on the surface of quartz during boron diffusion processes. The proposed technology for cleaning the quartz reactor using its additional steam treatment before chemical treatment is considered in detail. It was established that preliminary treatment of the inner surface of the reactor with water vapor in the temperature range of 700–800°C for 15–30 minutes makes it possible to reduce the viscosity of borosilicate glass, which ensures its complete removal from the surface and pores in quartz during the subsequent treatment in hydrofluoric acid. The experimental results of the study of the impact of the developed quartz reactor cleaning technology on the characteristics of diode structures manufactured using the research reactor are presented, and its effectiveness in reducing the level of reverse currents and increasing the output of suitable diodes is shown.

Key words: quartz reactor, borosilicate glass, boron diffusion, impurities, water vapor.

Постановка проблеми. Очищення кварцових реакторів, використовуваних для дифузії бору, представляє значну трудність. Особливо важкорозчинними є плівки боросилікатного скла, що утворюються на внутрішній поверхні реакторів в процесі дифузії бору. Для їх видалення, зазвичай, використовують комплексну хімічну обробку, яка, зазвичай, не забезпечує видалення з поверхні кварцу плівки боросилікатного скла, насиченої забруднюючими домішками. Домішки, що містяться в кварці, можуть проникати в р-п – структури, що виготовляються, знижуючи їх вихід. Розроблено багато методів обробки кварцових реакторів, використовуваних для дифузії бору, але їм бракує повне видалення плівки боросилікатного скла з внутрішньої поверхні кварцового реактора та пор в кварці.

Формулювання мети дослідження. Дана робота присвячена розробці ефективного способу очистки внутрішньої поверхні кварцових реакторів, що застосовуються при дифузії бору, яка б забезпечувала повне видалення боросилікатного скла з внутрішньої поверхні та пор в кварці з метою підвищення відсотка придатних діодів, що виготовляються з використанням досліджувальних реакторів, за рахунок покращання їх зворотних характеристик.

Викладення основного матеріалу дослідження. Одним з традиційних способів очищення кварцового оснащення і, зокрема кварцових реакторів, являється очищення у два етапи [1]. На першому етапі здійснюється хімічна обробка оснащення в царській горілці впродовж години, промивання в дистильованій воді і сушка спиртом. Другим етапом є нагрів оснащення до 1100–1500°C в суміші хлору, хлористого водню і чотирихлористого вуглецю.

До недоліків методу слід віднести:

1. Застосування методу не забезпечує видалення з поверхні кварцу, що містить небажані домішки, плівки боросилікатного скла, оскільки вона є практично нерозчинною в подібних травниках.

2. Висока токсичність методу в результаті застосування хлорвмісних газів, що вимагає застосування спеціального дорогого устаткування.

Інший відомий спосіб очищення полягає в обробці кварцового реактора в концентрованій плавиковій кислоті і подальшого промивання у воді [2]. Для цього реактор заповнюють на одну третину концентрованою плавиковою кислотою і обертають навколо повздовжньої вісі, промивають на протязі 10–30 хв. Після розбавлення і зливу плавикової кислоти, внутрішню поверхню реактора протирають ватно-батистовим тампоном, змоченим плавиковою кислотою до повного видалення забруднень, а потім промивають проточною водою на протязі 20–30 хв. Щоб видалити каплі вологи, реактор споліскують етиловим спиртом або продувають азотом. Заключним етапом очистки являється відпал реактора в дифузійній печі при температурі дифузії або окислення на протязі 24 год з безперервним пропусканням через нього інертного газу.

Основним недоліком відомого методу є те, що його застосування для очищення кварцового реактора не забезпечує повного видалення з поверхні кварцу плівки боросилікатного скла, що утворюється на стінках реактора в процесі дифузії, тому що, зазвичай, до складу боросилікатного скла входить важкорозчинна фаза типу Si – B (наприклад, SiB_4 , SiB_6 та ін.) [3], яка є важкорозчинною у плавиковій кислоті. Формула боросилікатного скла: $(\text{B}_2\text{O}_3)_m (\text{SiO}_2)_n$, де m і n можуть мати різні значення. Борний ангідрид B_2O_3 утворює з двоокисом кремнію SiO_2 безперервний ряд твердих розчинів в широкому діапазоні концентрацій і його вміст у боросилікатному склі може змінюватися від 0 до 80%. При надлишку бору можливе утворення важкорозчинних з'єднань типу Si – B, що мають коричневий колір. Наявність фази Si – B у складі боросилікатного скла практично виключає розчинення і подальше видалення таких плівок за допомогою хімічних травників [3]. Очевидно, що для видалення з поверхні кварцових реакторів плівок боросилікатного скла за наявності в їх складі фази Si – B необхідно, якимсь чином, змінити склад скла, зменшивши його в'язкість.

Запропонований спосіб очищення кварцових реакторів полягає в наступному. Експеримент 1. Кварцовий реакторі 1, що підлягає очищенню, підключають до парогенератора 2 (рис. 1), заправленого деіонізованою водою з питомим опором ($\rho \geq 18$ МОм), і проводять обробку внутрішньої поверхні труби водяною парою з метою дії на плівку боросилікатного скла 3. При цьому кварцовий реактор знаходилася в дифузійній печі при $T = 700^\circ\text{C}$. Тривалість обробки труби водяною парою складає 30 хв. Після обробки водяною парою кварцовий реактор поміщають у ванну з концентрованою плавиковою кислотою і, обертаючи навколо подовжньої осі, витримують в ній впродовж 25 хв. Потім реактор промивають проточною деіонізованою водою на протязі 30 хв. і продувають сухим азотом для видалення крапель вологи. Далі оброблений реактор поміщають в дифузну піч і відпалюють при температурі дифузії ($T = 1000^\circ\text{C}$) в потоці аргону впродовж 2 годин з метою остаточного видалення вологи.

Експеримент 2. Очищення реактора проводять за технологією, описаною в експерименті 1, із тієї різницею, що при обробці водяною парою кварцовий реактор знаходилася в дифузійній печі при температурі 750°C , а тривалість обробки скла 20 хв.

Експеримент 3. Очищення кварцового реактора проводять відповідно до технології, описаної в експерименті 1. На відміну від експериментів 1 і 2 температура кварцового реактора при її обробці водяною парою скла 800 $^\circ\text{C}$, а тривалість обробки реактора водяною парою – 15 хвилин.

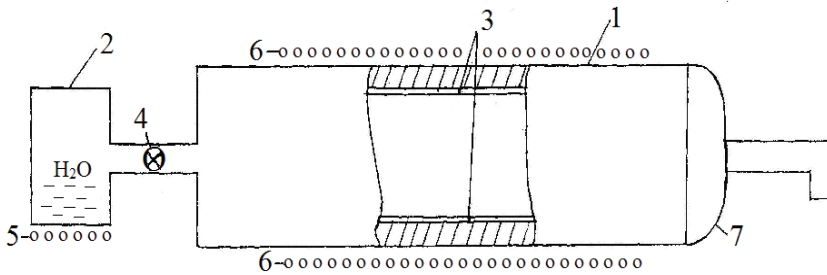


Рис. 1. Схема проведення експерименту: 1 – кварцовий реактор; 2 – парогенератор; 3 – шар боросилікатного скла на стінці кварцового реактора; 4 – вентиль; 5 – нагрівач парогенератора; 6 – нагрівач дифузійної печі; 7 – заглушка

Таким чином, експериментальним шляхом встановлені оптимальні граничні значення температур і тривалості обробки кварцових реакторів водяною парою, які склали відповідно 700–800°C і 15–30 хвилин.

Для випробування розробленого способу обробки кварцових реакторів було вибрано шість кварцових реакторів, які до цього впродовж місяця використовувалися при проведенні дифузії бору в кремнієві структури з використанням твердого джерела дифузії бору BN. Три реактора були оброблені запропонованим способом згідно режимів, приведених в експериментах 1, 2 і 3. Інші три реактора оброблялися відомим способом [2]. Якщо порівняти технологію очищення відомим і запропонованим способами то, очевидно, що відмінність двох способів очищення полягає тільки в додатковій обробці реакторів водяною парою перед хімічним очищенням (запропонований спосіб).

Ефективність використання запропонованого способу очищення кварцових реакторів визначалася таким чином. Кремнієві пластини n – типу провідності з питомим опором 2 Ом·см окислювали в кварцовому реакторі термічного окислення ($T_{\text{ок}} = 1050^\circ\text{C}$) до отримання на їх поверхні плівки двоокису кремнію SiO_2 завтовшки 0,15 мкм. Пластини з вирощеною плівкою SiO_2 розділили навпіл. Одну з половинок кожної пластини відпалювали в одному з реакторів, оброблених відомим способом, іншу – в одному із реакторів, оброблених запропонованим способом. Режим відпалу відповідав режиму проведення процесу дифузії бору: $T = 1000^\circ\text{C}$, час – 30 хв, середовище – суміш кисню і аргону (1 : 60). Потім на половинки пластин, що відпалювались, напилили плівку алюмінію, провели фотолітографію по шару алюмінію. На отриманих МОН-структурах Si – SiO₂ – Al розраховували середню величину сумарного заряду Q_{ss} і щільність поверхневих станів N_{ss} на межі розділу Si – SiO₂ за методикою, приведеною в роботі [4]. Порівняння «зарядових» характеристик плівки SiO_2 , що відпалювалась, і стало оцінкою якості відомого і запропонованого способів очищення кварцових реакторів. Результати виміру «зарядових» характеристик оксиду на пластинках, що відпалювались в шести випробовуваних кварцових реакторів, приведені в таблицях 1, 2 і 3. Причому результати, приведені в таблицях 1, 2 і 3 для пластин, що відпалювались в кварцових реакторах, очищених запропонованим способом, належать режимам очищення реакторів, відповідно до експериментів 1, 2 і 3. Як видно з таблиць 1, 2 і 3, використання запропонованого способу очищення кварцових реакторів дозволяє істотно зменшити величину сумарного заряду Q_{ss} і щільність поверхневих станів N_{ss} на межі розділу Si – SiO₂, що є найважливішими характеристиками

захисних шарів SiO_2 , які визначають якість електричних параметрів напівпровідникових приладів, а також їх стабільність.

Таблиця 1
Залежність «зарядових» характеристик на межі розділу Si – SiO_2 від способу очищення кварцових реакторів за режимами експерименту 1

Спосіб очищення кварцового реактора	$Q_{ss} \cdot 10^{-10}$, Кл	$N_{ss} \cdot 10^{11}$, см^{-2}
Відомий спосіб очищення	4,6	2,9
Запропонований спосіб очищення	2,8	1,75

Примітка: Q_{ss} і N_{ss} – відповідно сумарний заряд окисла і щільність поверхневих станів на межі розділу Si – SiO_2 .

Таблиця 2
Залежність «зарядових» характеристик на межі розділу Si – SiO_2 від способу очищення кварцових реакторів за режимами експерименту 2

Спосіб очищення кварцового реактора	$Q_{ss} \cdot 10^{-10}$, Кл	$N_{ss} \cdot 10^{11}$, см^{-2}
Відомий спосіб очищення	4,1	2,6
Запропонований спосіб очищення	2,5	1,6

Таблиця 3
Залежність «зарядових» характеристик на межі розділу Si – SiO_2 від способу очищення кварцових реакторів за режимами експерименту 3

Спосіб очищення кварцового реактора	$Q_{ss} \cdot 10^{-10}$, Кл	$N_{ss} \cdot 10^{11}$, см^{-2}
Відомий спосіб очищення	4,8	3,0
Запропонований спосіб очищення	3,1	1,9

Ще одним критерієм ефективності розробленої технології очищення кварцових труб являється порівняння залежності рівня зворотних струмів діодних структур, виготовлених з використанням кварцового реактора, очищеного за розробленою і базовою технологіями, від методу обробки кварцових реакторів, який використовувався при створенні p-n переходу. З цією метою були виготовлені діоди за стандартною епітаксіально-планарною технологією [3] на кремнієвих епітаксіальних структурах, які мали питомий опір $1,7 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ і товщину 11 мкм . Кожна з експериментальних партій ділилася на дві рівні частини. На одній частині пластин дифузія бору здійснювалася за використанням реактора, очищеного за базовою технологією, на іншій – за розробленою технологією. Дифузійний процес проводився за температури 1050°C на протязі 20 хв . Результати контролю готових діодних структур по рівню зворотного струму приведені в таблиці 4. Критерій придатності: $I_{зв} \leq 1 \text{ мкА}$ при зворотній напрузі 35 В .

Як видно з таблиці 4, застосування оптимізованої технології очистки кварцового реактора дає можливість підвищити вихід придатних діодних структур у середньому на 6,7%. При цьому діодні структури, які виготовлені при використанні кварцового реактора, очистка якого проводилась за розробленою технологією, мали рівень зворотних струмів у 2 ... 7 разів нижчий в порівнянні з діодними структурами, виготовленими з використанням базової технології очистки кварцового реактора.

Таблиця 4

Залежність зворотних струмів діодних структур від методу очистки кварцового реактора

Номер партії	Вихід придатних діодних структур, %	
	Базова технологія очистки кварцового реактора	Оптимізована технологія очистки кварцового реактора
1	78,6	82,9
2	76,3	83,4
3	77,4	84,2
4	75,2	83,9
5	75,8	82,7

Також з метою порівняння якості очистки кварцових реакторів, яка проводилась за базовою та розробленою технологіями, проводився візуальний контроль внутрішньої поверхні реакторів після завершення очистки. Візуальний контроль показав, що розроблена технологія забезпечує повне видалення плівок боросилікатного скла з поверхні внутрішніх стінок реактора. В той же час при обробці реакторів базовим методом в усіх трьох експериментах на поверхні реакторів були помічені острівки плівок темно коричневого кольору, що говорить про залишки важко розчинної фази типу Si – В.

Істотне підвищення ефективності очищення кварцових реакторів при використанні розробленого способу можна пояснити таким чином. Під впливом водяної пари, очевидно, відбувається окислення фази Si – В, що входить до складу боросилікатного скла, а також зміна в'язкості скла. Це значно покращує розчинність плівки боросилікатного скла при подальшій обробці кварцового реактора в плавиковій кислоті. Водяна пара, глибоко проникаючи в пори кварцу, забезпечує його очищення від плівок боросилікатного скла і, отже, від домішкових забруднень.

Висновки. Використання запропонованої технології очищення кварцових реакторів проведенням їх попереднього відпалу в середовищі водяної пари в діапазоні температур 700–800°C на протязі 15–30 хвилин перед хімічною обробкою реакторів в плавиковій кислоті забезпечує повне очищення внутрішньої поверхні реактора від плівок боросилікатного скла разом з забруднюючими домішками, і, як наслідок, дає можливість зменшити рівень зворотних струмів і підвищення виходу придатних діодів, що виготовляються при використанні досліджуваного реактора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Маслов А.А. Технология и конструкции полупроводниковых приборов. М.: Энергия, 1970. 296 с.
2. Мокеев О.К., Романов А.С. Химическая обработка и фотолитография в производстве полупроводниковых приборов и микросхем. М.: Высшая школа, 1979. 272 с.

3. Литвиненко В.М. Фізика та технологія напівпровідникових діодів. Монографія. Херсон : ФОП Вишемирський В.С, 2018. 184 с.
4. Литвиненко В.М., Вікулін І.М. Вплив властивостей поверхні на зворотні характеристики напівпровідникових приладів. Вісник ХНТУ, 2018. Т. 64. №1. С. 46–56.

REFERENCES:

1. Maslov A.A. (1970) *Tehnologiya i konstrukcii poluprovodnikovyyh priborov* [Technology and designs of semiconductor devices]. Moscow, Energy, 296 p. [in Russian]
 2. Mokeev O.K., Romanov A.S. (1979) *Himicheskaya obrabotka i fotolitografiya v proizvodstve poluprovodnikovyyh priborov i mikroshem* [Chemical processing and photolithography in the production of semiconductor devices and microcircuits]. Moscow, Higher School, 1979, 272 p. [in Russian]
 3. Lytvynenko V.M. (2018) *Fizyka ta tekhnolohiya napivprovidnykovykh diodiv* [Physics and Technology of Semiconductor Diodes]. Monograph. Kherson: V.S. Vyshemyrskyi Publishing House. 184 p. [in Ukrainian]
 4. Lytvynenko V.M., Vikulin I.M. (2018) Influence of surface properties on reverse characteristics of semiconductor devices. *Visnyk of KhNTU*, vol. 64, iss.1, pp. 46-56. [in Ukrainian]
-

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

УДК 72, 691:692

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.26>

ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ БУДІВЕЛЬНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (ВІМ) У ПРОЦЕСІ РЕСТАВРАЦІЇ ПАМ'ЯТОК АРХІТЕКТУРИ, ПОШКОДЖЕНИХ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ

Білов В. А. – аспірант кафедри основ архітектури

та архітектурного проектування

Київського національного університету будівництва і архітектури

ORCID ID: 0009-0006-5039-2075

Стаття присвячена вивченню можливостей ВІМ-технологій у роботі з пам'ятками архітектури, пошкодженими внаслідок воєнних дій. Проблема збереження культурної спадщини завжди актуальна, але особливого значення вона набула останнім часом. Повномасштабна війна на території України супроводжується серйозними руйнуваннями, зокрема пам'яток архітектури. Реставрація даних об'єктів має вестись відповідно до сучасних норм та з використанням інноваційних технологій, що дозволить звести до мінімуму втрати. Використання ВІМ-технологій у галузі охорони архітектурної спадщини розпочалося порівняно недавно, тому процес вироблення підходів та адаптації методики ведення робіт знаходиться у стадії апробації на різних об'єктах (починаючи з міст та закінчуючи окремими будинками). Набутий досвід необхідно розглядати з позицій використання в Україні, особливу увагу приділяючи проектам, розробленим для умов відновлення пам'яток після військової агресії. Мета роботи – проаналізувати інструменти ВІМ з позиції їх використання у реставрації пам'яток архітектури, пошкоджених під час війни. Методика дослідження носить комплексний характер, що передбачає використання загальнонаукових та спеціальних методів. У роботі проведено аналіз реалізованих проектів, розроблених на матеріалі Сирії, Афганістану, Іраку (наслідки воєнних конфліктів) та інших країн, розглянуто досвід використання ВІМ-технологій для фіксації та інтерпретації руйнувань пам'яток архітектури в Україні. На основі вивчених матеріалів можна стверджувати, що ВІМ технології мають серйозну перспективу використання в роботі з пам'ятками архітектури. Вони дозволяють створювати цілісну та точну документацію, вносити додаткові відомості у процесі роботи на об'єкті, вестись проектні роботи спеціалістам різної спрямованості на єдиній платформі, прискорити прийняття рішень, виключити можливі помилки, контролювати реалізацію проекту.

Ключові слова: пам'ятка архітектури, будівельно-інформаційне моделювання, реставрація, лазерне сканування, фотограмметрія, база даних.

Bilov V. A. Innovative methods of using building information modeling (BIM) in the process of restoration of architectural monuments damaged by military actions

The article is devoted to studying the capabilities of BIM technologies in working with architectural monuments damaged as a result of military operations. The problem of preserving cultural heritage is always relevant, but it has acquired particular importance recently. A full-scale war on the territory of Ukraine is accompanied by serious destruction, including architectural monuments. Restoration of these objects should be carried out in accordance with modern standards and using innovative technologies, which will minimize losses. The use of BIM technologies in the field of architectural heritage protection began relatively recently, so the process of developing approaches and adapting work methods is in the testing stage at various sites (from cities to individual buildings). The experience gained must be considered from the standpoint of use in Ukraine, paying special attention to projects developed for the conditions of restoration of monuments after military aggression. The purpose of the work is to analyze BIM tools from the perspective of their use in the restoration of architectural monuments damaged during the war. The research methodology is comprehensive, which implies the use of general scientific and special methods. The work analyzes implemented projects developed on the basis of material from Syria, Afghanistan, Iraq (consequences of military conflicts) and other countries, and examines the experience of using BIM technologies for recording and interpreting the destruction of architectural monuments in Ukraine. Based on the materials studied, it can be argued that BIM technologies have serious prospects for use in working with architectural monuments. They allow you to create comprehensive and accurate documentation, enter additional information during work on site, conduct design work for specialists of various fields on a single platform, speed up decision-making, eliminate possible errors, and monitor project implementation.

Key words: *architectural monument, building information modeling, restoration, laser scanning, photogrammetry, database.*

Постановка проблеми. Розвиток сучасних технологій впливає на всі сфери життєдіяльності людини. Останніми роками значно змінився підхід до розробки архітектурно-будівельних проєктів та їх реалізації. Проєктування – це комплексна робота, в якій задіяні різні профільні структури. Координація всіх дій є дуже складним процесом, починаючи з узгодження проєктної документації між всіма учасниками. Вирішенням цієї проблеми стало створення інформаційної моделі будівлі – Building Information Modeling (BIM), що дозволила об'єднати та зберігати всю інформацію у вигляді єдиної бази даних. Структуровану та узгоджену таким чином інформацію можна використовувати на різних стадіях роботи з об'єктом: в процесі проєктування, будівництва, експлуатації, реконструкції тощо. Стосовно пам'яток архітектури – це стадії дослідження, технічного обстеження, рятувних консерваційних робіт, реставраційного проєктування та реставраційних робіт.

Головними елементами BIM виступають: тривимірна модель будівлі та структурована база даних, що включає в себе детальний опис усіх складових об'єкта: конструктиву, інженерних систем та комунікацій, будівельних та оздоблювальних матеріалів, предметного наповнення тощо. Застосування та впровадження BIM в реставраційній галузі, на жаль, все ще знаходиться на початковій стадії. Тим не менш, в світі вже є досвід повноцінного використання BIM у роботі з пам'ятками архітектури та цінними історичними будівлями. В Україні потреба у впровадженні цих напрацювань загострилася з початком повномасштабної війни, що призвела до значних руйнацій архітектурної спадщини. Необхідність в прийнятті швидких та обґрунтованих рішень, які стосуються проведення рятувних робіт щодо пам'яток архітектури, потребує звернення до сучасних технологій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Термін «інформаційна модель будівлі» вперше був використаний у статті Г. А. Ван Недервіна та Ф. П. Толмана в 1992 р. [1], але лише на початку 2000-х рр. абревіатура BIM набула широкого поширення.

У технології ВІМ провідну роль відіграє термін «модель». Спочатку застосовувався термін «будівельна модель», який уперше був використаний в публікаціях середини 1980-х рр. – у статті Саймона Раффла [2], потім у статті Роберта Ейша [3].

В даній роботі нас цікавить застосування ВІМ у практиці роботи з історичними будівлями – пам'ятками архітектури. Особливо важливими є питання інформаційного моделювання пам'яток, що постраждали в умовах воєнних дій. З цього приводу слід звернутись до досвіду Сирії, Іраку та Афганістану.

Х. Алтах та С. Хайісмаїл розглядають питання відновлення малих та середніх міст Сирії, де сконцентрована архітектурна спадщина. Автори аналізують можливість використання для цього інноваційних технологій, звертаючи увагу на регіональний контекст [4].

С. Вітасек представив використання методу інформаційного моделювання будівель (ВІМ) для створення проєктної документації на історичну будівлю (НВІМ). У статті на базовому методологічному рівні розкрито, як ВІМ-модель може бути пов'язана з різними інструментами баз даних на прикладі конкретної історичної будівлі (церкви Всіх Святих). Для складання проєктної документації були застосовані ВІМ-технології на рівні хмари точок. Автор розробив групу неграфічної інформації (загальні параметри) для створеної моделі ВІМ. С. Вітасек підкреслив, що НВІМ являє собою ще одну специфічну галузь оцифрування будівельної індустрії, яку необхідно концептуально опрацювати з належними деталями, щоб досягти необхідної ефективної обробки інформації для сталого збереження нерухомої спадщини. Метод роботи, запропонований у статті, може бути застосований організаціями, будь-якими державними і приватними компаніями, які працюють з великою кількістю будівель [5].

Праця З. Саїда, А. Алмухтара, Х. Абанди та Дж. Таха присвячена постконфліктній реконструкції на прикладі м. Мосул (Ірак). Автори зосередили увагу на використанні ВІМ в складних міських умовах із серйозними руйнуваннями з точки зору інфраструктури. Проєкт став значним викликом для міських дизайнерів, планувальників, управлінців. Місто Мосул в Іраку є тим випадком, де існує нагальна потреба у реконструкції, зокрема житлового сектора, після величезних руйнувань, спричинених війною ІДІЛ у 2014–2017 рр. ВІМ використовується саме впродовж останніх років, оскільки забезпечує інтегрований і ефективний процес планування, моніторингу та управління сучасними будівельними проєктами. Автори вказують, що ВІМ не було належним чином досліджено під час планування та управління постконфліктною реконструкцією, особливо в країнах, що розвиваються. Тому акцент у роботі був зроблений на обговоренні потенціалу впровадження ВІМ у постконфліктну реконструкцію шляхом дослідження обґрунтованості процесу ВІМ у плануванні та оцінці можливих рішень. Основні висновки роботи свідчать про те, що програми ВІМ мають значний потенціал для використання у означених умовах, де звичайні методи обмежені, нефункціональні та неефективні [6].

Праця Ж. Кастеллазі, І. Кардилліно, Н. Ло Престі та ін. являє собою тематичне дослідження, яке демонструє адаптовану онлайн базу даних, розроблену для включення ВІМ-моделей архітектурних пам'яток та пов'язаних з ними історичних документів. Науковці зазначають, що цей підхід пропонує відмінну інтеграцію з історичними даними, яка дозволяє користувачам визначити відповідний контекст спадщини. В роботі детально розглянуті можливості бази даних, враховуючи її роль в управлінні культурною спадщиною: функції інтерактиву,

семантичного запиту та вкладень. Автори підкреслюють потенціал ВІМ у цифровому збереженні, документуванні та архівуванні історичних споруд. До того ж, визначена універсальність бази даних як цінного інструменту для освіти, досліджень і співпраці між фахівцями в галузі спадщини та громадськістю. Вирішення конкретних проблем моделювання сприяє постійному удосконаленню програмних рішень для покращення управління історичними активами. На думку дослідників, історичне ВІМ є потужним ресурсом, що зможе подолати розрив між збереженням історичних споруд і сучасними технологіями [7].

Н. М. Левченко, П. С. Бейнер та Н. В. Бейнер дослідили питання використання ВІМ-технологій у реконструкції будівель в ході відновлення міст в Україні. Автори враховують специфіку пошкодження об'єктів під час війни, наголошують на необхідності проведення комплексного дослідження перед виконанням проєктних робіт та наочно демонструють приклад застосування ВІМ у практиці відновлення [8]. В публікації П. Григоровського, І. Осадчої, А. Юреліоніса, В. Басанського та А. Григоровського представлені результати аналізу та перспективи застосування ВІМ для вибору ефективних організаційно-технологічних та технічних рішень щодо ліквідації аварійного руйнування великопанельних будівель внаслідок обстрілів. На думку авторів, створення бази даних типових руйнувань дозволить підвищити ефективність та безпеку робіт з ліквідації аварійних руйнувань будівель; визначити оптимальний варіант рятівної стабілізації та зробити вибір організаційно-технологічних й технічних дій. Запропонована методика може бути застосована для оперативної оцінки технічного стану будівель та вибору стратегії стабілізації, періодичності додаткового моніторингу [9].

Аналіз літератури на тему застосування ВІМ у роботі з історичними будівлями показав, що в даний час є теоретичні та практичні напрацювання у сфері інформаційного моделювання, проте мало вивчена сфера реставрації пам'яток архітектури. Йдеться більшою мірою про графічну реконструкцію втрачених або перебудованих об'єктів, що швидше можна віднести до звичайного 3D-моделювання. Використання ВІМ-технологій найбільшого поширення набуло у новому проєктуванні та будівництві, у реконструкції об'єктів різного призначення, що не мають культурно-історичної цінності. Саме цим обумовлена необхідність детального вивчення можливостей ВІМ у реставрації пам'яток архітектури.

Мета роботи – проаналізувати інструменти ВІМ з позиції їх використання у реставрації пам'яток архітектури, пошкоджених під час війни.

Виклад основного матеріалу. В основу ВІМ лягли такі цифрові технології, як лазерне сканування, системи ГІС, фотограмметрія, візуальна антропология, архітектурна ендоскопія; пізніше було зроблено спробу уникнути плоских проєкцій у кресленнях і перейти до створення об'ємних композицій (3D-моделей), кругових панорам за допомогою спеціальних комп'ютерних програм. Інформаційне моделювання будівель наразі успішно застосовується у Великій Британії [11], США та інших розвинутих країнах.

Крім того, що моделювання включає «геометрію» об'єкта, інформацію про його властивості, воно також враховує просторове співвідношення, географічні та екологічні дані. До переваг ВІМ належать: висока технологічність, покращена візуалізація, уніфікація креслярської продукції, усунення помилок у розрахунках, можливість тиражування та доопрацювання проєктів, автоматизація всіх складних процесів.

Інформаційна модель як інструмент роботи з архітектурною спадщиною використовується у двох основних напрямках: віртуальна графічна реконструкція

втрачених об'єктів культурної спадщини, а також графічна реконструкція існуючих пам'яток архітектури, що передбачає створення дублікату будівлі у віртуальному світі з метою прогнозування можливих змін характеристик реальної споруди. Завдяки інформаційним технологіям вже зараз створюються передумови виникнення нових методів у реставрації в процесі відтворення цінних архітектурних об'єктів [12].

У контексті роботи з історичними будівлями моделі BIM повинні включати інформацію, пов'язану з різними вимогами до управління об'єктами та збором статистики. Таким чином сама BIM-модель становить значну частину проєктної документації у форматі графічної та неграфічної інформації. Ключовим агентом, що бере участь у стандартизації цієї інформації, є Стандарт даних для будівель (DSB). На основі DSB генерується модель BIM.

Залежно від типу будівельної конструкції та суміжних складових проєкту (конструктивна система, сантехніка, електрообладнання тощо) цифрова модель будівлі поділяється на окремі часткові цифрові моделі. Дані з усіх часткових моделей інтегровані в так звану координаційну модель BIM.

С. Вітасек акцентує увагу на інформації, пов'язаній з цифровою моделлю будівлі, яка є найбільш значущим елементом в управлінні історичними будівлями [5]. Він виділяє основні вимоги до інформації. Слід розуміти, що технології BIM ефективні насамперед для управління елементами будівлі, тому ключовим етапом перед створенням самої BIM-моделі є ідентифікація даних в залежності від їх подальшого використання. DSB містить як графічні вимоги до віртуальної форми структур/технологій у цифровому середовищі (так звані елементи), так і вимоги до неграфічної інформації (наприклад, для окремих елементів паспортної системи). Це означає, що отримана модель BIM часто також містить, крім графічного представлення будівлі, більш суттєву неграфічну інформацію, призначену кожному елементу, що являє собою структуру/технологію. Неграфічна інформація поділяється на два основних типи: комплексні (загальні) параметри, що включають інформацію про будівлю в цілому та дані, що відображають конкретні властивості (параметри) окремих конструкцій/технологій у будівлі.

Ключовими BIM-технологіями щодо генерації BIM-моделей є лазерне сканування та фотограмметрія [10]. В процесі лазерного сканування ми отримуємо точну інформацію про об'єкт шляхом визначення його просторових координат. Окремі точки несуть інформацію переважно за принципом просторового полярного методу. Отже, кожна точка ідентифікується косою довжиною, горизонтальним кутом, зенітним кутом, а також може містити значення відтінку кольору. Результатом є хмара точок, яка перетворюється на BIM-модель. Фотограмметрія базується на обробці знімків, які найчастіше виконуються за допомогою дронів та літаків. Це метод вимірювання, який використовується для безконтактного збору даних на поверхні Землі (дистанційне зондування). Після того, як інформація буде зібрана в полі, з фотографій та інших даних створюється хмара точок та BIM-модель об'єкта.

Графічна інформація визначає тип креслення, графіки, розташування у просторі, масштаб, форму тощо. Вимоги до графічних даних відсутні у національних стандартах, тому розробники моделей переважно використовують міжнародний метод розмітки графічних рівнів – Level of Geometry (LOG). LOG визначає геометричний рівень деталізації BIM-моделі або її окремих елементів (конструкцій/технологій, оброблених у віртуальному середовищі) для різних етапів проєктної документації, і у такий спосіб визначає, які частини конструкцій/технологій

повинні бути відображені в моделі. Традиційно шкала представлена в межах LOG 100 – LOG 400. Кожне збільшення геометричного рівня деталізації пропорційно збільшує складність і час, необхідний для створення моделі BIM.

Неграфічна інформація дозволяє описати окремі характеристики будівлі, які зазвичай не виражені графічно. Це, перш за все, назви, розміри, площі, додаткова інформація про будівлю тощо – «Загальні параметри». У міжнародних методологіях рівень деталізації неграфічної інформації називається Level of Information (LOI). Він працює фактично так само, як метод LOG у випадку вимог до графіки. Загальні параметри представляють властивості (параметри) на рівні ідентифікації всієї історичної будівлі, для якої створюється модель BIM. Отже, це група параметрів, яка буде частиною всіх елементів, інтегрованих у цифрову модель будівлі. Виявлення ключової інформації для управління об'єктами потребує певного досвіду роботи з цим процесом. Друга група властивостей пов'язана зі специфічними вимогами окремих структур/технологій до конкретної інформації. Як правило, це тип даних, що стосується параметрів матеріалу, розмірних характеристик, терміну служби тощо. Порівняно з першою групою «Загальних параметрів» ця група значно більша за обсягом. Передусім це пов'язано з широким асортиментом використовуваних будівельних матеріалів і різними технологіями виконання.

Протягом багатьох століть світова архітектурна спадщина зазнавала значних руйнувань не тільки внаслідок релігійного фанатизму та природного впливу, а й під час збройних конфліктів. У другій половині XX – на початку XXI ст. гостро постало питання про збереження світової культурної спадщини, що була знищена через бойові дії в Іраку, Сирії, Лівії, Югославії та інших країнах.

В 2015 р. терористи знищили історичні пам'ятки у місті Пальміра, що відноситься до одного з шести об'єктів Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО в Сирії (храм Бааль-Шамін, храм Бела, статуя «Лева Аллата», Триумфальна арка та ін.).

Значну кількість пам'яток було втрачено в Іраку (місто Мосул) та Афганістані (палац Дар-аль-Аман, дві гігантські статуї Будди).

Під час війни в Сирії архітектурній спадщині у багатьох містах було завдано неабиякої шкоди: від незначного пошкодження до повного руйнування. Більше того, проблема ускладнюється поганою якістю або відсутністю передового управління спадщиною, яке підтримує відновлення цих міст, особливо в середніх та малих містах із традиційною забудовою [4]. Досвід Сирії демонструє необхідність використання цифрових методів документування та цифрового управління архітектурною спадщиною.

Звичайні підходи до постконфліктної реконструкції будівель розглядаються як тимчасові, економічно орієнтовані та нефункціональні в довгостроковій перспективі. На прикладі міста Мосул (Ірак) був запропонований новий підхід на основі BIM для оцінки можливих проектних рішень. Відновлення забудови з використанням багатовимірних додатків BIM на постконфліктній території продемонструвало ефективність цієї пропозиції [6].

Потенціал впровадження програм BIM для планування та управління реконструкцією постраждалої забудови визначався за послідовними етапами:

1. Застосування 3D BIM: розробка 3D BIM-моделі запропонованого концептуального рішення одиниці забудови. Модель BIM була створена з дотриманням особливостей і характеристик обраного історичного прототипу та базувалася на системі попереднього дослідження традиційної забудови.

2. Застосування 4D BIM: цей додаток оцінює часову ефективність прийняття запропонованого підходу до реконструкції. На даному етапі перевіряється

потенціал впровадження BIM у плануванні часових меж розробки та реалізації проєкту. Це програмне забезпечення BIM проводить дослідження на основі часу, пов'язуючи розроблену модель BIM із набором будівельних робіт, кожна з яких має визначений часовий проміжок, поєднаний із певним елементом або етапом будівництва.

3. Застосування 5D BIM: дана програма оцінює рентабельність запропонованої парадигми реконструкції – проводить розрахунки витрат, використовуючи кількість, згенеровану з моделі BIM, а потім пов'язує її з цінами на будівництво, щоб забезпечити оцінку вартості в реальному часі.

4. Застосування 6D BIM: така програма перевіряє очікувану експлуатаційну поведінку запропонованої моделі реконструкції порівняно зі звичайними системами будівництва в умовах міста Мосул. Розроблена модель BIM пов'язується з певним географічним налаштуванням, потім експортується у Green Building Studio (хмарний інструмент BIM), який проводить обчислення енергоспоживання з використанням географічних налаштувань міста Мосул і будівельних характеристик моделі BIM.

5. Застосування 7D BIM: ця програма досліджує фазу деконструкції запропонованого прототипу забудови [6].

Певний досвід використання BIM-технологій для вирішення питань відновлення забудови після воєнних дій є й в Україні. Руйнація будівель в результаті обстрілів є досить складною за своїм характером, що обумовлює необхідність проведення дуже ретельного комплексного обстеження. Особливого підходу потребують історичні будівлі, оскільки тут йдеться про необхідність збереження їхнього автентичного вигляду, при цьому ступінь руйнації може бути дуже значимим. Н. Левченко, С. Бейнер та Н. Бейнер пропонують впроваджувати BIM-технології на етапі розробки проєктної документації, оскільки це дозволяє створити точну 3D-модель будівлі, до якої будуть прив'язані всі характеристики об'єкту [8]. Інструменти BIM дозволяють узгоджувати дії різних спеціалістів, корегувати рішення. Важливою є можливість проводити роботи паралельно, що значно знижує витрати часу та дозволяє мінімізувати технічні помилки, що можуть бути спровоковані недостатністю інформації (особливо на складних об'єктах, якими є історичні будівлі).

BIM-технології дозволяють на моделі визначати критично небезпечні ділянки будівлі та опрацьовувати технічні рішення з укріплення конструкцій, визначати їхню стійкість та витривалість до певних навантажень. Крім того, для пам'яток архітектури важливим моментом є вибір варіанта відновлення фасадів та інтер'єрів будівлі. Для цього може бути застосована методика співставлення моделі сучасного стану об'єкту (зі слідами руйнації) з ідеальною моделлю графічної реконструкції об'єкта, виконаної за матеріалами попередніх досліджень/фіксацій (паспорт пам'ятки архітектури, облікова картка, архівні матеріали тощо).

Розглянемо можливості BIM-технологій у контексті роботи з історичними будівлями. На жаль, на практиці ми постійно стикаємося з відсутністю вичерпної документації навіть щодо значних пам'яток архітектури. Впровадження BIM дозволяє керувати фрагментованими історичними даними, доповнювати їх у будь-який момент та інтерпретувати з метою створення точних моделей [12]. Інтеграція інструментів BIM із традиційною практикою збереження можлива на основі співпраці спеціалістів BIM з архітекторами-реставраторами. Це надасть можливість детально опрацьовувати модель з позицій автентичності та запровадити нові технології в процесі розробки проєктної документації та безпосередньо роботи на об'єкті.

ВІМ дозволяє реалізовувати багатоаспектну структуру архітектурно-реставраційних досліджень. Детальність первісної моделі не завжди може відповідати необхідному для реставраційно-проектних робіт стандарту, але вона слугує важливою відправною точкою. Можливість удосконалювати модель з появою нових даних є дуже перспективною. Водночас поступово можна створювати бібліотеку параметричних елементів (з типових об'єктів чи аналогів), що дозволить оптимізувати майбутні зусилля з моделювання, забезпечуючи більшу точність архітектурних деталей, особливо при їх повній втраті.

Окрім архітектурних аспектів (конструктив, стилістика, фактури та текстури матеріалів тощо), слід звернути увагу на здатність візуалізації отриманих будівлею пошкоджень. За рахунок цього можна прогнозувати подальшу поведінку конструкцій, можливі наслідки руйнації, що дозволить приймати рішення щодо стабілізації будівлі та подальшого відновлення. Проектні рішення також можуть бути перевірені на стійкість до певних навантажень. Ця інтеграція структурного аналізу з інфраструктурою ВІМ покращує розуміння реакції історичних конструкцій на різні навантаження та прокладає шлях для прийняття більш обґрунтованих рішень у структурній оцінці.

Робота з ВІМ є прикладом поєднання передових технологій зі збереженням історико-культурної спадщини. ВІМ-технології забезпечують трансформаційну платформу для документування, аналізу та збереження культурної спадщини, виходячи далеко за межі ринку архітектури, проектування, будівництва та експлуатації, обслуговуючи широке коло професіоналів і дослідників. Крім того, мова йде про ширше використання можливостей: окрім академічних досліджень до додатків віртуальної реальності, хмарна доступність демократизує дані історичної та культурної спадщини, роблячи їх доступними в глобальному масштабі. Це сприяє популяризації культурної спадщини та робить більш зрозумілим для громадськості необхідність її збереження.

Висновки. Проблема дослідження, збереження та реставрації пам'яток архітектури не втрачає своєї актуальності, оскільки це значна частина нашої культури. Останнім часом з'явилися додаткові фактори руйнування пам'яток, що потребують окремого вивчення. Мова йде про наслідки збройної агресії росії. Будівлі отримують неабиякі пошкодження, що нерідко мають свою специфіку, яка проявляється навіть з плином часу. Деякі об'єкти можливо врятувати тільки в разі проведення екстрених консерваційних робіт з метою стабілізації конструкції. Для цього потрібно в короткі терміни провести обстеження та сформулювати технічне рішення, що дасть змогу проведення рятівних робіт.

ВІМ-технології вже добре зарекомендували себе у новому проектуванні, але у сфері охорони культурної спадщини їх почали застосовувати не так давно і в поодиноких випадках. Проте можна впевнено стверджувати, що ВІМ повинно відігравати у проєктах зі збереження та реставрації історичних пам'яток ключову роль.

Підсумовуючи, можна казати про новий внесок у моделювання та управління об'єктами культурної спадщини завдяки інтеграції інформаційного моделювання будівель (ВІМ) і хмарних рішень. Побудова моделей ВІМ забезпечує інноваційні рішення проблем, пов'язаних зі збереженням, дослідженням, реставрацією та експлуатацією історичних будівель, включаючи неповноту даних та додаткові загрози під час війни.

В ході дослідження було виявлено складності з опрацюванням архівної інформації щодо пам'яток архітектури, відсутність або неповноту викладення будівельної історії об'єктів (відсутні детальні дослідження або дані не збереглися),

відсутність належної фіксації пам'яток. Ці виклики підкреслюють важливість безперервного вдосконалення програмного забезпечення, адаптованого до унікальних потреб збереження та реабілітації спадщини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. van Nederveen G. A., Tolman F. P. Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*. 1992. Vol. 1, № 3. P. 215–224. URL: [https://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-b](https://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-b) (date of access: 14.12.2023).
2. Ruffle S. Architectural design exposed: from computer-aided drawing to computer-aided design. *Environment and Planning B: Planning and Design*. 1986. Vol. 13, № 4. P. 385–389. URL: <https://doi.org/10.1068/b130385> (date of access: 14.12.2023).
3. Aish R. Building modelling: the key to integrated construction CAD. *CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings*. 1986. Vol. 5. P. 7–9.
4. Altah H., Hajismail S. Architectural Heritage in Medium and Small Syrian Cities. *Management Advanced Strategies for Postwar Recovery*. 2022. Vol. 8. P. 51–65.
5. Vitasek S. The use of the BIM method for sustainable care of historic buildings: Methodological framework. *SHS Web of Conferences 132, 01023*. 2022. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202213201023> (date of access: 14.12.2023).
6. Saeed Z.O., Almukhtar A., Abanda H., Tah, J. BIM Applications in Post-Conflict Contexts: The Reconstruction of Mosul City. *Buildings*. 2021. Vol. 11, № 351. P. 1–23. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings11080351> (date of access: 14.12.2023).
7. Castellazzi G., Cardillo E., Lo Presti N., D'Altri A.M., de Miranda S., Bertani G., Ferretti F. & Mazzotti C. Advancing Cultural Heritage Structures Conservation: Integrating BIM and Cloud-Based Solutions for Enhanced Management and Visualization. *Heritage*. 2023. Vol. 6 (12). P. 7316–7342. URL: <https://doi.org/10.3390/heritage6120384> (date of access: 14.12.2023).
8. Левченко Н. М., Бейнер П. С., Бейнер Н. В. Реконструкція будівель з використанням BIM-технологій при відновленні міст в Україні. *Металознавство та термічна обробка металів*. 2022. № 4 (99). С. 64–70.
9. Hryhorovskiy P., Osadcha I., Jurelionis A., Basanskyi V., Hryhorovskiy A. A BIM-Based Method for Structural Stability Assessment and Emergency Repairs of Large-Panel Buildings Damaged by Military Actions and Explosions: Evidence from Ukraine. *Buildings*. 2022. Vol. 12, № 1817. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12111817> (date of access: 14.12.2023).
10. Almukhtar A., Saeed Z.O., Abanda H., Tah J.H.M. Reality Capture of Buildings Using 3D Laser Scanners. *CivilEng*. 2021. Vol. 2. P. 214–235. URL: <https://doi.org/10.3390/civileng2010012> (date of access: 14.12.2023).
11. BIM for Heritage: Developing the Asset Information Model. Historic England. 2020. URL: <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/bim-for-heritage-aim/heag271-bim-developing-asset-info-model/>
12. Kysil O., Kosarevska R, Levchenko O. The innovation of accounting and certification of historic architectural monuments using BIM technology. *Budownictwo i Architektura*. 2020. Vol. 19. P. 5–18. URL: <https://doi.org/10.35784/bud-arch.888> (date of access: 14.12.2023).

REFERENCES:

1. van Nederveen, G. A. & Tolman, F. P. (1992). Modelling multiple views on buildings. *Automation in Construction*, 1 (3), 215–224. URL: [https://doi.org/10.1016/0926-5805\(92\)90014-b](https://doi.org/10.1016/0926-5805(92)90014-b) (date of access: 14.12.2023).
2. Ruffle, S. (1986). Architectural design exposed: from computer-aided drawing to computer-aided design. *Environment and Planning B. Planning and Design*, 13 (4), 385–389. URL: <https://doi.org/10.1068/b130385> (date of access: 14.12.2023).

3. Aish, R. (1986). Building modelling: the key to integrated construction CAD. *CIB 5th International Symposium on the Use of Computers for Environmental Engineering Related to Buildings*, 5, 7–9.
 4. Altah, H. & Hajjismail, S. (2022). Architectural Heritage in Medium and Small Syrian Cities. *Management Advanced Strategies for Postwar Recovery*, 8, 51–65.
 5. Vitasek, S. (2022). The use of the BIM method for sustainable care of historic buildings: Methodological framework. *SHS Web of Conferences 132, 01023*. URL: <https://doi.org/10.1051/shsconf/202213201023> (date of access: 14.12.2023).
 6. Saeed, Z.O., Almukhtar, A., Abanda, H. & Tah, J. (2021). BIM Applications in Post-Conflict Contexts. *The Reconstruction of Mosul City. Buildings*, 11 (351), 1–23. URL: <https://doi.org/10.3390/buildings11080351>(date of access: 14.12.2023).
 7. Castellazzi, G., Cardillo, E., Lo Presti, N., D’Altri, A.M., de Miranda, S., Bertani, G., Ferretti, F. & Mazzotti, C. (2023). Advancing Cultural Heritage Structures Conservation: Integrating BIM and Cloud-Based Solutions for Enhanced Management and Visualization. *Heritage*, 6(12), 7316–7342. URL: <https://doi.org/10.3390/heritage6120384> (date of access: 14.12.2023).
 8. Levchenko, N. M., Beiner, P. S. & Beiner, N. V. (2022). Rekonstruktsiia budivel z vykorystanniam BIM-tekhnologii pry vidnovlenni mist v Ukraini [Reconstruction of buildings with the use of BIM technologies during the reconstruction of cities in Ukraine]. *Metaloznavstvo ta termichna obrobka metaliv – Metallurgy and heat treatment of metals*, 4 (99), 64–70.
 9. Hryhorovskiyi, P., Osadcha, I., Jurelionis, A., Basanskyi, V. & Hryhorovskiyi, A. (2022). A BIM-Based Method for Structural Stability Assessment and Emergency Repairs of Large-Panel Buildings Damaged by Military Actions and Explosions: Evidence from Ukraine. *Buildings*, 12 (1817). URL: <https://doi.org/10.3390/buildings12111817> (date of access: 14.12.2023).
 10. Almukhtar, A., Saeed, Z.O., Abanda, H. & Tah, J.H.M. (2021). Reality Capture of Buildings Using 3D Laser Scanners. *CivilEng*, 2, 214–235. URL: <https://doi.org/10.3390/civileng2010012> (date of access: 14.12.2023).
 11. *BIM for Heritage: Developing the Asset Information Model* (2020). Historic England. URL: <https://historicengland.org.uk/images-books/publications/bim-for-heritage-aim/heag271-bim-developing-asset-info-model/>
 12. Kysil, O., Kosarevska, R. & Levchenko, O. (2020). The innovation of accounting and certification of historic architectural monuments using BIM technology. *Budownictwo i Architektura*, 19, 5–18. URL: <https://doi.org/10.35784/bud-arch.888> (date of access: 14.12.2023).
-

UDC [628.8]536.1

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.27>

METHOD OF EVALUATING THERMAL PROTECTIVE PROPERTIES OF OUTER BUILDING WALLS

Ivashina Yu. K. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor at the Department of Physics
Kherson State University
ORCID ID: 0000-0001-9569-2393

Zavodyannyi V. V. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor at the Department of Hydraulic Engineering,
Water and Electrical Engineering
Kherson State Agrarian and Economic University
ORCID ID: 0000-0002-8224-8215

The problem of reducing energy costs for heating is urgent and needs an immediate solution. For this, it is necessary to conduct a wide audit of the heat-insulating properties of buildings. The existing method is based on the experimentally determined indoor and outdoor air temperatures, the temperature of the inner and outer surfaces of the structure and the heat flow through it. Such measurements require a lot of time, complex devices and are not very accurate.

The purpose of the work is to develop and test in practice a method of assessing the thermal insulation property of the outer walls of buildings in natural operating conditions, which would not require the measurement of the heat flow through the wall and would significantly simplify the measurement process.

The method we used is based on the fact that the thermal resistance of the wall and the heat transfer resistance of its inner surface are connected in series. As a result, the temperature difference at the specified resistances is proportional to the resistances $\frac{R_0}{R_a} = \frac{t_k - t_3}{t_k - \tau_6}$, where R_0 is

the heat transfer resistance of the wall, R_a is the heat transfer resistance of its inner surface, t_k and t_{out} are the temperatures of the air in the room and outside, τ_{out} is the inner surface temperature of the wall. This ratio can be used to determine the effectiveness of thermal protection of the wall. For the experimental verification of the proposed method, we conducted a study of heat transfer through the outer wall of a building with walls made of expanded clay concrete panels with two types of thermal insulation.

The results show that the additional thermal insulation of the walls significantly changes the ratio of the heat transfer resistance to the heat transfer resistance of the inner surface. Experiments and calculations proved the correctness of the application of the method of determining the effectiveness of thermal protection of the outer walls of buildings based on the determination of the ratio of the temperature difference in the room and the outside to the temperature difference in the room and on the inner surface of the wall.

Key words: heat-insulating properties, heat transfer resistance, additional thermal insulation.

Івашина Ю. К., Заводяний В. В. Спосіб оцінки теплозахисної властивості зовнішніх стін будівель

Проблема зменшення енергозатрат на опалення є актуальною і потребує негайного вирішення.

Для цього необхідно провести широкий аудит теплозахисних властивостей споруд. Існуючий метод, базується на основі визначених експериментально температур повітря в приміщенні і зовні, температури внутрішньої і зовнішньої поверхонь конструкції і теплового потоку через неї. Такі вимірювання потребують багато часу, складних приладів і не відрізняються високою точністю.

Мета роботи – розробити і перевірити на практиці методіку оцінки теплозахисної властивості зовнішніх стін будівель в природних експлуатаційних умовах, яка б не потребувала вимірювання теплового потоку через стіну і суттєво спростила б процес вимірювання.

Методика, яку ми використали, ґрунтується на тому, що тепловий опір стіни і опір тепловіддачі її внутрішньої поверхні з'єднані послідовно. Внаслідок цього різниця температур на вказаних опорах пропорційна опорам $\frac{R_0}{R_6} = \frac{t_k - t_3}{t_k - \tau_6}$, де R_0 опір теплопередачі

стіни, R_6 опір тепловіддачі її внутрішньої поверхні, t_k і t_3 температура повітря в приміщенні і зовнішня t_{out} температура внутрішньої поверхні стіни. Вказане відношення може бути використаним для визначення ефективності теплового захисту стіни. Для експериментальної перевірки запропонованої методики нами проводилося дослідження теплопередачі через зовнішню стіну будинку зі стінками із панелей з керамзитобетону з двома видами теплового утеплення.

Результати свідчать, що додаткова тепла ізоляція стін суттєво змінює відношення опору теплопередачі до опору тепловіддачі внутрішньої поверхні. Експерименти і розрахунки довели коректність застосування методики визначення ефективності теплового захисту зовнішніх стін будівель на основі визначення відношення різниці температур в приміщенні і зовнішньої до різниці температур в кімнаті і на внутрішній поверхні стіни.

Ключові слова: теплоізоляційні властивості, опір теплопередачі, тепла ізоляція.

Introduction. One of the most important problems facing society today is energy conservation. This is due to both the limitation of hydrocarbon reserves and the pollution of the atmosphere associated with the production and consumption of energy. Most of the energy resources in our country are used for heating domestic and industrial premises, therefore the problem of reducing energy consumption for heating is urgent and requires an immediate solution.

To solve this problem, it is necessary to carry out mass reconstruction of existing buildings in order to improve the thermal insulation properties of the enclosing structures. For this, it is necessary to conduct a wide audit of the heat-insulating properties of buildings. The existing method, which is applied to existing structures, consists in determining the heat transfer resistance of enclosing structures, which is calculated on the basis of experimentally determined indoor and outdoor air temperatures, the temperature of the inner and outer surfaces of the structure, and the heat flow through it. Such measurements require a lot of time, complex devices and are not very accurate.

The aim of research is to develop and test in practice a method of assessing the thermal insulation property of the outer walls of buildings in natural operating conditions, which would not require the measurement of the heat flow through the wall and would significantly simplify the measurement process.

The main part. Heat transfer through a flat wall is of important practical importance and is described in detail in [1]. As a rule, the material of the wall, its thickness, heat transfer coefficients of the outer and inner surfaces of the wall are specified. With stationary heat transfer, the density of the heat flow passing through the wall, the wall layers of the surrounding medium, and the outer and inner surfaces of the wall are equal. From this it follows that the thermal resistances of the heat transfer of the inner and outer surfaces of the wall and the resistance of the wall itself are connected in series.

According to standards [2], the heat transfer resistance of the walls of buildings is equal to R_0

$$R_0 = R_i + R_{\text{out}} + R_r, \quad (1)$$

Where R_i і R_{out} are the resistance of the heat transfer of the inner and outer surfaces of the wall, R_r is thermal resistance of the structure (wall).

Heat transfer resistance of the inner surface of the wall

$$R_B = \frac{t_B - \tau_B}{q} = \frac{1}{\alpha_B} = \frac{1}{\alpha_{\text{кв}} + \alpha_{\text{ін}}} \quad (2)$$

where t_b and τ_B are the temperatures in the room and the inner surface of the wall, α_B the coefficient of heat transfer of the inner surface of the wall, α_{k_b} i α_{r_b} are the coefficients of convective and radiant heat exchange of the inner surface of the wall. Similarly, R_{out} is determined:

$$R_3 = \frac{\tau_3 - t_3}{q} = \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_{k_3} + \alpha_{r_3}} \quad (3)$$

Where α_3 is the heat transfer coefficient of the outer surface of the wall, τ_3 i t_3 are the temperatures of the outer surface of the wall and the outside air.

Thermal resistance of a wall that has several layers of different materials

$$R_k = \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (4)$$

where λ_i i δ_i are the coefficients of thermal conductivity and the thickness of the i -th layer of the wall. The heat transfer coefficients of the inner and outer surfaces are determined by building regulations [4].

There are a number of methods of experimental determination of heat transfer resistance of enclosing structures. The samples are measured in laboratory conditions according to [5]. In natural conditions – according to [2]. In these methods, the heat flow through the structure and the temperature of its inner and outer surfaces are measured, which requires special devices and considerable time. There is not always access to the outer surface of the wall.

When designing buildings, the heat transfer resistance of walls and other enclosing structures is calculated according to [2–4] using expressions (1)–(4). The disadvantages of using this method to determine the heat transfer resistance of existing buildings are that it is not always possible to determine the material and thickness of the layers of the structure, in the process of operation there is a gradual degradation of the operational characteristics of the enclosing structures and a change in the thermal conductivity coefficients of the materials [6].

For conducting a mass thermal audit of existing buildings for the purpose of their reconstruction, the specified methods for determining the heat transfer resistance can have only limited application due to their complexity and considerable labor intensity.

The method we used is based on the fact that the thermal resistance of the wall and the heat transfer resistance of its inner surface (the resistance of the wall layer of air) are connected in series, and the same heat flow q passes through them. As a result, the temperature difference at the indicated resistances is proportional to the resistances

$$q = \frac{t_k - \tau_a}{R_a} = \frac{t_k - t_3}{R_0} \quad (5)$$

where R_a is the heat transfer resistance of the inner surface of the wall, t_k i t_3 are the temperatures of the air in the room and outside, τ_a the inner surface temperature of the wall. It follows from (5).

$$\frac{R_0}{R_a} = \frac{t_k - t_3}{t_k - \tau_a} \quad (6)$$

The ratio of the heat transfer resistance of the wall R_0 to the heat transfer resistance of its inner surface R_a is equal to the ratio of the temperature difference in the room and the outside, to the temperature difference on the inner wall layer of air, which is the essence of the patent [7]. Since R_a is determined according to the standards according

to formula (2), where the heat transfer coefficient of the inner surface $\alpha_e = 8,7 \frac{Bm}{M^2 K}$ [4], the heat transfer resistance will be proportional to R_e and the ratio of the temperature difference. Thus, the ratio of temperature differences in (6) is proportional to the heat transfer resistance of the wall and can be used to determine the effectiveness of thermal protection of the wall. For this, it is necessary to determine only the temperature in the room and outside, which is quite simple, and the inner surface temperature τ_B . It can be determined using a thermocouple or an infrared pyrometer.

Since the heat transfer coefficient of the surface depends on the movement of air layers, for measurements it is necessary to choose sections of the wall where there are no curtains, furniture and other objects that could change the nature of air movement in the wall layer, and, accordingly, the coefficient α_B . Will differ from that determined by building regulations. The error in determining the heat transfer resistance of the wall according to the method [2] is less than 15%, provided that the temperature difference between the wall surfaces is greater than 33°C. Since our proposed methodology does not measure the heat flow l of the outer surface temperature the wall, the error in determining the effectiveness of the thermal protection of the walls will be determined by the error of the heat transfer coefficient α_B and the error in measuring the indoor t_k and outdoor temperatures, as well as the difference between and the inner surface t_k of the wall. According to our calculations, the relative error in determining the ratio of resistances (6), i.e., the efficiency of thermal protection of the walls, will not exceed 5% when using a graduated thermocouple and appropriate devices.

In order to experimentally verify the proposed method of assessing the thermal insulation property, we conducted a study of heat transfer through the outer wall of a nine-story building with walls made of expanded clay concrete panels. In order to identify the effect of thermal insulation on the thermal insulation property of the wall, apartments were selected that are in the same conditions (facing one outer wall of the building). In addition, the wallpaper in the rooms was of the same type. The air temperature was determined using a mercury thermometer with a division value of 0.2°C, the temperature difference between the air in the room and the inner surface of the wall – using a differential copper-constantan thermocouple. The error in determining this temperature difference was 4.4%. Measurements were carried out in rooms without insulation, with insulation of the inner surface of the wall with rolled polystyrene foam 5 mm thick and polystyrene foam plates 5 cm thick glued to the outer surface.

The results of the study are shown in Table 1. The ratio of the heat transfer resistance R_0 to the heat transfer resistance R_i was determined based on (6), $\Delta t_1 = t_k - t_3$ is the difference between the air temperatures in the room and outside. $\Delta t_2 = t_k - \tau_B$ is temperature difference on the inner wall layer of air.

The data in Table 1 show that the additional thermal insulation of the walls significantly changes the ratio of the heat transfer resistance to the heat transfer resistance of the inner surface, which is determined by the ratio of temperature differences $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$, which indicates the correctness of the application of the proposed method for determining the effectiveness of thermal protection of walls.

Conclusions. The calculation of the heat transfer resistance and the thermal resistance of the wall according to (1) and (4) performed for the case of insulation with polystyrene foam plates showed that the increase in heat transfer resistance is slightly higher than that calculated on the basis of the data in Table 1, according to which due to the

Table 1
Dependence of the ratio of the heat transfer resistance of the expanded clay wall R_0 to the heat transfer resistance of its inner surface R_i on the type of insulation

Type of insulation	$\Delta t_1, ^\circ\text{C}$	$\Delta t_2, ^\circ\text{C}$	
without insulation	26,5	2,3	
insulation of the inner surface	26,7	2,1	12,7
insulation of the outer surface	27,8	1,3	21,2

thermal insulation of the outer surface with polystyrene foam plates, the heat transfer resistance increased in 1.9 times. This can be explained by the fact that during operation, the thermal conductivity of the thermal protection increased due to contamination and wetting.

Experiments and calculations proved the correctness of the application of the method of determining the effectiveness of thermal protection of the outer walls of buildings based on the determination of the ratio of the temperature difference in the room and the outside to the temperature difference in the room and on the inner surface of the wall.

The advantage of the proposed method is that it does not require measuring the heat flow through the wall and the temperature of its outer surface, which significantly simplifies the measurement process. Determination of temperatures is carried out under natural operating conditions. Due to the simplicity of the methodology, it can be used to conduct a wide thermal audit of existing buildings.

BIBLIOGRAPHY:

1. Гільчук А.В., Халатов А.А. Теорія теплопровідності- Київ: Навчальний посібник 2017. 84 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.6-101:2010 Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.
3. СНиП 23-02-2003 Теплова заштита зданій.
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.
5. ДСТУ Б EN 12667:201X. Матеріали і вироби будівельні з високим і середнім термічним опором. Методи визначення термічного опором на приладах з захищеною гарячою пластиною і оснащених термоміром.
6. Філоненко О.І. Юрін О.І. Будівельна теплофізика огорожувальних конструкцій будівель Навч. посібник / О.І. Філоненко, О.І. Юрін. Полтава: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, 2015. 328 с.
7. Івашина Ю.К. Спосіб оцінки теплозахисної властивості зовнішніх стін будівель. Патент на корисну модель UA № 150131 U 05.01.2022 бюлетень №1.

REFERENCES:

1. Hilchuk A.V., Khalatov A.A. Theory of thermal conductivity (2017) [Theory of thermal conductivity]. Kyiv: Study guide. 84 p.
2. DSTU-N B V.2.6-101:2010 Structures of buildings and structures. The method of determining the heat transfer resistance of enclosing structures.
3. SNiP 23-02-2003 Thermal protection passed.
4. DSTU B V.2.6-189:2013 Methods of choosing thermal insulation material for building insulation.
5. DSTU B EN 12667:201X. Building materials and products with high and medium thermal resistance. Methods of determining thermal resistance on devices with a protected hot plate and equipped with a thermometer.

6. Filonenko O.I. Yurin O.I. (2015) Budivelna teplofizika [Building thermal physics of building enclosing structures] Study. manual / O.I. Filonenko, O.I. Yurin Poltava: Yuriy Kondratyuk Poltava National Technical University, 328 p.

7. Ivashina Yu.K. A method of assessing the thermal insulation properties of the external walls of buildings. Utility model patent UA No. 150131 U 05.01.2022 bulletin No. 1.

УДК 658.711(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.28>

ВПЛИВ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕКОНОМІЧНИЙ СТАН МАШИНОБУДІВНОЇ ГАЛУЗІ

Райко В. Ф. – кандидат технічних наук,
професор кафедри безпеки праці та навколишнього середовища
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»
ORCID ID: 0000-0002-5527-1874

Семенов Є. О. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри безпеки праці та навколишнього середовища
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»
ORCID ID: 0000-0001-9280-947X

Новожилова Т. Б. – доцент
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»
ORCID ID: 0000-0003-2551-6954

Нечипоренко Д. І. – кандидат технічних наук, доцент
Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»
ORCID ID: 0000-0002-5570-1061

У статті подано важливість виявлення сучасних ризиків машинобудівної промислової галузі для забезпечення техногенно-екологічної безпеки України. З'ясовано, що її показники функціонування виступають головним чинником соціального та економічного розвитку країни. Дана галузь впливає на розвиток технологічного потенціалу і конкурентоспроможності економіки України в цілому. Рівень розвитку машинобудування є одним з основних факторів, що дозволяє забезпечити сталий розвиток української економіки, від його рівня та динаміки розвитку залежить розвиток країни. У основних результатах висвітлено сучасний стан машинобудівної галузі, ефективність діяльності підприємств машинобудування, виявлення актуальних проблем, які дають змогу визначити інструменти для відновлення та подальшого сталого розвитку підприємств машинобудування. Розглянуто фактори класифікації ризиків за відповідними складовими, зокрема, техногенною, економічною, екологічною. Метою статті є виявлення основних проблем, ризиків і можливостей машинобудування в Україні. У дослідженні підтверджений зв'язок між економічним зростанням та розвитком промисловості. Визначено особливості умов функціонування машинобудівних підприємств. Проаналізовано головні чинники зниження обсягів виробництва машинобудівної галузі. Визначені основні фактори, що стримують інноваційну діяльність. Окреслено головні дестабілізуючі проблем машинобудівної галузі через призму загальної ситуації в Україні, а саме: порушення логістики, військові загрози, політичні ризики тощо. Зроблено висновок та запропоновано ряд заходів, спрямованих на створення умов сталого розвитку машинобудівної галузі з урахуванням потенціалу і можливостей підприємств машинобудування в сучасних умовах. Подальші перспективи окреслюють проблему інновацій та модернізацію виробництва.

Ключові слова: машинобудування в Україні, сучасний стан, проблеми розвитку, економічний потенціал, шляхи вдосконалення.

Raiko V. F., Semenov Ye. O., Novozhylova T. B., Nechyporenko D. I. The impact of technogenic and environmental factors on the economic state of the machine-building industry

The article presents the importance of identifying modern risks of the machine-building industry to ensure technological and environmental safety of Ukraine. It was found that its functioning indicators are the main factor of the social and economic development of the country. This industry affects the development of the technological potential and competitiveness

of the economy of Ukraine as a whole. The level of development of mechanical engineering is one of the main factors that allows to ensure the sustainable development of the Ukrainian economy, the development of the country depends on its level and dynamics of development. The main results highlight the current state of the machine-building industry, the effectiveness of machine-building enterprises, the identification of current problems, which make it possible to identify tools for the recovery and further sustainable development of machine-building enterprises. The factors of risk classification according to the relevant components are considered, in particular, man-made, economic, environmental. The purpose of the article is to identify the main problems, risks and opportunities of mechanical engineering in Ukraine. The research confirms the connection between economic growth and industrial development. The peculiarities of the operating conditions of machine-building enterprises have been determined. The main factors of the decrease in the volume of production of the machine-building industry are analyzed. The main factors restraining innovative activity are identified. The main destabilizing problems of the machine-building industry are outlined through the prism of the general situation in Ukraine, namely: disruption of logistics, military threats, political risks, etc. A conclusion was made and a number of measures aimed at creating conditions for the sustainable development of the machine-building industry, taking into account the potential and capabilities of machine-building enterprises in modern conditions, were proposed. Further prospects outline the problem of innovation and modernization of production.

Key words: *mechanical engineering in Ukraine, current state, development problems, economic potential, ways of improvement.*

Вступ. Машинобудування є однією з фундаментальних галузей економіки України та важливою стратегічною галуззю, яка впливає на розвиток технологічного потенціалу та конкурентоспроможності української економіки в цілому. Забезпечення позитивної динаміки стану економіки України напряму залежить від розвитку промисловості, у тому числі й машинобудівництва. Питання управління розвитком галузі є складним соціально-економічним завданням, яке враховує конкретні умови праці. Досі в Україні не сформувалася цілісна і скоординована система поглядів на управління.

Постановка проблеми. Промислове підприємство, яке координує і забезпечує розвиток підприємства в його поточному стані та стратегічній перспективі повинно підтримувати баланс і конкурентоспроможність, швидко реагувати на нестабільні фактори навколишнього середовища та ризики поточної глобальної ситуації. У сучасних умовах глобалізації та мінливого економічного середовища машинобудівні компанії стикаються зі значними взаємопов'язаними техногенними та економічними ризиками, які негативно впливають на їх діяльність та фінансові результати.

Метою дослідження є аналіз економічних аспектів розвитку машинобудівних підприємств.

Предметом дослідження є організаційно-економічний механізм управління ризиками на машинобудівних підприємствах.

Об'єктом дослідження є дії природних і техногенних аварій у машинобудуванні, фактори ризику по техногенній і екологічній складовим, політична складова (логістика, близькість кордону, військові загрози).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Різноманітні питання, пов'язані з сучасними ризиками машинобудівної промисловості в Україні досліджували такі українські науковці, як Н. Буреннікова [2], А. Гордійчук [3], І. Сітак, А. Івахненко [10] та інші.

Зокрема, І. Посохов, А. Кабиш [7] вказують на те, що велике значення в умовах економічної нестабільності України має питання управління ризиками машинобудівних підприємств для підвищення ефективної, розвитку та вдосконалення як даної галузі, так і економіки в цілому. В. Пуртов, А. Парфьонова [9] подають

характеристику ризиків та управління ними, які безпосередньо впливають на обрану діяльність В. Фалько визначає методику оцінки ризику у машинобудівництві, яка складається з наступних критеріїв: план оцінки, його реалізація та безпосереднє виконання [11]. Про особливості діяльності машинобудівних підприємств в Україні зазначає О. Ходирева [12].

Проте слід враховувати, що проблема дослідження потребує проведення поглибленого аналізу розкриття ролі ризиків у машинобудівній промисловості. Тому аналіз індексу промислового виробництва [4] доповнює теоретичну основу даної наукової розвідки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ризик є природною частиною життя і супроводжує всі сфери діяльності. Серед факторів ризику, з якими стикається сучасна людина, важливе місце займає ризик втрати здоров'я та працездатності внаслідок професійної діяльності.

Визначення ризику важливо пояснювати в таких аспектах, як насамперед, такий, що характеризується негативними подіями, які створюють шкоду людині або підприємству; невизначеністю – імовірнісному розподілу можливих результатів. Ризик-менеджмент займається вивченням міри між результатами прийнятих рішень, останні в свою чергу оцінюються через шкідливість або відповідно до критеріїв орієнтирів підприємства.

Машинобудівний комплекс України має повний спектр спеціалізованих видів машинобудування та налічує низку підвидів машинобудування: суднобудування, аерокосмічне, авіаційне, електроніку, сільськогосподарське, оборонне, енергетичне, транспортне, приладобудування тощо (табл. 1). В умовах сьогодення обсяг машинобудівної галузі в загальному обсязі промислового виробництва не перевищує 15%.

Таблиця 1

**Індекс промислового виробництва
за категорією машинобудування 2017–2022 рр., %**

	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Машинобудування	112,2	81,1	84,6	110,8	105,6	52,4
Комп'ютери, електроніка, оптика	142,9	56,1	135,6	97,2	112,1	63,3
Електротехнічне обладнання	107,8	51,7	88,8	126,1	88,9	62,4
Виробництво механізмів і обладнання	110,6	92,0	79,6	123,2	107,3	30,9
Виробництво автотранспортних засобів	108,2	88,7	73,0	120,7	83,1	101,8
Виробництво інших транспортних засобів	111,0	92,9	83,3	84,5	123,1	55,7

Джерело: [4]

Машинобудівні компанії – це галузі з високим рівнем виробничого травматизму та професійних захворювань, а також високим ризиком техногенних аварій і катастроф [2]. Зростання промислового виробництва є одним із пріоритетних напрямів економічної політики України, однак нинішня економічна ситуація,

в якій змушені працювати вітчизняні підприємства, в тому числі машинобудівної галузі, характеризується переважно нестабільністю та економічною невизначеністю, що впливає на фінансову та економічні переваги промислових підприємств. Визначено особливості умов функціонування машинобудівних підприємств:

- соціально-економічна трансформація дестабілізує впливає на інноваційно-інвестиційний процес реального сектора економіки;
- науково-технічний потенціал сучасних промислових підприємств не сумісний з вимоги поступового економічного розвитку;
- відсутність стимулів для технологічного розвитку промислового сектору машинобудівного комплексу;
- підвищення критичного рівня експлуатації основних виробничих потужностей машинобудівної галузі;
- висока міцність матеріалів для промислового виробництва;
- структурна дисбалансованість машинобудівного комплексу [12] (рис. 1).



Рис. 1. Структура машинобудування

Джерело: складено авторами на основі даних [5]

За оцінкою експертів, надзвичайні ситуації за кількістю постраждалих осіб умовно можна поділити на такі категорії: невелика чисельність – від 25 до

100 постраждалих, з яких 10–15 потребували госпіталізації; середній – від 100 до 1000 постраждалих, від 25 до 250 госпіталізованих; великий – понад 1000 людей отримали поранення, понад 250 були госпіталізовані.

Водночас аварії поділяються на три категорії за розміром. Рівень А – аварія сталася в структурних підрозділах підприємства (цехах, відділах, виробництвах), а її наслідки не виходять за межі сфери діяльності підрозділу. Рівень Б – наслідки аварії, що виникли в межах підприємства, а невід’ємною частиною підприємства є цех (цех, виробнича дільниця), де сталася аварія. Рівень В – аварія, наслідки якої виходять за межі діяльності підприємства, а фактори впливу аварії створюють загрозу для населення, навколишнього середовища та інших об’єктів у прилеглих густонаселених районах.

Небезпеки можна класифікувати за джерелом їхнього виникнення:

1. Природні небезпеки (наприклад, стихійні лиха, техногенні катастрофи, епідемії, хвороби тварин і рослин).
2. Антропогенні (наприклад, епідемії тварин і рослин).
3. Техногенні (наприклад, транспортні аварії, пожежі, незрозумілі вибухи, аварії з викидом небезпечних хімічних або радіоактивних речовин тощо); техногенні (наприклад, транспортні аварії, пожежі, незрозумілі вибухи, аварії з викидом небезпечних хімічних або радіоактивних речовин тощо).
4. Соціально-політичні небезпеки (політичні небезпеки: тероризм, збройні конфлікти, війна тощо).
5. Комплексні небезпеки (природні та техногенні небезпеки: наприклад, озонні діри, кислотні дощі, опустелювання, парникові гази, (наприклад, кислотні дощі, опустелювання, парниковий ефект).

Техногенна (природно-техногенна) безпека полягає в тому, що суспільство використовує всі можливості та соціальні механізми (ресурси та засоби) для забезпечення захисту життя, здоров’я та безпечного життєвого середовища своїх громадян; та захисту життя, здоров’я та безпечне життєве середовище населення.

Вона також може забезпечити прийнятний рівень ризику виникнення надзвичайних ситуацій шляхом запобігання виникненню техногенних катастроф та пом’якшення їх наслідків. Запобігаючи виникненню техногенних катастроф та пом’якшуючи їх наслідки, можна гарантувати прийнятний рівень ризику виникнення надзвичайних ситуацій.

Варто виділити низку ризиків, що виникають внаслідок негативної роботи машинобудівних підприємств:

- ризики забруднення повітря пилом та шкідливими речовинами;
- ризики зміни мікроклімату;
- ризики щодо отруєння людей та тварин;
- ризики забруднення поверхневого шару осідаючими частками та насиченими шкідливими речовинами;
- ризики зміни природного ландшафту;
- ризики забруднення природних та ґрунтових вод;
- ризики посилення захворювань легенів тощо, зниження імунітету;
- ризики загибелі чи нанесення шкоди працівникам, пошкодження майна як самого підприємства, так і прилеглих територій.

Оцінка ризиків – це інструмент управління екологічною безпекою. Оцінка екологічних ризиків визначається як процес, ймовірність настання несприятливої події. Процедура аналізу екологічних ризиків, спричинених забрудненням навколишнього середовища, можна розділити на два етапи: оцінка ризиків

та управління ризиками. Процедуру аналізу екологічних ризиків, спричинених забрудненням навколишнього середовища, можна розділити на два етапи: оцінка ризиків та управління ризиками.

Загальна оцінка ризику включає ідентифікацію факторів небезпеки та визначення розміру цього негативного впливу з точки зору ступеня впливу на здоров'я людини та навколишнє середовище. Управління ризиком займається завданням регулювання впливу на людей і навколишнє середовище, а його економічний блок ґрунтується на аналізі ефективності заходів щодо зниження величини впливу до певного рівня.

У залежності від мети та обсягу дослідження, даних та фінансування може проводитися окремий етап (скринінговий аналіз) або повна оцінка ризиків. Наприклад, якщо необхідно визначити ступінь ризику, спричиненого одним або кількома несприятливими факторами навколишнього середовища, використовується оцінка ризику впливу цих факторів. Для зменшення ризику від викидів з усіх джерел необхідно використовувати економічні рішення. Порівняльний аналіз показує користувачеві, як в умовах обмежених коштів вибрати з усіх можливих проблем ті, які мають високий пріоритет і є достатньо простими у технічному і організаційному їх вирішенні.

Оцінка та аналіз екологічних ризиків, що виникають внаслідок стійких антропогенних факторів та надзвичайних ситуацій, які негативно впливають на навколишнє природне середовище та економіку, дозволяє оцінити кількісні показники ризику за наступними напрямками

Загалом економічна оцінка екологічних ризиків ґрунтується на розрахунку втрат і вигод від потенційних або фактичних змін стану навколишнього природного середовища внаслідок антропогенного впливу.

Перевага розрахунку економічної оцінки екологічного збитку на основі теорії екологічного ризику, порівняно з нормативним підходом, полягає в тому, що він максимізує ефективність за рахунок більш повного (комплексного) розрахунку екологічних втрат від забруднення для окремого бенефіціара, людини або екосистеми, і створює раціональні структури інвестування ресурсів у природоохоронні та відновлювальні заходи.

Оцінка ризиків найбільш ефективна на етапі проектування та розміщення небезпечних об'єктів, обґрунтування та оптимізації заходів безпеки, аналізу можливих аварійних загроз для людей, навколишнього природного середовища та майна.

Необхідно використовувати кількісний показник ризику, який одночасно враховує дві характеристики несприятливої події: ймовірність її настання і величину завданої шкоди. Математичні моделі екологічного ризику, що визначаються економічними механізмами, зазвичай представлені наступним чином:

$$EcoRisk = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q P_{ij}(R) \times E_{ijk}$$

де еко-ризик – екологічний ризик внаслідок антропогенного впливу (грн/год) – кількість потенційних антропогенних факторів (наприклад, викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря, скиди у водні об'єкти, забруднення ґрунтів, розміщення небезпечних відходів). t – кількість зон екологічного ризику, q – ступінь деградації довкілля або погіршення показників здоров'я населення на території,

що зазнає впливу технічного навантаження, $P(R)$ – потенційний ризик екологічної катастрофи внаслідок антропогенного навантаження на об'єкт R , E – величина еколого-економічного збитку і грн [2].

Відомі методи економічної оцінки екологічних ризиків шляхом розрахунку певних показників технічного навантаження, що призводить до екологічних ризиків. В даному випадку екологічні навантаження використовуються як інструмент економічної оцінки екологічної безпеки, застосування та визначення їх рівня призводить до того, що витрати на компенсаційні заходи залежать від конкретної екологічної ситуації, конкретних ініціатив та можливості їх реалізації.

За статистичними даними кількість випадків аварійних подій за причинами виникнення протягом 2022 року навігаційні становили 45%, технічні – 23%, організаційні – 32%, а психофізіологічних – 0 випадків. Більш конкретні дані наведено в таблиці 2 за характером та рівнем аварій.

Таблиця 2

Кількісні показники аварій, що виникали 2021–2022 роки

Дані про аварії	2021	2022
Загальна кількість аварій	66	124
З них за характером походження:		
Техногенного характеру	33	53
Природного характеру	30	65
Соціального характеру	2	6
Воєнного характеру	0	1
З них за рівнями:		
Державного рівня	2	3
Регіонального рівня	0	5
Місцевого рівня	32	53
Об'єктивного рівня	32	63
Загинуло людей внаслідок аварій	148	7004
Постраждало людей внаслідок аварій	545	11072

Джерело: [3]

До аварій (катастроф), що супроводжуються викидами (витоками) техногенних ситуацій природного характеру, специфічні ситуації, при яких вплив факторів ураження на людей, навколишнє середовище та об'єкти господарської діяльності визначається особливостями явища. небезпечні речовини, пожежі, вибухи, повені, аварії інженерних мереж і систем життєзабезпечення, пошкодження будівель і споруд, аварії транспортних засобів тощо. Аварії (катастрофи), пов'язані з викидом небезпечних речовин, далі поділяються на радіаційні, хімічні та біологічні. Крім того, за типом поширення речовин у навколишньому середовищі поділяються.

Природні надзвичайні ситуації класифікуються за типом природних явищ, які можуть спричинити їх виникнення: небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні, морські і прісноводні явища, деградація ґрунту або надр, природні пожежі, інфекційні захворювання людини. Статистичні дані подано у таблиці 3.

Таблиця 3

Статистичні дані щодо кількісних показників техногенно-екологічних аварій у 2022 р.

Види аварії	Кількість аварій	Загинуло людей	Постраждало людей
унаслідок аварій чи катастроф на транспорті	8	49	63
унаслідок пожеж, вибухів	20	39	47
унаслідок раптового руйнування будівель і споруд	0	0	0
унаслідок аварій у системах життєзабезпечення	5	0	0
Геологічні	0	0	0
Метеорологічні	8	2	8
гідрологічні	0	0	0
пов'язані з пожежами у природних екологічних системах	3	0	0
медико-біологічні	19	24	7

Джерело: [3]

Питання безпеки, що розуміється як захист людини, виробництва і навколишнього природного середовища від шкідливої дії природних і техногенних факторів, стає пріоритетним не тільки через велику кількість аварій і катастроф, стихійних лих, а й тому, що є природним явищем.

В. Фалько виявив, що попри впровадження наукоємних технологій у машинобудування, не у всіх підприємствах забезпечується допустимий рівень шкідливих виробничих факторів. У цій області динаміка кількості зареєстрованих випадків нестабільна, коливається від 250 до 356 випадків у різні роки. За останнє десятиліття показники професійної захворюваності коливалися від 1,4 до 2,6 на 10 000 працюючих [11].

Актуальними також факторами ризику для машинобудівних підприємств є залежність від постачальників, застаріле обладнання та технології, політична нестабільність, економічна ситуація в країні, людський фактор.

Обставинами та причинами розвитку ризиків для працівників є: недосконала техніка, машини та інструменти (51,4–56,3%); низька працездатність і відсутність засобів індивідуального захисту (19,9–21,4%); недосконале робоче місце (2,9–3,1%); відсутність і несправність технічних засобів (3,8–4,2%) та інші [6]. Також спостерігається недотримання фізіологічно правильного режиму праці, відсутність фізіотерапевтичних заходів, допуск до роботи осіб з протипоказаннями, підвищеною чутливістю, алергією до шкідливих факторів, несвоєчасна діагностика захворювань.

Наслідки техногенно-екологічних аварій впливають на економічний аналіз показників господарської діяльності та можуть призвести до зміни управлінських рішень внутрішніми та зовнішніми користувачами. Неврахування впливу наслідків надзвичайних ситуацій на показники економічного аналізу фактично знижує якість інформаційного забезпечення управління господарською діяльністю.

Виявлено низку проблем, що виникають на машинобудівних підприємствах:

1. Машинобудівні компанії не приділяють належної уваги контролю ризиків. Одним з основних аспектів управління ризиками є контроль і моніторинг. Попри важливість цього етапу, багато інжинірингових компаній страждають від неадекватного контролю ризиків. Часто після виявлення та аналізу ризиків не встановлюється механізм моніторингу, що призводить до того, що компанії не можуть вчасно реагувати на зміни в середовищі ризику.

2. Відсутня система оцінки ризиків на етапі планування та проектування. Ще однією невирішеною проблемою є відсутність ефективної системи оцінки ризиків на етапі планування та проектування. Багато машинобудівних компаній не проводять поглибленого аналізу потенційних проектних ризиків, що призводить до непередбачуваних проблем у подальшому виробництві та експлуатації, особливо устаткування підвищеної небезпеки і виконання робіт з підвищеною небезпекою.

3. Використання сучасних технологій в управлінні ризиками є обмеженим. У сучасному цифровому світі існує безліч технологій і програмного забезпечення, які спрощують управління ризиками. Однак у машинобудівних компаніях використання таких технологій часто обмежене або зовсім не існує. Повне використання сучасних інструментів управління ризиками ускладнює процес ідентифікації, оцінки та контролю ризиків підприємства.

Нині українські та міжнародні підприємці все більше уваги приділяють обліку ризиків. Вони стикаються з різними ризиками, пов'язаними з ринковими коливаннями цін на акції, валюти та матеріали, загостренням міжнародної конкуренції. Ми вважаємо, що фактори валютного ризику є важливими факторами, що впливають на зовнішньоекономічні ризики, загальний обсяг експорту підприємств машинобудівної промисловості та можливості машинобудівної галузі здійснювати зовнішні закупівлі.

Зростання ролі технічного ризику обумовлене недостатніми інвестиціями у виробництво, старінням обладнання (матеріальним і моральним), що призводить до збільшення частоти аварійних поломок. Технічний ризик особливо важливий у безперервному промисловому виробництві (наприклад, у металургії), оскільки аварійні поломки в такому виробництві зазвичай призводять до величезних збитків.

Одним із недоліків наявної системи оцінки ризиків на машинобудівних підприємствах є те, що вона не може прогнозувати вплив технічних ризиків на результати діяльності підприємства під впливом комплексу різних факторів. З цієї точки зору необхідно виявити та систематизувати причини виникнення ризикових ситуацій у машинобудівній галузі, які надалі можуть бути використані для аналізу та прогнозування впливу на результати діяльності підприємства.

Важливою складовою є розробка ефективних методів виявлення та оцінки ризиків, які враховують повний набір соціально-економічних факторів, у тому числі шляхом їх моделювання. Оцінка ризику включає: ідентифікацію небезпек, визначення ступеня шкоди здоров'ю, яку може спричинити кожна небезпека, ймовірність виникнення та розрахунок значення показників ризику.

Державне регулювання у сфері техногенної, природної та екологічної безпеки забезпечує запланований стан соціальних і природних систем України, визначений на основі нормативних рівнів ризику. Це може здійснюватися шляхом виконання вимог, які знижують природні, техногенні та екологічні ризики до прийнятого рівня та забезпечують максимальне зменшення їх впливу у разі виникнення

надзвичайних ситуацій. Системність та дотримання законодавства у сфері регулювання ґрунтується на класифікації територій, техногенних та природних об'єктів за їх інтегральним рівнем ризику. Специфіка та вплив державного регулювання на конкретний підконтрольний об'єкт визначаються його значущим значенням техногенного ризику. У сфері регулювання техногенної та природної безпеки особливу увагу потрібно приділяти мінімізації ризиків на кожному етапі життєвого циклу небезпечних для населення об'єктів (проектування, розміщення, будівництво, монтаж, налагодження, введення в експлуатацію, експлуатація та утилізація) у галузі машинобудування.

Ефективність та керованість національного процесу управління ризиками надзвичайних ситуацій має забезпечуватися розгалуженою інфраструктурою механізмів регулювання техногенної та природної безпеки.

Основними механізмами національного регулювання є економічне регулювання, національна стандартизація, сертифікація, національний нагляд і контроль за дотриманням безпеки, ліцензування виробництва, декларування безпеки небезпечних об'єктів та медичне страхування.

Ядром державної системи управління техногенною, природною та екологічною безпекою і, відповідно, управління техногенними, природними та екологічними ризиками мають стати економічні механізми. Їх призначення – створити економічний фундамент функціонування цієї системи на всіх рівнях управління безпекою, починаючи від об'єктового і закінчуючи загальнодержавним.

Аналіз вітчизняного й закордонного досвіду у сфері розробки та застосування економічних форм зниження рівня техногенної, природної та екологічної безпеки й ризику свідчить про наявність різноманітних економічних механізмів управління безпекою та ризиком: механізми економічної відповідальності; фондові механізми, механізми бюджетного фінансування; механізми резервування фінансових, трудових і матеріальних ресурсів; механізми стимулювання підвищення рівня безпеки (пільгові оподаткування й кредитування); механізми перерозподілу ризику і страхування; застосування штрафних санкцій. Коротко їх схарактеризуємо.

Механізми економічної відповідальності полягають у системі норм, нормативів, квот, відхилення від яких призводить до певних економічних санкцій (від штрафів до зупинки виробництва). Відповідні стандарти регулюють у першу чергу застосовувані технології виробництва і будівництва, організаційно-технічні заходи із забезпечення безпеки виробництва, обмеження на граничнодопустимі концентрації, викиди чи скиди. Важливий клас становлять механізми відшкодування, в яких економічна відповідальність безпосередньо пов'язана з величиною збитку в разі виникнення надзвичайної ситуації.

До основних шляхів втілення організаційно-економічного механізму управління техногенно-екологічними ризиками варто віднести: декларування потенційно-небезпечних об'єктів (комплекс заходів для запобігання аварій на підприємствах (складах, приміщеннях), де є використання, вироблення, переробка, зберігання небезпечних речовин, що являють собою реальні загрози виникнення аварій), ліцензування видів діяльності таких виробництв (державне регулювання для забезпечення захисту та безпеки соціальних та економічних інтересів держави та суспільства), державний нагляд і контроль (забезпечення додержання правил та норм охорони праці, моніторинг впливу на довкілля тощо), страхування (захист майнових інтересів підприємства, працівників та громадян під час настання визначених подій) тощо.

Декларація безпеки для об'єкта підвищеного ризику – це документ, який визначає комплекс заходів, що мають бути вжиті організацією для запобігання аваріям і забезпечення готовності до локалізації та ліквідації аварій та їхніх наслідків.

Декларації безпеки складаються або безпосередньо компанією або організацією, або професійним органом за її запитом. Декларація безпеки ґрунтується на дослідженні небезпек, проведеному організацією, та оцінці ризиків аварій, пов'язаних з експлуатацією об'єкта.

Для експлуатованих об'єктів декларацію безпеки готують як окремий документ, а для об'єктів, що будуються (реконструкція, виведення з експлуатації), вона стає невід'ємною частиною відповідної проектної документації.

Механізми формування і використання бюджетних і позабюджетних фондів. Ефективні механізми розподілу фондів повинні спиратися на систему комплексного оцінювання рівня небезпеки в регіоні.

До механізмів стимулювання підвищення рівня безпеки (зниження прогнозованого збитку) входять механізми пільгового оподаткування та пільгового кредитування заходів щодо підвищення рівня безпеки (зниження ризику). Стимулюючий ефект механізмів оподаткування досягається шляхом зменшення податкової ставки на прибуток зі зростанням рівня безпеки. Є певні механізми резервування засобів, які необхідні для ліквідації наслідків чи зменшення збитків від надзвичайних ситуацій (рис. 2).



Рис. 2. Механізми резервування засобів на випадок надзвичайних ситуацій

Джерело: складено автором на основі даних [1]

За обґрунтованого вибору системи економічних механізмів діяльність підприємства буде спрямована на підвищення рівня безпеки виробництва, зниження його негативного впливу на рівень безпеки регіону та, як результат, на досягнення поставленої мети – забезпечення необхідного рівня безпеки регіону за умови високої економічної ефективності.

Якщо система економічних механізмів вибрана невдало, то дії підприємств можуть призвести або до порушення встановлених норм, перевищення негативних

впливів та зниження рівня безпеки, або до забезпечення необхідного рівня, але дуже дорогою ціною – коштом істотного зниження рівня життя.

Ризик повного або часткового знищення середовища існування людини, тварин і рослин внаслідок використання небезпечної техніки та технологій, впливу техногенних або природних катастроф повинен здійснюватись на різних рівнях державного управління.

Правове, адміністративне та економічне регулювання небезпечної діяльності забезпечує державний вплив на ведення реєстру небезпечних видів діяльності в інтересах населення в цілому, зменшує ступінь техногенних небезпек, своєчасно мінімізує негативний вплив надзвичайних ситуацій на навколишнє середовище та забезпечує відшкодування шкоди, яку вони можуть спричинити. Ефективне управління природно-техногенною безпекою на регіональному рівні також вимагає реалізації довгострокових регіональних програм природно-техногенної безпеки. У стратегічному управлінні екологічною безпекою особливу увагу слід приділяти механізму перерозподілу ризиків. Йдеться про загальнодержавне, незалежне і взаємне страхування небезпечних видів діяльності. Його головною особливістю є можливість створення страхового фонду, здатного компенсувати можливі збитки ще до настання шкідливого або небезпечного впливу на населення, об'єкти економіки чи довкілля.

Внаслідок повномасштабної війни економічна та екологічна ситуація в Україні істотно погіршилася. Ситуація в промисловості була складною та неоднозначною. З одного боку, на початку війни промислове виробництво в Україні збільшувалося, оскільки підприємства виконували вигідні державні замовлення для військових. Це дозволило підприємствам збільшити обсяги виробництва. Але водночас почастішали перебої у внутрішніх і зовнішніх торговельних зв'язках, зростало військове виробництво і знижувалося цивільне (легке, харчове, будівельне та лісове), загострювалися хронічні транспортні та фінансові проблеми.

Глобальні кризи у сфері довкілля та гуманітарної безпеки (військові, геополітичні, економічні, соціальні тощо) посилюють одна одну, породжуючи нестабільність і конфлікти та створюючи взаємодоповнюючі ризики та загрози у різних сферах. Без ефективних і комплексних заходів з управління ризиками вони можуть призвести до нових ризиків і загроз у майбутньому, зокрема непередбачуваних. Без належного реагування на чинні кризи прогнозується суттєве погіршення стану глобальної екосистеми, зниження рівня безпеки людського розвитку, загострення геополітичної та військово-політичної нестабільності до рівня глобального збройного конфлікту. Останній може призвести до ще більш серйозних екологічних криз, наприклад, через застосування певних видів хімічної зброї або радіоактивного та хімічного забруднення внаслідок руйнування ядерної інфраструктури, газо- та нафтопроводів і сховищ, хімічних промислових підприємств тощо.

Розглядаючи класифікацію ризиків, їх можна розділити на внутрішні та зовнішні. До внутрішніх ризиків належать недоліки в організації виробничого процесу, а до зовнішніх – поведінка постачальників, помилки в оцінці попиту, природні та кліматичні умови, зміни ринкової кон'юнктури, зміни в економічних факторах, політичні фактори.

Згідно з факторами класифікації, машинобудівна галузь в сучасних умовах характеризується наступними ризиками: різке зниження виробництва, погіршення балансу виробництва та виробничих зв'язків через порушення логістики машинобудівних підприємств у час війни, що складалися роками. Деякі підприємства переорієнтувалися на випуск іншої продукції або змінили спеціалізацію.

Інші не витримали конкуренції з іноземними виробниками та повністю зникли. Зменшення фінансування науково-дослідних установ призвело до того, що новітні технології, спрямовані на економію ресурсів та зменшення відходів, не були впроваджені в повному обсязі. Ускладнюється виробництво на машинобудівних підприємствах через близькість кордонів з росією.

Для управління техногенними ризиками можна використовувати:

1. Моніторинг, обмеження та захист здійснюються для зниження ризиків виробничої діяльності для співробітників, населення і навколишнього середовища. Під моніторингом розуміють постійне збирання інформації, спостереження і контроль за об'єктом, аналіз ризиків, вимірювання параметрів виробничого процесу, викидів небезпечних речовин і стану довкілля на територіях, прилеглих до об'єкта.

2. Заходи безпеки запобігають ситуації, коли персонал може піддаватися впливу небезпечних, шкідливих або небезпечних факторів, пов'язаних із нормальною експлуатацією об'єкта. Вони являють собою фізичні бар'єри, які перешкоджають поширенню небезпечних чинників під час нормальної роботи об'єкта і в разі аварії.

3. Управління технічними ризиками та промисловою безпекою передбачає, що до заходів контролю промислових ризиків належать: оцінка їхніх ризиків; раціональний розподіл виробничих сил на території країни з погляду техногенної безпеки; запобігання аваріям і техногенним катастрофам через підвищення технічної безпеки виробничих процесів та експлуатаційної надійності устаткування; розробка й реалізація технічних та інженерних заходів зі зниження можливих втрат та шкоди (пом'якшення можливих наслідків); розробка і впровадження технічних та інженерних заходів зі зниження можливих втрат та шкоди (зменшення можливих наслідків); розробка і впровадження технічних і інженерних заходів.

Дослідження показало, що сучасні машинобудівні компанії недостатньо застосовують ефективні системи оцінки техногенних і екологічних ризиків. Для розв'язання цієї проблеми необхідно запровадити систему оцінки ризиків для попереднього детального аналізу потенційних ризиків. Це допоможе зменшити ризик виникнення непередбачених проблем під час виробництва та експлуатації.

Висновки. Сучасний стан досліджень природно-техногенної безпеки вирізняється тим, що окремі складові цієї проблеми є досить різноплановими та не мають комплексного підходу. Слід зазначити, що методологічні засади, які наразі закладені в практику природно-техногенної діяльності в Україні, фактично не сприяють впровадженню позитивних рішень. Підсумовуючи, можна побачити, що природно-техногенна безпека вивчається з методологічних, теоретичних і методичних позицій, а комплексні дослідження природно-техногенної безпеки життєдіяльності населення здійснюються різними науками, в тому числі й суспільною географією. Воєнні дії на території України значно ускладнюють забезпечення техногенно-екологічної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Безсонний В. Л., Терешонкова А. О. Оцінка виробничого ризику машинобудівного підприємства. *Збірник доповідей XI Міжнародної науково-методичної конференції та 138 Міжнародної наукової конференції Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах»*. 2019. С. 162-164. <https://core.ac.uk/download/pdf/286988163.pdf#page=162>.

2. Буреннікова Н. В. Теорія та філософія результативності функціонування підприємств як систем: оновлений погляд на шляхи реалізації функцій та управління. *Бізнесінформ*. 2021. № 6. С. 190-196. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/33350>.

3. Гордійчук А. П. Управління ризиками машинобудівних підприємств на засадах ефективності. *Proceedings of the 1st International scientific and practical conference*. 2023. С. 254-260. <https://sci-conf.com.ua/wp-content/uploads/2023/09/CURRENT-CHALLENGES-OF-SCIENCE-AND-EDUCATION-18-20.09.23.pdf#page=254>.

4. Індекс промислового виробництва. *Мінфін*. URL: <https://index.minfin.com.ua/economy/index/industrial/2022/> (дата звернення: 13.12.2023).

5. Макаренко А. Б. Аналіз машинобудівних підприємств з метою вдосконалення інвестиційного проектування в сучасних умовах. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2021. № 3-4 (157-158). С. 55-61. <http://eee.khpi.edu.ua/article/view/239900>.

6. Мезенцева І. О., Кузьменко О. О., Горбенко В. В., Мезенцев С. М. Безпека праці – запорука розвитку машинобудівного виробництва. *Prospects of modern science and education*. 2023. С. 626-629. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/8053cacf-4a49-4731-8dfd-31d1af5b68e9/content>.

7. Посохов І., Кабиш А. Обґрунтування необхідності управління ризиками машинобудівних підприємств. *Теорія та практика менеджменту : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* 2020. С. 145-146. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/0f22c8e4-eab0-4012-acba-056b8459acc6/content>.

8. Посохов І. М., Кабиш А. Ю., Падалка П. А. Складові процесу розробки системи управління ризиками машинобудівних підприємств. *Менеджмент, аудит та фінанси: стан, проблеми та перспективи розвитку : зб. тез наук. робіт учасників міжнар. наук.-практ. конф.* 2021. С. 41-46. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/26fdb363-d92d-476a-95fb-1c86930e4a7f/content>.

9. Пуртов В., Парфьонова А. Удосконалення системи управління ризиками на машинобудівних підприємствах Харківщини. *Економіка та управління підприємствами*. 2019. С. 68-78. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/27937/2/ГЕВ_2019v56n1_Purtov_V-Improvement_of_risk_management_68-78.pdf.

10. Сітак І. Л., Івахненко А. В. Особливості управління ризиками в сучасних умовах. *Вісник НТУ «ХПІ» (економічні науки)*. 2020. № 2. С. 125-128. <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/29eb93c5-9a28-4607-98af-6ba531e15371/content>.

11. Фалько В. В. Оцінка професійних ризиків для працівників машинобудівних підприємств. *Актуальні проблеми безпеки життєдіяльності*. 2021. С. 21-25. <https://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/10690/1/21-25.pdf>.

12. Ходирєва О. О. Сучасний стан та проблеми розвитку машинобудівних підприємств України. *Економічний аналіз : зб. наук. пр.* 2021. Т. 31 (1). С. 227-238. <https://repository.kpi.kharkov.ua/items/4e632a00-e550-4daf-9569-85944f5da717>.

13. Щусь Я. В., Черняк В. І. Методичні підходи до оцінки ймовірності та наслідків загроз і ризиків зовнішньоекономічної діяльності підприємств. *Економіка в умовах глобалізації: проблеми, тенденції, перспективи : зб. матеріалів IV міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.* 2018. С. 220-222. https://ep.nmu.org.ua/pdf/econ_glob_2018.pdf#page=220.

REFERENCES:

1. Bezsonny, V. L., Tereshonkova, A. O. (2019). Otsinka vyrobnychoho ryzyku mashynobudivnoho pidpryyemstva [Assessment of production risk of a machine-building enterprise]. *Zbirnyk dopovidey KHI Mizhnarodnoyi naukovoyi metodychnoyi konferentsiyi ta 138 Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi Yevropeys'koyi Asotsiatsiyi nauk z bezpeky (EAS) «Bezpeka lyudyny u suchasnykh umovakh» – Collection of reports of the 11th International Scientific and Methodological Conference and 138th International Scientific Conference of the European Association of Security Sciences (EAS) «Human safety in modern conditions», 162-164 [in Ukrainian].*

2. Burennikova, N. V. (2021). Teoriya ta filosofiya rezul'tatyvnosti funktsionuvannya pidpryyemstv yak system: onovlenyy pohlyad na shlyakhy realizatsiyi funktsiy ta upravlinnya [The theory and philosophy of the effectiveness of the functioning of enterprises as systems: an updated look at the ways of implementing functions and management]. *Biznesinform – Businessinform*, 6, 190-196 [in Ukrainian].
 3. Gordiychuk, A. P. (2023). Upravlinnya ryzykamy mashynobudivnykh pidpryyemstv na zasadakh efektyvnosti [Risk management of machine-building enterprises based on efficiency]. *Proceedings of the 1st International scientific and practical conference*, 254-260 [in Ukrainian].
 4. Indeks promyslovoho vyrobnytstva [Index of industrial production]. *Minfin – Ministry of Finance*. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/index/industrial/2022/> (access date: 12/13/2023) [in Ukrainian].
 5. Makarenko, A. B. (2021). Analiz mashynobudivnykh pidpryyemstv z metoyu vdoskonalennya investytsiynoho proektuvannya v suchasnykh umovakh [Analysis of machine-building enterprises in order to improve investment design in modern conditions]. *Enerhozberzhennya. Enerhetyka. Enerhoaudyt – Energy saving. Energy. Energy audit*, 3-4 (157-158), 55-61 [in Ukrainian].
 6. Mezentseva, I. O., Kuzmenko, O. O., Horbenko, V. V., Mezentsev, S. M. (2023). Bezpeka pratsi – zaporuka rozvytku mashynobudivnoho vyrobnytstva [Occupational safety is the key to the development of engineering production]. *Prospects of modern science and education – Prospects of modern science and education*, 626-629 [in Ukrainian].
 7. Posokhov, I., Kabysh, A. (2020). Obgruntuvannya neobkhidnosti upravlinnya ryzykamy mashynobudivnykh pidpryyemstv [Justification of the need for risk management of machine-building enterprises]. *Teoriya ta praktyka menedzhmentu – Theory and practice of management*, 145-146 [in Ukrainian].
 8. Posokhov, I. M., Kabysh, A. Yu., Padalka, P. A. (2021). Skladovi protsesu rozrobky systemy upravlinnya ryzykamy mashynobudivnykh pidpryyemstv [Components of the process of developing a risk management system for machine-building enterprises]. *Menedzhment, audyt ta finansy: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku – Management, audit and finance: status, problems and prospects for development*, 41-46 [in Ukrainian].
 9. Purtov, V., Parfyonova, A. (2019). Udoskonalennya systemy upravlinnya ryzykamy na mashynobudivnykh pidpryyemstvakh Kharkivshchyny [Improvement of the risk management system at machine-building enterprises of the Kharkiv region]. *Ekonomika ta upravlinnya pidpryyemstvamy – Economics and enterprise management*, 68-78 [in Ukrainian].
 10. Sitak, I. L., Ivakhnenko, A. V. (2020). Osoblyvosti upravlinnya ryzykamy v suchasnykh umovakh [Features of risk management in modern conditions]. *Visnyk NTU «KHPI» (ekonomichni nauky) – Bulletin of NTU «KhPI» (economic sciences)*, 2, 125-128 [in Ukrainian].
 11. Falko, V. V. (2021). Otsinka profesiynykh ryzykiv dlya pratsivnykiv mashynobudivnykh pidpryyemstv [Assessment of occupational risks for employees of machine-building enterprises]. *Aktualni problemy bezpeky zhyttyediyalnosti – Actual problems of life safety*, 21-25 [in Ukrainian].
 12. Khodyreva, O. O. (2021). Suchasnyy stan ta problemy rozvytku mashynobudivnykh pidpryyemstv Ukrainy [The current state and problems of the development of machine-building enterprises of Ukraine]. *Ekonomichnyy analiz – Economic Analysis*, 31 (1), 227-238 [in Ukrainian].
 13. Shchus, Y. V., Chernyak, V. I. (2018). Metodychni pidkhody do otsinky ymovirnosti ta naslidkiv zahroz i ryzykiv zovnishn'oekonomichnoyi diyal'nosti pidpryyemstv [Methodical approaches to assessing the probability and consequences of threats and risks of foreign economic activity of enterprises]. *Ekonomika v umovakh hlobalizatsiyi: problemy, tendentsiyi, perspektyvy – Economy in the conditions of globalization: problems, trends, prospects*, 220-222 [in Ukrainian].
-

УДК 624. 01

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.6.29>

АЛЬТЕРНАТИВНИЙ РОЗРАХУНОК БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ ОБЕРТАЛЬНОГО МОМЕНТУ

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&

Сучасне проектування будівельних конструкцій будівель та споруд потребує альтернативних методів розрахунку. Шляхом співставлення різних методів розрахунку виконується перевірка правильності проектування для конструкцій. Виходячи з поняття моменту обертання, диференціювання його по висоті перерізу знайдена методика розрахунку деформацій і напружень в перерізі конструкції балки. Такий розрахунок може слугувати як альтернативний, перевірочний у проектуванні. Також цей метод розрахунку може виступати основним

Виведені диференціальні залежності моменту сили обертання за висотою перерізу для визначення поздовжньої сили і розподіленого навантаження в перерізі. В дослідженні доведено, що диференціал від моменту обертання по висоті перерізу є поздовжня сила, а диференціал від поздовжньої сили по висоті перерізу є розподілене навантаження.

Також показано, що можна представити розподілене навантаження на торець балки, як диференціал другого порядку від обертального моменту.

Для зручності розрахунків автором розроблено таблицю для знаходження добутку епюр обертальних моментів для поширених на практиці випадків.

Як перевірочний приклад розглянуто поздовжньо стиснуту балку навантажену двома зосередженими вертикальними силами в третинах прольоту.

Для перевірки запропонованого розрахункового апарату було співставлено розраховані значення напружень і деформацій з показниками визначеними традиційним способом. За результатами розрахунків напруження і деформації, що розраховані за запропонованим методом і традиційно, ідентичні. Це підтвердило достовірність запропонованого методу розрахунку, який використовує обертальний момент як вихідний критерій.

Таким чином, класичний параметр обертальної дії сил – момент сили в точці, разом із традиційними – згинальним моментом і нормальною силою, можна використовувати для розрахунку напружень і деформацій в перерізі конструкції й отримувати точні результати розрахунків.

Доведено, що деформації та напруження в перерізі балкової конструкції можуть бути визначені на основі обертальної дії сил. Застосування запропонованого розрахункового апарату дозволяє перевірити існуючі розрахунки та виконати розрахунки конструкцій для нового проекту в будівництві.

Ключові слова: напруження, деформації, розрахунок, момент сили, обертання, диференціал, переріз.

Chekanovych M. H. Alternative calculation of building structures based on rotational moment

Modern design of building structures of buildings and structures requires alternative methods of calculation. By comparing different calculation methods, the correctness of the design for structures is checked. Based on the concept of the moment of rotation, its differentiation by the height of the cross-section, a method of calculating deformations and stresses in the cross-section of the beam structure was found. Such a calculation can serve as an alternative, verification one in the design. Also, this calculation method can be the main one.

Differential dependences of the rotational force moment are derived along the section height to determine the longitudinal force and distributed load in the cross-section. The study proved that the differential from the rotational moment along the height of the section h is the longitudinal force, and the differential from the longitudinal force N on the height of the section h is the distributed load.

It is also shown that it is possible to represent the distributed load on the end of the beam q as a second-order differential from the rotational moment.

For the convenience of calculations, the author has developed a table for finding the result of multiplying the epures of rotational moments of cases common in practice.

As a test example, a longitudinally compressed beam loaded by two concentrated vertical forces in the thirds of the span is considered.

To check the proposed design apparatus, the values of stresses and deformations were compared with those determined in the traditional way. According to the results of calculations, the stresses and deformations calculated according to the proposed method and traditional one are identical. This confirmed the validity of the proposed calculation method that uses the rotational moment as the initial criterion.

Thus, the classical parameter of the rotational action of forces – the moment of force at a point, together with the traditional parameters: bending moment and normal force – can be used to calculate stresses and deformations in the cross-section of the structure and obtain accurate calculation results.

It is proved that deformations and stresses in the cross-section of the beam structure can be determined based on the rotational action of forces. The use of the proposed design apparatus allows checking existing calculations and performing structural calculations for a new project in construction.

Key words: stress, deformation, calculation, moment of force, rotation, rotational moment, differential, cross-section.

Вступ. Удосконалення розрахунку будівельних конструкцій, розробка альтернативних методів розрахунку, розширення границь теоретичних підходів створюють можливості для раціонального використання будівельних матеріалів, сприяють підвищенню ефективності в будівництві. Такі розрахунки базуються на фізичних законах, положеннях теоретичної і будівельної механіки, опору матеріалів та враховують властивості будівельних матеріалів та практику й досвід експлуатації будівельних конструкцій [1–3].

Впровадження нових теоретичних підходів у розрахункову практику проектування поглиблює пізнання, сприяє надійності проектування будівельних конструкцій та, в цілому, підвищує ефективність будівельного сектору економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційно розрахунок будівельних конструкцій виконують за двома граничними станами [1; 3]. Ці розрахунки базуються на фізичних законах, прикладних теоріях, положеннях опору матеріалів [4, с. 54] і будівельної механіки, даних властивостей будівельних матеріалів та враховують навантаження і впливи, практику експлуатації конструкцій будівель та споруд.

У відомих розрахунках конструкцій оперують поняттям згинального моменту $M_{згин}$. Диференціювання й інтегрування ведуть вздовж конструкції. Диференційні залежності згинального моменту встановлюють зв'язок між моментом, поперечною силою і розподіленям навантаженням. В той же час залежності не охоплюють поздовжню силу. Варіації з розрахунками близькі, оскільки виходять зі спільних вихідних положень. Тому їх альтернативність до певної міри умовна [5, с. 130–135; 6, с. 57–62; 7, с. 65–69].

Постановка проблеми. Сучасне проектування будівельних конструкцій будівель та споруд потребує для забезпечення надійності розрахунків альтернативних методів розрахунку. Шляхом співставлення різних методів розрахунку виконується перевірка його правильності для конструкцій. Виходячи з поняття моменту обертання і диференціювання його по висоті перерізу можна знайти методику розрахунку деформацій та напружень в перерізі конструкції балки. Такий розрахунок міг би слугувати як альтернативний, перевірочний в проектуванні. Також цей метод розрахунку може виступати основним.

Метою дослідження є виведення диференціальних залежностей моменту сили обертання за висотою перерізу, розробка розрахунку будівельних елементів на основі моменту обертання сили та перевірка розрахунку на прикладі балки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Теоретична механіка базується на початковому понятті моментів, тобто моментів сил відносно точки (центру). За визначенням, такі моменти характеризують обертальну дію сили [8, с. 47]. Момент обертання за величиною дорівнює добутку модуля сили P на довжину плеча h і має відповідний знак.

$$M_T = \pm Ph \quad (1)$$

Розглянемо фрагмент балки з розподіленим навантаженням v і q (рис. 1). Для вертикального розподіленого навантаження v результуючою силою буде P , а для горизонтального – N .

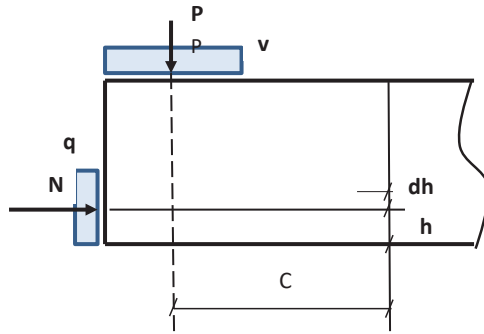


Рис. 1. Фрагмент балки з прикладеним до неї навантаженням

Обертальний момент у вибраному перерізі на відстані h від нижньої грані складе:

$$M_T = P \cdot c + N \cdot h \quad (2)$$

Диференціал від цього моменту матиме вигляд [9]:

$$\frac{dM}{dh} = 0 + N \quad (3)$$

Також можемо представити, з іншого боку, приріст моменту dM_T у разі малого приросту висоти dh у вигляді:

$$dM_T = P \cdot c + N \cdot (h + dh) - P \cdot c - N \cdot h \quad (4)$$

Після простих перетворень знайдемо:

$$dM_T = Ndh \quad (5)$$

В результаті отримаємо:

$$\frac{dM}{dh} = N \quad (6)$$

Диференціал від моменту обертання M_t по висоті перерізу h є поздовжня сила N (6).

Поздовжня сила, як результуюча від розподіленого навантаження, складає:

$$N = q \cdot h \quad (7)$$

Диференціал від поздовжньої сили має вигляд:

$$\frac{dN}{dh} = q \quad (8)$$

Диференціал від поздовжньої сили N по висоті перерізу h є розподілене навантаження q (8).

Також можна представити розподілене навантаження q , як диференціал другого порядку від обертального моменту:

$$\frac{d^2M}{dh^2} = q \quad (9)$$

Зазначимо, що обраний переріз може мати довільну орієнтацію відносно поздовжньої осі конструкції (рис. 2).

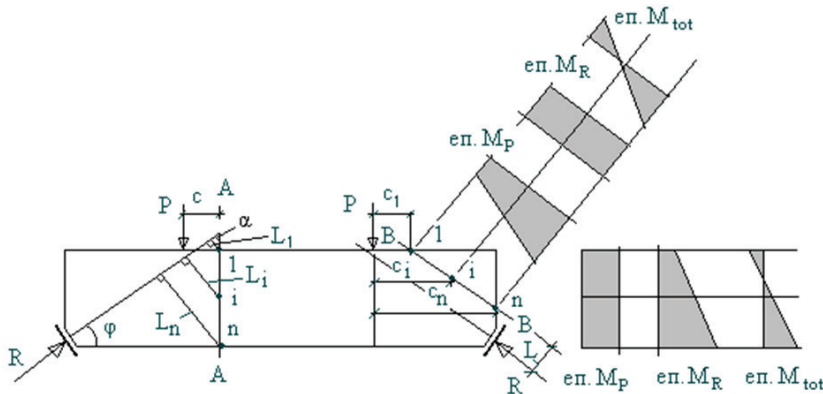


Рис. 2. Епюри обертальних моментів для вертикального і похилого перерізів

Модифіковане рівняння для визначення лінійної відносної деформації перерізу має наступний вигляд [10, с. 203]:

$$\varepsilon = \int_H \frac{M_{т.р} \overline{M}_h}{H \phi EI_{red}} dh = \frac{\Omega_t M_c}{H \phi EI_{red}} \quad (10)$$

Тут ϕ – коефіцієнт, що враховує вплив повзучості бетону, Ω_t – площа епюри навантажень, M_c – значення одиничної епюри в центрі ваги відповідної епюри навантажень.

Для зручності розрахунків за рівнянням (10) автором розроблено таблицю 1 для знаходження добутку епюр обертальних моментів для поширених випадків. Дані таблиці дійсні для перерізів конструкції з постійною жорсткістю.

Таблиця 1

Добуток епюр обертальних моментів

Епюри Епюри $M_{т,р}$	1	H	b ₁
a_1	$\frac{H^2 a_1}{3}$	$-\frac{H^2 a_1}{6}$	$-\frac{H^2 a_2 (2b_2 - b_1)}{6}$
a_2	$-\frac{H^2 a_2}{6}$	$-\frac{H^2 a_2}{3}$	$\frac{H^2 a_2 (-2b_1 + b_2)}{6}$
a_4	$\frac{H^2 (2a_3 - a_4)}{6}$	$\frac{H^2 (2a_4 - a_3)}{6}$	$-\frac{H [-b_1 (2a_4 + a_3) + b_2 (2a_3 + a_4)]}{6}$
a_6	$-\frac{H^2 (2a_5 - a_6)}{6}$	$\frac{H^2 (-2a_5 + a_6)}{6}$	$\frac{H [-b_1 (2a_5 + a_6) + b_2 (2a_5 + a_6)]}{6}$

Як перевірочний приклад розглянемо поздовжньо стиснуту балку навантажену двома зосередженими силами в третинах прольоту (рис. 3). Для балки показана епюра згинального моменту $M_{згин}$ на рис. 3.

Епюри моментів сили та епюри деформацій і напружень представлені на рис. 4. Розрахунок параметрів моментів для цих епюр наведений нижче:

$$M_{т1} = P \cdot a = -4 \cdot 9 = -36$$

$$M_{т2} = 3N h = 2 \cdot 3 \cdot 1.5 = 9$$

$$M_{т3} = N \cdot h = 2 \cdot (-1.5) = -3$$

$$M_{тв} = M_{т1} + M_{т2} = -36 + 9 = -27$$

$$M_{тн} = M_{т1} + M_{т3} = -36 - 3 = -39$$

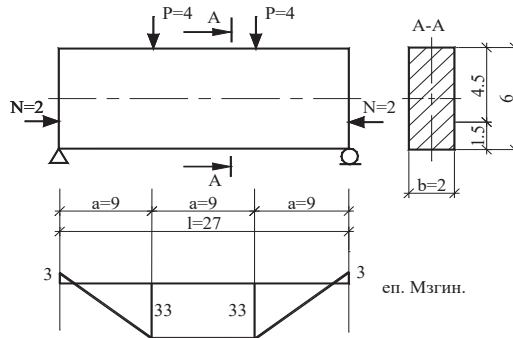


Рис. 3. Схема навантаження та еюра сумарного згинального моменту

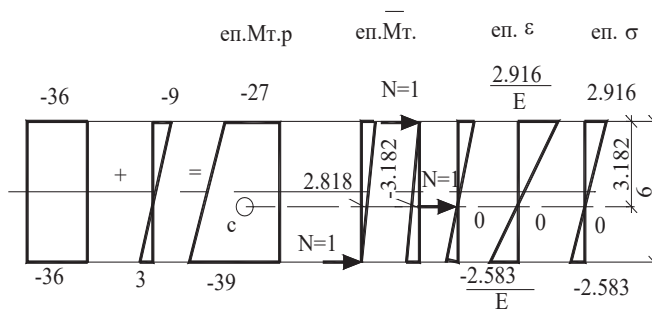


Рис. 4. Еюри моментів сили та еюри деформацій і напружень

Площа еюри навантажень складає:

$$\Omega_T = \frac{M_{TB} + M_{TH}}{2} \cdot H = \frac{-27 - 39}{2} \cdot 6 = 198$$

По центру ваги еюри навантажень – С значення одиничного моменту у першому випадку – 2.818, у другому випадку – 3,182 (див. рис. 4). Момент інерції даного прямокутного поперечного перерізу балки становить – $I = 36$. Напруження верхнього волокна складає:

$$\sigma_B = \frac{-198 \cdot (-3.182)}{6 \cdot 36} = 2.916$$

Для нижньої грані напруження нижнього волокна складає:

$$\sigma_H = \frac{-198 \cdot 2.818}{6 \cdot 36} = -2.583$$

По центру ваги еюри навантажень напруження мають нульове значення – $\sigma_C = 0$. Лінійні відносні деформації фібрових волокон:

$$\varepsilon_B = \frac{\sigma_B}{E} = \frac{2.916}{E}$$

і

$$\varepsilon_{\text{н}} = \frac{\sigma_{\text{н}}}{E} = \frac{-2.583}{E}$$

Для перевірки запропонованого розрахункового апарату співставимо отримані значення напружень і деформацій, з параметрами визначеними традиційним способом.

$$\sigma = \frac{N}{F_{\text{ред}}} \pm \frac{M_{\text{згин}}}{I_{\text{ред}}} y \quad (11)$$

Згідно з наведеним вище рівнянням (12), фіброві напруження становлять:

$$\sigma = \frac{2}{2 \cdot 6} \pm \frac{33}{12} = \frac{2 \pm 33}{12}$$

На верхній фібрі напруження стиску – $\sigma_{\text{в}} = 2.917$. На нижній фібрі напруження розтягу – $\sigma_{\text{н}} = -2.583$. Відповідно відносні фіброві деформації становлять:

$$\varepsilon_{\text{в}} = \frac{2.917}{E}$$

і

$$\varepsilon_{\text{н}} = \frac{-2.583}{E}$$

Як впливає з розрахунків, напруження і деформації, що розраховані за запропонованим методом та традиційно, ідентичні. Це підтверджує достовірність запропонованого методу розрахунку, який використовує обертальний момент як початковий, вихідний критерій. Таким чином, класичний параметр обертальної дії сил – момент сили в точці, разом із традиційними – згинальним моментом і нормальною силою, можна використовувати для розрахунку напружень і деформацій в перерізі конструкції й отримувати точні результати розрахунків. Запропонований метод також може бути використаний для перевірочних розрахунків конструкцій. У запропонованому розрахунку немає необхідності визначати положення нейтральної лінії для визначення моментів, напружень і деформацій в конструкції.

Висновки і пропозиції. Виведені диференціальні залежності моменту сили обертання за висотою перерізу для визначення поздовжньої сили і розподіленого навантаження в перерізі конструкції. Доведено, що деформації та напруження в перерізі балкової конструкції можуть бути визначені на основі обертальної дії сил. Момент сили в точці, разом із традиційними параметрами – згинальним моментом і нормальною силою, можна використовувати як вихідний параметр для розрахунку напружень і деформацій в перерізі конструкції.

Застосування запропонованого розрахункового апарату дозволяє перевірити існуючі розрахунки та виконати розрахунки конструкцій для нового проекту в будівництві.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Part 1-1: General rules and rules for building: EN 1992-1. Brussels: CEN, 2004. P.30-82.
2. Leonhard F. "Spannbeton" für die Praxis. Wyd.3. Ernst u. Sohn, Berlin-München-Dusseldorf, 1973, 246 p. 4.

3. Бабич Є.М., Бабич В.Є. Розрахунок і конструювання залізобетонних балок: навчальний посібник/ Є.М. Бабич, В.Є. Бабич. 2-ге видання, перероблене і доповнене. Рівне: НУВГП, 2017. С. 19-62.
4. Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. Опір матеріалів. К.: Вища шк., 1993. С. 54.
5. High performance concrete structures/ M. Chekanovych //Life cycle assessment, behavior and properties of concrete and concrete structures. Proceeding of International Conference. 2004, Brno, Czech Republic, P. 130-135.
6. Чеканович М. Г. Метод попереднього напруження залізобетонних конструкцій, що підвищує їх міцність. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2022. Вип. 2. С. 57-62.*
7. M Chekanovych Stress-Strain state of reinforced concrete beams strengthened with a flexible rod-roller system. AIP Conference Proceedings, 2023. С.65-69.
8. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. 8-е изд. М.: Наука, 1972, С. 47.
9. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 55568 України. Науково-технічний твір «Теорема про диференціальний зв'язок між обертальним моментом, поздовжньою силою та інтенсивністю розподіленого навантаження» / Автор – М. Г. Чеканович, Державна служба інтелектуальної власності України. Дата реєстрації 11.07.2014.
10. Чеканович, М. Г. Теорема для розрахунку будівельних конструкцій. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки, Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2023. Вип. 5. С. 199-204. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24>*

REFERENCES:

1. Eurocode 2: Design of Concrete Structures. Part 1-1: General rules and rules for building: EN 1992-1. Brussels: CEN, 2004. P. 30-82.
2. Leonhard F. "Spannbe-ton" für die Praxis. Wyd.3. Ernst u. Sohn, Berlin-München-Dusseldorf, 1973, 246 p. 4.
3. Babych Ye.M., Babych V.Ie. (2017) Rozrakhunok i konstruiuvannya zalizobetonnykh balok: navchalnyi posibnyk/ Ye.M. Babych, V.Ie. Babych. 2-he vydannia, pereroblene i dopovnene.-Rivne: NUVHP, S. 19-62.
4. Pysarenko H.S., Kvitka O.L., Umanskiy E.S. (1993) Opir materialiv. K.: Vyshcha shk., S. 54.
5. High performance concrete structures/ M. Chekanovych //Life cycle assessment, behavior and properties of concrete and concrete structures. Proceeding of International Conference. 2004, Brno, Czech Republic, P. 130-135.
6. Chekanovych M. H. (2022) Metod poperednoho napruzhennia zalizobetonnykh konstruktsii, sheho pidvyshchuie yikh mitsnist. Tavriiskiyi naukovyi visnyk. Seriiia: Tekhnichni nauky. Kherson : Vydavnychiy dim «Helvetyka», Vyp. 2. S. 57-62.
7. Chekanovych M. (2023) Stress-Strain state of reinforced concrete beams strengthened with a flexible rod-roller system - AIP Conference Proceedings, S. 65-69.
8. Tarh S.M. (1972) Kratkyi kurs teoreticheskoi mekhaniky. 8-e yzd. M.: Nauka, S. 47.
9. Svidotstvo pro reiestratsiiu avtorskoho prava na tvir № 55568 Ukrainy. Naukovo-tekhnichnyi tvir «Teoremy pro dyferentsialnyi zviazok mizh obertalnym momentom, pozdovzhnoiu syloiu ta intensyvniстю rozpodilenoho navantazhennia» / Avtor – M. H. Chekanovych, Derzhavna sluzhba intelektualnoi vlasnosti Ukrainy. Data reiestratsii 11.07.2014.
10. Chekanovych, M. H. Teorema dlia rozrakhunku budivelnykh konstruktsii. Tavriiskiyi naukovyi visnyk. Seriiia: Tekhnichni nauky, Kherson : Vydavnychiy dim «Helvetyka», 2023. Vyp. 5. S. 199-204. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.5.24>

ЗМІСТ

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ	3
Антипчук Б. О., Логвінов Г. С., Лавріщев О. О., Мельничук В. В., Дурас М. В. Модернізація пристрою вибірки та зберігання: аналіз роботи електричних схем.....	3
Зінов'єва О. Г. Аналіз технологій ідентифікації обличчя на зображенні.....	11
Качурівський В. О., Качуріська Г. М. Візуалізація дорожньої карти вступу до закладу вищої освіти на основі веб-технологій.....	18
Киричек Г. Г., Тягунова М. Ю., Смірнов В. В. Реалізація технологій для розгортання програм у контейнері	26
Ольховська О. В., Олексійчук Ю. Ф., Кошова О. П., Черненко О. О., Бойко О. А. Розробка Telegram чат-бота для надання технічної підтримки у галузі туристичних послуг	35
Paulin O. M., Komleva N. O., Nikitchenko M. I. Concept of building a library of tasks and solutions, part 2: simple sorting	45
Поперешняк С. В., Вечерковська А. С., Хільченко М. Ю. Хмарні технології як сервіси для оптимізації процесів адміністрування	54
Поперешняк С. В., Куценко М. О., Антоненко А. В. Система надання рекомендацій щодо вивчення технологій з веб-розробки	64
Ярош А. О., Кудін О. В. Нейроеволюційний метод колокації розв'язання диференціальних рівнянь	72
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ	82
Лобода О. М. Удосконалення імітаційної моделі в системі підтримки управлінських рішень на підприємствах малого бізнесу.....	82
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ	94
Bozhko A. Yu., Usatiuk S. I., Sydor V. M., Tyshchenko O. M. Improvement of the external traceability system for confectionery products with carob powder using NFC-tags	94
Гайдай Г. Ю., Грешнов А. Ю. Процеси аналізу олійних та зернових культур в морських портах.....	103
Дишкантюк О. В., Власюк К. В., Тітомир Л. А., Жмудь А. В. Інновації в ресторанному господарстві: адаптація технологій харчування до сучасних вимог сталого розвитку.....	113
Маслійчук О. Б., Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Наукові засади розроблення продуктів з підвищеним вмістом білка в раціоні харчування військовослужбовців	120
Новікова Н. В., Пелих Н. Л., Вогнівенко Л. П. Властивості та показники якості ковбасних виробів.....	132
Одінцов С. М., Назаренко Ю. В., Болгова Н. В., Синенко Т. П., Пуригін І. О. Використання рослинної білково-вмісної сировини в технології сирів	139

Павлюченко О. С., Польовик В. В., Новаторська М. О. Печиво пісочне спеціального призначення на основі рослинної сировини	147
Приліпко Т. М., Кузьмінська І. М. Шляхи мінімізації вмісту поліциклічних ароматичних вуглеводородів у копчених ковбасних виробках.....	159
Ряполова І. О., Антонов О. О. Підвищення біологічної цінності плавлених сирів за рахунок фруктових та ягідних наповнювачів.....	167
Сова Н. А., Свисенко О. В. Використання борошна нішевих культур у технології бісквітних напівфабрикатів	176
Соломон А. М., Слободяник І. С., Коваль Є. Перспективні напрямки пробіотичної складової у виробництві продуктів з функціональними властивостями	186
Степова А. А., Неміріч О. В., Ястреба С. П., Ройко О. М., Мамченко Л. Є., Кузьмін О. В. Показники якості гідролізату з м'яса мідій для інноваційної технології рибної котлетної маси.....	193
Стукальська Н. М., Богдан О. С. Вплив цитрусового пектину на якість борошняних кондитерських виробів.....	201
Ющенко Н. М., Чепурська К. В. Науково-практичне обґрунтування рецептур і технологічних параметрів виробництва паштету на основі грибів <i>pleurotus eryngii</i>	210
ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ	223
Литвиненко В. М. Оптимізація технології очищення кварцових реакторів для дифузії бору у виробництві напівпровідникових діодів.....	223
БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ	230
Білов В. А. Інноваційні методи використання будівельного інформаційного моделювання (BIM) у процесі реставрації пам'яток архітектури, пошкоджених внаслідок воєнних дій.....	230
Ivashina Yu. K., Zavodyanniy V. V. Method of evaluating thermal protective properties of outer building walls	240
Райко В. Ф., Семенов С. О., Новожилова Т. Б., Нечипоренко Д. І. Вплив техногенно-екологічних факторів на економічний стан машинобудівної галузі	246
Чеканович М. Г. Альтернативний розрахунок будівельних конструкцій на основі обертального моменту	261

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY	3
Antypchuk B. O., Logvinov H. S., Lavrishchev O. O., Melnychuk V. V., Duras M. V. Comparative analysis of the operation of the modernized sampling and storage device with its prototype.....	3
Zinovieva O. G. Analysis of face identification technologies in the image	11
Kachurivskiy V. O., Kachurivska H. V. Visualization of the road map for admission to an institution of higher education based on web technologies	18
Kyrychek H. H., Tiahunova M. Yu., Smirnov V. V. Implementation of technologies for deploying programs in a container	26
Olkhovska O. V., Oleksiuchuk Yu. F., Koshova O. P., Chernenko O. O., Boyko O. A. Development of a Telegram chat-bot for providing technical support in the field of tourist services	35
Paulin O. M., Komleva N. O., Nikitchenko M. I. Concept of building a library of tasks and solutions, part 2: simple sorting	45
Popereshnyak S. V., Vecherkovskaya A. S., Khilchenko M. Yu., Antonenko A. V. Cloud technologies as services for optimizing administrative processes	54
Popereshnyak S. V., Kutsenko M. O., Antonenko A. V. Recommendation system for learning web development technologies	64
Yarosh A. O., Kudin O. V. Neuroevolutionary collocation method for solving differential equations	72
SYSTEM ANALYSIS	82
Loboda O. M. Improvement of the simulation model in the management decision support system at small business enterprises.....	82
FOOD TECHNOLOGY	94
Bozhko A. Yu., Usatiuk S. I., Sydor V. M., Tyshchenko O. M. Improvement of the external traceability system for confectionery products with carob powder using NFC-tags.....	94
Haidai H. Yu., Hrieshnov A. Yu. Processes of oil and grain crops analysis in seaports.....	103
Dyshkantiuk O. V., Vlasiuk K. V., Titomyr L. A., Zhmud A. V. Innovations in the restaurant industry: adaptation of food technologies to modern requirements of sustainable development.....	113
Masliichuk O. B., Simakhina H. O., Naumenko N. V. Scientific principles of the development of products with a high protein content in the diet of military personnel.....	120
Novikova N. V., Pelykh N. L., Vohnivenko L. P. Properties and quality indicators of sausage products	132
Odintsov S. M., Nazarenko Yu. V., Bolhova N. V., Synenko T. P., Puryhin I. O. The use of vegetable protein-containing raw materials in cheese technology.....	139

Pavlyuchenko O. S., Polovyk V. V., Novatorska M. O. Special purpose cookies based on vegetable raw materials	147
Prylipko T. M., Kuzminska I. M. Ways to minimize the content of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked sausage products	159
Ryapolova I. O., Antonov O. O. Increasing the biological value of processed cheeses due to fruit and berry fillings	167
Sova N. A., Svysenko O. V. The use of niche crops flour in the semi-finished biscuit technology.....	176
Solomon A. N., Slobodianyk I. S., Koval Ye. Promising directions of probiotic composition in the production of products with functional properties	186
Stepova A. A., Nyemirich O. V., Yastreba S. P., Royko O. M., Mamchenko L. E., Kuzmin O. V. Quality indicators of mussel meat hydrolyzate for innovative technology of fish cut mass	193
Stukalska N. M., Bohdan O. S. Influence of citrus pectin on the quality of flour confectionery products	201
Yuschenko N. M., Chepurska K. V. Scientific and practical justification of pate recipes and technology based on rleurotus mushrooms.....	210
HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES	223
Lytvynenko V. M. Optimization of quartz reactor cleaning technology for boron diffusion in the production of semiconductor diodes.....	223
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING	230
Bilov V. A. Innovative methods of using building information modeling (BIM) in the process of restoration of architectural monuments damaged by military actions	230
Ivashina Yu. K., Zavodyannyi V. V. Method of evaluating thermal protective properties of outer building walls	240
Raiko V. F., Semenov Ye. O., Novozhylova T. B., Nechyporenko D. I. The impact of technogenic and environmental factors on the economic state of the machine-building industry	246
Chekanovych M. H. Alternative calculation of building structures based on rotational moment	261

НОТАТКИ

Таврійський науковий вісник

Випуск 6

Технічні науки

Підписано до друку 29.12.2023 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 22,26. Зам. № 0324/202

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
Україна, м. Одеса, 65101, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.