

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

Міністерство освіти і науки України
Херсонський державний аграрно-економічний університет



Таврійський науковий вісник

Технічні науки

Випуск 1



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

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

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 6 від 31.03.2023 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2022. Вип. 1. 148 с.

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

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

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

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

Редакційна колегія:

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

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY

УДК 631.371

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.1>

КОМПЛЕКСНА МЕТОДИКА СТАБІЛІЗАЦІЇ ККД СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКРИСТАЛІЧНОГО І МОНОКРИСТАЛІЧНОГО КРЕМНІЮ

Бунке О. С. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри автоматизації енергетичних процесів
Національного технічного університету України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-7945-7040

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

Проведено аналіз ключових факторів, що обмежують коефіцієнт корисної дії сонячних елементів та вказано на проблему невідповідності спектрів поглинання фотоелектричних перетворювачів та спектру сонячного випромінювання. Проведено узагальнення методів розширення спектру поглинання фотоелектричного перетворювача шляхом нанесення на поверхню сонячного елемента шару люмінофору з фіксованим значенням стоксового зсуву, що надає можливість компенсувати розбіжність у відповідних спектрах. Було проведено узагальнення методики збільшення ККД сонячного елемента через застосування фотолюмінесцентного покриття та вказано на недоліки зазначеного підходу. У роботі зазначено вимоги до люмінофору, що включають у себе високий квантовий вихід фотолюмінесценції, спектр поглинання, що лежить у короткохвильовій частині видимого діапазону та ближньому ультрафіолетовому діапазоні, спектр фотолюмінесценції, що лежить у довгохвильовій частині видимого діапазону та ближньому інфрачервоному діапазону. Також зазначено важливість стабільності оптичних характеристик барвника та високий рівень адгезії по відношенню до поверхні підкладки на основі полікристалічного та монокристалічного кремнію. Вказано, що просторова аморфність, що є притаманною для фотолюмінесцентного відгуку призводить до значних втрат у конвертованій частині сонячного випромінювання. З метою вирішення проблеми просторової аморфності фотолюмінесцентного відгуку запропоновано формувати сонячні елементи з мікрорельєфом поверхні, що дозволяє частково компенсувати відповідні втрати, а також стабілізувати

ККД сонячного елемента при зміні положення Сонця протягом доби. Побудовано методику розрахунку ККД фотоелектричного перетворювача відповідно геометричних розмірів структурних елементів мікрорельєфу поверхні та оптичних параметрів шару фотолюмінесцентного покриття. Зазначено, що через зміну аргументів багатомірних цільових функцій можна звести задачу оптимізації параметрів модифікованого сонячного елемента до задачі пошуку глобального або одного з локальних максимумів.

Ключові слова: сонячний елемент, фотоелектричне перетворення, полікристалічний кремній, фотолюмінесцентне покриття, мікрорельєфні структури, граничний термін експлуатації.

Bunke O. S., Novikov P. V. Complex method of stabilizing the efficiency of solar cells based on polycrystalline and monocrystalline silicon

The analysis of the key factors limiting the solar cell efficiency was carried out and the problem of the discrepancy between the absorption spectra of photoelectric converters and the spectrum of solar radiation was pointed out. The methods of expanding the absorption spectrum of the photoelectric converter by applying a layer of luminophor with a fixed Stokes shift to the surface of the solar cell have been generalized, which makes it possible to compensate for the discrepancy in the corresponding spectra. The method of increasing the efficiency of a solar cell by applying a photoluminescent coating was summarized and the shortcomings of the approach were shown. The work specifies the requirements for the luminophor, which include a high photoluminescence quantum yield, an absorption spectrum that lies in the short-wavelength part of the visible range and the near-ultraviolet range, as well as photoluminescence spectrum that lies in the long-wavelength part of the visible range and the near-infrared range. The importance of the stability of the optical characteristics of the dye and the high level of adhesion to the surface of the substrate based on polycrystalline and monocrystalline silicon is also indicated. It is noticed that the spatial amorphousness inherent in the photoluminescent response leads to significant losses in the converted part of solar radiation. In order to solve the problem of spatial amorphousness of the photoluminescent response, it is proposed to form solar cells with surface microrelief, which allows to partially compensate the corresponding losses, as well as to stabilize the efficiency of the solar cell when the position of the sun changes during the day. A methodology for calculating the efficiency of the photoelectric converter was developed according to the geometric dimensions of the structural elements of the surface microrelief and the optical parameters of the photoluminescent coating layer. It is noted that by changing the arguments of the multidimensional objective functions, the problem of optimizing the parameters of the modified solar cell can be reduced to the problem of finding a global maxima or one of the local maxima.

Key words: solar cell, photoelectric conversion, polycrystalline silicon, photoluminescent coating, microrelief structures, service lifetime.

Вступ. Оптимізація та впровадження сонячних елементів на сьогоднішній день є однією з актуальних задач, що розглядається у рамках концепції «Зеленої енергетики» [1–4]. Проведення оцінки продуктивності технології по розробці зазначеного класу елементів включає у себе розрахунок ККД процесу фотоелектричного перетворення і загальну собівартість складових, а також процесу їх виготовлення та утилізації відповідно до граничного терміну експлуатації. Дослідники зазначають, що обмеження на максимально можливий рівень ККД, що складає $\eta_{mSi} = 15 - 24\%$ для стандартних елементів на основі монокристалічного кремнію (mSi: Monocrystalline Silicon) та $\eta_{mSi} = 13 - 16\%$ – для полікристалічного кремнію (pSi: Polycrystalline Silicon), пов'язано з розбіжністю спектру поглинання відповідної підкладки фотоелектричного перетворювача та спектру сонячного випромінювання [5–7].

Як показано на рис. 1 спектр сонячного випромінювання, представлений, зокрема, для нижнього тропосферного шару, лежить у ближньому ультрафіолетовому (NUV: Near Ultraviolet), видимому (VS: Visible Spectrum) та ближньому інфрачервоному (NIR: Near Infrared) діапазонах, причому головний максимум сонячного випромінювання лежить у короткохвильовій частині VR. У той же час спектр поглинання як монокристалічного так і полікристалічного кремнію лежить у довгохвильовій частині VR та NIR. Стандартний підхід по збільшенню ККД

через формування монокристалічної підкладки субмікронної товщини $d \sim 30..70$ не змінює форми спектру поглинання фотоелектричного перетворювача, а отже не усуває розбіжності спектрів. При цьому технологія виготовлення тонких монокристалічних кремнієвих підкладок високоефективних сонячних елементів з $\eta_{mSi} \sim 24\%$ характеризується високою складністю, що очевидним чином впливає на їх загальний кошторис.

Як показав **аналіз наукових досліджень** типовим підходом по компенсації ефекту розбіжності спектрів є створення каскадних елементів, де кожен з шарів поглинає відповідну частину спектру сонячного випромінювання [4, 5, 8–10]. Але формування зазначених багатошарових структур включає у себе застосування токсичних сполук, зокрема, GaInP, GaAs, CIS та ін., причому загальний кошторис каскадного сонячного елемента, відповідно до складності його виготовлення зазвичай перевищує кошторис сонячного елемента на основі монокристалічного кремнію. Це не відповідає екологічним нормам, а отже звужує область застосування каскадних сонячних елементів до тих галузей де немає альтернативи високоефективним засобам сонячної енергетики, як то орбітальні комплекси, арктичні та антарктичні станції, військові бази, безпілотні літальні пристрої дальнього радіусу дії, тощо. Альтернативним підходом є нанесення на поверхню підкладки фотоелектричного перетворювача шару люмінофору, що завдяки ефекту стокового зсуву надає можливість провести конверсію сонячного випромінювання короткохвильового діапазону VS та NUV у випромінювання довгохвильового діапазону VS та NIR [5, 11–13].

Зазначена методика розглядається як надзвичайно перспективна у зв'язку з технологічною простотою реалізації відповідної технології, а отже і низьким кошторисом модифікованого сонячного елемента. Слід зазначити, що на сьогоднішній день проведено синтез кількох класів люмінофорів, що можуть бути використані як матеріал покриття фотоелектричного перетворювача [5, 11–17]. Тим не менш, відсутність цілісної методології оцінки ефективності конверсії сонячного випромінювання відповідно цільових показників ефективності роботи сонячного елемента, не дає можливість формалізувати вимоги до параметрів люмінофору, а також вказати на фактори, які призводять до зменшення ККД фотоелектричного перетворювача і запропонувати підходи по їх компенсації, що розглядається як **невирішена частина** загального дослідження.

Таким чином, **метою роботи** стала побудова комплексної методології збільшення та стабілізації рівня ККД сонячних елементів на основі стандартних одношарових фотоелектричних перетворювачів, зокрема таких, що базуються на підкладах з полікристалічного і монокристалічного кремнію, через нанесення на поверхню підкладки мікрорельєфної структури і фото-люмінесцентного покриття.

1. Розширення спектру поглинання фотоелектричного перетворювача на основі полікристалічного та монокристалічного кремнію

Узагальнена схема розширення діапазону поглинання фотоелектричного перетворювача сонячного елемента шляхом нанесення на поверхню підкладки шару люмінофору з фіксованим значенням стокового зсуву, що надає можливість компенсувати розбіжність у відповідних спектрах через конверсію короткохвильової частини спектру у довгохвильову представлено на рис. 2. Діапазон VS у даному випадку поділено на короткохвильову (SVS: Short-wave Visible Spectrum) і довгохвильову частину (LVS: Long-wave Visible Spectrum), причому зазначені діапазони розділяються умовно, відповідно до спектру поглинання підкладки фотоелектричного перетворювача. Фотолюмінесцентним шаром покриття поглинається

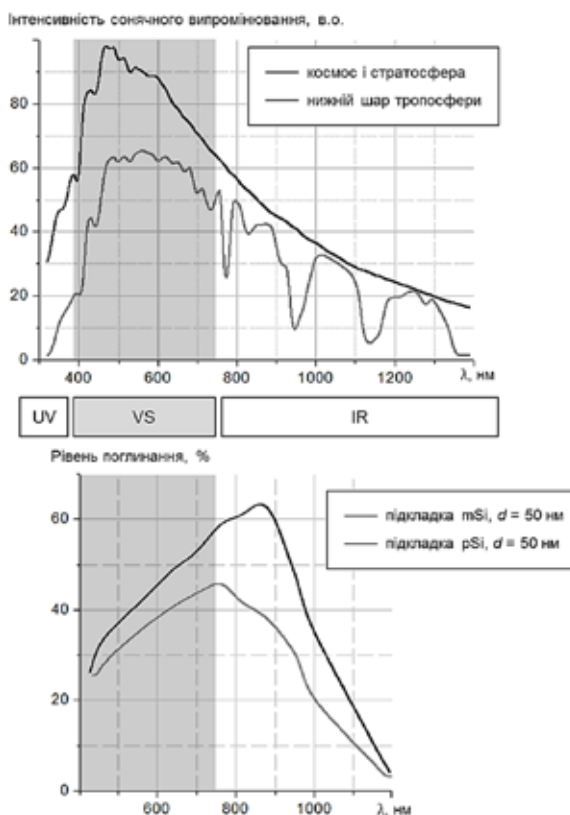


Рис. 1. Співвіднесення спектру сонячного випромінювання зі спектрами поглинання монокристалічного та полікристалічного кремнію

сонячне випромінювання у діапазонах NUV і SVS і конвертується у область поглинання підкладки фотоелектричного перетворювача (діапазони LVS і NIR). Ефективність процесу конверсії визначається процентом сонячного випромінювання у діапазонах NUV і SVS, що поглинається фотолюмінесцентним шаром, а також фотолюмінесцентним відгуком, тобто інтенсивністю фотолюмінесценції та положенням головного піку фотолюмінесценції по відношенню до піку поглинання підкладки фотоелектричного перетворювача. Додаткові втрати можуть бути пов'язані з частковим поглинанням фотолюмінесцентним шаром, частини спектрального діапазону поглинання підкладки фотоелектричного перетворювача, внаслідок чого ККД модифікованого може бути навіть меншим ніж ККД базового сонячного елемента.

Слід вказати, що у загальному випадку відповідна схема може бути використана і при конверсії світла у короткохвильову частину VS і NUV через застосування ефекту антистоксового зсуву або двохфотонної фотолюмінесценції, якщо у цій області лежить пік спектру поглинання підкладки фотоелектричного перетворювача. Але антистоксів зсув та двофотонна фотолюмінесценція не є характерними для режимів експлуатації сонячних елементів, а отже не розглядається у рамках даного дослідження.

Наведена на рис. 2 схема відповідно до зазначених факторів втрат у рівні ККД, надає можливість визначити вимоги до матеріалу люмінофору, як то:

- високий рівень поглинання у короткохвильовій частині VS та NUM, що надає можливість ефективно здійснити фотоелектричне перетворення для основної частини спектру сонячного випромінювання;
- знаходження діапазону фотолюмінесценції у довгохвильовій частині VS та NIR відповідно до положення максимуму поглинання матеріалу підкладки фотоелектричного перетворювача;
- високий показник квантового виходу (QY: Quantum Yield) фотолюмінесценції, що надає можливість зменшити втрати при конверсії сонячного випромінювання у довгохвильову частину спектру.

Також, необхідно зазначити важливість забезпечення стабільності оптичних характеристик люмінофора та високий рівень адгезії відповідного матеріалу по відношенню до поверхні підкладки на основі полікристалічного та монокристалічного кремнію відповідно задачі збільшення граничного терміну експлуатації модифікованого сонячного елементу. Цим вимогам значним чином задовольняють органічні люмінофори, що базуються на піразолінових фотолюмінесцентних барвниках [5, 14–17], що характеризуються квантовим виходом фотолюмінесценції $k_{QY} = 75..85\%$, поглинанням у діапазоні довжин хвиль $\lambda_A \in [320; 450]$ і фотолюмінесценцією у діапазоні довжин хвиль $\lambda_A \in [630; 1050]$ нм. При цьому завдяки включення домішок полімерів та наноструктурування люмінофору через введення у пори цеоліту можна змінити форму спектрів поглинання та фотолюмінесценції у залежності від спектру поглинання обраного фотоелектричного перетворювача, а також стабілізувати барвник, як відповідно збереження оптичних



Рис. 2. Схема збільшення ККД сонячного елементу через застосування ефекту стоксового зсуву фотолюмінесцентного покриття

характеристик, так і відповідно адгезії по відношенню до підкладки, що згідно результатів експериментального дослідження надає можливість утримувати граничний термін експлуатації сонячного елемента у межах 15..20 років.

2. Формування мікрорельєфної структури поверхні фотоелектричного перетворювача

Основний недолік представленого підходу розширення спектру поглинання фотоелектричного перетворювача полягає у просторовій аморфності фотолюмінесцентного відгуку, що призводить до втрат короткохвильової частини сонячного спектру у процесі конверсії у довгохвильову частину спектру згідно з зазначеною схемою. Втрати енергії сонячного випромінювання при цьому складають більше 50%: половина сигналу розсіюється, а залишок падає на підкладку у діапазоні кутів від $\gamma = 90^\circ$, що відповідає максимальному рівню поглинання фотоелектричного перетворювача κ_{Si}^{max} до $\gamma \rightarrow 0^\circ$, що відповідає мінімальному рівню поглинання $\kappa_{Si}^{min} \sim 0$. При цьому збільшується залежність ККД сонячного елемента від кута падіння сонячних променів, що протягом доби також змінюється у межах $[0^\circ; 90^\circ]$.

З метою збільшення та стабілізації ККД модифікованого сонячного елемента було запропоновано нанести на поверхню фотоелектричного перетворювача мікрорельєфну структуру, що разом з фотолюмінесцентним шаром покриття формуватиме фотолюмінесцентний концентратор світла. На рис. 3. представлено базову схему відповідної структури у вертикальному розрізі. Як показано на рисунку мікрорельєф складається з горизонтальних елементів довжиною x , та трикутних виступів з довжиною стінок y розташованих під кутом α до поверхні горизонтальних елементів. При цьому розширення кута поглинання фотоелектричного перетворювача збільшується у залежності від довжини горизонтальних ділянок та висоти виступів h у межах від $\gamma \in [90^\circ; 180^\circ]$. Оптимальні параметри структури при цьому визначаються відповідно математичної моделі, на основі якої інтенсивність сонячного випромінювання, що було переведено у довгохвильовий діапазон спектру та поглинуто фотоелектричним перетворювачем, може бути розраховано як сума відповідних показників для окремих ділянок мікрорельєфу.

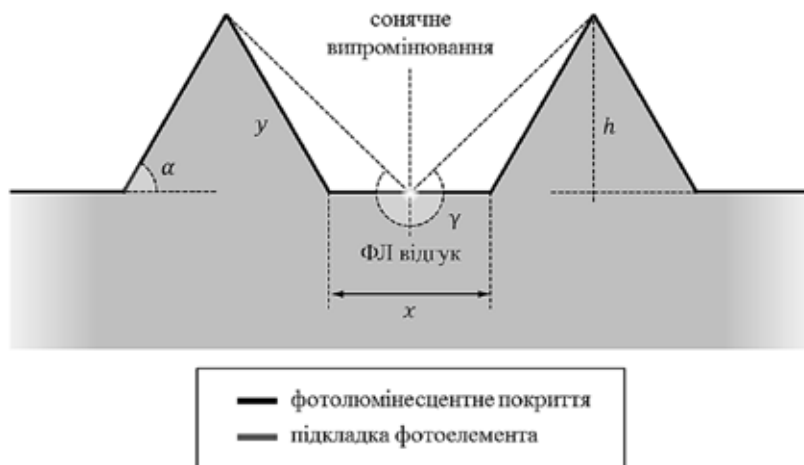


Рис. 3. Схема фотоелектричного перетворювача з мікрорельєфом поверхні та фотолюмінесцентним шаром

Для цього необхідно визначити наступні показники, що характеризують режим роботи модифікованого сонячного елемента:

- залежність коефіцієнту поглинання фотоелектричного перетворювача від довжини хвилі та кута падіння світла $\kappa_{Si}(\lambda, \gamma)$ визначена для актуального діапазону $\lambda \in [\lambda_-; \lambda_+]$;
- залежність коефіцієнту поглинання люмінофору від довжини хвилі та кута падіння сонячного випромінювання $\kappa_A(\lambda, \beta)$ визначена для актуального діапазону $\lambda \in [\lambda_-; \lambda_+]$;
- спектр фотолюмінесценції люмінофору як залежність інтенсивності фотолюмінесцентного (ФЛ) відгуку від довжини хвилі $I_{\text{ФЛ}}^0(\lambda)$ визначена для актуального діапазону $\lambda \in [\lambda_-; \lambda_+]$.

Цільовий показник $\Delta\eta$, який визначає приріст ККД пов'язаний з модифікацією структури сонячного елемента через створення мікрорельєфної структури та нанесення фотолюмінесцентного покриття, таким чином, може бути визначено через суму енергетичного внеску від ділянки χ та ділянки γ :

$$\Delta\eta = \int_0^\lambda \left(\int_0^x (F_x(I_{\text{ФЛ}}(\lambda, \beta) \cdot \kappa_A(\lambda, \beta)) dx + F_y(I_{\text{ФЛ}}(\lambda, \beta) \cdot \kappa_A(\lambda, \beta)) dy \right) d\lambda, \quad (1)$$

де функція $I_{\text{ФЛ}}(\lambda, \beta)$ визначається як

$$I_{\text{ФЛ}}(\lambda, \beta) = I_{\text{ФЛ}}^0(\lambda) \cdot \kappa_A(\lambda, \beta). \quad (2)$$

Очевидно, інтегрування у даному випадку не може бути проведено на аналітичному рівні, а отже показник $\Delta\eta$ визначається чисельними методами. Відповідна величина розглядається як цільова функція аргументами якої виступають геометричні розміри мікрорельєфу поверхні, а також оптичні параметри фотолюмінесцентного шару. Змінюючи кожен з актуальних аргументів з обраним кроком у актуальних межах і апроксимуючі отримані набори значень як багатомірну функцію можна вирішити задачу оптимізації параметрів модифікованого сонячного елемента як задачу пошуку глобального або одного з локальних максимумів цільової функції.

Висновки. У результаті проведеного дослідження було проаналізовано особливості організації сонячних елементів структура яких включає фотоелектричний перетворювач на основі підкладки з монокристалічного або полікристалічного кремнію з мікрорельєфним структуруванням поверхні та фотолюмінесцентним шаром, який наноситься з метою конверсії сонячного випромінювання короткохвильового спектру у довгохвильову область, що дозволяє збільшити та стабілізувати показник ККД.

З цією метою у рамках дослідження було проведено:

- співвіднесення спектру сонячного випромінювання зі спектрами поглинання монокристалічного та полікристалічного кремнію з метою визначення актуальних параметрів люмінофору, що використовується при конверсії сонячного випромінювання у довгохвильову частину спектру;
- узагальнення методики збільшення ККД сонячного елемента через застосування фотолюмінесцентного покриття та вказано на недоліки зазначеного підходу;

• формалізацію процедури визначення показника приросту ККД, що пов'язаний з модифікацією сонячного елементу через створення мікрорельєфної структури на поверхні підкладки та нанесення фотолюмінесцентного покриття.

У результаті проведеного дослідження зазначено, що задача оптимальних параметрів структури сонячного елементу з мікрорельєфом поверхні підкладки фотоелектричного перетворювача та нанесення фотолюмінесцентного покриття може бути вирішена через визначення максимумів цільової функції, у якості якої виступає показник приросту ККД.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Mukhopadhyay S. Solar energy and gasification of MSW: two promising green energy options. *Green Energy Systems*. 2023. P. 93–125. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-95108-1.00003-3> (date of access: 28.02.2023).
2. Urbina A. The Energy Balance of Solar Electricity. *Green Energy and Technology*. Cham, 2022. P. 157–177. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-91771-5_6 (date of access: 28.02.2023).
3. Renewable Energy for a Green Future: Electricity Produced from Efficient Luminescent Solar Concentrators / A. V. Rodrigues et al. *Solar Energy Advances*. 2022. P. 100013. URL: <https://doi.org/10.1016/j.seja.2022.100013> (date of access: 28.02.2023).
4. Abbassi A. Advanced Materials for Solar Cell Applications: Case of Simple and Composite Oxides. *Advanced Technologies for Solar Photovoltaics Energy Systems*. Cham, 2021. P. 1–13. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-64565-6_1 (date of access: 28.02.2023).
5. Kryuchyn A. A., Beliak I. V. Development of nanostructured luminophor coating for broadening of solar cell absorption spectrum. *SPIE Solar Energy + Technology*, San Diego, California, United States / ed. by O. V. Sulima, G. Conibeer. 2014. URL: <https://doi.org/10.1117/12.2060832> (date of access: 28.02.2023).
6. Sugianto S. Comparative Analysis of Solar Cell Efficiency between Monocrystalline and Polycrystalline. *INTEK: Jurnal Penelitian*. 2020. Vol. 7, no. 2. P. 92. URL: <https://doi.org/10.31963/intek.v7i2.2625> (date of access: 28.02.2023).
7. Monocrystalline Silicon Solar Cell Simulation With Reduced Absorber Thickness and Efficiency Exceeding 25% / D. Sherman et al. *2021 IEEE 48th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, Fort Lauderdale, FL, USA, 20–25 June 2021. 2021. URL: <https://doi.org/10.1109/pvsc43889.2021.9518818> (date of access: 28.02.2023).
8. Verma M., Prasad Mishra G. TOPcon route with quantum wells in GaInP/Si dual junction cell for efficiency enhancement. *Solar Energy*. 2023. Vol. 250. P. 409–417. URL: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.12.053> (date of access: 28.02.2023).
9. Lu S. Room-temperature wafer bonded GaInP/GaAs/InGaAsP/InGaAs four-junction solar cell grown by all-solid state molecular beam epitaxy. *Optical Nanostructures and Advanced Materials for Photovoltaics*, Suzhou. Washington, D.C., 2015. URL: <https://doi.org/10.1364/pv.2015.ptu3b.2> (date of access: 01.03.2023).
10. Kim H. J., Kim Y. W. High efficiency GaInP/GaAs double junction Solar cell on Si substrate assisted by the electron beam treatment. *2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*, Washington, DC, 25–30 June 2017. 2017. URL: <https://doi.org/10.1109/pvsc.2017.8366606> (date of access: 01.03.2023).
11. Indoor/outdoor light-harvesting by coupling low-cost organic solar cell with a luminescent solar concentrator / F. Mateen et al. *Solar Energy*. 2020. Vol. 207. P. 379–387. URL: <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.06.104> (date of access: 01.03.2023).
12. Silicon solar cell efficiency improvement employing photoluminescent properties of chlorophyll-A / R. Lopez-Delgado et al. *Microelectronic Engineering*. 2019. Vol. 216. P. 111047. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mee.2019.111047> (date of access: 01.03.2023).

13. Broadband photoluminescent quantum yield optimisation of Er³⁺-doped β -NaYF₄ for upconversion in silicon solar cells / S. K. W. MacDougall та ін. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 2014. Т. 128. С. 18–26. URL: <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2014.05.004> (дата звернення: 01.03.2023).

14. Multi-Photon Microscopy and Optical Recording / V. V. Petrov et al. PH "Akademperiodyka", 2016. URL: <https://doi.org/10.15407/akademperiodyka.311.156> (date of access: 01.03.2023).

15. Beliak Ie.V., Kryuchyn A.A., Manko D.Yu. Optimization of photoelectric converters. *10th Juilee International Conference «Nanotechnologies and Nanomaterials» (NANO-2022)*, 25–27 of August 2022. 2022. Lviv, House of Scientists.

16. Beliak Ie.V., Kryuchyn A.A., Manko D.Yu. Methodology for photomatrix's photosensitivity and color rendering indexes increasing by applying a luminescent coating. *The 8th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications COIA-2022*, 24–26 August 2022. 2022. Baku, Azerbaijan.

17. Anikin P.S. & Beliak, Ie.V. Development of multispectral recording media for multilayer photoluminescent information recording. *Electronics and Information Technologies*. 2019. (12), p. 3–13.

REFERENCES:

1. Mukhopadhyay, S. (2023). Solar Energy and gasification of MSW: Two promising green energy options. *Green Energy Systems*, 93–125. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-95108-1.00003-3>

2. Urbina, A. (2022). The energy balance of solar electricity. *Green Energy and Technology*, 157–177. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91771-5_6

3. Rodrigues, A. V., de Souza, D. A., Garcia, F. D., & Ribeiro, S. J. (2022). Renewable energy for a green future: Electricity produced from efficient luminescent solar concentrators. *Solar Energy Advances*, 2, 100013. <https://doi.org/10.1016/j.seja.2022.100013>

4. Abbassi, A. (2021). Advanced materials for solar cell applications: Case of simple and composite oxides. *Advanced Technologies for Solar Photovoltaics Energy Systems*, 1–13. https://doi.org/10.1007/978-3-030-64565-6_1

5. Kryuchyn, A. A., & Beliak, I. V. (2014). Development of nanostructured luminophor coating for broadening of solar cell absorption spectrum. *Next Generation Technologies for Solar Energy Conversion V*. doi: 10.1117/12.2060832

6. Sugianto, S. (2020). Comparative analysis of solar cell efficiency between monocrystalline and Polycrystalline. *INTEK: Jurnal Penelitian*, 7(2), 92. <https://doi.org/10.31963/intek.v7i2.2625>

7. Sherman, D., Marquez, J., Ramirez, Y., Urbina, M., Meza, A., & Hodges, D. (2021). Monocrystalline silicon solar cell simulation with reduced absorber thickness and efficiency exceeding 25%. *2021 IEEE 48th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC)*. <https://doi.org/10.1109/pvsc43889.2021.9518818>

8. Verma, M., & Prasad Mishra, G. (2023). Topcon route with Quantum Wells in GaInP/Si dual junction cell for efficiency enhancement. *Solar Energy*, 250, 409–417. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2022.12.053>

9. Lu, S. (2015). Room-temperature wafer bonded GaInP/GaAs/InGaAsP/InGaAs four-junction solar cell grown by all-solid state molecular beam epitaxy. *Light, Energy and the Environment 2015*. <https://doi.org/10.1364/pv.2015.ptu3b.2>

10. Kim, H. J., & Kim, Y. W. (2017). High efficiency GaInP/GaAs double junction solar cell on Si substrate assisted by the electron beam treatment. *2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC)*. <https://doi.org/10.1109/pvsc.2017.8366606>

11. Mateen, F., Ahsan Saeed, M., Won Shim, J., & Hong, S.-K. (2020). Indoor/outdoor light-harvesting by coupling low-cost organic solar cell with a luminescent solar concentrator. *Solar Energy*, 207, 379–387. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2020.06.104>

12. Lopez-Delgado, R., Tostado-Plascencia, M., Álvarez-Ramos, M. E., & Ayón, A. (2019). Silicon solar cell efficiency improvement employing photoluminescent properties of chlorophyll-a. *Microelectronic Engineering*, 216, 111047. <https://doi.org/10.1016/j.mee.2019.111047>
 13. MacDougall, S. K. W., Ivaturi, A., Marques-Hueso, J., Krämer, K. W., & Richards, B. S. (2014). Broadband photoluminescent quantum yield optimisation of Er^{3+} -doped $\beta\text{-NaYF}_4$ for upconversion in Silicon Solar Cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 128, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2014.05.004>
 14. Petrov, V., Kryuchyn, A., Beliak, I., & Lapchuk, A. (2016). *Multi-Photon microscopy and Optical Recording*. doi: 10.15407/akademperiodyka.311.156
 15. Beliak, Ie.V., Kryuchyn, A.A., Manko, D.Yu. (2022) Optimization of photoelectric converters. *10th Juilee International Conference "Nanotechnologies and Nanomaterials" (NANO-2022)*, 25–27 of August 2022. Lviv, House of Scientists.
 16. Beliak, Ie.V., Kryuchyn, A.A., Manko, D.Yu. (2022) Methodology for photomatrix's photosensitivity and color rendering indexes increasing by applying a luminescent coating. *The 8th International Conference on Control and Optimization with Industrial Applications COIA-2022*, 24–26 August 2022 Baku, Azerbaijan.
 17. Anikin P.S. & Beliak, Ie.V. (2019) Development of multispectral recording media for multilayer photoluminescent information recording. *Electronics and Information Technologies*. (12), p. 3–13.
-

УДК 004.8

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.2>

ЗАГАЛЬНОДОСТУПНІ НАБОРИ ДАНИХ ТА МЕТРИКИ ДЛЯ СПРІЯННЯ ДОСЛІДЖЕННЯМ СИСТЕМ НАДАННЯ ВІДПОВІДЕЙ

Вишняк М. Ю. – кандидат технічних наук, доцент,
професор кафедри системотехніки
Харківського національного університету радіоелектроніки
ORCID ID: 0000-0002-3240-139X

Пироженко М. Ю. – аспірант
Харківського національного університету радіоелектроніки
ORCID ID: 0000-0003-0785-1273

Системи надання відповідей – це інформаційні системи, призначені для відповідей на запитання, поставлених природною мовою. Останніми роками збільшилася увага дослідників до розробки систем надання відповідей та, разом з цим, збільшилася кількість загальнодоступних наборів тестових даних, які публікуються для сприяння дослідженням у цій галузі обробки текстів природних мов. Дослідження відкритих наборів даних є важливим, оскільки вони дозволяють розробляти кращі системи, які можуть точно відповідати на широкий спектр питань. У цій статті розглядаються загальнодоступні, великі, оригінальні та активно використовувані набори навчальних даних, які застосовуються при дослідженнях систем надання відповідей, а також надані метрики, що застосовуються для порівняння моделей цих систем. Дослідження проводилось з використанням системного підходу, методів абстрагування, системного аналізу, порівняння та синтезу. У результаті роботи було вирішено актуальне наукове завдання, що стосується розвитку методологічної бази розробки інформаційних систем, які здатні відповідати на питання користувача на базі інформації, представленої неструктурованими текстовими колекціями даних, оглянуті наявні загальнодоступні набори даних та метрики оцінки моделей систем надання відповідей, враховуючи останні публікації в цій галузі. Практична значущість такого дослідження полягає в можливості застосування його результатів для розробки та впровадження систем надання відповідей; у процесі викладання дисциплін з обробки природних мов у вищих навчальних закладах; під час написання посібників з обробки природних мов; під час проведення прикладних досліджень пошукових систем та систем надання відповідей.

Ключові слова: системи надання відповідей, текстова аналітика, обробка природної мови, навчальні набори даних, метрики оцінки.

Vyshniak M. Yu., Pyrozhenko M. Yu. Publicly available datasets and metrics to advance research on question-answering systems

Question-Answering systems are information systems designed to answer questions in natural languages. In recent years, the attention of researchers to the development of QA systems has increased and with it, the number of publicly available test datasets researches to facilitate research in this area of natural language text processing. Research on open datasets is important because it enables the development of better systems that can accurately answer a wide range of questions. In this paper, we have reviewed publicly available, large, original, and widely used training datasets that used in research on QA systems, and provided metrics that used to compare models of these systems. The research was conducted using a systemic approach, methods of abstraction, systemic analysis, comparison and synthesis. As a result of the work, an actual scientific task was solved, which consists in determining the current state of development of the methodological base for the development of information systems capable of answering user questions on the basis of information represented by unstructured textual data collections, reviewed existing publicly available datasets and evaluation metrics of QA system models, taking into account recent publications in this field. The practical significance of the research lies in the possibility of applying scientific provisions and conclusions for the development and imple-

mentation of response systems; in the process of teaching natural language processing disciplines in higher educational institutions; when writing manuals for natural language processing; during applied research of search engines and question-answering systems.

Key words: *question-answering systems, text analytics, natural language processing, training datasets, evaluation metrics.*

Постановка задачі. Системи надання відповідей – це інформаційні системи, призначені для формування відповідей на запитання, поставлених природною мовою. Ці системи зазвичай складаються з кількох компонентів, таких як підсистеми аналізу питання, пошуку документів, ідентифікації сутностей та формування відповідей. У той час, як традиційні інформаційно-пошукові системи використовуються для пошуку посилань на документи, які відповідають ключовим словам запиту, сучасні системи надання відповідей зосереджені на представленні кінцевих відповідей, на чітко сформульовані людиною запитання. Таким чином, кінцевим користувачам залишається лише ознайомитись зі сформованою відповіддю.

Останніми роками системам надання відповідей приділяється багато уваги з боку дослідників [1; 2]. Розробка якісних систем надання відповідей передбачає використання великих навчальних наборів даних, складність побудови яких обмежує розвиток галузі. Дослідження відкритих наборів даних є важливим, оскільки вони дозволяють розробляти кращі системи, які можуть точно відповідати на широкий спектр питань. Таке дослідження полягає в пошуку та створенні ефективних засобів оцінки різних типів систем надання відповідей.

Тому, перш за все, потрібно оглянути поточний стан розробки загальнодоступних наборів даних та оглянути метрики, що дозволяють порівняти моделі систем надання відповідей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останніми роками дослідження систем надання відповідей були зосереджені на покращенні точності відповідей цих систем за рахунок підвищення їх здатності розуміти природну мову та опрацьовувати складні питання. Це потребувало створення великих навчальних наборів даних, які краще відображають реальні сценарії та виклики.

У праці [3] запропонована класифікація наборів даних, відповідно до типу завдань, на абстрагування, вилучення та пошук. Автори встановили, що метрики, які використовуються в оцінюванні, чітко розмежовуються залежно від типу завдання. Так було визначено, що для всіх абстрактних завдань, особливість яких полягає в тому, що відповідь формується природною мовою та у вільній формі, використовуються версії метрик ROUGE, BLEU та METEOR. Для завдань на основі вилучення, що потребують визначити частини документа, які містять відповідь на запитання, покладаються на F1 та EM метрики. В задачах на основі пошуку, які передбачають лише ранжування певної кількості коротких текстових сегментів, використовуються такі метрики, як MAP та MRR.

В [4] запропонована класифікація наборів даних, де останні поділяються за стилем анотації на чотири категорії: закритий (такий, що передбачає доповнення речення питання словом або фразою), з вибором поміж кількома варіантами (такий, що передбачає вибір правильної відповіді серед кандидатів, які мають вводити в оману), з вилученням діапазону (такий, що передбачає пошук діапазону слів, які є відповіддю на запитання) та у довільній формі (такі, що передбачають генерувати будь-яку форму тексту у якості відповіді). Автори узагальнили тенденції у галузі та висловили власні погляди щодо майбутніх напрямків дослідження тестів до текстових систем надання відповідей.

В [5] представлено комплексне дослідження, що включає також набори даних до систем надання відповідей пов'язаних з мультимедійними формами джерел, насамперед зображеннями та відео. Також представлені статистичні показники та приклади використання.

Відокремлення невирішених частин загальної проблеми. Системи надання відповідей вимагають великої кількості анотованих даних. Набори даних не завжди доступні, особливо для спеціалізованих областей знань або мов, що негативно впливає на продуктивність таких системи. На сьогодні фактично відсутній огляд сучасних, великих, оригінальних та активно використовуваних наборів даних, який враховував би досягнення, які відбулись у цій галузі за останні роки.

Мета дослідження. Визначення сучасного стану розвитку загальнодоступних наборів даних та метрик оцінки інформаційних систем, які здатні відповідати на питання на базі інформації, представленої неструктурованими текстовими колекціями даних, враховуючи останні досягнення в цій галузі.

Методи, предмет та об'єкт дослідження. Дослідження проводилось з використанням системного підходу, методів абстрагування, системного аналізу, порівняння та синтезу. Предмет дослідження – поточний стан розробки загальнодоступних наборів даних та метрик для систем надання відповідей. Об'єкт дослідження – система надання відповідей.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до мети розглянуто сучасні, великі, загальнодоступні набори даних. Цей огляд не включає набори: які передбачають лише підтвердження або спростування твердження, обмежені вузькою областю знань та непридатні до масового використання, з малим обсягом питань, представлені без контексту, створені на основі баз знань. Також ми не враховували набори, що були пов'язані з відмінними від англійської або української мовами.

Метрики оцінки відіграють важливу роль у аналізі систем надання відповідей, забезпечуючи спосіб кількісної оцінки та порівняння продуктивності систем, визначенні областей для покращення та оптимізації моделей, тому попередньо розглянемо їх.

Ассигасу являє собою відсоток запитань, на які система дала правильну відповідь. Цей показник розраховується за наступною формулою:

$$Accuracy = \frac{M}{N} \quad (1)$$

де M є кількість запитань, на які надані правильні відповіді; N позначає загальну кількість запитань у наборі даних.

Exact Match вимірює відсоток передбачень. Передбачення вважається правильним лише тоді, коли воно точно збігається з будь-якою з еталонних відповідей на задане запитання. Exact Match розраховується за наступною формулою:

$$EM = \frac{M}{N} \quad (2)$$

де M позначає кількість правильних прогнозів; N позначає загальну кількість запитань у наборі даних.

$F1$ є середнім гармонійним значенням точності (precision) та повноти (recall). У системах надання відповіді, точність вимірює відношення кількості лексем у прогнозі, які збігаються з правильною відповіддю, до загальної кількості лексем у прогнозі. Під повнотою розуміється відношення кількості лексем у правильній відповіді, які були охоплені прогнозом, до загальної кількості лексем у правильній відповіді.

$$F1 = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \quad (3)$$

де Precision є відношенням кількості лексем у прогнозі, які збігаються з правильною відповіддю, до загальної кількості лексем у прогнозі; Recall є відношення кількості лексем у правильній відповіді, які були охоплені прогнозом, до загальної кількості лексем у правильній відповіді.

BLEU [6] порівнює лексичні особливості двох послідовностей зі словами та широко застосовується для генеративного текстового оцінювання якості.

ROUGE[7] працює шляхом порівняння автоматично створеного тексту з довідковим текстом, створеним людиною. Найпопулярнішими показниками ROUGE у текстовій перевірці якості є ROUGE-N і ROUGE-L, які представляють порівняння текстів із різною деталізацією. ROUGE-N вимірює відношення кількості n-грам, що перекриваються між згенерованим та еталонним текстом, до загальної кількості n-грамів у еталонному тексті. Подібним чином ROUGE-L вимірює найдовшу відповідну послідовність слів, використовуючи найдовшу загальну підпослідовність (LCS), яка може автоматично включати найдовші n-грами в послідовності.

Meteor[8] – ще одна метрика, що використовується в системах надання відповідей. Попередньо була запропонована для машинного перекладу. Стверджується, що має кращу кореляцію з людським судженням.

HEQ був запропонований разом із набором даних QuAC[9]. HEQ має два варіанти: HEQ-Q (відсоток питань, для яких відповідь вірна) і HEQ-D (відсоток діалогів, для яких відповідь вірна для кожного запитання в діалозі). Розробники набору QuAC стверджують, що оцінка F1 може вводити в оману для питань із кількома відповідями.

RACE використовується як метрика оцінки іспитів середньої школи KHP, але ці набори питань також використовуються в дослідженнях систем надання відповідей[10]. RACE-M та RACE-H, кожна з яких позначають різні ступені складності питань іспиту.

В процесі дослідження оглянуто близько 30 наборів даних, що широко використовуються дослідниками та розробниками систем надання відповідей. Вони надають колекції різноманітних запитань, які можна використовувати для навчання, оцінки та порівняння різних систем. Далі будуть оглянуті особливості цих наборів.

ARC [11] – це набір даних, що містить наукові запитання із варіантами відповідей. Набір даних включає окремий набір складних завдань та загальний набір. Набір складних завдань містить лише ті запитання, на які пошукові алгоритми дали неправильну відповідь.

Набір даних AdversarialQA [12] створено за допомогою змагання, де задаються запитання до трьох різних моделей. Набір складається з питань, на які вони не змогли правильно відповісти. Це гарантує, що набір складається з питань, які сучасні моделі вважають складними. Питання поділено на групи, що містять навчальні приклади, приклади для перевірок та тестів.

Набір даних Children's Book Test (CBT) [13] призначений для безпосереднього вимірювання того, наскільки добре мовні моделі можуть використовувати широкий лінгвістичний контекст для встановлення відповідей. Набір даних складається з книг, що є у вільному доступі. CBT містить чотири різні конфігурації, в залежності від типу відповіді: де відповідями на питання є дієслова, відповідями

на питання є займенники, відповідями на питання є назви сутностей, відповідями на питання є загальні іменники.

Набір даних CNN / Daily Mail [14] було згенеровано з унікальних статей новин, написаних журналістами, та опублікованих на веб-сайтах CNN та Daily Mail. Набір даних складається з запитань (з прихованою однією з сутностей), а також історій, з яких система повинна отримати відповідь.

ComQA [15] – це набір даних, які були зібрані з веб-сайту для відповідей на запитання спільноти. Таким чином вони стосуються інформаційних потреб справжніх користувачів, на які вони попередньо не змогли знайти правильну відповідь за допомогою пошукових систем. Набір даних містить запитання з різними складними явищами.

Набір даних CoQA [16] – це великомасштабний набір даних для побудови систем відповідей на розмовні запитання. Мета тестів CoQA – виміряти здатність машин розуміти окремі уривки тексту та відповідати на низку взаємопов'язаних запитань, які з'являються під час розмови.

Набір даних Cosmos QA [17] – це великомасштабний набір із завдань, які сформовані у вигляді запитань із варіантами відповідей. Цей набір складається з колекції повсякденних розповідей людей та запитань щодо ймовірних причин або наслідків подій, які вимагають міркування поза межами контексту.

Набір даних DROP [18] – це тест із запитань, у якому система повинна опрацювати посилання в питанні, можливо, на кілька вхідних позицій, та виконувати над ними окремі операції (такі як додавання, підрахунок або сортування). Ці операції вимагають набагато більш повного розуміння змісту уривків, ніж те, що було необхідним для більшості наборів даних.

Набір даних DuoRC [19] розроблено спеціально для того, щоб містити велику кількість питань із низьким лексичним перекриттям між запитаннями та відповідними уривками. Це вимагає, щоб моделі виходили за межі змісту уривка та лише так могли прийти до відповіді. У наборі використовуються розповіді по сюжетах фільмів, які описують складні події. DuoRC потребує складних міркувань у кількох реченнях, щоб отримати відповідь на запитання. Також перевіряє, щоб модель виявила відсутність відповіді на запитання.

ELI5 [20] – це набір даних для розгорнутих відповідей на запитання. Набір даних містить складні, різноманітні запитання, які вимагають пояснювальних відповідей з кількох речень. Результати веб-пошуку використовуються у якості джерела для формування відповідей на кожне запитання.

HotpotQA [21] – являє собою набір даних для відповідей на питання, що включає природні, багатоступеневі питання, з контролем підтверджених фактів. Питання вимагають доступу до декількох документів для отримання відповіді, а також підтверджень певних фактів для отримання правильної відповіді.

Набір даних MS MARCO [22] орієнтовано на глибоке навчання під час пошуку. Перша версія набору даних складається з відповідей на запитання, що містили понад 100 тисяч реальних запитань, поставлених до пошукової системи Bing, та відповідей, створених людиною. Згодом колекція була розширена набором даних із понад мільйона запитань.

MultiRC [23] – це набір даних з коротких абзаців та запитань, на які відповісти можна зі змісту абзацу. Кількість правильних варіантів відповідей на кожне запитання заздалегідь не вказується. Правильна відповідь не обов'язково має бути проміжком у тексті. Уривки тексту в наборі мають різне походження.

Набір даних NarrativeQA [24] містить книги та сценарії фільмів, зібрані з різних сайтів, а також коротких описів сюжетів, що були отримані з Вікіпедії. В результаті роботи було отримано 1567 пар оповідань та резюме, які були перевірені редакторами. Питання складені з урахуванням представлених коротких описів сюжетів. Питання складені з урахуванням представлених коротких описів сюжетів, причому таким чином, щоб на них могли відповісти люди, які прочитали повні версії оповідань. Відповіді складені на основі змісту анотацій.

Набір даних NaturalQuestions [25] містить реальні запитання користувачів, які ставляться до пошукової системи Google, та відповіді на них, знайдені людьми у Вікіпедії. Таким чином, Natural Questions призначено для оцінки систем у реальному середовищі.

Набір даних NewsQA [26] був випущений з метою створення більш природного та складного набору даних, ніж існуючі на той час набори. У наборі відсутні варіантів відповідей, з яких можна обрати. Відповіддю у NewsQA є проміжки довільної довжини. На деякі питання немає відповіді у відповідній статті.

Набір даних NLGEN [22] містить сформовані людьми відповіді після проведення спеціального аналізу попередньо згенерованих відповідей. Відповідь створювалася людиною лише для питання, на яке згенерована відповідь мала проблеми з граматикою, була створена шляхом копіювання тексту з одного зі знайдених уривків, або розуміння поточної відповіді потребувало доступу до контексту питання та уривка.

Набір даних PR [22] – набір, що був випущений на основі анонімних запитів, зроблених у пошуковій системі. Для набору були відібрані запитання, що містять не менше восьми слів та подані кількома користувачами за короткий проміжок часу. Відповіді сформовані з повних сторінок Вікіпедії, замість окремих уривків.

Набір даних QnA [22] був випущений компанією Microsoft. Набір містить вибірку запитів, отриману з Bing та Cortana. Запити, що не містять питань видалені з вибірки на етапі пост-обробки за допомогою класифікатора на основі машинного навчання. У середньому, кожне питання пов'язане з десятьма уривками, отриманими з веб-сторінок, знайдених за допомогою Bing. Кожне питання пов'язане з нулем, однією або кількома відповідями, які були створені після вивчення змісту уривків, знайдених для цього питання, та обмежені інформацією, доступною у знайдених уривках.

QuAC [9] – це набір даних для моделювання, розуміння та участі в діалозі з метою пошуку інформації. Набір даних складено у діалозі пов'язаному з прихованим текстом у Вікіпедії. Запитання QuAC часто не мають відповіді або мають значення лише в контексті діалогу.

RACE [10] – це набір даних (з такою ж назвою, як і метрика), зібраний на основі тестів з англійської мови, призначений для учнів середньої та старшої китайської школи. Моделі оцінюються на основі точності іспитів середньої школи та загального набору даних.

ReClor [27] – це набір даних, отриманий із стандартизованих іспитів GMAT та LSAT, що потребує логічних міркувань. Цей набір даних перевіряє різні типи логічних міркувань: необхідність та достатність припущень, посилення та послаблення важливості, синтез інформації, оцінка наслідків, висновки та іншими.

Набір даних SearchQA [28] було створено на основі архіву J!Archive, де зберігаються запитання та відповіді з телевізійного шоу Jeopardy. Кожна пара була пов'язана з набором уривків, отриманих під час пошуку відповідей у Google. Отримані уривки пройшли певну фільтрацію таким чином, що відповіді не можуть бути

знайдені просто збігом слів питання. Пара питання-відповідь видалялася, якщо відповідь складалася більш ніж з трьох слів або у пошукових уривках не містилося відповіді.

SQuAD [29] – це набір даних, що складається із запитань, поставлених до набору статей з Вікіпедії. Перша версія набору SQuAD, містила близько 100 тисяч пар запитань-відповідей до 500 статей. Друга об'єднує запитання у першому наборі із понад 50 тисяч запитань, на які немає відповіді. Питання без відповіді написані таким чином, щоб виглядали схожими на ті, на які можна відповісти. Цей набір було перекладено українською.

Story Cloze Test [30] – це набір даних, який призначений для систем надання відповідей задля оцінки можливостей аналізу. Набір даних надає історії з чотирьох речень та двома можливими закінченнями. Системи повинні вибрати правильний кінець історії.

Набір даних TriviaQA [31] включає питання та відповіді зібрані з 14 різних сайтів, присвячених вікторинам, з яких видалено питання, що містять менше чотирьох лексем. Питання в наборі в основному складні та композиційні, з великою синтаксичною та лексичною варіативністю між питаннями. Відповідь на питання вимагає глибшого осмислення перехресних пропозицій порівняно з іншими наборами даних.

Набір даних TWEETQA [32] є першим великомасштабний набором, який фокусується на текстах соціальних мереж. Оскільки соціальні медіа стають дедалі популярнішими, розробка систем надання відповідей має важливе значення для тих систем, які покладаються на знання в реальному часі. Саме завдання вимагає від системи проаналізувати запитання, короткий твіт та вивести текстову фразу як відповідь.

Результати досліджень. Проведено огляд загальнодоступних, великих, оригінальних та активно використовуваних наборів даних, які використовуються в дослідженнях, спрямованих на покращення якості систем надання відповідей.

Ці та інші набори допомагають покращити продуктивність систем надання відповідей, зробивши їх більш кориснішими та доступнішими для ширшого кола застосувань. Основні характеристики наборів представлено у таблиці 1.

Обговорення результатів. Набори даних запитань-відповідей є важливими для розробки систем надання відповідей, оскільки вони відіграють вирішальну роль у визначенні точності відповідей та якості системи загалом.

Створення власного набору даних вимагає значних зусиль та часу. Добре розроблений набір даних має містити різноманітний діапазон питань з широкого спектру тем відповідних областей знань. Система надання відповідей повинна пристосовуватися до реальних питань, з якими стикаються під час фактичного використання. Важливо щоб набір був репрезентативним. Це має важливе значення, насамперед для того, щоб моделі систем могли узагальнювати дані. Це може також бути складним завданням, оскільки вимагає глибокого розуміння тем та областей знань, які охоплює набір даних.

Проблема, з якою стикаються розробники при створенні системи надання відповідей, полягає в забезпеченні відповідності систем вимогам та забезпеченні корисності для користувача. Це вимагає глибокого розуміння запитань, які ставляться, та інформації, яку шукають. Ретельний аналіз запитань та відповідей дозволяє виявити шляхи покращення таких систем. Використання вільних наборів даних пропонують численні переваги. Надаючи точні та актуальні навчальні дані, ці набори допомагають створювати системи наближені до реальних потреб.

Таблиця 1

Характеристика наборів даних систем надання відповідей

Колекція	Джерело документів	Кількість питань	Метрики
ARC	Наука	7787	Accuracy
AdversarialQA	Вікіпедія	36000	EM, F1
Children Book Test	Книги	687343	Accuracy
CNN/DailyMail	Новини	311672	Accuracy
ComQA	Форум	11214	Accuracy, F1
CoQA	Вікіпедія	127000	F1
Cosmos QA	Блог	35600	Accuracy
DROP	Вікіпедія	96567	F1
DuoRC	Кіносценарії	186089	Accuracy, F1
ELI5	Форум	270000	ROUGE-L, ROUGE-1, ROUGE-2
HotpotQA	Вікіпедія	112779	EM, F1
MS MARCO	Інтернет	1010916	ROUGE-L, BLEU-1
MultiRC	Інтернет	9700	F1, EM
NarrativeQA	Вікіпедія	46765	ROUGE-L, BLEU-1, BLEU-4, METEOR
Natural Questions	Вікіпедія	323045	F1
NewsQA	Новини	119633	EM, F1
NLGEN	Інтернет	182669	ROUGE-L, BLEU-1
PR	Вікіпедія	1010916	MRR@10
QnA	Інтернет	1026758	ROUGE-L, BLEU-1
QuAC	Вікіпедія	98407	HEQ, F1
RACE	Екзамен	97867	RACE, RACE-H, RACE-M
ReClor	Екзамен	6138	Accuracy
SearchQA	Інтернет	140461	Accuracy, F1
SQuAD	Вікіпедія	151054	EM, F1
StoryCloze Test	Книги	101901	Accuracy
TriviaQA Web	Інтернет	95956	EM, F1
TWEETQA	Твіти	13757	ROUGE-L, BLEU-1, METEOR

Оскільки системи надання відповідей продовжують розвиватися та стають все більш складними, а також враховуючи складність розробки власних наборів, можна стверджувати, що важливість загальнодоступних наборів даних продовжуватиме зростати та відіграватиме дедалі важливішу роль у дослідженнях систем надання відповідей.

Висновки. У цьому дослідженні були розглянуті великі, оригінальні та активно використовувані набори даних, що застосовуються в дослідженнях систем надання відповідей. Також розглянуто метрики, які використовують для оцінки якості моделей систем надання відповідей. У результаті цієї роботи представлено 27 наборів даних, включно з найновітнішими у цій галузі, що були створені для розробки текстових систем надання відповідей за останні роки, та надані їх характеристики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Recent trends in deep learning based open-domain textual question answering systems / Z. Huang et al. IEEE access. 2020. Vol. 8. P. 94341–94356. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2020.2988903> (date of access: 03.03.2023).
2. Dimitrakis E., Sgontzos K., Tzitzikas Y. A survey on question answering systems over linked data and documents. Journal of intelligent information systems. 2019. Vol. 55, no. 2. P. 233–259. URL: <https://doi.org/10.1007/s10844-019-00584-7> (date of access: 03.03.2023).
3. A review of public datasets in question answering research / B. B. Cambazoglu et al. ACM SIGIR Forum. 2020. Vol. 54, no. 2. P. 1–23. URL: <https://doi.org/10.1145/3483382.3483389> (date of access: 03.03.2023).
4. Wang Y. B. More Than Reading Comprehension: A Survey on Datasets and Metrics of Textual Question Answering. Computation and Language. 2021.
5. Wang Z. Modern Question Answering Datasets and Benchmarks: A Survey. CoRR. 2022.
6. Bleu / K. Papineni et al. The 40th annual meeting, Philadelphia, Pennsylvania, 7–12 July 2002. Morristown, NJ, USA, 2001. URL: <https://doi.org/10.3115/1073083.1073135> (date of access: 03.03.2023).
7. Lin C. Y. ROUGE: A Package for Automatic Evaluation of Summaries. Text Summarization Branches Out. 2004.
8. Banerjee S. METEOR: An automatic metric for MT evaluation with improved correlation with human judgments / S. Banerjee, A. Lavie. // workshop on intrinsic and extrinsic evaluation measures for machine translation and/or summarization on intrinsic and extrinsic evaluation measures for machine translation and/or summarization. 2005. C. 65–72.
9. QuAC: question answering in context / E. Choi et al. Proceedings of the 2018 conference on empirical methods in natural language processing, Brussels, Belgium. Stroudsburg, PA, USA, 2018. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/d18-1241> (date of access: 03.03.2023).
10. RACE: large-scale reading comprehension dataset from examinations / G. Lai et al. Proceedings of the 2017 conference on empirical methods in natural language processing, Copenhagen, Denmark. Stroudsburg, PA, USA, 2017. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/d17-1082> (date of access: 03.03.2023).
11. Think you have Solved Question Answering? Try ARC, the AI2 Reasoning Challenge / P. Clark et al. ArXiv, 3 March 2018.
12. Beat the AI: investigating adversarial human annotation for reading comprehension / M. Bartolo et al. Transactions of the association for computational linguistics. 2020. Vol. 8. P. 662–678. URL: https://doi.org/10.1162/tacl_a_00338 (date of access: 03.03.2023).
13. The Goldilocks Principle: Reading Children's Books with Explicit Memory Representations. / F. Hill et al. ICLR.
14. Teaching Machines to Read and Comprehend Tibetan Text / Y. Sun et al. Journal of Computer and Communications. 2021. Vol. 09, no. 09. P. 143–152. URL: <https://doi.org/10.4236/jcc.2021.99011> (date of access: 03.03.2023).
15. ComQA: question answering over knowledge base via semantic matching / H. Jin et al. IEEE access. 2019. Vol. 7. P. 75235–75246. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2019.2918675> (date of access: 03.03.2023).
16. Reddy S., Chen D., Manning C. D. CoQA: a conversational question answering challenge. Transactions of the association for computational linguistics. 2019. Vol. 7. P. 249–266. URL: https://doi.org/10.1162/tacl_a_00266 (date of access: 03.03.2023).
17. Cosmos QA: machine reading comprehension with contextual commonsense reasoning / L. Huang et al. Proceedings of the 2019 conference on empirical methods in natural language processing and the 9th international joint conference on natural language processing (EMNLP-IJCNLP), Hong Kong, China. Stroudsburg,

PA, USA, 2019. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/d19-1243> (date of access: 03.03.2023).

18. Dua et al. Proceedings of the 2019 conference of the north, Minneapolis, Minnesota. Stroudsburg, PA, USA, 2019. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/n19-1246> (date of access: 03.03.2023).

19. DuoRC: towards complex language understanding with paraphrased reading comprehension / A. Saha et al. Proceedings of the 56th annual meeting of the association for computational linguistics (volume 1: long papers), Melbourne, Australia. Stroudsburg, PA, USA, 2018. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/p18-1156> (date of access: 03.03.2023).

20. ELI5: long form question answering / A. Fan et al. Proceedings of the 57th annual meeting of the association for computational linguistics, Florence, Italy. Stroudsburg, PA, USA, 2019. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/p19-1346> (date of access: 03.03.2023).

21. HotpotQA: a dataset for diverse, explainable multi-hop question answering / Z. Yang et al. Proceedings of the 2018 conference on empirical methods in natural language processing, Brussels, Belgium. Stroudsburg, PA, USA, 2018. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/d18-1259> (date of access: 03.03.2023).

22. MS MARCO: benchmarking ranking models in the large-data regime / N. Craswell et al. SIGIR '21: the 44th international ACM SIGIR conference on research and development in information retrieval, Virtual Event Canada. New York, NY, USA, 2021. URL: <https://doi.org/10.1145/3404835.3462804> (date of access: 03.03.2023).

23. Looking beyond the surface: a challenge set for reading comprehension over multiple sentences / D. Khashabi et al. Proceedings of the 2018 conference of the north american chapter of the association for computational linguistics: human language technologies, volume 1 (long papers), New Orleans, Louisiana. Stroudsburg, PA, USA, 2018. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/n18-1023> (date of access: 03.03.2023).

24. The narrativeqa reading comprehension challenge / T. Kočíský et al. Transactions of the association for computational linguistics. 2018. Vol. 6. P. 317–328. URL: https://doi.org/10.1162/tacl_a_00023 (date of access: 03.03.2023).

25. Natural questions: a benchmark for question answering research / T. Kwiatkowski et al. Transactions of the association for computational linguistics. 2019. Vol. 7. P. 453–466. URL: https://doi.org/10.1162/tacl_a_00276 (date of access: 03.03.2023).

26. NewsQA: a machine comprehension dataset / A. Trischler et al. Proceedings of the 2nd workshop on representation learning for NLP, Vancouver, Canada. Stroudsburg, PA, USA, 2017. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/w17-2623> (date of access: 03.03.2023).

27. Jiang Y. W., Dong Z., Feng J. ReClor: a reading comprehension dataset requiring. In international conference on learning representations.

28. SearchQA: A New Q&A Dataset Augmented with Context from a Search Engine / M. Dunn et al. CoRR. 2017.

29. SQuAD: 100,000+ questions for machine comprehension of text / P. Rajpurkar et al. Proceedings of the 2016 conference on empirical methods in natural language processing, Austin, Texas. Stroudsburg, PA, USA, 2016. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/d16-1264> (date of access: 03.03.2023).

30. LSDSem 2017 shared task: the story cloze test / N. Mostafazadeh et al. Proceedings of the 2nd workshop on linking models of lexical, sentential and discourse-level semantics, Valencia, Spain. Stroudsburg, PA, USA, 2017. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/w17-0906> (date of access: 03.03.2023).

31. TriviaQA: a large scale distantly supervised challenge dataset for reading comprehension / M. Joshi et al. Proceedings of the 55th annual meeting of the association for computational linguistics (volume 1: long papers), Vancouver, Canada. Stroudsburg, PA, USA, 2017. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/p17-1147> (date of access: 03.03.2023).

32. TWEETQA: a social media focused question answering dataset / W. Xiong et al. Proceedings of the 57th annual meeting of the association for computational linguistics,

Florence, Italy. Stroudsburg, PA, USA, 2019. URL: <https://doi.org/10.18653/v1/p19-1496> (date of access: 03.03.2023).

REFERENCES:

1. Huang, Z., Xu, S., Hu, M., Wang, X., Qiu, J., Fu, Y., ... & Wang, C. (2020). Recent trends in deep learning based opendomain textual question answering systems. *IEEE Access*, 8, 94341-94356.
2. Dimitrakis, E., Sgontzos, K., & Tzitzikas, Y. (2020). A survey on question answering systems over linked data and documents. *Journal of intelligent information systems*, 55(2), 233–259.
3. Cambazoglu, B. B., Sanderson, M., Scholer, F., & Croft, B. (2021). A Review of Public Datasets in Question Answering Research. *SIGIR Forum*, 54(2).
4. Wang, Y. B. A. D. (2021). More Than Reading Comprehension: A Survey on Datasets and Metrics of Textual Question Answering. *Computation and Language*.
5. Wang, Z. (2022). Modern Question Answering Datasets and Benchmarks: A Survey. *CoRR*, doi:10.48550/arXiv.2206.15030.
6. Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W. J. (2002, July). Bleu: a method for automatic evaluation of machine translation. In *Proceedings of the 40th annual meeting of the Association for Computational Linguistics* (pp. 311-318).
7. Lin, C.-Y. (2004, July). ROUGE: A Package for Automatic Evaluation of Summaries. *Text Summarization Branches Out*, 74–81.
8. Banerjee, S., & Lavie, A. (2005, June). METEOR: An automatic metric for MT evaluation with improved correlation with human judgments. In *Proceedings of the acl workshop on intrinsic and extrinsic evaluation measures for machine translation and/or summarization* (pp. 65-72).
9. Choi, E., He, H., Iyyer, M., Yatskar, M., Yih, W.-T., Choi, Y., ... Zettlemoyer, L. QuAC: Question Answering in Context. *Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 2174–2184. (pp. 311–318).
10. Lai, G., Xie, Q., Liu, H., Yang, Y., & Hovy, E. (2017, September). RACE: Large-scale ReAding Comprehension Dataset from Examinations. *Proceedings of the 2017 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 785–794.
11. Clark, P., Cowhey, I., Etzioni, O., Khot, T., Sabharwal, A., Schoenick, C., & Tafford, O. (2018). Think you have Solved Question Answering? Try ARC, the AI2 Reasoning Challenge. *ArXiv*, abs/1803.05457.
12. Bartolo, M., Roberts, A., Welbl, J., Riedel, S., & Stenetorp, P. (2020). Beat the ai: Investigating adversarial human annotation for reading comprehension. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 8, 662–678.
13. Hill, F., Bordes, A., Chopra, S., & Weston, J. (2016). The Goldilocks Principle: Reading Children's Books with Explicit Memory Representations. In Y. Bengio & Y. LeCun (Eds.), *ICLR*.
14. Hermann, K. M., Kocisky, T., Grefenstette, E., Espeholt, L., Kay, W., Suleyman, M., & Blunsom, P. (2015). Teaching machines to read and comprehend. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 28.
15. Abujabal, A., Roy, R. S., Yahya, M., & Weikum, G. (2019). ComQA: A Community-sourced Dataset for Complex Factoid Question Answering with Paraphrase Clusters. In *Proceedings of NAACL-HLT* (pp. 307–317).
16. Reddy, S., Chen, D., & Manning, C. D. (2019). CoQA: A Conversational Question Answering Challenge. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 7, 249–266.
17. Huang, L., Le Bras, R., Bhagavatula, C., & Choi, Y. (2019). Cosmos QA: Machine Reading Comprehension with Contextual Commonsense Reasoning. *Proceedings of the 2019 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*, 2391–2401.
18. Dua, D., Wang, Y., Dasigi, P., Stanovsky, G., Singh, S., & Gardner, M. (2019, June). DROP: A Reading Comprehension Benchmark Requiring Discrete Reasoning

Over Paragraphs. Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, 1, 2368–2378.

19. Saha, A., Aralikkatte, R., Khapra, M. M., & Sankaranarayanan, K. (2018, July). Duorc: Towards complex language understanding with paraphrased reading comprehension. In Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. Association for Computational Linguistics (ACL).

20. Fan, A., Jernite, Y., Perez, E., Grangier, D., Weston, J., & Auli, M. (2019, July). ELI5: Long Form Question Answering. Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 3558–3567.

21. Yang, Z., Qi, P., Zhang, S., Bengio, Y., Cohen, W., Salakhutdinov, R., & Manning, C. D. (2018). HotpotQA: A Dataset for Diverse, Explainable Multi-hop Question Answering. In Proceedings of the 2018 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (pp. 2369–2380).

22. Nguyen, T., Rosenberg, M., Song, X., Gao, J., Tiwary, S., Majumder, R., & Deng, L. (2016). MS MARCO: A Human Generated MACHine Reading COMprehension Dataset. choice, 2640, 660.

23. Khashabi, D., Chaturvedi, S., Roth, M., Upadhyay, S., & Roth, D. (2018, June). Looking Beyond the Surface: A Challenge Set for Reading Comprehension over Multiple Sentences. Proceedings of the 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, 1, 252–262.

24. Kocisky, T., Schwarz, J., Blunsom, P., Dyer, C., Hermann, K. M., Melis, G., & Grefenstette, E. (2018). The narrativeqa reading comprehension challenge. Transactions of the Association for Computational Linguistics, 6, 317–328.

25. Kwiatkowski, T., Palomaki, J., Redfield, O., Collins, M., Parikh, A., Alberti, C., ... & Petrov, S. (2019). Natural questions: a benchmark for question answering research. Transactions of the Association for Computational Linguistics, 7, 453–466.

26. Trischler, A., Wang, T., Yuan, X., Harris, J., Sordani, A., Bachman, P., & Suleman, K. (2017, August). NewsQA: A Machine Comprehension Dataset. Proceedings of the 2nd Workshop on Representation Learning for NLP, 191–200.

27. Yu, W., Jiang, Z., Dong, Y., & Feng, J. ReClor: A Reading Comprehension Dataset Requiring Logical Reasoning. In International Conference on Learning Representations.

28. Dunn, M., Sagun, L., Higgins, M., G"uney, V. U., Cirik, V., & Cho, K. (2017). SearchQA: A New Q&A Dataset Augmented with Context from a Search Engine. CoRR, abs/1704.05179.

29. Rajpurkar, P., Zhang, J., Lopyrev, K., & Liang, P. (2016). SQuAD: 100,000+ Questions for Machine Comprehension of Text. Proceedings of the 2016 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, 2383–2392.

30. Mostafazadeh, N., Roth, M., Louis, A., Chambers, N., & Allen, J. (2017). Lsdsem 2017 shared task: The story cloze test. In Proceedings of the 2nd Workshop on Linking Models of Lexical, Sentential and Discourse-level Semantics (pp. 46–51).

31. Joshi, M., Choi, E., Weld, D., & Zettlemoyer, L. (2017). TriviaQA: A Large Scale Distantly Supervised Challenge Dataset for Reading Comprehension. Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 1, 1601–1611.

32. Xiong, W., Wu, J., Wang, H., Kulkarni, V., Yu, M., Chang, S., ... Wang, W. Y. (2019, July). TWEETQA: A Social Media Focused Question Answering Dataset. Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, 5020–5031.

УДК 004.7:519

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.3>

АКТУАЛЬНІ ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ АЛГОРИТМІВ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРІВ

Лемешко А. В. – доктор філософії,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0000-0001-8003-3168

Антоненко А. В. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0000-0001-9397-1209

Балвак А. А. – аспірант кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0000-0002-6441-8225

Новіченко Є. О. – магістр кафедри комп'ютерної інженерії
Державного університету телекомунікацій
ORCID ID: 0000-0002-4354-4513

У статті розглядається робота, яка ґрунтується на досвіді Логістичного центру «Калінівка» ТОВ «Епіцентр К», з урахуванням бізнес-процесів на глобальному рівні та принципів роботи з системами управління складом (WMS), планування ресурсів підприємства (ERP) та керування двором (YMS). Підприємства недостатньо використовують у своїй діяльності логістичні підходи та концепції. Для комплексного та практичного застосування концепцій логістики, формування логістичних систем підприємств необхідними є відповідний рівень розвитку та рівень розвитку економіки суспільства в цілому. В Україні кількість підприємств, що працює на основі концепцій логістики є невеликою. Переважно це підприємства з іноземними інвестиціями, які мають окремі відділи логістики та добре сформовану логістичну систему. Враховуючи те, що метою створення логістичної системи є гармонізація інтересів виробників, постачальників і споживачів, то її основними напрямками є: удосконалення параметрів вхідних потоків ресурсів на основі покращення зв'язків з постачальниками; удосконалення внутрішніх потоків, тобто результатів і погодженості дій підрозділів підприємства; удосконалення зв'язків з споживачами, забезпечення найбільш точної відповідності вихідних потоків товарів та послуг з їх вимогами. Доводиться констатувати, що в умовах мінливості ринку та недостатньої напрацьованих науковцями систем ефективного управління логістичною діяльністю, формування логістичної системи часто відбувається спонтанно та неефективно. Організація прибуткового бізнесу неможлива без належного зберігання товарів у спеціально відведеному місці. Таке приміщення повинно бути технічно обладнане та пристосоване для розподілу запасів між споживачами. Не існує універсальних правил для роботи складської системи – тільки індивідуальний підхід з урахуванням низки супутніх факторів зробить склад рентабельним і забезпечить його стабільну ефективну роботу.

Ключові слова: системи управління складом, планування ресурсів, логістичні центри, ERP, WMS, YMS.

Lemeshko A. V., Antonenko A. V., Balvak A. A., Novichenko Ye. O. Current principles of creating information processing algorithms for logistics centers

The article examines the work based on the experience of the Logistics Center "Kalynivka" LLC "Epicenter K", taking into account business processes at the global level and the principles of working with warehouse management systems (WMS), enterprise resource planning

(ERP) and yard management (YMS). Enterprises do not sufficiently use logistic approaches and concepts in their activities. For the complex and practical application of logistics concepts, the formation of logistics systems of enterprises, the corresponding level of development and the level of development of the economy of society as a whole are necessary. In Ukraine, the number of enterprises operating on the basis of logistics concepts is small. These are mostly enterprises with foreign investments, which have separate logistics departments and a well-formed logistics system. Given that the purpose of creating a logistics system is to harmonize the interests of producers, suppliers and consumers, its main directions are: improving the parameters of incoming resource flows based on improving relations with suppliers; improvement of internal flows, i.e. results and coordination of actions of the company's divisions; improving relations with consumers, ensuring the most accurate correspondence of outgoing flows of goods and services with their requirements. It must be stated that in conditions of market volatility and insufficient systems of efficient management of logistics activity developed by scientists, the formation of the logistics system often occurs spontaneously and inefficiently. The organization of a profitable business is impossible without proper storage of goods in a specially designated place. Such premises must be technically equipped and adapted for the distribution of stocks between consumers. There are no universal rules for the operation of the warehouse system — only an individual approach, taking into account a number of related factors, will make the warehouse profitable and ensure its stable and efficient operation.

Key words: warehouse management systems, resource planning, logistics centers, ERP, WMS, YMS.

Логістичний центр «Калинівка» в Київській області площею 100 тис. кв. м централізовано забезпечує 75% поставок товарів у торговельні центри мереж Епіцентр та Нова Лінія. На території працює декілька великих складів на яких обробляється та зберігається дуже велику кількість товарів різних габаритних розмірів. Також функціонує конвеєрна лінія, яка дозволяє швидко та правильно збирати замовлення, виконує спуск та підйом вантажів. Це дозволило значно спростити роботу персоналу. Постійно реконструюються та розширюються складські площі, доробляється програмне забезпечення, проводяться навчання, атестації та наймаються працівники [1–4].

Кожна частинка ланцюгів постачання перевіряється, щоб знайти всі можливості для оптимізації. Усі постачальники несуть відповідальність за велику кількість різних товарів, які виробляються в різних місцях і доставляються в різні пункти призначення. Тому кожен постачальник використовує певні хаби у своїх ланцюгах постачання. В логістичних центрах різні товари приймаються, іноді зберігаються, сортуються та відправляються на маркети на продаж. Товари доставляються вантажівками та залізничним транспортом, а доставка в торговельні центри відбувається тільки вантажними автомобілями [5–10].

Постановка проблеми. Через глобалізацію та жорстку конкуренцію попит на нові логістичні рішення щодня зростає, вимагаючи швидших і дешевших способів доставки товарів по всьому світу. Щоб задовольнити цей попит, глобальні постачальники повинні продовжувати вдосконалювати свої операції для збільшення швидкості доставки та зниження вартості зберігання товарів та сировини на складах [11–14]. Для досягнення цілей проводяться розрахунки й впроваджуються рішення на всіх ланках від економії палива до збільшення швидкості конвеєрних ліній.

Мета дослідження. Метою роботи є дослідження оптимізації руху товарів на складі, а також формування механізму обчислення виконаних завдань за рахунок впровадження сучасного програмного забезпечення та технологій.

Об'єкт дослідження: існуючі моделі переміщення товарів в межах логістичних хабів.

Предмет дослідження сукупність елементів, процесів, зв'язків, відношень в сфері логістичної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для оцінки функціонування складу розраховуються показники ефективності. Найважливіші це кількості отриманих та виконаних замовлень за годину, час виконання завдань. Кількість переміщуваних товарів навантажувачами за годину. Також оцінюють ефективність використання навантажувачів, складських площ, наскільки правильно з точки зору ефективності були згенеровані завдання для комплектувальників по збору товарів [15–19].

Кількість виконаних завдань за годину є відношенням сумарної кількості виконаних завдань до часу:

$$\dot{n}_{\text{performed}} = \frac{n_{\text{performed}}}{T_{\text{elapsed}}}$$

де $n_{\text{performed}}$ – кількість виконаних завдань за годину, $n_{\text{performed}}$ – сумарна кількість виконаних завдань, T_{elapsed} – загальний час, що минув у годинах.

Ключовою метою є ефективне використання навантажувачів завдяки скороченню часу простою. Часом простою вважаються стоянки та рухи, яких можна було б уникнути, якби були б впровадженні більш оптимальні рішення [20].

Ключовою метою є ефективне використання навантажувачів завдяки скороченню часу простою [1–4]. Часом простою вважаються стоянки та рухи, яких можна було б уникнути, якби були б впровадженні більш оптимальні рішення:

$$T_{\text{idle},i} = T_{\text{op},i} - T_{\text{work},i}$$

де $T_{\text{idle},i}$ – час бездіяльності навантажувача i , $T_{\text{work},i}$ – час роботи навантажувача i , $T_{\text{op},i}$ – загальний час використання навантажувача i . Оскільки заміна батареї є невід'ємною операцією під час роботи, тому час необхідний для цього включений у $T_{\text{work},i}$.

Ефективність логістичних систем досліджували багато вчених-економістів. До найбільш відомих належать праці О.А. Біловодської, О.П. Величка, А.М. Гаджинського, З.В. Герасимчука, Л.В. Забуранної, М.А. Окландера, Ю.В. Пономарьової, Є.В. Крикавського, І.І. Савенка, О.В. Мороз, Н.М. Тюріної, Л.В. Фролової, О.В. Хаджинової, Н.І. Чухрай, Л.Ю. Шевців та інших [13–24].

Виклад основного матеріалу. Ланцюги постачання мають склади в тій чи іншій формі. Для забезпечення функціонування яких необхідні працівники, обладнання для зберігання та обробки товарів й автоматизовані системи управління [1, 3].

Навантажувачі здебільшого здійснюють переміщення товарів на палетах на місця зберігання або вивозять товари з місць зберігання, тобто вони їздять порожніми принаймні половину часу. Це одиничні цикли. Коли навантажувачі отримують транспортні доручення відвезти товари на зберігання й привозять палети з місць зберігання, то це називається виконанням подвійних циклів [2–4].

Використовуючи показники продуктивності, можна порівняти різні варіанти організації складу та знайти найкраще для бізнесу рішення.

Рішення приймаються на рівнях від керівників, котрі ставлять цілі компанії які прагнуть досягнути в майбутньому до операторів, які часто мають можливості вирішувати, як виконувати базові складські операції. Ці рішення можна розділити на три рівні: стратегічні, тактичні й операційні.

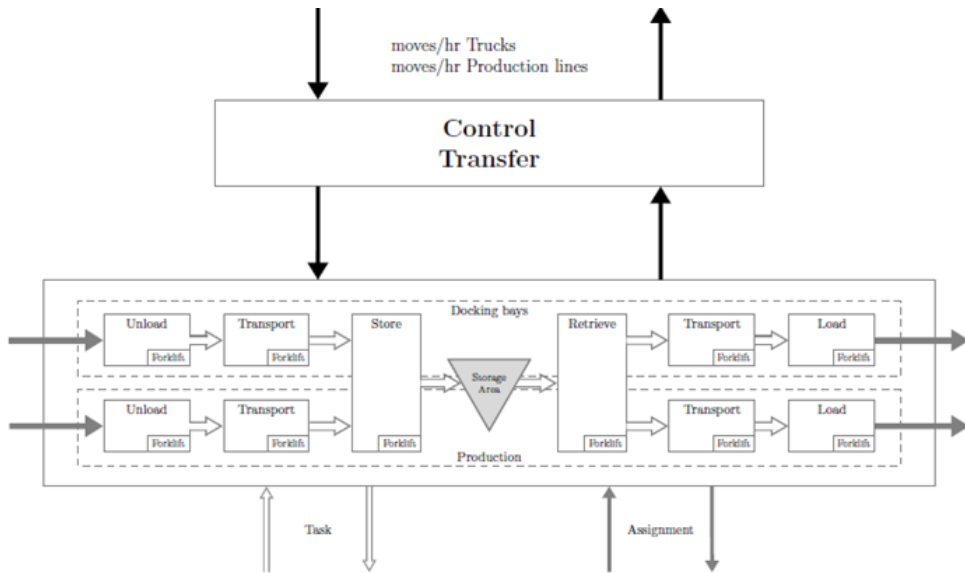


Рис. 1. Структурна схема руху товарів на складі

Стратегічні рішення приймаються вищим керівництвом підприємства й базуються на поточній діяльності та її ефективності. Прийняті рішення на цьому рівні являються основою для дій й впливають на діяльність компанії. Правильно провівши аналітичну роботу можна встановити корпоративні цілі, які дозволять ефективно працювати підприємству випереджаючи конкурентів. Це можуть бути дії для підвищення ефективності та якості послуг, які надаються складами. Топ менеджмент вирішує чи продовжувати використовувати наявні ресурси або має сенс закупити нове обладнання й змінити програмне забезпечення управління складами.

Тактичні рішення приймаються керівниками середньої ланки й передбачають зміни в процесах виконання операцій. Це може бути перегляд та зміна існуючих процесів, щоб усунути операції, що є надлишковими й не додають цінності. Правильно прийняті тактичні рішення дозволяють змінити пропускну здатність наявних систем з мінімальними капіталовкладеннями. Ці рішення спрямовані на досягнення бачення та цілей, визначених стратегією компанії. На тактичному рівні рішення відповідають на питання: «Як ми використовуємо свої ресурси?» оскільки це впливає на повсякденну роботу складу.

Операційні рішення приймаються на короткий термін і спрямовані на вплив на поточні прибутки й витрати. Ідея таких рішень полягає в тому, щоб оптимізувати процес, мінімізувати витрати та працювати якомога швидше та ефективніше. Операційні рішення допомагають досягати тактичних цілей і повинні давати можливість відповісти на питання: «Що я маю робити, коли відбувається певна подія?». На складах операційні рішення стосуються виконання повсякденних операцій, наприклад, як оптимально розмістити товари на палетах для відвантажень або як діяти у випадках короткострокових збоїв у системах управління.

На працюючих складах кількість і вид ресурсів вже обрані, рішення на стратегічному рівні прийняті й впроваджені. Для підвищення ефективності та рівня обслуговування клієнтів важливо приймати правильні рішення на тактичному

рівні. Ці рішення включають розподіл місць для зберігання товарів й оптимальне використання навантажувачів для виконання складських завдань. Таким чином, система підтримки прийняття рішень, яка буде розроблена, повинна враховувати різні тактичні політики та показувати їх вплив на операційну продуктивність [6–7].

Типовий склад розділяється на зони в яких зберігаються різні типи продуктів. Для кожного окремого продукту застосовуються окремі правила, тому й для кожної зони необхідно налаштувати відповідні політики призначення місць зберігання товарів. Програмний продукт, який буде розроблений також повинен буде дозволяти менеджеру переглядати вплив політик на операційну продуктивність, допомагаючи приймати оптимальні рішення [10].

Для імітації роботи цілого процесу або системи протягом певного періоду використовуються різні методи моделювання. Для виконання моделювання вибрану фізичну або абстрактну систему потрібно спочатку описати як набір певних характеристик й функцій. Різниця між моделлю та імітацією полягає в тому, що модель представляє структуру, тоді як імітація представляє її поведінку [9]. Моделювання реальної чи гіпотетичної ситуації дозволяє її вивчити для отримання розуміння роботи системи. Є можливість внесення змін для прогнозування поведінки системи. Тобто моделювання є інструментом, який дозволяє дослідникам віртуально досліджувати поведінку системи. Використовуються різні методи моделювання, а саме: метод Монте-Карло, безперервне моделювання, дискретно-подійне моделювання, гібридне моделювання, що є поєднанням характеристик як безперервного моделювання, так і моделювання дискретних подій.

В дисертаційному дослідженні моделювання буде використано на стратегічному, тактичному та операційному рівнях прийняття рішень. Будуть використані всі зазначені методи моделювання й порівнянні результати. Я очікую, що це дасть можливість показати наслідки рішень на високих рівнях на продуктивність роботи виконавців. Перевагою моделювання є те, що воно здатне стохастично (випадково) запропонувати різні сценарії руху товарів на складах, як насправді постійно відбувається на об'єктах, де товари не доставляються та не відвантажуються в фіксованих кількостях протягом конкретного періоду [11–14].

Модель, яка буде використана, допоможе проаналізувати всі переміщення товарів на палетах на складі враховуючи попит та пропозицію різних клієнтів. Це буде досягнуто шляхом моделювання переміщень навантажувачів й буде враховано операції комплектування товарів та розміщення палет [8–10]. Модель можна буде використовувати для аналізу роботи будь-якого складу з будь-якою кількістю та типом навантажувачів.

Перед написанням коду буде розроблена концептуальна модель з детальним описом процесів, блок-схемами й діаграмами. Основні елементи моделі – це навантажувач, палета, зона й ряд зберігання товарів на стелажах, зона приймання, розподілу та відвантаження товарів тощо. Будуть враховані характеристики кожного елементу, наприклад, для навантажувача це габаритні розміри, максимальна вага, яку може підняти, час використання акумуляторів.

Результати моделювання будуть наведені на графіках, які покажуть відсоток відпрацьованого часу, кількість нерозподілених завдань на складі та кількість працюючих навантажувачів. Також програма зможе створювати анімовані карти складу для легкості сприйняття даних. Наприклад, навантажувачі будуть зображені трьома різними кольорами: синій колір – навантажувач очікує на завдання, жовтий – порожній, зелений – рухається з товаром. Це дозволить визначати зони з невеликим навантаженням, перевантажені зони й вносити відповідні корективи.

Висновки. У майбутньому буде створено програмний продукт з перспективою завантаження вхідних даних шаблонами в Excel форматі, із можливістю внесення та редагування через інтерфейс. Це рішення буде реалізовано на мові програмування PL/SQL, як окремий програмний продукт або як додаткові модулі в існуючій системі управління складом. Результати дійсно будуть переконливими й після впровадження доробок вдасться досягнути значної економії ресурсів завдяки зменшенню кількості складських працівників. Також впровадженні рішення дозволять знизити кількість навантажувачів та зменшити складські площі при збереженні обсягів товарів, які обробляються на складах. Або на існуючих складських об'єктах можна буде досягнути суттєвого збільшення кількостей та асортиментів товарів, які обробляються складами. Показавши перспективні, вигідні варіанти моделей, з'являться шанси зацікавити бізнес й провести розрахунки для реальних складів великих компаній.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Транспортна логістика: начальний посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 224 с.
2. Томашевський В.М. Моделювання систем. Київ : Видавнича група BHV, 2005. 352 с.
3. Бишевец Н.Г. Теорія ймовірностей та математична статистика з використанням табличного процесора MS Excel. Київ, 2021. 234 с.
4. Алькема В.Г., Сумець О.М. Логістика. Теорія та практика: навчальний посібник. Київ : Видавничий дім «Професіонал», 2008. 272 с.
5. Авед С.А. 2013. Порівняльний аналіз алгоритмів роботи протоколу TCP в самоподібному трафіку. *Journal of Communications and Network*, 92.
6. Ke Xu Hongying Liu, Jiangchuan Liu, Jixiu Zhang, "LBMP: A Logarithm-Barrier-Based Multipath Protocol for Internet Traffic Management", *IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS*, VOL. 22, NO. 3, MARCH 2011.
7. Даррелл М.В., 2014. Еволюція потокового відео та доставки цифрового вмісту. *Journal of Technology Innovation at Brookings*, 86.
8. Федеріко Б., 2010. Інтернет у розробці майбутніх систем контролю трафіку. *Internet Research Journal*, 168.
9. Shahwaiz Afaqui M. IEEE 802.11 ax: Challenges and requirements for future high efficiency WiFi / M. Shahwaiz Afaqui, E.G.Villegas, E.L. Aguilera / *IEEE Wireless Communications*. 2016. № 99. Р. 2–9.
10. Банько В.Г. Логістика: навчальний посібник. Київ : КНТ, 2013. 345 с.
11. Економіка логістичних систем : монографія / М. Васелевський, І. та ін. ; за заг. ред. Є.О. Крикавського. Львів : Національний університет "Львівська політехніка", 2015. 596 с.
12. Кальченко А.Г. Логістика: підручник. Київ : КНЕУ, 2013. 85 с.
13. Зайцев, Є.О., Антоненко, А.В., Березниченко, В.О., & Закусило, С.А. (2022). Smart засоби визначення аварійних станів у розподільних електричних мережах міст. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, (5).
14. Tanenbaum A.S. *Computer Networks* / A.S. Tanenbaum, D.J. Wetherall. 5-th Ed. Prentice Hall, Cloth, 2011. 960 p.
15. Bellalta B. IEEE 802.11 ax: High-efficiency WLANs / Boris Bellalta / *IEEE Wireless Communications*. 2016. № 23 (1). Р. 38–46

16. Barrachina-Munoz S. Wireless Network Simulator for Next-Generation High-Density WLANs / Sergio Barrachina-Munoz, Francesc Wilhelmi, Ioannis Selinis, Boris Bellalta // IEEE 2019 Wireless Days (WD). 2019. P. 1–8.

17. Ткаченко О.М. Оцінка працездатності каналу зв'язку / О.М. Ткаченко, Г.О. Гринкевич, Н.Л. Перепелиця, Б.В. Цімура, А.О. Яворський // Наукові записки УНДІЗ. 2016. № 3 (43). С. 30–36.

18. Sure P. A survey on OFDM channel estimation techniques based on denoising strategies / P. Sure, C.M. Bhuma / Eng. Sci. Technol. Int. J. V.20. № 2, 2017. P. 629–636.

19. Sur S. Practical MU-MIMO user selection on 802.11ac commodity networks / S. Sur, I. Pefkianakis, X. Zhang, K. Kim, H. Kim // Proc. ACM MobiCom. 2016. P. 122–134.

20. Zhuang Y. Autonomous smartphone-based Wi-Fi positioning system by using access points localization and crowdsourcing / Y. Zhuang, Z. Syed, J. Georgy, N. El-Sheimy / Pervasive and Mobile Computing. V. 18. 2015. P. 118–136.

21. Kulkarni P. Taming the densification challenge in next generation wireless LANs: An investigation into the use of dynamic sensitivity control / Parag Kulkarni, Fengming Cao // Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob), 2015 IEEE 11th International Conference on. 2015. P. 860–867.

22. Shen Z. Research and Performance Evaluation of Spatial Reuse Technology for Next Generation WLAN / Zhao Shen, Bo Li, Mao Yang, Zhongjiang Yan, Xiaobo Li, Yi Jin // International Wireless Internet Conference. 2019. P. 41–51.

23. Lei Song, Biswanath Mukherjee. On the Study of Multiple Backups and Primary-Backup Link Sharing for Dynamic Service Provisioning in Survivable WDM Mesh Networks / IEEE Journal on selected areas in Telecommunication, 2008. Vol. 26, No 6. pp. 84–91.

24. Ю.А. Кулаков, А.В. Коган, В.М. Храпов, «Способ конструирования трафика при организации многопутевой маршрутизации», Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка. Вип. 65. 2017. С. 28–33.

REFERENCES:

1. Smirnov I.G., Kosareva T.V. (2008) Logística de transporte: um guia para iniciantes. Kyiv: Centro de Literatura Educacional. 224 p.

2. Tomashevskiy V.M. (2005) Modelagem de sistemas. Kyiv: BHV Publishing Group. 352 p.

3. Byshevets N.G. (2021) Teoria das probabilidades e estatística matemática usando a planilha MS Excel. Kyiv. 234 p.

4. Alkema V.G., Sumets O.M. (2008) Logística. Teoria e prática: um guia de estudos. Kyiv: Editora "Profissional". 272 p.

5. Abed S.A. (2013) Porivnialnyi analiz alhorytmiv roboty protokolu TCP v samopodibnomu trafiku. Journal of Communications and Network.

6. Ke Xu Hongying Liu, Jiangchuan Liu, Jixiu Zhang, "LBMP: A Logarithm-Barrier-Based Multipath Protocol for Internet Traffic Management", IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 22, NO. 3, MARCH 2011.

7. Darrell M.W. (2014) Evoliutsiia potokovoho video ta dostavky tsyfrovoho vmistu. Journal of Technology Innovation at Brookings, 86.

8. Federiko, B. (2010) Internet u rozrobtsi maibutnih system kontroliu trafiku. Internet Research Journal, 168.

9. Shahwaiz Afaqui M. (2016) IEEE 802.11 ax: Challenges and requirements for future high efficiency WiFi / M. Shahwaiz Afaqui, E.G.Villegas, E.L. Aguilera / IEEE Wireless Communications. № 99. P. 2–9.
 10. Banco V.G. (2013) Logística: um guia de estudo. Kyiv: KNT, 345 p.
 11. Economia dos sistemas logísticos: monografia / M. Vaselevskyi, I. et al.; no geral ed. E.O. Krykavskyi. Lviv: Universidade Nacional Politécnica de Lviv, 2015. 596 p.
 12. Kalchenko A.G. (2013) Logística: um livro didático. Kyiv: KNEU. 85 p.
 13. Zaitsev, Ye.O., Antonenko, A.V., Berezhnychenko, V.O., & Zakuslyo, S.A. (2022) Smart zasoby vyznachennia avariinykh staniv u rozpodilnykh elektrychnykh merezhakh mist. Tavriyskyi naukovyi visnyk. Seriia: Tekhnichni nauky, (5).
 14. Tanenbaum A.S. Computer Networks / A.S. Tanenbaum, D.J. Wetherall. 5-th Ed. Prentice Hall, Cloth, 2011. 960 p.
 15. Bellalta B. (2016) IEEE 802.11 ax: High-efficiency WLANs / Boris Bellalta / IEEE Wireless Communications. № 23 (1). P. 38–46.
 16. Barrachina-Munoz S. (2019) Wireless Network Simulator for Next-Generation High-Density WLANs / Sergio Barrachina-Munoz, Francesc Wilhelmi, Ioannis Selinis, Boris Bellalta // IEEE 2019 Wireless Days (WD). P. 1–8.
 17. Tkachenko O.M. (2016) Otsinka pratsездatnosti kanalu zviazku / O.M. Tkachenko, H.O. Hrynkevych, N.L. Perepelytsia, B.V. Tsimura, A.O. Yavorskyi // Naukovi zapysky UNDIZ. № 3 (43). P. 30–36.
 18. Sure P. (2017) A survey on OFDM channel estimation techniques based on denoising strategies / P. Sure, C.M. Bhuma / Eng. Sci. Technol. Int. J. V. 20. № 2. P. 629–636.
 19. Sur S. (2016) Practical MU-MIMO user selection on 802.11ac commodity networks / S. Sur, I. Pefkianakis, X. Zhang, K.Kim, H. Kim // Proc. ACM MobiCom. P. 122–134.
 20. Zhuang Y. (2015) Autonomous smartphone-based Wi-Fi positioning system by using access points localization and crowdsourcing / Y. Zhuang, Z. Syed, J. Georgy, N. El-Sheimy / Pervasive and Mobile Computing. V. 18. P. 118–136.
 21. Kulkarni P. (2015) Taming the densification challenge in next generation wireless LANs: An investigation into the use of dynamic sensitivity control / Parag Kulkarni, Fengming Cao // Wireless and Mobile Computing, Net-working and Communications (WiMob), 2015 IEEE 11th International Conference on. P. 860–867.
 22. Shen Z. (2019) Research and Performance Evaluation of Spatial Reuse Technology for Next Generation WLAN / Zhao Shen, Bo Li, Mao Yang, Zhongjiang Yan, Xiaobo Li, Yi Jin // International Wireless Internet Conference. P. 41–51.
 23. Lei Song (2008) Biswanath Mukherjee. On the Study of Multiple Backups and Primary-Backup Link Sharing for Dynamic Service Provisioning in Survivable WDM Mesh Networks / IEEE Journal on selected areas in Telecommunication. Vol. 26, No 6. pp. 84–91.
 24. Yu.A. Kulakov, A.V. Kohan, V.M. Khrapov (2017) «Sposob konstruyrovaniya trafyka pry orhanyzatsyy mnohoputevoi marshrutyzatsyy» Visnyk NTUU «KPI». Informatyka, upravlinnia ta obchysliuvalna tekhnika. Vyp. 65. P. 28–33.
-

УДК 004.05

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.4>

МОДИФІКОВАНИЙ АЛГОРИТМ СТИСКАННЯ ПОСЛІДОВНОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ

Панков Т. С. – студент магістратури факультету прикладної математики
Національного технічного університету України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0003-0230-5062

Потапова К. Р. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних
систем
Національного технічного університету України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-3347-6350

Радченко К. О. – асистент кафедри системного програмування і спеціалізованих
комп'ютерних систем
Національного технічного університету України «Київський політехнічний
інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID ID: 0000-0002-1282-6307

З поширенням в сучасному світі як цифрових носіїв, так і мережі Інтернет, все частіше постає питання про зберігання та передачу даних у цифровому форматі. Потреби користувачів зростають швидше, ніж розвиваються апаратні технології зберігання та передачі даних, тому все частіше постає питання програмної оптимізації даних процесів. Крім механізмів балансування навантаження, оптимізації в мережевій передачі на транспортному рівні, важливу роль відіграють механізми стиснення даних. Стиснення даних має на увазі під собою зменшення розміру аналізованої інформації за рахунок використання того факту, що здебільшого дані не є випадковим набором біт, а підпорядковуються певному закону. Іншими словами, використовується той факт, що дані є залежними або випадковими величинами, або випадковими величинами, що підпорядковуються певній, нерівномірній функції розподілу.

Більшість даних, що передаються по мережі – фото і відео файли. Для швидкої передачі цих файлів та компактного їх зберігання потрібні ефективні алгоритми стиснення, які здатні швидко та якісно стискати окремі зображення та послідовності кадрів відео. Проблемою при стисненні послідовності кадрів відео є обчислювальна складність пошуку областей кореляції зображень, яка проводиться з метою підвищення коефіцієнта стиснення шляхом кодування посилання на схожу область зображення та різниці між попереднім та наступним зображенням замість кодування повністю вихідного зображення. Проблемою при стисненні набору зображень є виділення загального контексту даних зображень з метою підвищення якості стиснення.

У цій роботі ми розглянемо особливості стиснення зображень, дослідимо підходи знаходження подібних областей, оптичних потоків та реалізуємо модель, що дозволяє підвищити ефективність стиснення послідовності зображень.

Ключові слова: стиснення, квантування, оптичний потік, ключові точки, піксель, дескриптор, кадр, ентропія, фрагмент, декодування.

Pankov T. S., Potapova K. R., Radchenko K. O. Modified image sequence compression algorithm

With the spread of both digital media and the Internet in the modern world, the question of storing and transferring data in digital format is becoming increasingly common. The needs of users are growing faster than the hardware technologies of data storage and transmission are

developing, so the question of software optimization of data processing processes is becoming more and more common. In addition to load balancing mechanisms, optimization of network transmissions at the transport level, data compression mechanisms play an important role. Data compression implies a reduction in the size of analyzed information due to the fact that the larger size is not a random set of bits, but obeys a certain law. In other words, it exploits the fact that the data are dependent or random variables, or random variables subject to a certain, non-uniform distribution function.

More data transmitted on the network - photo and video files. For fast transfer of these files and their compact storage, efficient compression algorithms are needed, which are able to quickly and efficiently compress individual images and a system of video frames. The problem with compressing video frame positions is the computational complexity of finding image correlation regions, which is designed to improve compression by encoding the image references of the image region and the difference between the previous and next image instead of encoding the full source image. The challenge when compressing a set of images is to remove the overall context of the image data in order to improve compression quality.

In this work, we will consider the features of image compression, explore approaches for finding similar areas, optical flows, and implement a model that allows increasing the efficiency of image sequence compression.

Key words: compression, quantization, optical flow, key points, pixel, descriptor, frame, entropy, fragment, decoding.

Постановка задачі. Задача полягає в аналізі існуючих алгоритмів стиснення даних та зображень, пошуку кращих складових для нового алгоритму (дескриптор, алгоритми пошуку та опису ключових точок) та побудові алгоритму стиснення зображень, що потенційно перевершує за ефективністю існуючі алгоритми стиснення за певних умов.

Виклад основного матеріалу.

Особливості стиснення зображень. І нарешті, під час стиснення зображень часто користуються особливостями людського зору, саме тим фактом, що людське око більш сприйнятливє до кількості світла на зображенні, ніж до його кольоровості. Тому перед кодуванням зображення без втрат його зазвичай переводять у YCrCb формат і частина Y піддають меншому квантуванню, ніж Cr і Cb частини. Також при кодуванні зображень окрема увага приділяється переходам між кольорами сусідніх пікселів.

Практично всі з сучасних найбільш поширених алгоритмів стиснення зображень базуються на описаних вище техніках, а саме – є лише поєднанням тої чи іншої підмножини з безлічі технік (рис. 1).

Говорячи про алгоритми стиснення відео, варто сказати, що найчастіше вони

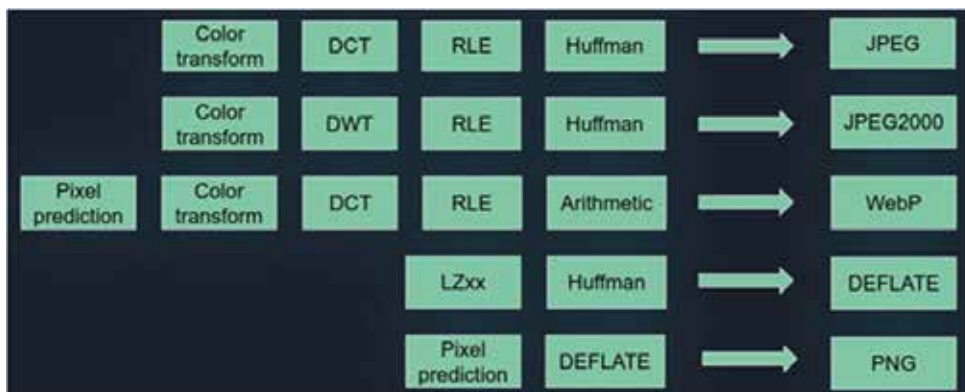


Рис. 1. Складові найбільш популярних алгоритмів

базуються на алгоритмах стиснення зображень. Єдина відмінність – алгоритми відео використовують інформацію про раніше стислі кадри і покладаються на факт, що зображення у відео потоці відрізняються в більшості лише зміщенням деяких пікселів на кілька позицій. Звідси з'являється дві додаткові техніки: компенсація руху та кодування різниці. Перша використовується для знаходження переміщення областей та компенсації цього переміщення, друга – для кодування не самого кадру, а різниці між поточним кадром та попереднім кадром після компенсації руху (рис. 2).

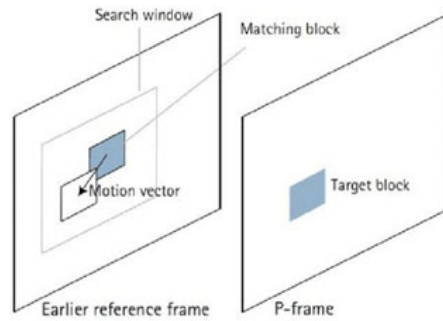


Рис. 2. Схема роботи компенсації руху

Окрім алгоритмів стиснення зображень та алгоритмів стиснення відео є також алгоритми, що спеціалізуються на стисненні послідовності подібних зображень. Зазвичай вони будуються так само, як алгоритми стиснення відео, однак без етапу компенсації руху, так як на послідовності зображень об'єкти зазвичай сильно зсунуті відносно один одного і немає можливості застосувати алгоритми компенсації руху. Ця робота орієнтована на написання алгоритму, що є оптимальним для стиснення послідовності зображень, для яких немає можливості ефективно застосувати сучасні види компенсації руху.

Дослідження підходів до вирішення задачі знаходження подібних об'єктів на зображеннях. Вивчивши принцип роботи алгоритмів стиснення і знаючи, що підвищити рівень стиснення можна за допомогою контексту попередніх зображень, реалізуємо алгоритм, що дозволяє на високому рівні отримувати, зберігати та шукати контекст зображень, а саме алгоритм, який знаходитиме схожі ділянки на різних зображеннях. цей алгоритм відмінно підійде для стиснення ключових кадрів відео (рис. 3).

Зазвичай ключові кадри відео стискаються за допомогою звичайних алгоритмів стиснення зображень без урахування контексту попередніх стиснутих ключових кадрів. Так відбувається, бо зазвичай на різних ключових кадрах об'єкти зазвичай сильно змінюють своє розташування і стандартні алгоритми компенсації руху не можуть впоратися з такими відхиленнями. Тому в даному випадку потрібно побудувати алгоритм, що дозволяє знайти не точні збіги фрагментів зображення незалежно від їх розташування.

Алгоритми знаходження оптичного потоку. Для знаходження оптичного потоку і розпізнавання об'єктів використовується така методика дій: спочатку виділяємо

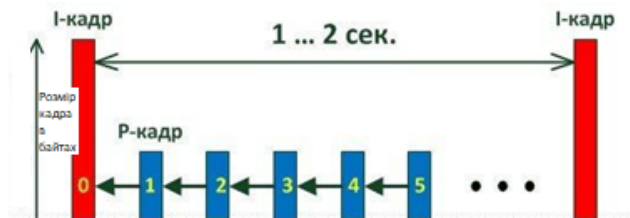


Рис. 3. Ключові (I) та різностні (P) кадри

на зображенні ключові точки, потім будемо для них дескриптори (опис області навколо), так робимо для обох зображень і після шукаємо збіг між дескрипторами. Чим кращий збіг між дескрипторами – тим більше схожі області навколо ключових точок, що розглядаються.

Одні з найпопулярніших методів знаходження та опису ключових точок – ORB, SIFT, SURF. У SIFT і SURF серед особливостей інваріант за розміром дескриптора і по поворотах. Однак ми не маємо на меті знайти опис ключових точок інваріантний до поворотів і, тим більше, скейлінгу (масштабна інваріантність). Тому SIFT та SURF нам одразу не підходять. Спробуємо ORB на простому прикладі. Візьмемо зображення X.png, виріжемо частину і перевіримо, наскільки добре ORB зіставить дескриптори ключових точок. Для пошуку однакових дескрипторів на двох фрагментах будемо використовувати BFMatcher (рис. 4, 5).

Як бачимо, навіть на такому простому прикладі ORB не готовий гарантувати необхідну точність. Спробуємо знайти окремо алгоритм пошуку ключових точок та алгоритм їх опису. Як частина ORB використовується алгоритм FAST. Розглянемо спершу його окремо. Після підбору параметрів можна дійти до наступного результату (рис. 6, 7).

Помітно, що ключові точки обираються однаково на обох фрагментах, отже при правильному їхньому описі між ними знайдеться відповідність.

```
import cv2

def orb(file1, file2, count=50):
    img1 = cv2.imread(file1, 0)
    img2 = cv2.imread(file2, 0)

    orb = cv2.ORB_create()
    kp1, des1 = orb.detectAndCompute(img1, None)
    kp2, des2 = orb.detectAndCompute(img2, None)

    if des1 is None or des2 is None:
        return

    bf = cv2.BFMatcher(cv2.NORM_HAMMING, crossCheck=True)
    matches = bf.match(des1, des2)
    matches = sorted(matches, key=lambda x: x.distance)
    match_img = cv2.drawMatches(img1, kp1, img2, kp2, matches[:count], None)
    cv2.imwrite('Matches.png', match_img)
    return kp1, des1, kp2, des2, matches
```

Рис. 4. Отримання ключових точок та дескрипторів через ORB

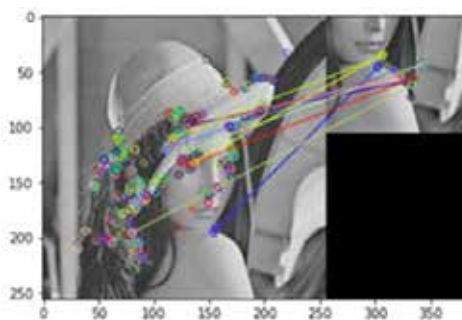


Рис. 5. Результат (пошук на цілому зображенні його частини)

```
def keypoints(file):
    img = cv2.imread(file,0)

    fast = cv2.FastFeatureDetector_create(threshold=15)
    kp = fast.detect(img,None)

    img2 = cv2.drawKeypoints(img, kp, None,color=(255,0,0))
    cv2.imwrite('fast_true.png',img2)
    plt.imshow(imread("fast_true.png"))
```

Рис. 6. Отримання ключових точок через FAST

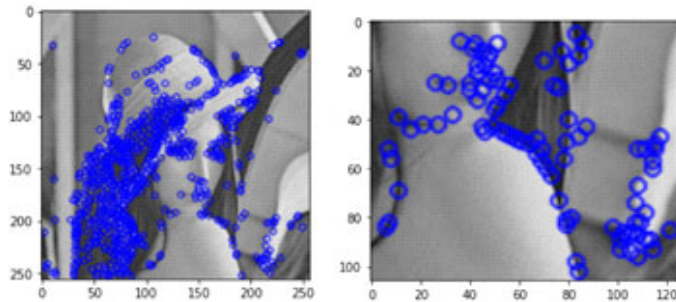


Рис. 7. Отримання ключових точок через FAST візуально

Кращим кандидатом на роль дескриптора був знайдений і обраний HOG з огляду на те, що він зберігає інформацію про палітру кольорів навколо заданої області, причому враховує розташування розглянутих пікселів, а тому краще за інших знаходитиме відповідність між однаковими фрагментами (рис. 8, 9).

```
def fast_hog(file1, file2, count=50, threshold=10):
    img1 = cv2.imread(file1, 0)
    img2 = cv2.imread(file2, 0)

    fast = cv2.FastFeatureDetector_create(threshold=threshold)
    winSize = (32,32)
    blockSize = (16,16)
    blockStride = (8,8)
    cellSize = (8,8)
    nbins = 9
    derivAperture = 1
    winSigma = 4.
    histogramNormType = 0
    L2HysThreshold = 2.0000000000000001e-01
    gammaCorrection = 0
    nlevels = 64
    hog = cv2.HOGDescriptor(winSize,blockSize,blockStride,cellSize,nbins,derivAperture,winSigma,
                            histogramNormType,L2HysThreshold,gammaCorrection,nlevels)

    winStride = (32,32)
    padding = (32,32)
    kp1 = fast.detect(img1, None)
    kp2 = fast.detect(img2, None)
    des1 = hog.compute(img1,winStride,padding,[k.pt for k in kp1])
    des2 = hog.compute(img2,winStride,padding,[k.pt for k in kp2])

    if des1 is None or des2 is None:
        return

    des1, des2 = np.array(des1).reshape((len(kp1),-1)), np.array(des2).reshape((len(kp2),-1))

    bf = cv2.BFMatcher(cv2.NORM_L2, crossCheck=True)
    matches = bf.match(des1, des2)
    matches = sorted(matches, key=lambda x: x.distance)
    match_img = cv2.drawMatches(img1, kp1, img2, kp2, matches[:count], None)
    cv2.imwrite('Matches.png',match_img)
    return kp1, des1, kp2, des2, matches[:count]
```

Рис. 8. Отримання ключових точок через FAST та отримання дескрипторів через HOG

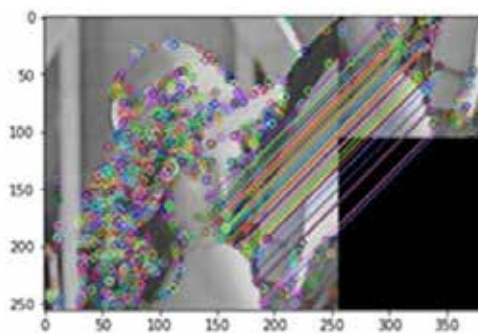


Рис. 9. Отримання ключових точок через FAST та отримання дескрипторів через HOG візуально

В результаті, кількість правильних відповідностей близька до максимуму. Розглянемо дещо інший приклад (рис. 10).

Майже всі відповідності вірні. Може здатися, що це два однакові кадри, тому наведемо модуль попіксельної різниці між цими кадрами (рис. 11).

Підсумкова комплектація – FAST + HOG + BFMatch.

Реалізація алгоритму стиснення на основі пошуку та перевикористання областей високої ентропії. Опишемо алгоритм стиснення зображення виходячи з отриманих збігів. Зауважимо, що алгоритм вибору ключових точок позитивно впливає на ефективність одержуваного алгоритму, оскільки ключові точки вибираються в областях з високою ентропією, а саме ці області найскладніше стискаються будь-яким алгоритмом стиснення, у тому числі й JPEG. У кращому випадку нам



Рис. 10. Результат FAST+HOG на тесті із двох ключових кадрів відеофрагменту

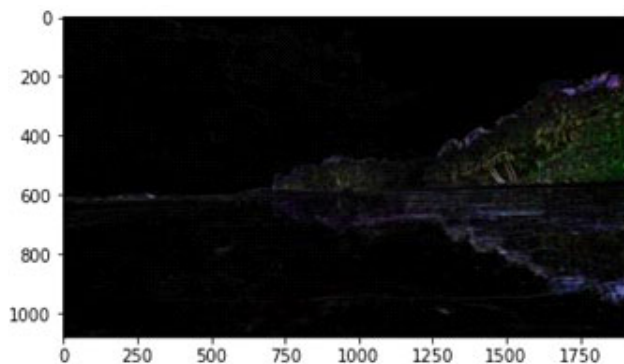


Рис. 11. Модуль різниці тестових ключових кадрів відеофрагменту

доведеться стискати лише одноколірні області та різниці між кешованими частинами та вихідним зображенням.

Отже, обираємо кращі збіги дескрипторів, відповідні ключові точки і замінюємо області навколо цих ключових точок на зображенні, що розглядається, на різницю між знайденою областю і аналізованою. Ділянки, що використовуються, і різниця, відповідно (розмір блоку навколо ключової точки – 64 x 64 пікселів) (рис. 12).

Спробуємо стиснути тільки отримане зображення. Вихідне зображення у форматі JPEG важить 159.1 KB, отримане – 147.9 KB. Краще, але трохи.

Згадаймо, що насправді JPEG розбиває зображення на фрагменти по 8 x 8, тому спробуємо вирівняти наші частини, що отримуються, по кратній сітці 8 x 8. Відобразимо отримане зображення (рис. 13).

Отриманий розмір – 141.1 KB.

Тепер згадаємо ще про те, що всі блоки 8 x 8 все ж таки під кінець обробляються разом, тому давайте об'єднаємо різниці в одне зображення, а все інше – в інше, тим самим розташувавши поруч схожі блоки 8 x 8. Пропорції зображення зберегти не вдасться, тому зберігати все будемо у зображення у вигляді рядка шириною в ширину блоку, що розглядається навколо ключової точки. У поточному випадку – 64.

Отримані розміри – для різниць: 37KB, для частин зображення, що залишилися: 105KB. Сумарно вийшло більше, ніж було, тому що JPEG для кожного зображення зберігає додаткову інформацію. Таку як таблиці Хаффмана, наприклад. Однак тепер ми маємо можливість варіювати якість окремо зображення та окремо – різниць. Так як різниці незначні, їх можна стискати досить без втрати якості. Збережемо зображення з різницею із параметром quality = 10. Отримаємо

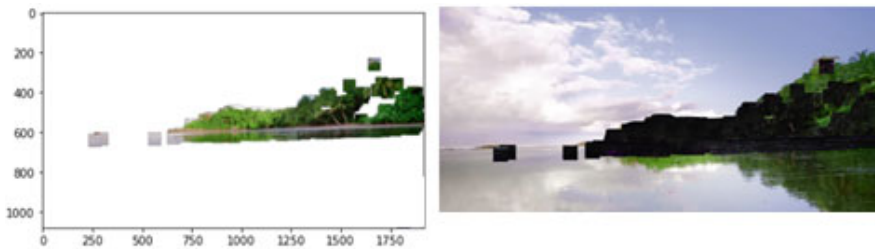


Рис. 12. Виділення та видалення областей схожих із областями з попереднього ключового кадру

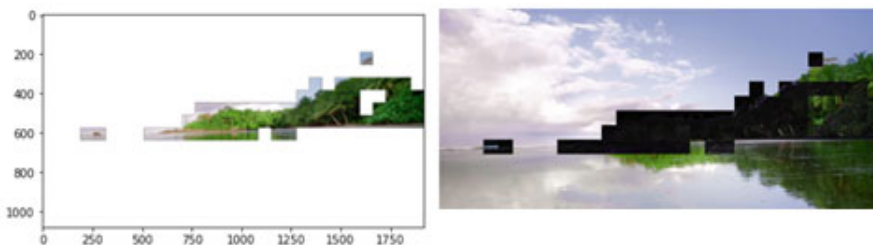


Рис. 13. Виділення та видалення областей схожих із областями з попереднього ключового кадру з вирівнюванням по сітці 8x8

розмір різниць 7.5KB. Разом сумарний розмір $7.5 \text{ KB} + 105 \text{ KB} = 112.5 \text{ KB}$ проти вихідних 159.1 KB. Подивимося на вихідне та декодоване після нашого стиснення зображення відповідно (рис. 14).

Отже, розглянемо загальну схему кодування та декодування за допомогою наведеного вище алгоритму. Кодування:

1. Зчитуємо чергове зображення.
2. Знаходимо ключові точки за допомогою алгоритму FAST.
3. Знаходимо дескриптори ключових точок за допомогою алгоритму HOG.
4. Знаходимо всі відповідності між дескрипторами даного зображення та попередніми зображеннями.
5. Виділяємо до найбільш відповідних відповідностей.
6. Для кожної ключової точки, для якої знайшлася відповідність, знаходимо найближчу точку з сітки align x align і зсовуємо розглянуту ключову точку до знайденої, зсовуючи відповідно і точку, і відповідності.
7. Проходимо циклом по всіх блоках align x align зображення та виконуємо наступне.
8. Якщо даному блоку знайшлася відповідність на попередніх зображеннях, зберігаємо в масив блоків-різниць модуль різниці між блоком, що розглядається, і йому відповідним. Також окремо зберігаємо у масив знаків – знаки різниць. Це робиться через те, що алгоритми стиснення зображень працюють з позитивними числами, тому знак різниці переважно зберігати і стискати окремо.
9. Якщо даному блоку не знайшлося відповідності, зберігаємо до масиву блоків-вихідників.
10. Отримані масиви блоків-вихідників і блоків-різниць зберігаємо відповідно у два зображення, причому блоки-різниці зберігаємо в низькій якості.
11. Отримані знаки та словник відповідностей зберігаємо в окремий файл з lossless стисненням.

Декодування відбувається аналогічно у зворотному порядку.

Зображення, які погано стискаються звичайним алгоритмом стиснення, тобто зображення, у яких високий коефіцієнт ентропії, стискаються розробленим алгоритмом. Проте алгоритм не справляється із зображеннями, в яких немає великих подібних областей. Таким чином, він може бути корисний у випадках, коли маємо справу із зображеннями різних розмірів, в яких спостерігаються схожі фрагменти, або із зображеннями однакових розмірів, в яких спостерігаються схожі фрагменти, наприклад, відео з малим FPS.

Висновки. На основі принципів стиснення даних з втратами та без втрат було сформовано концепцію універсального алгоритму стиснення даних без втрат. Було проведено дослідження в області стиснення зображень, кадрів відео,

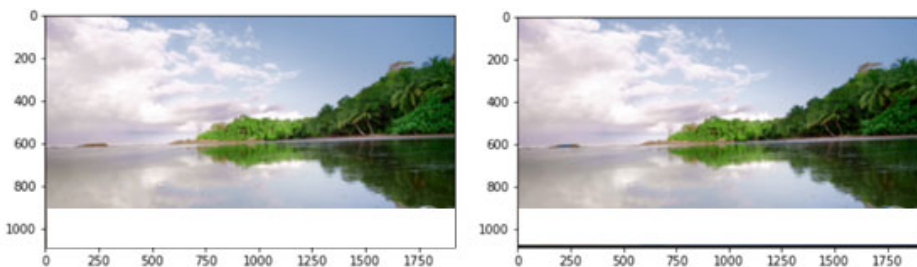


Рис. 14. Зліва – вихідне зображення, праворуч – збережене у новому форматі

в основних підходах до пошуку оптичного потоку, компенсації руху відео, підходах до завдання розпізнавання об'єктів. На підставі отриманих знань, було проведено ряд експериментів націлених на пошук найбільш відповідного методу для пошуку подібних областей високої ентропії на кількох зображеннях без поворотів та зміни розмірів.

Після цього був розроблений алгоритм стискання послідовності подібних зображень, що оптимізує зберігання областей високої ентропії у зображеннях, тим самим скорочуючи розмір підсумкового зображення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. Москва : Техносфера, 2005.
2. Стискання на основі передбачення значень пікселей. [Електронний ресурс]. https://www.csd.uwo.ca/~melsakka/publications/journals/pdfs/2007_jvcir_Nathan_ael.pdf
3. Стискання на базі передбачення збігу значень довколишніх в двумірному сенсі пікселей зображення. [Електронний ресурс]. <https://naun.org/main/NAUN/computers/17-679.pdf>
4. Вейвлет перетворення для стискання зображень. [Електронний ресурс]. https://www.researchgate.net/publication/266018963_Wavelet_image_compression
5. Стандарт JPEG. [Електронний ресурс]. <https://web.stanford.edu/class/ee398a/handouts/lectures/08-JPEG.pdf>.
6. Гістограми орієнтованих градієнтів для виявлення людини [Електронний ресурс]. <http://lear.inrialpes.fr/people/triggs/pubs/Dalal-cvpr05.pdf>
7. Зіставлення зображень за допомогою SIFT, SURF, BRIEF і ORB: порівняння продуктивності для спотворених зображень [Електронний ресурс]. <https://arxiv.org/pdf/1710.02726.pdf>
8. FFD: швидкий детектор функцій [Електронний ресурс]. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9292438>
9. Основи Brute-Force Matcher [Електронний ресурс]. http://man.hubwiz.com/docset/OpenCV.docset/Contents/Resources/Documents/dc/dc3/tutorial_py_matcher.html

REFERENCES:

1. R. Vuds (2005) Tsifrovaya obrabotka izobrazheniy [Digital Image Processing]. Moscow: Tekhnosfera.
2. Compression based on pixel value prediction. Retrieved from: https://www.csd.uwo.ca/~melsakka/publications/journals/pdfs/2007_jvcir_Nathan_ael.pdf
3. Dictionary Based Compression for Images. Retrieved from: <https://naun.org/main/NAUN/computers/17-679.pdf>
4. Wavelet transform for image compression. Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/266018963_Wavelet_image_compression
5. JPEG standard. Retrieved from: <https://web.stanford.edu/class/ee398a/handouts/lectures/08-JPEG.pdf>.
6. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection. Retrieved from: <http://lear.inrialpes.fr/people/triggs/pubs/Dalal-cvpr05.pdf>
7. Image Matching Using SIFT, SURF, BRIEF and ORB: Performance Comparison for Distorted Images. Retrieved from: <https://arxiv.org/pdf/1710.02726.pdf>
8. FFD: Fast Feature Detector. Retrieved from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9292438>
9. Basics of Brute-Force Matcher. Retrieved from: http://man.hubwiz.com/docset/OpenCV.docset/Contents/Resources/Documents/dc/dc3/tutorial_py_matcher.html

УДК 004.9

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.5>

МЕРЕЖЕВЕ ПЛАНУВАННЯ В УПРАВЛІННІ ІТ-ПРОЕКТАМИ

Родащук Г. Ю. – кандидат економічних наук,
старший викладач кафедри інформаційних технологій
Уманського національного університету садівництва
ORCID ID: 0000-0002-0336-3435

Концеба С. М. – кандидат економічних наук,
доцент кафедри інформаційних технологій
Уманського національного університету садівництва
ORCID ID: 0000-0003-4161-5581

Ліщук Р. І. – кандидат технічних наук,
завідувач кафедри інформаційних технологій
Уманського національного університету садівництва
ORCID ID: 0000-0002-2051-5365

Скуртол С. Д. – кандидат економічних наук,
доцент кафедри інформаційних технологій
Уманського національного університету садівництва
ORCID ID: 0000-0003-4517-2466

На даний час не всі ІТ-компанії, особливо невеликі, приділяють достатньо уваги управлінню ІТ-проектами в своїй діяльності. В результаті збитки ІТ-індустрії, штрафи за провалені проекти тощо. Адже, для досягнення стабільних та якісних результатів у будь-якій сфері бізнесу важливо вміло поєднувати та координувати весь процес. При цьому потрібно пам'ятати, що кожен проект є унікальним. Саме від умінь реалізувати ІТ-проект в компанії залежить успіх всього підприємства. В зв'язку з цим, управління проектами стає актуальним і важливим питанням для менеджерів будь-якої ланки на підприємстві. Таким чином, новою тенденцією в регулюванні роботи ІТ-компаній сьогодні є проектний менеджмент, який допомагає швидко і ефективно досягати поставлених цілей. З огляду на це, необхідним є обґрунтування застосування мережевого планування як одного з методів управління ІТ-проектами. Були розглянуті останні публікації у відкритому доступі, що стосуються мережевого планування в управлінні ІТ-проектами. Сьогодні на ринку інформаційних технологій існує велика кількість комп'ютерних програм, як вітчизняних, так і зарубіжних, які допомагають ефективніше управляти проектами. Кожна з яких має свої переваги і недоліки. Основна мета таких програм – зробити процес управління проектом простішим, швидшим і зрозумілішим для всіх членів команди. Поряд з цим, ряд питань науково-методичного характеру, пов'язаних з питанням мережевого планування за допомогою табличного процесора MS Excel не отримали дотепер широкого застосування. Враховуючи вищесказане, головною метою даної статті є використання потужного інструменту для візуалізації та аналізу даних – табличного процесора MS Excel при вивченні питання мережевого планування в управлінні ІТ-проектами, зокрема в розрахунку часових параметрів подій та визначенні резервів часу виконання робіт.

Ключові слова: оптимізація мережевих моделей, теорія графів, сітьовий графік, критичний шлях, діаграма Ганта.

Rodashchuk H. Yu., Kontseba S. M., Lishchuk R. I., Skurtol S. D. Network planning in IT project management

Today, the scale and complexity of IT projects are growing, which in turn requires improved management of these projects in order to timely and fully implement them. Many companies

do not use IT project management, do not have the described processes, and cannot control or change the status of the project without interaction among the project participants in order to solve emerging problems jointly. As a result, the IT industry has lost hundreds of billions of dollars, fines for failed projects, and so on.

Recent open access publications related to network planning in IT project management were reviewed. Modern projects are often rather complex and include hundreds and thousands of works performed by various specialists and contractors; in these cases, the management of works is complicated by the novelty of development, the difficulty of accurately determining the terms and costs of resources at one stage or another. Therefore, highly effective tools for solving these problems are network methods and models. Network planning has a number of advantages, namely it provides clearness of technological sequence of works, allows to make up operational and current plans, as well as predict complex processes and identify hidden resources of time and material means during production processes. Today, there is a large number of software tools on the market of software products that help to manage projects more effectively. Each of them has its advantages and disadvantages. However, a number of scientific and methodological issues related to the problem of network planning using MS Excel spreadsheet have not yet been widely used. Considering the above, it is necessary to justify the use of network planning as one of the methods of IT project management.

The main aim of this article is to use a powerful tool for data visualization and analysis such as MS Excel spreadsheet in studying the issue of network planning in the management of IT projects, in particular in the calculation of time parameters and determining time reserves of work performance.

Key words: *the optimization of network model, graph theory, network graph, critical path, Gantt chart.*

Постановка проблеми. На сьогоднішній день масштаби і складність ІТ-проектів зростають, що в свою чергу вимагає вдосконалення управління даними проектами, щоб своєчасно реалізувати їх. Адже багато ІТ-проектів можуть зазнавати змін в процесі їх реалізації, тому важливо використовувати гнучкий підхід і адаптуватися до нових даних. У деяких випадках є ймовірність технологічних змін, і слід готуватися до того, що прийдеться почати все спочатку. Таким чином, в сучасних умовах, якщо не брати до уваги можливі зміни заздалегідь, існує ризик зсунути терміни початку реалізації проекту, а це негативно вплине на кінцевий результат. У таких ситуаціях планування і підготовка стають вирішальними завданнями, поряд з управлінням учасниками проекту, вибором технологічного рішення, формуванням і використанням бюджету тощо. Управління ІТ-проектами направлено на те, щоб успішно завершити розпочатий проект. З огляду на це, необхідним є обґрунтування застосування мережевого планування як одного з методів управління ІТ-проектами.

Багато компаній практично не застосовують проектний менеджмент у своїй діяльності, не мають описаних процесів, не можуть контролювати і змінювати статус проекту, не мають взаємодії з учасниками проекту для спільного вирішення проблем, що виникають. З усіма цими проблемами стикаються керівники ІТ-проектів на шляху їх планування та реалізації.

У 1995 р компанія The Standish Group опублікувала перші підсумки дослідження CHAOS Report, присвяченого впровадженню ІТ-проектів по всьому світу. Результати 20-річних спостережень за ринком успішності ІТ-проектів показують, що частка успішних ІТ-проектів в середньому становить близько 34%. Тобто неуспішними або проблемними є 66% впроваджень, з них близько 20% ІТ-проектів виявилися неуспішними з тих чи інших причин і були зупинені, так і не досягнувши ніяких цілей. А близько 46% ІТ-проектів виявилися проблемними, оскільки зіткнулися під час розробки або впровадження з деякими проблемами, які позначилися на якості, бюджеті і тривалості проекту, що вплинуло на виконання запланованих

цілей і призвело до небажаних результатів [1]. В результаті збитки ІТ-індустрії, штрафи за провалені проекти тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Особливості мережевого планування в управлінні ІТ-проектами висвітлено в роботах таких дослідників, як О. В. Березін та М. Г. Безпарточний [2], О. В. Єгорченков, Н. Ю. Єгорченкова та Є. Ю. Катаєва [3], А. В. Катренко [4], Л. В. Нечволода та К. В. Пилипенко [5], Т. Г. Фесенко [6].

Науковий внесок в дослідженні поставленої проблеми значний, але ряд питань науково-методичного характеру, пов'язаних з питанням мережевого планування, зокрема розрахунок часових параметрів подій, визначення резервів часу виконання робіт за допомогою табличного процесора MS Excel не отримали дотепер широкого застосування, що визначило вибір теми дослідження.

Метою роботи є використання табличного процесора MS Excel при вивченні питання мережевого планування в управлінні ІТ-проектами, зокрема в розрахунку часових параметрів подій та визначенні резервів часу виконання робіт.

Виклад основного матеріалу. Теоретичною і методологічною основою дослідження є системний підхід до вивчення й аналізу процесів мережевого планування в управлінні ІТ-проектами. ІТ-проект – це проект, в рамки якого входять роботи, пов'язані з інформаційними технологіями [5, 8, 9, 10]. Тому інформаційні технології відіграють все більш важливу роль в управлінні ІТ-проектами. Суть проекту може полягати в розробці нової інформаційної системи або у впровадженні вже існуючої системи в компанії [9–12]. Сучасні ІТ-проекти нерідко дуже складні і включають в себе сотні і тисячі робіт, які виконують різні фахівці і підрядники, в цих випадках управління роботами ускладнюється новизною розробки, труднощами точного визначення термінів і витрат ресурсів на тому чи іншому етапі. Тому високоефективними інструментами для вирішення даних завдань є мережеві методи і моделі.

Сьогодні на ринку програмних продуктів існує велика кількість програмних засобів, які допомагають ефективніше управляти проектами [9, 11–13]. Кожен з них має свої переваги і недоліки. На нашу думку для вивчення теоретичних аспектів мережевого планування, зокрема вивчення правил побудови сітьової моделі, діаграми Ганта, визначення часових параметрів подій і резервів часу виконання робіт можна скористатися потужним інструментом для візуалізації та аналізу даних – табличним процесором MS Excel. Таким чином, розглянемо суть мережевого планування за допомогою даного програмного засобу.

Незважаючи на те, що вперше мережеве планування і управління було застосовано наприкінці 50-х років минулого століття в США і отримало свою первинну назву методу критичного шляху, воно зберігає досі свою актуальність [1–5]. Мережеве планування (сіткове планування) являє собою метод управління, заснований на застосуванні математичного апарату теорії графів – для відображення і алгоритмізації комплексу взаємопов'язаних робіт, заходів або дій для досягнення чітко визначеної мети. Його основний інструмент – мережевий графік, який дозволяє: виявити перелік робіт даного проекту; наочно уявити порядок їх слідування; визначити тривалість кожної роботи і всього проекту в цілому; визначити критичні роботи проекту і відповідно його критичний шлях; визначити резерви часу по кожній роботі тощо. Таким чином, сучасні інструменти планування проектів ґрунтуються на мережевих моделях. Мережева модель – це план виконання деякого комплексу взаємопов'язаних робіт, заданого в формі мережі, графічне зображення якої називається мережевим графіком [2–5].

Математичний апарат мережевих моделей базується на теорії графів. Графом називається сукупність двох кінцевих множин: множини точок, які називаються

вершинами, і безлічі пар вершин, які називаються ребрами. Якщо розглянути пари вершин є впорядкованими, тобто на кожному ребрі задається напрямок, то граф називається орієнтованим, в іншому випадку – неорієнтованим. Послідовність неповторюваних ребр, що веде від деякої вершини до іншої, утворює шлях. Граф називається зв'язним, якщо для будь-яких двох його вершин існує шлях, їх з'єднує; в іншому випадку граф називається незв'язним. Найчастіше використовується два види графів: дерева та мережу. Дерево являє собою зв'язний граф без циклів, що має початкову вершину (корінь) і крайні вершини; шляху від початкової вершини до крайніх вершин називаються гілками. Мережа – це орієнтований скінченний зв'язний граф, що має початкову вершину (джерело) і кінцеву вершину (сток). Таким чином, мережева модель являє собою граф виду «мережа» [5].

У проектах мережеві графіки призначені для вирішення двох основних проблем: формування календарного графіка виконання робіт ІТ-проекту і прийняття ефективних рішень в процесі його реалізації. Побудова мережевої моделі починається з поділу проекту на чітко визначені роботи, для яких визначається тривалість. До основних параметрів мережевої моделі відноситься [2–5]:

1. робота – це певний процес, який призводить до досягнення певного результату, що вимагає витрат яких-небудь ресурсів і має протяжність у часі. Робота може бути: а) дійсною, тобто що вимагає витрат часу і ресурсів; б) фіктивною, тобто формально не вимагає витрат часу і ресурсів; в) очікування, тобто що вимагає тимчасових витрат, але не вимагає витрати ресурсів.

2. подія – це момент часу, коли завершуються одні роботи і починаються інші. Подія не має протяжності в часі.

Взаємозв'язок робіт і подій, необхідних для досягнення кінцевої мети проекту, зображується за допомогою сітьового графіка (сітьової моделі). Роботи зображуються стрілками, які з'єднують вершини, що зображують події. Початок і закінчення будь-якої роботи описуються парою подій, які називаються початковим і кінцевим подіями. Для зазначення конкретної роботи використовують код роботи (i, j) , що складається з номерів початкової (i -ої) і кінцевої (j -ої) подій. Подія вважається настала тільки тоді, коли закінчаться всі вхідні до неї роботи [2–5].

Тому роботи, що виходять з деякої події, не можуть розпочатися, поки не будуть завершені всі роботи, що входять в цю подію. Подія, що не має попередніх їй подій, називається вихідною. Подія, яка не має наступних подій і відображає кінцеву мету проекту, називається завершальною.

При побудові сітьового графіка необхідно виконувати наступні правила [2–5]: для дійсних робіт використовуються суцільні стрілки, а для фіктивних – пунктирні; кожна операція повинна бути представлена тільки однією стрілкою; між одними і тими ж подіями не повинно бути паралельних робіт (робіт з однаковими кодами); слід уникати перетину стрілок; не повинно бути стрілок, спрямованих справа наліво; не повинно бути «вісячих» подій (що не мають попередніх подій), крім вихідної; не повинно бути тупикових подій (що не мають подальших подій), крім завершальної; не повинно бути циклів [4].

Побудову сітьового графіка починають з виявлення вихідних робіт моделі. Це деяка робота (кілька робіт), яка може виконуватися, без вичікування закінчення якихось інших робіт. Її початковою подією є вихідна подія. Завершальною роботою є та, після якої не повинні виконуватися ніякі інші роботи. Якщо кілька робіт мають загальну початкову і загальну кінцеву події, то вони є паралельними, мають однаковий код, що неприпустимо. Для усунення паралельності робіт вводять

додаткову подію і фіктивну роботу таким чином, щоб кінцеві події робіт розрізнялися [3–5].

Календарне планування передбачає визначення моментів початку і закінчення кожної роботи і інших тимчасових характеристик сітьового графіка. Це дозволяє проаналізувати сітьову модель, виявити критичні роботи, що безпосередньо визначають термін виконання проекту, провести оптимізацію використання ресурсів (часових, фінансових, виконавців). Розрахунок сітьової моделі починають з часових параметрів подій, які вписують безпосередньо в вершини сітьового графіка [2, 5].

Шлях – це послідовність робіт в сітьовому графіку, в якій кінцева подія однієї роботи збігається з початковою подією наступної за нею роботи. Повний шлях – це шлях від вихідної до завершальної події. Критичний шлях – максимальний за тривалістю повний шлях. Роботи, що лежать на критичному шляху, називають критичними. Критичні роботи мають нульові вільні і повні резерви часу [2, 3, 5].

Для проведення аналізу часових параметрів сітьової моделі використовують діаграму (графік) Ганта, яка відображає взаємозв'язок виконуваних робіт у часі [3, 4, 6]. По вертикальній осі відкладаються коди робіт, по горизонтальній осі – відрізки, що відповідають тривалості робіт (ранній початок і раннє закінчення робіт). Діаграму Ганта можна побудувати на основі даних про тривалість робіт. Основне правило складання: робота (i, j) , може виконуватися тільки після того, як будуть виконані всі попередні їй роботи (k, i) [2, 3, 5]. При пошуку критичних шляхів на сітьовому графіку використовуються наступні умови його критичності [4, 7]: необхідна умова – нульові резерви подій, що лежать на критичному шляху; достатня умова – нульові повні резерви робіт, що лежать на критичному шляху.

На наступному кроці розглянемо алгоритм побудови та застосування мережевого графіка. Щоб приступити до мережевого планування (моделювання) того чи іншого виробничого процесу необхідно мати перелік і тривалість виконання операцій, що відповідають даному виробничому процесу. Мережеве планування супроводжується побудовою робочих таблиць і мережевих графіків [2–5]. Таким чином, спочатку потрібно визначити перелік операцій (робіт), з яких складається ІТ-проект, тобто необхідно вирішити, наскільки дрібні роботи потрібно включити в графік. Результати можна записати в таблицю (табл. 1).

Мережеве планування та управління (СПУ) передбачає два варіанти побудови мережевої діаграми проекту: «ребро-робота» і «вершина-робота». При першому варіанті відображення діаграми реалізуються метод критичного шляху (CPM) і метод PERT [1, 3, 4]. Метод має і іншу назву – «вершина-подія», що, по суті відображає іншу сторону єдиного змісту. В англomовній інтерпретації даний варіант

Таблиця 1

Перелік операцій (робіт), з яких складається ІТ-проект

Поточна робота	Попередня робота	Тривалість роботи
A. Установка комп'ютерів	–	1
B. Протяжка мережі	–	2
C. Налаштування мережі	A, B	3
D. Установка програмного забезпечення	C	1
E. Розробка регламенту використання ПЗ	–	4
F. Навчання користувачів	D, E	3

побудови мережевої моделі по аббревіатурі називають АОА (Activity on Arrow Diagramming). Домінуюче місце в методі займають події проекту.

У мережевому графіку типу «вершина-подія», званому також «мережевою моделлю» (Arrow Diagramming Method, ADM), роботи зображують стрілками, а кожна стрілка повинна починатися і завершуватися подією, яке зображують кружком. Щоб побачити взаємозв'язок, вводять фіктивні. У мережевому графіку типу «вершина-робота», який називають також «діаграма передування» (Precedence Diagramming Method, PDM), роботи представлені «вершинами», зазвичай прямокутниками [1, 3, 4].

Тепер ми можемо побудувати сам мережевий графік проекту, який відображає послідовність виконання робіт, за вищевказаними правилами. Початковими роботами є А, В, Е, так як їм не передують ніякі роботи. Вони позначаються трьома стрілками, що виходять з початкової події 1. Далі наноситься робота С. Вона повинна починатися після закінчення виконання робіт А та В, які є паралельними (обидві починаються з події 1 і передують роботі С). Для їх розпаралелювання вводиться фіктивна робота І. Фіктивна робота зображується пунктирною лінією і її тривалість дорівнює нулю. Графічно робота С зображується стрілкою, що виходить з події 3, яка позначає завершення робіт А та В. Аналогічно наносяться інші роботи. Наш мережевий графік буде виглядати наступним чином (рис. 1).

На наступному етапі проведемо розрахунок мережевого графіка. Для цього потрібно ввести вхідні дані (рис. 2) та за допомогою формул і функцій розрахувати часові параметри подій.

Спочатку ми йдемо зліва направо і розраховуємо ранні терміни робіт (ранній початок і раннє закінчення), а потім справа наліво, отримуючи пізні терміни робіт (пізній початок і пізніше закінчення). Ранні терміни роботи – це раніше яких вона не може розпочатися (завершитися), пізні – крайні терміни її початку (завершення) [2, 3, 5]. Таким чином, згідно з правилом, визначення ранніх строків проводиться від вихідної події до завершальної [2, 3, 5]. Для вихідної події 1, очевидно, $T_p(1) = 0$. Для другої події $T_p(2) = T_p(1) + t(1,2) = 0 + 1 = 1$. Третій події передують дві події (перша і друга) тому $t_p(3) = \max [t_p(1) + t(1,3); t_p(2) + t(2,3)] = \max [0 + 2; 1 + 0] = \max [2, 1] = 2$. Аналогічно, визначаються ранні терміни звершення інших подій.

При визначенні пізніх термінів звершення подій розрахунок ведеться справа наліво (від завершальної до вихідної події) [2, 3, 5]. Для завершальної події пізній

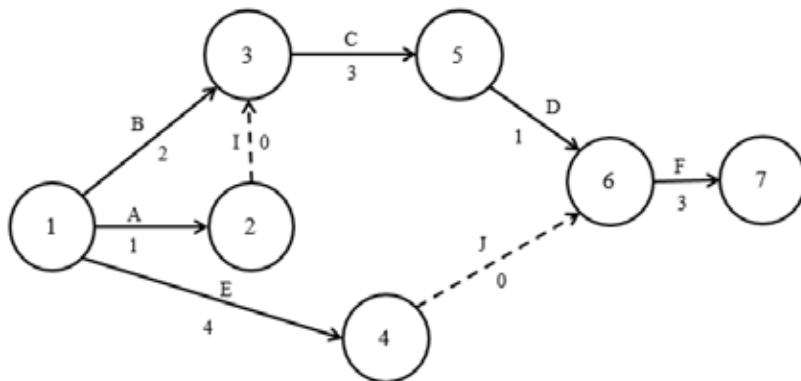


Рис. 1. Сітьова модель

	A	B	C	D
1	Роботи			
2				
3	Робота	Початок роботи (подія i)	Кінець роботи (подія j)	Тривалість роботи $t(i, j)$
4	A	1	2	1
5	B	1	3	2
6	C	3	5	3
7	D	5	6	1
8	E	1	4	4
9	F	6	7	3
10	I	2	3	0
11	J	4	6	0

Рис. 2. Вхідні дані

термін звершення події збігається з раннім терміном $t_p(7) = t_n(7) = 9$. Для шостої події пізній термін звершення дорівнюватиме $t_n(6) = t_p(7) - t(6,7) = 9 - 3 = 6$. Аналогічно визначаються пізні терміни звершення з п'ятої по другу події. Для першої події існують три наступні події (друга, третя і четверта) тому $t_n(1) = \min [t_n(2) - t(1,2); t_n(3) - t(1,3); t_n(4) - t(1,4)] = \min [2-1; 2-2; 6-4] = \min [1; 0; 2] = 0$. Потім розраховуються резерви $R(i)$ подій як різниця між пізнім і раннім терміном звершення i -ої події [2, 3, 5]. Наприклад, для четвертої події $R(4) = t_n(4) - t_p(4) = 6 - 4 = 2$ дня. Формули (а) та результат (б) обрахунків наведено на рис. 3.

Тепер можна побудувати сітьову модель з розрахованими часовими параметрами подій (рис. 4).

Мережевий графік лежить в основі методу критичного шляху – один з головних методів при проектуванні мереж, тому далі визначимо критичний шлях моделі [1–4]. Роботи, у яких ранні й пізні терміни збігаються, називаються критичними роботами проекту, а в сукупності вони утворюють його критичний шлях (КШ). Це найдовша послідовність робіт IT-проекту, яка визначає його тривалість. При управлінні IT-проектами дуже важливо знати і контролювати критичний шлях проекту, щоб не затягнути його реалізацію. Спочатку для цього сформулюємо математичну модель задачі (табл. 2) [14].

	A	B	C	D
14	Визначення часових параметрів подій			
15				
16	Подія	Ранній термін настання події i	Пізній термін настання події i	Резерв події i
17	i	$T_p(i)$	$T_n(i)$	$R(i)$
18	1	0	=MIN(C19-D4;C20-D5;C21-D8)	=C18-B18
19	2	=B18+D4	=C20-D10	=C19-B19
20	3	=MAX(B18+D5;B19+D10)	=C22-D6	=C20-B20
21	4	=B18+D8	=C23-D11	=C21-B21
22	5	=B20+D6	=C23-D7	=C22-B22
23	6	=MAX(B22+D7;B21+D11)	=C24-D9	=C23-B23
24	7	=B23+D9	=B24	=C24-B24

а) формули

	A	B	C	D
14	Визначення часових параметрів подій			
15				
16	Подія	Ранній термін настання події i	Пізній термін настання події i	Резерв події i
17	i	$T_p(i)$	$T_n(i)$	$R(i)$
18	1	0	0	0
19	2	1	2	1
20	3	2	2	0
21	4	4	6	2
22	5	5	5	0
23	6	6	6	0
24	7	9	9	0

б) результат

Рис. 3. Визначення часових параметрів подій

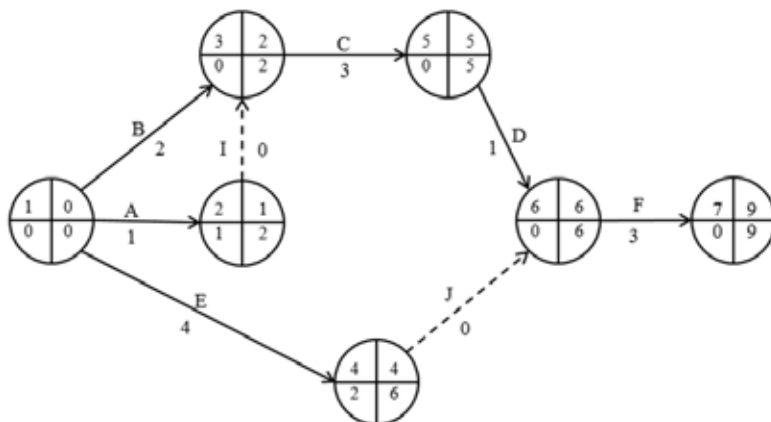


Рис. 4. Сітьова модель з розрахованими часовими параметрами подій

Для розрахунків використаємо широко розповсюджену систему, яка не потребує навиків програмування – MS Excel. Вона має надбудову «Розв'язувач», яка дозволяє знаходити розв'язок задачі лінійного програмування. Для цього слід сформулювати математичну модель – створити таблицю «Події» та у таблиці «Роботи» додати стовпчик «Дуга». У якості початкового наближення для вектора невідомих (Дуга) в таблиці «Роботи» обираємо значення, що дорівнюють нулю (рис. 5) [14].

В таблиці «Події» потрібно обрахувати стовпчик «Вхідні». Для цього встановити курсор у комірку Н4 (перша комірка стовпчика «Вхідні»). Використовуючи Майстер функцій (fx), обчислити функцію SUMIF (рис. 6), де у полі «Діапазон» ввести діапазон комірок \$C\$4:\$C\$11 (значення колонки «Кінець роботи») і натиснути клавішу F4, щоб зробити цю адресу абсолютною, у полі «Критерій» – адресу комірки, що визначає, які рядки попереднього діапазону вибираються для додавання – G4, а у полі «Діапазон_для_суми» – відповідно \$E\$4:\$E\$11 (значення колонки «Дуга») – цю адресу зробити також абсолютною і натиснути клавішу OK. Продублювати за допомогою мітчика заповнення цю формулу у комірки Н5:Н10 (згідно з 2-ї по 7-му подію).

В таблиці «Події» обрахувати колонку «Вихідні» за допомогою функції SUMIF, де у полі «Діапазон» ввести діапазон комірок \$B\$4:\$B\$11 (значення колонки

Таблиця 2

Критерії оптимальності задачі знаходження критичного шляху

Знайти вектор $X = (x_1, \dots, x_l)$, де елемент $x_i=1$, якщо i -та дуга належить найдовшому шляху, і $x_i=0$ у протилежному випадку, i – порядковий номер дуги, такий, щоб:	
загальна довжина шляху:	$D = \sum d_i x_i \rightarrow \max$
при обмеженнях:	
умова збереження балансу потоків для кожного i -го вузла:	$F_{\text{вих}}(x_i) - F_{\text{вх}}(x_i) = 0$;
умова для вузла-джерела:	$F_{\text{вих}}(x_i) - F_{\text{вх}}(x_i) = 1$;
умова для вузла-сток:	$F_{\text{вих}}(x_i) - F_{\text{вх}}(x_i) = -1$;
граничні умови:	всі $x_i \geq 0$.
де d_i – довжина i -ї дуги; $F_{\text{вих}}(x_i)$, $F_{\text{вх}}(x_i)$ – сума потоків на вході та виході кожного i -го вузла.	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Роботи						Події				
2											
3	Робота	Початок роботи	Кінець роботи	Тривалість роботи	Дуга		№ події	Вхідні	Вихідні	Вих-Вх	Обмеження
4	A	1	2	1	0		1				1
5	B	1	3	2	0		2				0
6	C	3	5	3	0		3				0
7	D	5	6	1	0		4				0
8	E	1	4	4	0		5				0
9	F	6	7	3	0		6				0
10	I	2	3	0	0		7				-1
11	J	4	6	0	0						
12											

Рис. 5. Матриця математичної моделі задачі

«Початок роботи»), інші поля заповнити аналогічно, як при обрахуванні даних в колонці «Вхідні». Продублювати за допомогою мітчика заповнення цю формулу у комірки J5:J12 з 2-ї по 7-му подію.

В таблиці «Події» у колонці «Вих-Вх» кожен елемент формуємо за формулою «Вихідні-Вхідні». В таблиці «Події» колонку «Обмеження» слід заповнити дотримуючись умови збереження балансу потоків для кожного вузла: для вузла-джерела – Вихід-Вхід = 1; для проміжних вузлів – Вихід-Вхід = 0; для вузла-стоку – Вихід-Вхід = -1; всі невідомі більше нуля (див. рис. 5).

Обчислити цільову функцію задачі. Для цього, наприклад, у комірку H13 введемо її назву (КШ), а в комірці I13 обчислити функцію SUMPRODUCT (рис. 7), де у полі Масив 1 ввести діапазон комірок колонки «Дуга», а у полі Масив 2 – відповідно колонки «Тривалість роботи» і натиснути клавішу ОК.

Підрахунок критичного шляху (КШ) зробимо за допомогою надбудови «Розв'язувач» [14]. Для цього встановити курсор у комірку I13 – комірка цільової функції. Вибрати команду: вставка «Дані» → група «Аналіз» → піктограма «Розв'язувач». У вікні «Параметри розв'язувача» заповнити поля так, як показано на рис. 8 а.

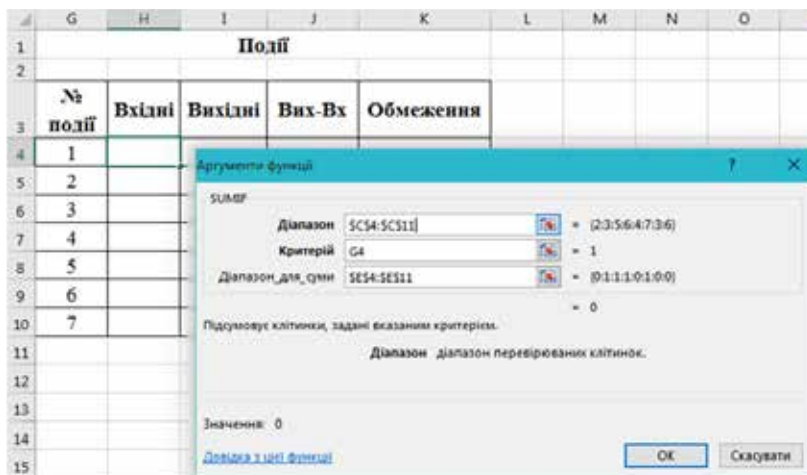


Рис. 6. Вікно функції SUMIF для обрахунку колонки «Вхідні» в таблиці «Події»

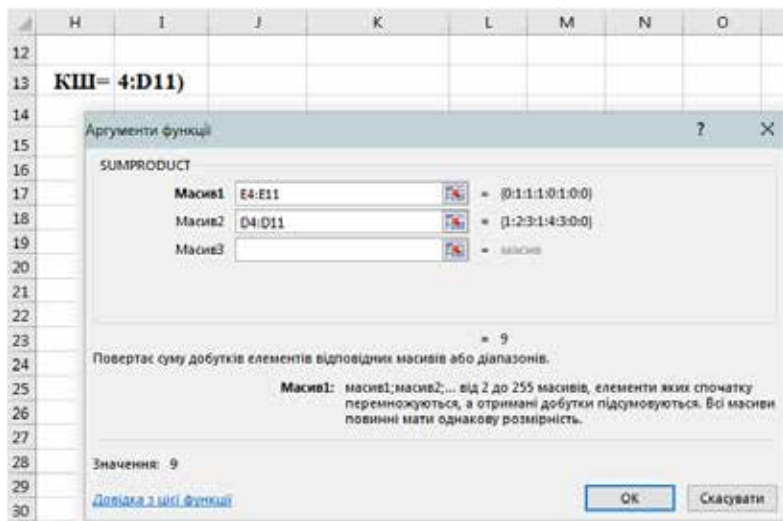
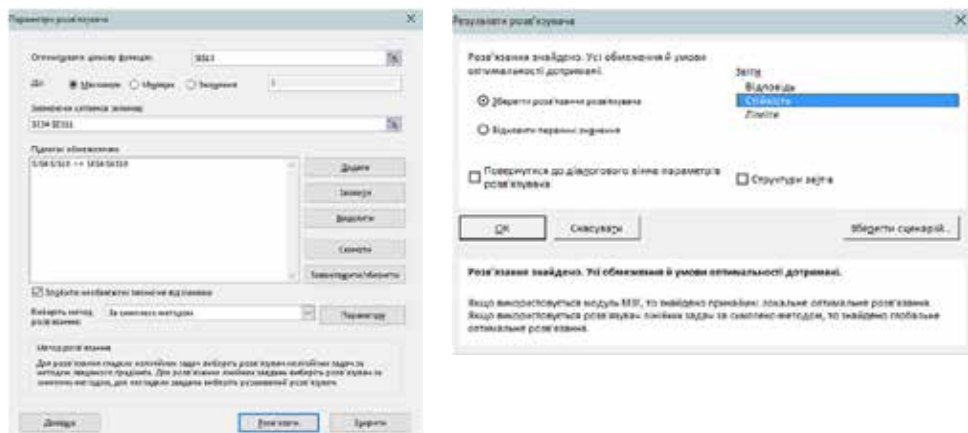


Рис. 7. Вікно функції SUMPRODUCT для визначення критичного шляху

Обмеження додавати за допомогою кнопки «Додати», потім натиснути кнопку «Розв'язати». В діалоговому вікні «Результати розв'язувача» (рис. 8 б) вибрати курсором в полі «Звіти» → «Стійкість» і натиснути клавішу ОК.

В результаті отримаємо (рис. 9) в комірках E4:E11 роботи, що входять до критичного шляху (роботи B, C, D і F), в комірці I13 – оптимальне значення цільової функції (КШ). Довжина критичного шляху дорівнює часу завершення останньої дев'ятої події: $t_{кр} = t_p(9) = 9$ (днів).

За результатами розрахунків отримали звіт – «Звіт про стійкість» (рис. 10), в якому нормовані вартості («Зменшена Вартість») некритичних робіт вказують на їхні резерви часу, тобто, показують, на скільки треба збільшити тривалість операції, щоб вона стала критичною.



а) Вікно надбудови «Розв'язувач»

б) Діалогове вікно «Результати розв'язувача»

Рис. 8. Визначення критичного шляху за допомогою надбудови «Розв'язувач»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Роботи						Події				
2											
3	Робота	Початок роботи	Кінець роботи	Тривалість роботи	Дуга		№ події	Вхідні	Вихідні	Вих-Вх	Обмеження
4	A	1	2	1	0		1	0	1	1	1
5	B	1	3	2	1		2	0	0	0	0
6	C	3	5	3	1		3	1	1	0	0
7	D	5	6	1	1		4	0	0	0	0
8	E	1	4	4	0		5	1	1	0	0
9	F	6	7	3	1		6	1	1	0	0
10	I	2	3	0	0		7	1	0	-1	-1
11	J	4	6	0	0						
12											
13							КШ= 9				

Рис. 9. Результати надбудови «Розв'язувач»

Тіньові ціни («Тінь-Ціна») для вузлів визначають часткові КШ від першої події до всіх інших подій, включаючи сьому подію. При цьому нормовані вартості («Зменшена Вартість») некритичних робіт, що отримані за допомогою надбудови «Розв'язувач» мають співпадати з повними резервами часу, що отримані при обрахунках, а тіньові ціни використовують для знаходження найбільш пізнього терміну закінчення робіт [14].

Щоб оптимізувати проект за термінами, потрібно скорочувати роботи, що лежать на критичному шляху. Решта робіт (некритичні) мають тимчасові резерви: вільні і повні. Вільні резерви показують на скільки можна затримати роботу, не затримуючи жодної роботи-послідовника, а повні – на скільки можна затримати роботу, затримавши роботи-послідовники, але при цьому завершити проект в термін [4, 5, 7].

	A	B	C	D	E	F	G	H
6	Клітинки змінних							
7	Остаточне Зменшена Цільова функція Припустиме Припустиме							
8	Клітинка	Назва	Значення	Вартість	Коефіцієнт	Збільшення	Зменшення	
9	\$E\$4	A Дуга	0	-1	1	1	1E+30	
10	\$E\$5	B Дуга	1	0	2	1E+30	1	
11	\$E\$6	C Дуга	1	0	3	1E+30	2	
12	\$E\$7	D Дуга	1	0	1	1E+30	2	
13	\$E\$8	E Дуга	0	-2	4	2	1E+30	
14	\$E\$9	F Дуга	1	0	3	1E+30	3	
15	\$E\$10	I Дуга	0	0	0	1	7	
16	\$E\$11	J Дуга	0	0	0	2	3	
17								
18	Обмеження							
19	Остаточне Тінь Обмеження Припустиме Припустиме							
20	Клітинка	Назва	Значення	Ціна	Права сторона	Збільшення	Зменшення	
21	\$J\$4	A Вих-Вх	1	9	1	1E+30	0	
22	\$J\$5	B Вих-Вх	0	7	0	1E+30	0	
23	\$J\$6	C Вих-Вх	0	7	0	1E+30	0	
24	\$J\$7	D Вих-Вх	0	3	0	1E+30	0	
25	\$J\$8	E Вих-Вх	0	4	0	1E+30	0	
26	\$J\$9	F Вих-Вх	0	3	0	1E+30	0	
27	\$J\$10	I Вих-Вх	-1	0	-1	1E+30	0	

Рис. 10. Результат – «Звіт про стійкість»

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
28	Визначення резервів часу виконання робіт											
29	Робота	Початок роботи	Кінець роботи	Тривалість роботи	Ранній термін початку роботи	Ранній термін закінчення роботи	Пізній термін закінчення роботи	Пізній термін початку роботи	Повний резерв роботи	Вільний резерв роботи	Критичність	
30		i	j	W_{ij}	$T_{pi}(i, j)$	$T_{pj}(j)$	$T_{pi}(i, j)$	$T_{pi}(i, j)$	$T_{pi}(i, j)$	$R_{ij}(i, j)$		
31		ФОРМУЛИ			$T_{pi}(i)$	$T_{pj}(j)$	$T_{pi}(i) + W_{ij}(i, j)$	$T_{pi}(j)$	$T_{pi}(j) - W_{ij}(i, j)$	$T_{pi}(j) - T_{pj}(j) - W_{ij}(i, j)$		
32	A	1	2	1	0	2	1	2	1	1	1	-
33	B	1	3	2	0	2	2	0	0	0	критична	
34	C	3	5	3	2	5	5	2	0	0	критична	
35	D	5	6	1	5	6	6	5	9	0	критична	
36	E	1	4	4	0	6	4	6	2	2	-	
37	F	6	7	3	6	9	9	6	0	0	критична	
38	I	2	3	0	1	2	1	2	1	1	-	
39	J	4	6	0	4	6	4	6	2	2	-	

Рис. 11. Визначення резервів часу виконання робіт

Таким чином, на наступному кроці визначимо вільні і повні резерви кожної роботи. Для цього за допомогою функції VLOOKUP, визначити ранній термін початку роботи – $T_{pi}(i, j)$ та пізній термін закінчення роботи – $T_{pj}(i, j)$. Всі інші показники визначити за формулами. Стовпчик «Критичність» заповнили за допомогою функції IF, в залежності від повного та вільного резервів робіт (рис. 11).

Наступним кроком планування зазвичай є побудова діаграми Ганта, яка, будучи по суті «надбудовою» над мережевим графіком, дає нам можливість наочно представляти календарний графік даного ІТ-проекту [3, 4, 6]. У розглянутому завданні робота з кодом (1-2) починається з нульової відмітки і, відповідно тривалість буде один день. Наступні роботи з кодом (1-3) і кодом (1-4) відкладаються також від нульової позначки. Аналогічно будуються всі інші роботи, що складають сітьову модель. У підсумку виходить діаграми Ганта сітьової моделі, представлена на рис. 12. Для наочності виділити критичні роботи червоним кольором, а ненульові вільні резерви робіт світло-сірим кольором.

Тепер слід нанести на сітьову модель з розрахованими часовими параметрами подій критичний шлях (рис. 13).

Висновки. Таким чином, такі роботи як протяжка мережі (B), налаштування мережі (C), установка програмного забезпечення (D) та навчання користувачів (F) є критичними і не мають резервів. Решта робіт мають тимчасові резерви: вільні і повні. Щоб оптимізувати проект за термінами, потрібно скорочувати роботи, що лежать на критичному шляху. Отже, застосування мережевого планування



Рис. 12. Діаграма Ганта сітьової моделі

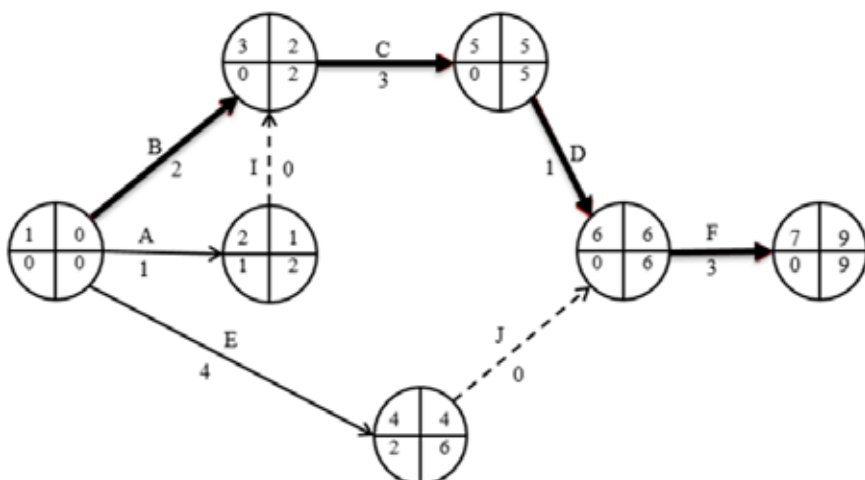


Рис. 13. Сітьова модель з розрахованими часовими параметрами подій і критичним шляхом

допомагає відповісти на такі питання: скільки часу потрібно для виконання всього проекту; коли повинні закінчуватися і починатися окремі роботи; які роботи є критичними і повинні виконуватися точно за графіком, щоб не зірвати терміни виконання проекту в цілому; на який термін можна відкласти виконання некритичних робіт, щоб це не вплинуло на терміни виконання проекту тощо. За допомогою табличного процесора MS Excel було розраховано часові параметрів подій, знайдено критичний шлях, визначено резерви часу виконання робіт. Все це дасть змогу оптимізувати управління даним ІТ-проектом.

Таким чином, мережеве планування має ряд переваг: забезпечує наочність технологічної послідовності робіт; дозволяє скласти оперативні та поточні плани, а також прогнозувати складні процеси; дозволяє виявити приховані ресурси часу і матеріальних засобів при виконанні виробничих процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Госр О. Д. Сучасний погляд на проблеми управління проектами. *Актуальні проблеми міжнародних відносин*. 2012. Вип. 111(2). С. 125–135. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apmv_2012_111\(2\)_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apmv_2012_111(2)_17) (дата звернення: 27.02.2023).
2. Березін О. В., Безпарточний М. Г. Управління проектами: навчальний посібник. Суми: Університетська книга, 2014. 272 с.
3. Єгорченков О. В., Єгорченкова Н. Ю., Катаєва Є. Ю. Азбука управління проектами. Планування: навчальний посібник. Київ: КНУ ім. Т. Шевченка, 2017. 117 с.
4. Катренко А. В. Управління ІТ-проектами. [Книга 1. Стандарти, моделі та методи управління проектами]: [підручник]. Львів: «Новий Світ-2000», 2013. 550 с.
5. Нечволода Л. В., Пилипенко К. В. Удосконалення календарного планування виконання ІТ-проекту. *Економічний вісник Донбасу*. 2018. № 1(51). С. 87–91.
6. Фесенко Т. Г. Управління проектами: теорія та практика виконання проектних дій: навчальний посібник. Харків: ХНАМГ, 2012. 181 с.
7. Огірко О., Крап-Спісак Н. Інформаційна технологія управління проектами. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Комп'ютерні науки та інформаційні технології*. 2016. № 843. С. 57–64. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPKNIT_2016_843_10 (дата звернення: 21.02.2023).

8. Юрчук Н. П. Система моніторингу в управлінні IT-проектами. *Ефективна економіка*. 2018. № 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6248> (дата звернення: 25.02.2023).
9. Башинська І. О., Хрістова А. В. Використання сучасних інформаційних технологій управління проектами. *Економічний журнал Одеського політехнічного університету*. 2017. № 1. С. 16–22. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ejoru_2017_1_6 (дата звернення: 25.02.2023).
10. Чайковська М. П. Комплексний підхід моделювання в управлінні IT-проектами. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»*. 2014. № 11. С. 590–596. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/evntukri_2014_11_90 (дата звернення: 20.02.2023).
11. Бойко Н. І. Багатовимірне подання даних для управління IT-проектами. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Інформаційні системи та мережі*. 2015. № 814. С. 387–394. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPKNIT_2016_843_10 (дата звернення: 22.02.2023).
12. Зеленська М. І., Голуб І. Г. Особливості розробки інформаційних систем управління IT-проектами із застосуванням методів економіко-математичного моделювання. *Інвестиції: практика та досвід*. 2014. № 4. С. 139–144.
13. Ткаченко О., Ткаченко К. Огляд сучасних систем управління IT-проектами. *Цифрова платформа: інформаційні технології в соціокультурній сфері*. 2019. Т. 2. № 1. С. 27–40.
14. Кузьмичов А. І., Медведєв М. Г. Математичне програмування в Excel: навчальний посібник. Київ: Вид-во Європ. Ун-ту, 2005. 320 с.

REFERENCES:

1. Hoier, O. D. (2012). Suchasnyi pohliad na problemy upravlinnia proektamy [A modern glimpse of project management problems]. *Aktualni problemy mizhnarodnykh vidnosyn – Actual problems of international relations*, 111(2). Retrieved from [http://nbuv.gov.ua/UJRN/apmv_2012_111\(2\)_17](http://nbuv.gov.ua/UJRN/apmv_2012_111(2)_17) [in Ukrainian].
2. Berezin, O. V., & Bezpartochnyi, M. H. (2014). *Upravlinnia proektamy* [Project management]. Sumy: Universytetska knyha [in Ukrainian].
3. Yehorchenkov, O.V., Yehorchenkova, N.Yu., & Kataieva, Ye. Yu. (2017). *Azbuka upravlinnia proektamy. Planuvannia* [ABC of project management. Planning]. Kyiv: KNU im. T. Shevchenka [in Ukrainian].
4. Katrenko, A. B. (2013). *Upravlinnia IT-proektamy. [IT project management]. (Book 1. Standards, models and methods of project management)*. Lviv: «Novyi Svit-2000» [in Ukrainian].
5. Nechvoloda, L. V., & Pylypenko, K. V. (2018). Udoskonalennia kalendarnoho planuvannia vykonannia IT-proektu [Improvement of calendar planning for the IT projects]. *Ekonomichnyi visnyk Donbasu – Economic Herald of the Donbass*, 1(51), 87–91 [in Ukrainian].
6. Fesenko, T. H. (2012). *Upravlinnia proektamy: teoriia ta praktyka vykonannia proektnykh dii* [Project management: theory and practice of project action performance]. Kharkiv: KhNAMH [in Ukrainian].
7. Ohirko, O., & Krap-Spisak, N. (2016). Informatsiina tekhnolohiia upravlinnia proektamy [Information technology of project management]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politehnika»*. *Kompiuterni nauky ta informatsiini tekhnolohii – The Bulletin of Lviv Polytechnic National University titled “Computer sciences and information technologies”*, 843. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPKNIT_2016_843_10 [in Ukrainian].
8. Yurchuk, N. P. (2018). Systema monitorynhu v upravlinni IT-proektamy [Monitoring system in IT project management]. *Efektivna ekonomika – Effective economy*, 4. Retrieved from <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6248> [in Ukrainian].

9. Bashynska, I. O., & Khristova, A. V. (2017). Vykorystannia suchasnykh informatsiinykh tekhnolohii upravlinnia proektamy [Usage of modern information technologies for project management]. *Ekonomichnyi zhurnal Odeskoho politekhnichnoho universytetu – Economic journal Odessa polytechnic university, 1*. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/ejopu_2017_1_6 [in Ukrainian].
10. Chaikovska, M. P. (2014). Kompleksnyi pidkhid modeliuvannia v upravlinni IT-proektamy [Comprehensive approach to modelling in IT project management]. *Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskyi politekhnichnyi instytut» – Economic bulletin of National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», 11*. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/evntukpi_2014_11_90 [in Ukrainian].
11. Boiko, N. I. (2015). Bahatovymirne podannia danykh dlia upravlinnia IT-proektamy [Multi-measurement presentation for IT project management]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu «Lvivska politekhnika». Informatsiini systemy ta merezhi – The Journal of Lviv Polytechnic National University «Information Systems and Networks», 814*. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/VNULPKNIT_2016_843_10 [in Ukrainian].
12. Zelenska, M. I., & Holub, I. H. (2014). Osoblyvosti rozrobky informatsiinykh system upravlinnia IT-proektamy iz zastosuvanniam metodiv ekonomiko-matematychnoho modeliuvannia [Peculiarities of the development of information management systems for IT projects with methods of economic and mathematical modelling]. *Investytsii: praktyka ta dosvid – Investments: practice and experience, 4*, 139–144 [in Ukrainian].
13. Tkachenko, O., & Tkachenko, K. (2019). Ohliad suchasnykh system upravlinnia IT-proektamy [Reviewing of modern IT project management systems]. *Tsyfrova platforma: informatsiini tekhnolohii v sotsiokulturnii sferi – Digital Platform: Information Technologies in Sociocultural Sphere, 2 (1)*, 27–40 [in Ukrainian].
14. Kuzmychov, A. I., & Medvediev, M. H. *Matematychno prohramuvannia v Excel [Mathematical programming in Excel]*. Kyiv: Vyd-vo Yevrop. Un-tu [in Ukrainian].
-

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 664.641:641.05

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.6>

АНАЛІЗ РИНКУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗШИРЕННЯ БЕЗГЛЮТЕНОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Дзюндзя О. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-1996-7065
Scopus-Author ID: 57200823212

Труш С. С. – студент магістратури біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0393-7643

Постійні стреси, нервово-емоційна напруженість, зниження фізичної активності, нездорова екологічна ситуація та багато інших факторів негативно впливають стан здоров'я. Як наслідок, тривалий стрес спричиняє швидкий розвиток різноманітних захворювань. Тому, забезпечення різних груп населення якісною харчовою продукцією є однією із складових умов стратегічного національного пріоритету.

Аналізуючи останні дослідження виявлено підвищену популярність безглютенових дієт, що пов'язані не лише з непереносимістю або харчовою чутливістю до глютену, а й сучасними модними тенденціями.

Мета даної роботи полягає в огляді важливих проблем у дотриманні суворої безглютенової дієти, дослідження асортименту безглютенової продукції та перспектив їх розширення на основі вітчизняної сировини.

Встановлено, що багато продуктів містять «прихований» глютен, що негативно впливає на здоров'я хворих на целиакію. Тому важливо дослідити джерела забруднення продуктів глютенем. Такими продуктами можуть бути солодоці, консервована продукція, сухі супи, бульйонні кубики, морепродукти, крабові палички, соуси, кетчупи, м'ясна підлива, майонези, морозиво, йогурти тощо.

Дослідження ринку безглютенових продуктів вказали на домінування закордонних виробників, які значно дорожчі за вітчизняні аналоги. Варто відзначити, що в Україні діє стандарт АЕОCS, однак виробників, що дотримуються його одиниці. Тому зважаючи на зростаючий попит існує необхідність виробництва вітчизняної безглютенової продукції та розширення асортименту страв і їх доступність як у роздрібних торговельних мережах так і у закладах ресторанного господарства для нормального функціонування суспільства. Тому перспективними напрямками є систематизація та застосування сертифікації існуючих виробництв з метою забезпечення споживачів якісною і безпечною продукцією.

Ключові слова: ціаклія, безглютенові вироби, асортимент, прихований глютен, глютен.

Dzyundzya O. V., Trush S. S. Market analysis and prospects for extended gluten-free products

Constant stress, nervous and emotional tension, reduced physical activity, unhealthy environmental conditions, and many other factors have a negative impact on health. As a result, prolonged stress leads to the rapid development of various diseases. Therefore, providing different population groups with quality food products is one of the prerequisites for a strategic national priority.

Analyzing recent studies, the increased popularity of gluten-free diets has been revealed, which is associated not only with gluten intolerance or food sensitivity, but also with modern fashion trends.

The purpose of this paper is to review the important issues in adhering to a strict gluten-free diet, to study the range of gluten-free products and the prospects for their expansion based on domestic raw materials.

It has been established that many products contain "hidden" gluten, which negatively affects the health of celiac patients. Therefore, it is important to investigate the sources of gluten contamination in food. Such products may include sweets, canned foods, dry soups, broth cubes, seafood, crab sticks, sauces, ketchups, meat gravy, mayonnaise, ice cream, yogurt, etc.

Market research on gluten-free products has shown the dominance of foreign manufacturers, which are much more expensive than their domestic counterparts. It is worth noting that Ukraine has the AEOCS standard in place, but there are only a few manufacturers that adhere to it. Therefore, given the growing demand, there is a need to produce domestic gluten-free products and expand the range of dishes and their availability in both retail and restaurant establishments for the normal functioning of society. Therefore, the systematization and application of certification of existing production facilities to provide consumers with quality and safe products are promising areas.

Key words: *celiac, gluten-free products, assortment, hidden gluten, gluten.*

Вступ. Постійні стреси, нервово-емоційна напруженість, зниження фізичної активності, нездорова екологічна ситуація та багато інших факторів негативно впливають стан здоров'я. Останнім часом тривогу викликає порушення харчового статусу населення, особливо жителів окупованих та деокупованих територій. Тривалий стрес спричиняє швидкий розвиток різноманітних захворювань, в тому числі збільшується кількість хвороб таких як розлади травлення, онкозахворювання, порушення роботи щитовидної та підшлункової залоз, тощо. Тому, забезпечення різних груп населення якісною харчовою продукцією є однією із складових умов стратегічного національного пріоритету – підвищення якості життя шляхом гарантування високих стандартів життєзабезпечення.

Постановка проблеми. Враховуючі зростаючий попит на здорове харчування виявлено, що безглютенові дієти набувають все більшої популярності. Це спричинено не лише захворюваннями, пов'язаними з непереносимістю або харчовою чутливістю до глютену, а й сучасними модними тенденціями. Для людей, хворих на целиацію – спадкове захворювання, що характеризується непереносимістю глютену, дотримання безглютенової дієти є єдиним способом підтримувати свій стан здоров'я на гарному рівні. Так само, за даними американського фонду целиакії (Celiac Disease Foundation, CDF), безглютенова дієта рекомендується людям, які страждають на діабет, підвищену плаксивість, роздратування, депресію, аутизм і ряд інших психічних захворювань, переїдання, деякими гастроентерологічними захворюваннями [1].

Аналізуючи літературні дані виявлено, що за останні кілька десятиліть інтерес до розробки якісних безглютенових продуктів зріс через наявність груп населення, які повинні дотримуватися безглютенової дієти. Сюди входять люди, які страждають на целиацію, або люди з алергією на пшеницю, а також ті, хто має чутливість до глютену, не пов'язану з целиацією [2]. З іншого боку, великий відсоток населення вважає безглютенові продукти здоровішими, тому багато хто вирішує дотримуватися безглютенової дієти, сприяючи збільшенню попиту та споживання цього типу продукції [3, 4, 5, 6, 7].

Незважаючи на зростання інтересу до безглютенової дієти, все ще існують серйозні перешкоди, які впливають на дотримання безглютенової дієти. Обмежена доступність, висока ціна продуктів, недостатнє маркування, ризик перехресного зараження, відсутність знань та інформації про целиакію та безглютенову дієту, психологічні фактори у хворих на целиакію, несприятливі наслідки безглютенової дієти і недоліки якості продуктів без глютену є одними з основних проблем, з якими стикаються хворі на целиакію.

Мета дослідження. Мета даної роботи полягає в тому, щоб надати огляд важливих проблем у дотриманні суворої безглютенової дієти, дослідження асортименту безглютенової продукції та перспектив їх розширення на основі вітчизняної сировини.

Відповідно до мети визначені завдання:

- Проведення аналізу виробників безглютенової продукції;
- Визначення перспективних напрямів розширення асортименту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Целиакія – це захворювання, яке вражає людей різного віку та характеризується непереносимістю глютену. Його класифікують як аутоімунний ентерит з позитивним виявленням аутоантитіл до трансглютамінази 2 і деструкцією слизової оболонки тонкої кишки, що супроводжується широким спектром клінічних симптомів. Позакишкова симптоматика не вважається унікальною для целиації в клінічній практиці, при цьому хвороба часто діагностується у літніх пацієнтів [8]. Зв'язок між споживанням глютену та клінічною симптоматикою також спостерігався навіть при атипових формах целиації [9]. Терапія хворих на целиакію базується на суворій безглютеновій дієті, і за останні роки суттєвих змін до неї не було застосовано [10]. Глютен необхідно повністю виключити з раціону гіперчутливих пацієнтів. Безглютенові дієти зараз є актуальною темою серед професійної спільноти. Клейковина – це білковий комплекс, який міститься як природний компонент насіння зерна і тому дуже часто зустрічається в різних харчових продуктах, таких як борошно, а також в інших продуктах. Безглютеновий режим також вимагає спеціальної підготовки; на перший погляд, це просте виключення глютену з раціону пацієнта, але в деталях це не повинно обмежуватися лише обмеженням глютену, оскільки дієта без глютену пов'язана з деякими ризиками. Так, наприклад у 1970–1980-х роках целиакія вважалася дуже рідкісною дитячою хворобою, а обмеження глютену було відносним та невідомим медичним працівникам і широкій громадськості. Пізніше дослідження показали, що це захворювання також може бути поширеним у старших вікових групах [11]. Удосконалення діагностики та скринінгу збільшило кількість виявлених хворих, що підштовхнуло виробників продуктів харчування до виведення на ринок продуктів без глютену. Це призвело до широкого розповсюдження безглютенових продуктів, підвищення обізнаності та неминучого масового інтересу до них [12]. Безглютенові дієти значно допомогли хворим на целиакію відновити морфологію тонкого кишківника. Однак багато здорових людей також прийняли безглютенову дієту, що породило нові проблеми.

Відомо, що багато продуктів містять так званий прихований глютен; маркування продуктів із прихованим глютену може бути відсутнім. Присутність «прихованого» глютену найчастіше є причиною ненавмисного порушення хворими дієти. Такими продуктами можуть бути багато солодоців, консервовані продукти, сухі супи, бульйонні кубики, морепродукти, крабові палички, соуси, кетчупи, м'ясна підлива, майонез, морозиво, йогурти тощо (рис. 1).

Раціон хворого залежить від віку, тяжкості стану, періоду захворювання і будується на підставі загальних принципів: вуглеводний компонент складають



Рис. 1. Характеристика харчових продуктів

за рахунок круп (рис, гречки), кукурудзи, овочів, картоплі, фруктів і ягід; білковий і жировий – за рахунок м'яса, яєць, молочних продуктів, олії та вершкового масла [13, 14, 15, 16, 17].

Враховуючи збільшений попит виникають потреби у вивченні асортименту безглютенової продукції та перспектив їх розширення на основі вітчизняної сировини з урахуванням прихованих загроз.

Виклад основного матеріалу. Ринок без глютенівих продуктів почав розвиватися порівняно недавно, а його частка становить приблизно 1% від світового. Також відомо, що деякі люди дотримуються безглютенової дієти, незважаючи на відсутність медичних показань, вважаючи її більш здоровою порівняно із загальним раціоном [18]. Враховуючи збільшений попит на продукцію здорового харчування та застосування дієти при лікуванні хронічних захворювань виникає потреба у збільшенні підприємств харчової промисловості та закладів ресторанного господарства які здатні задовольнити потреби і виготовляти продукцію без

глютену. Однак слід підкреслити, що виробництво іноді пов'язано з великими труднощами, а саме недопущенням перехресного забруднення з глютенотмісними продуктами. Прихований глютен є поширеним в продуктах таких як цукерки, шоколад, м'ясні продукти, заморожені готові продукти та багато інших [19, 20]. Тому для виробництва необхідно використовувати окремий інвентар, обладнання та виробничі лінії.

Промисловий випуск безглютеніх продуктів широко представлений на ринку фірмами «Dr. Shar» (Італія), «Balviten» (Spain), «Bezgluten» (Польща), Ms.Tally (Україна), тощо. Розпізнати виробників безглютеніх хлібобулочних, макаронних виробів, хлібців та різних борошняних сумішей можна за символом «Перекреслений колосок» (рис. 2) (міжнародний символ безпеки продуктів без глютену, що відповідають стандартам Європейської асоціації товариств хворих на целиацію AOECS). У переважній кількості це продукти макаронного, кисло-молочного, кондитерського або хлібобулочного типу, що відрізняються високою вартістю, зниженою енергетичною і харчовою цінністю.

Важливо відмітити, що в Україні діє стандарт AEOCS, який гарантує якість і безпечність аглютеніх продукції, згідно якої у продуктах взагалі не повинно бути глютену або його вміст не має перевищувати 20 ppm. Також в цьому стандарті чітко прописаний метод діагностики рівнів вмісту глютену. Саме дотримання ліцензійного дозволу на маркування ТМ «Перекреслений колосок» гарантують безпеку та якість товарів без глютену.

У таблиці 1 представлені найбільш поширені виробники та його безглютеніх продукція, що відповідають стандартам AOECS.

Віповідно до таблиці 1 найбільшу частку ринку безглютеніх продуктів займають закордонні виробники. Отже, враховуючи отриманні данні бачимо, що для українських виробників є потенціал для розширення асортименту безглютеніх сировини та продукції на її основі. Україна є лідером з вирощування зернових культур, зокрема і без глютену, що дозволить при раціональному використанні і дотриманні технологічних вимог виготовляти безглютеніх продукцію з вітчизняної сировини та скласти конкуренцію закордонним аналогам.

Для отримання символу «Перекреслений колосок» необхідно дотримуватися вимог стандарту AOECS та контролювати виробничий процес на всіх етапах від виробництва сировини до реалізації в торгівельних мережах. Даний стандарт для безглютеніх продуктів харчування визначає єдиний тип продовольчих товарів, які можуть використовуватися людьми з глютен-залежними захворюваннями. Тому зважаючи на зростаючий попит існує необхідність виробництва вітчизняної безглютеніх продукції та розширення асортименту страв і їх доступність як у роздрібних торгівельних мережах так і у закладах ресторанного господарства для нормального функціонування суспільства.

Висновки та перспективи подальших досліджень. На наш погляд, розширення безглютеніх продукції один із найбільш перспективних та актуальних напрямів розвитку харчової індустрії. Проведення аналізу виробників безглютеніх продукції вказав на недостатню кількість вітчизняних виробників, що мають право містити



Рис. 2. ТМ «Перекреслений колосок»

Таблиця 1

Представники безглютенової продукції в Україні

Виробник	Продукція
Ms.Tally (Україна)	Борошно: рисове, гречане, кукурудзяне, пшоняне, амарантове, вівсяне, з тефу, з нуту, з коричневого рису, з червоної сочевиці, із зеленої гречки, з сорго; Макаронні вироби: локшина, паста, спіральки та фігурні макарони різних видів; Різноманітні крупи, нут, сочевиця; Суміші для випікання.
Bezgluten (Poland)	Борошно: рисове, гречане, кукурудзя, суміші борошняні (універсальні, низько білкові, для млинців); Макаронні вироби: локшина, паста, спіральки та фігурні макарони різних видів; Різноманітні крупи, мюслі, пластівці, сухі сніданки; Хлібобулочні вироби, печиво, вафлі, кекси Дріжджі, сухі бульйони, приправи, розпушувачі для тіста; Цукерки, галаретки.
Balviten (Spain)	Борошно: рисове, кукурудзяне Крохмаль: кукурудзяний, рисовий; Суміші для випікання, універсальні; Хлібобулочні вироби, печиво, кекси; Макаронні вироби; Пластівці; Кетчуп;
Incola (Poland)	Борошно: рисове, тефа, кукурудзяне, універсальні суміші; Хлібобулочні вироби: хліб, булочки; Борошняні кондитерські вироби; Пластівці; Макаронні вироби.
Dr. Schar (Німеччина)	Борошно і універсальні суміші; Хлібобулочні вироби: хліб, булочки; Борошняні кондитерські вироби: печиво, вафлі; Пластівці, снеки (чіпси), сухі сніданки, мюслі; Макаронні вироби.

на етикетці ТМ «Перекреслений колосок». Зважаючи на отриманні данні, встановлено необхідність розширення асортименту продукції з дотриманням стандарту АОЕCS. Перспективними напрямками є систематизація та застосування сертифікації існуючих виробництв з метою забезпечення споживачів якісною і безпечною продукцією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Demirkesen, I., Ozkaya, B. Recent strategies for tackling the problems in gluten-free diet and products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022, 62(3), 571–597.
2. Reilly, N.R. The Gluten-Free Diet: Recognizing Fact, Fiction, and Fad. *The Journal of Pediatrics*, 2016, 175, pp. 206–210.
3. Melini, V., Melini, F. Gluten-free diet: Gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients*, 2019. 11(1), 170.

4. Diez-Sampedro, A., Olenick, M., Maltseva, T., Flowers, M. A gluten-free diet, not an appropriate choice without a medical diagnosis. *Journal of nutrition and metabolism*, 2019. p. 2019.
5. B. Niland and B. D. Cash. Health benefits and adverse effects of a gluten-free diet in non-celiac disease patients, *Gastroenterology & Hepatology*, 2018, .vol. 14, no. 2, pp. 82–91.
6. R. W. Y. Lee, M. J. Corley, A. Pang et al. A modified ketogenic gluten-free diet with MCT improves behavior in children with autism spectrum disorder, *Physiology & Behavior*, 2018. vol. 188, pp. 205–211.
7. Aljada, B., Zohni, A., El-Matary, W. The gluten-free diet for celiac disease and beyond. *Nutrients*, 2021, 13(11), 3993.
8. Caio G, Volta U, Sapone A, Leffler DA, De Giorgio R, Catassi C, et al. Celiac disease: a comprehensive current review. *BMC Med.*, 2019. p. 17.
9. Azani M, Badfar G, Abangah G, Mahmoudi L Celiac disease in Iranian irritable bowel syndrome patients; a systematic review and meta-analysis. *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*. 2019. 12:85–97.
10. Yoosuf S, Makharia GK. Evolving therapy for Celiac disease. *Front Pediatr*. 2019. 7:193.
11. Catassi C, Ratsch IM, Fabiani E, Rossini M, Bordicchia F, Candela F, Coppa GV, Giorgi PL. Coeliac disease in the year 2000: exploring the iceberg. *Lancet*. 1994;343:200–3.
12. Samasca G, Lerner A, Girbovan A, Sur G, Lupan I, Makovicky P, et al. Challenges in gluten-free diet in coeliac disease: Prague consensus. *Eur J Clin Invest*. 2017;47:394–7.
13. Demirkesen, I., & Ozkaya, B. Recent strategies for tackling the problems in gluten-free diet and products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 2022. 62(3), 571–597.
14. Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., Li, Y. Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 2020. 103, 200–213.
15. Zhang, X., Dong, C., Hu, Y., Gao, M., Luan, G. Zein as a structural protein in gluten-free systems: An overview. *Food Science and Human Wellness*, 2021. 10(3), 270–277.
16. Cela, N., Condelli, N., Caruso, M. C., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., Galgano, F. Gluten-free brewing: Issues and perspectives. *Fermentation*, 2020. 6(2), 53.
17. Wieser, H., Segura, V., Ruiz-Carnicer, Á., Sousa, C., Comino, I. Food safety and cross-contamination of gluten-free products: A narrative review. *Nutrients*, 2021. 13(7), 2244.
18. Quan, L., Xu, X., Cui, Y., Han, H., Hendren, R. L., Zhao, L., You, X. A systematic review and meta-analysis of the benefits of a gluten-free diet and/or casein-free diet for children with autism spectrum disorder. *Nutrition Reviews*, 2022. 80(5), 1237–1246.
19. Haidei, O., Shuliak, S., Mezhenskyi, A., Kyivska, G., Krushelnytska, O. Monitoring of gluten in meat and fish products. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 2021. 23(95), 46–50.
20. Guennouni, M., Admou, B., Bourrhout, A., Zogaam, L. G., Elmoumou, L., Hilali, A. Gluten contamination in labelled gluten-free, naturally gluten-free and meals in food services in low-, middle-and high-income countries: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 2022, 127(10), 1528–1542.

REFERENCES:

1. Demirkesen, I., Ozkaya, B. (2022). Recent strategies for tackling the problems in gluten-free diet and products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(3), 571–597. [in Turkey]

2. Reilly, N.R. (2016) The Gluten-Free Diet: Recognizing Fact, Fiction, and Fad. *The Journal of Pediatrics*, 175, 206–210. [in USA]
 3. Melini, V., Melini, F. (2019). Gluten-free diet: Gaps and needs for a healthier diet. *Nutrients*, 11(1), 170. [in Italy]
 4. Diez-Sampedro, A., Olenick, M., Maltseva, T., Flowers, M. (2019). A gluten-free diet, not an appropriate choice without a medical diagnosis. *Journal of nutrition and metabolism*, 2019. [in USA]
 5. B. Niland and B. D. Cash, (2018). Health benefits and adverse effects of a gluten-free diet in non-celiac disease patients, *Gastroenterology & Hepatology*, vol. 14, no. 2, pp. 82–91. [in USA]
 6. R. W. Y. Lee, M. J. Corley, A. Pang et al. (2018). A modified ketogenic gluten-free diet with MCT improves behavior in children with autism spectrum disorder, *Physiology & Behavior*, vol. 188, pp. 205–211. [in USA]
 7. Aljada, B., Zohni, A., El-Matary, W. (2021). The gluten-free diet for celiac disease and beyond. *Nutrients*, 13(11), 3993. [in USA]
 8. Caio G, Volta U, Sapone A, Leffler DA, De Giorgio R, Catassi C, et al. (2019). Celiac disease: a comprehensive current review. *BMC Med.*, 17 [in USA].
 9. Azani M, Badfar G, Abangah G, Mahmoudi L. (2019) Celiac disease in Iranian irritable bowel syndrome patients; a systematic review and meta-analysis. *Gastroenterol Hepatol Bed Bench*. 12:85–97. [in USA]
 10. Yoosuf S, Makharia GK. (2019) Evolving therapy for Celiac disease. *Front Pediatr*. 7:193. [in India]
 11. Catassi C, Ratsch IM, Fabiani E, Rossini M, Bordicchia F, Candela F, Coppa GV, Giorgi PL. (1994) Coeliac disease in the year 2000: exploring the iceberg. *Lancet*. 343:200–3. [in United Kingdom]
 12. Samasca G, Lerner A, Girbovan A, Sur G, Lupan I, Makovicky P, et al. (2017). Challenges in gluten-free diet in coeliac disease: Prague consensus. *Eur J Clin Invest*. 47:394–7. [in Romania]
 13. Demirkesen, I., Ozkaya, B. (2022). Recent strategies for tackling the problems in gluten-free diet and products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(3), 571–597. [in Turkey]
 14. Xu, J., Zhang, Y., Wang, W., Li, Y. (2020). Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 200–213. [in USA]
 15. Zhang, X., Dong, C., Hu, Y., Gao, M., Luan, G. (2021). Zein as a structural protein in gluten-free systems: An overview. *Food Science and Human Wellness*, 10(3), 270–277. [in China]
 16. Cela, N., Condelli, N., Caruso, M. C., Perretti, G., Di Cairano, M., Tolve, R., & Galgano, F. (2020). Gluten-free brewing: Issues and perspectives. *Fermentation*, 6(2), 53. [in Italy]
 17. Wieser, H., Segura, V., Ruiz-Carnicer, Á., Sousa, C., Comino, I. (2021). Food safety and cross-contamination of gluten-free products: A narrative review. *Nutrients*, 13(7), 2244. [in Spain]
 18. Quan, L., Xu, X., Cui, Y., Han, H., Hendren, R. L., Zhao, L., You, X. (2022). A systematic review and meta-analysis of the benefits of a gluten-free diet and/or casein-free diet for children with autism spectrum disorder. *Nutrition Reviews*, 80(5), 1237–1246. [in China]
 19. Haidei, O., Shuliak, S., Mezhenyskyi, A., Kyivska, G., Krushelnytska, O. (2021). Monitoring of gluten in meat and fish products. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies*, 23(95), 46–50. [in Ukraine]
 20. Guennouni, M., Admou, B., Bourrhout, A., Zogaam, L. G., Elmoumou, L., Hilali, A. (2022). Gluten contamination in labelled gluten-free, naturally gluten-free and meals in food services in low-, middle-and high-income countries: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Nutrition*, 127(10), 1528–1542. [in Morocco]
-

УДК 637:664.7:664.3

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.7>

РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОЗИЦІЙ СИРНИХ ПАСТ З ПІДВИЩЕНОЮ БІОЛОГІЧНОЮ ЦІННІСТЮ

Назаренко Ю. В. – доктор технічних наук, доцент,
доцент кафедри технологій та безпеності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-4870-4667

Пуригін І. О. – аспірант кафедри технологій та безпеності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0003-3546-4369

Болгова Н. В. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент,
доцент кафедри технологій та безпеності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-0201-0769

Синенко Т. П. – асистент кафедри технологій та безпеності харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0002-5300-5142

Поєднання молочних та рослинних інгредієнтів, таких як фруктові та ягідні наповнювачі, які є джерелами вітамінів, мінералів та клітковини, дозволяє отримати продукти з підвищеною біологічною та харчовою цінністю та привабливими сенсорними показниками. Метою даної роботи є розробка рецептурного складу сиркових паст з використанням молочної сироватки та компонентів рослинного походження, що дозволить підвищити біологічну цінність продукту за рахунок збільшення вмісту білка та харчових волокон. Оскільки плоди груші вважаються цінним полівітамінним продуктом харчування, покращують травлення та багаті на біологічно активні речовини, було запропоновано використовувати сублімовані плоди груші. А також до складу рецептури сиркових паст додано молочну сироватку, як джерело повноцінного білка. Таким чином, було обрано такі інгредієнти як складові композиції сиркових паст: натуральний вершковий сир; молочну сироватку підсирну демінералізовану ($D = 40\%$) концентровану або суху; порошок груші – сублімаційного висушування; камедь ріжкового дерева (E410). Для моделювання та оптимізації рецептурної композиції сиркової пасту за допомогою програмного забезпечення STATISTICA, використовуючи гратчастий план Шаффе (симплекс вершинний план третього ступеню) було здійснено моделювання рецептурних композицій сиркових паст – побудовано матрицю на десять експериментів. Пошук оптимальних співвідношень компонентного складу композиції сиркових паст з додаванням підсирної сироватки концентрованої/сухої і порошку груші здійснювали за допомогою побудованих програмою рівнянь. В результаті було знайдено наступні композиційні співвідношення: 1) вершкового сиру – 37,41%, підсирної сироватки концентрованої – 36,91%, порошку груші – 25,67%; 2) вміст вершкового сиру – 89,38%, підсирної сироватки сухої – 7,98%, порошку груші – 2,64%.

Ключові слова: молочні продукти, сиркова паста, молочна сироватка, рослинна сировина, груша, клітковина, біологічна цінність, оптимізація.

Nazarenko Y. V., Puryhin I. O., Bolhova N. V., Synenko T. P. Development of recipe compositions of cheese pastes with increased biological value

The combination of dairy and vegetable ingredients, such as fruit and berry fillers, which are sources of vitamins, minerals and fiber, allows you to get products with increased biological and nutritional value and attractive sensory indicators. The purpose of this work is to develop a recipe for curd pastes using whey and components of plant origin, which will increase

the biological value of the product by increasing the content of protein and dietary fiber. Since pear fruits are considered a valuable multivitamin food product, improve digestion and are rich in biologically active substances, it was proposed to use freeze-dried pear fruits. And also whey is added to the recipe of curd pastes as a source of complete protein. Thus, the following ingredients were chosen as the components of the composition of curd pastes: natural creamy curd; cheese whey partially demineralized (40%) concentrated or dry; pear powder – freeze drying; locust bean gum (E410). To model and optimize the recipe composition of cheese paste using the STATISTICA software, using the Schaffe lattice plan (simplex vertex plan of the third degree), modeling of recipe compositions of cheese pastes was carried out – a matrix was built for ten experiments. The search for the optimal ratios of the component composition of the composition of cheese pastes with the addition of concentrated/dry cheese whey and pear powder was carried out using the equations constructed by the program. As a result, the following composition ratios were found: 1) cream cheese – 37.41%, concentrated whey – 36.91%, pear powder – 25.67%; 2) content of cream cheese – 89.38%, dry whey – 7.98%, pear powder – 2.64%.

Key words: dairy products, cheese paste, whey, vegetable raw materials, pear, fiber, biological value, optimization.

Постановка проблеми. Останніми роками все більше уваги приділяється розробці продуктів харчування зі збалансованим складом, підвищеною харчовою та біологічною цінністю, функціонального, дієтичного та профілактичного призначення.

Молочні продукти є невід'ємною складовою раціону людини. З дієтичної точки зору, кисломолочні продукти є більш цінними, ніж молоко, а також мають високу лікувальну цінність [1].

Важливою складовою раціону сьогодні є сир кисломолочний та продукція з його використанням – десерти сиркові, пасти сирні. Широкою популярністю користуються саме сиркові пасти, які виготовляють шляхом фільтрації або сепарування ферментованих молочних згустків. Даний продукт вирізняється ніжною кремовою текстурою і консистенцією, м'яким вершково-маслянистим, кисломолочним смаком.

На сьогодні зростає інтерес до розробки продуктів з підвищеною біологічною цінністю, і залишається актуальним питання створення продуктів, що поєднують рослинні та тваринні компоненти. Поєднання молочної основи з рослинними інгредієнтами, такими як фруктові-ягідні наповнювачі, які є джерелом вітамінів, мінералів і клітковини, дозволяє виробляти продукти з підвищеною біологічною та харчовою цінністю, привабливими сенсорними показниками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технологія виробництва сиркових паст, отриманих на основі ферментованих молочних згустків, почалась понад 100 років тому. З роками технології та рецепти змінювалися та вдосконалювалися у відповідь на технологічні інновації та вподобання споживачів. Асортимент сиркових паст дуже широкий і залежить від вмісту жиру і білку, а також різноманітних смако-ароматичних і технологічних компонентів, які суттєво впливають на фізико-хімічні та органолептичні властивості [2]. Поєднання з рослинними інгредієнтами позитивно впливає на смак і дозволяє збалансувати продукт відповідно до сучасних вимог здорового харчування для різних груп населення.

Вважається, що кінець 20-го століття ознаменувався технологічним проривом у молочному виробництві з розробкою та широким застосуванням мембранних технологій – ультрафільтрації [3, 4]. Концентрація молока та молочних продуктів шляхом ультрафільтрації та зростаючий попит на поживні продукти харчування призвели до розвитку великомасштабного, механізованого та стандартизованого виробництва «білого сиру». «Білий сир» – нове покоління сиру, який виготовляється з молочного згустку після його концентрування за допомогою ультрафільтрації [5].

Аналіз наукових публікацій і патентний пошук показує, що є достатня кількість праць вітчизняних і зарубіжних дослідників, які присвячені розробці сиркових паст з підвищеною біологічною цінністю. Актуальним є використання рослинної сировини і продуктів її переробки в якості збагачувачів в рецептурі сирних продуктів, з метою отримання в продукті максимально вмісту вітамінів, мінеральних речовин, а головне харчових волокон.

Харчові волокна є одним з найбільш широко використовуваних харчових інгредієнтів сьогодні завдяки своїм численним функціональним властивостям. З одного боку, харчові волокна використовуються як технологічна добавка для зміни структури та хімічних властивостей продуктів харчування, з іншого боку, харчові волокна є чудовим функціональним інгредієнтом, який може мати позитивний вплив як на окремі системи організму людини, так і на організм в цілому. Дефіцит харчових волокон призводить до зниження стійкості організму людини до впливу навколишнього середовища, зменшення перистальтики кишечника, в'ялості тіла та дисфункції органів і систем [6].

В роботі [7] розроблено технологію функціонального «білого сиру» з низьким вмістом жиру з використанням порошку насіння гарбуза. Авторами встановлено, що у всіх зразках сиру під час зберігання спостерігалось незначне зниження вмісту вологи. За рахунок збільшення частки порошку насіння гарбуза у сиркових пастах збільшено вміст загальної сухої речовини, жиру, загального білка, клітковини та золи.

В іншій роботі [8] досліджено можливість використання в технології сиркової пасти з підвищеною біологічною цінністю нанопорошку шпинату, як джерела білка, клітковини, антиоксидантів і мінералів. Досліджувались сиркові пасти (ультрафільтраційні сири) з різною концентрацією нанопорошку шпинату (0,50, 1,00, 1,50 і 2%). Вченими встановлено, що сир з вмістом порошку шпинату 0,5% і 1% демонструють вищі значення сенсорних параметрів, підвищують біологічну цінність.

В роботі [9] висвітлено інноваційну технологію ультрафільтраційного сиру та представлено рецептуру сиркової пасти, що містить нанопорошок червоної редьки в кількості 1, 2 і 3%. Авторами обґрунтовано, що додавання нанопорошку червоної редьки, як натурального інгредієнту, покращує якість сиркової пасти, підвищує її харчову та біологічну цінність.

Узагальнюючи аналіз існуючих розробок у галузі технологій сиркових паст, слід зазначити, що більшість з них пов'язані з регулюванням біологічної цінності шляхом підвищення вмісту вітамінів, макро- та мікронутрієнтів, харчових волокон у готовому продукті. Однак обмежена кількість розробок, спрямованих на збільшення кількості білкових речовин та поєднання їх з клітковиною у готовій продукції, визначає актуальність цього напрямку досліджень.

Мета роботи – розробити модель рецептурних композицій сиркових паст з використанням молочної сироватки та компонентів рослинного походження, що дозволить підвищити біологічну цінність продукту за рахунок збільшення вмісту білка і незамінних амінокислот, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон, а також покращить функціональні властивості продукту.

Виклад основного матеріалу. В технологіях сиркової продукції рослинна сировина застосовується як смако-ароматичний компонент, наповнювач, джерело біологічно-активних речовин тощо. Розглядаючи рослинну сировину з точки зору вмісту функціонально-технологічних речовин, нами були відзначені маловживані плоди в Україні – груша (*Pyrus*).

Свіжі плоди груші вважаються цінним полівітамінним продуктом харчування, оскільки вони покращують травлення і багаті на біологічно активні речовини. Плоди груш багаті на вітаміни А, В, Е, С, Р і РР, містять дубильні й ароматичні речовини, клітковину, фенольні сполуки, цукри, органічні кислоти, пектинові речовини. Цукри представлені переважно глюкозою, сахарозою і фруктозою. У плодах груш міститься багато макро- та мікро-елементів: цинк, мідь, нікель, молібден, йод, марганець, залізо, фтор та ін. [10].

Плоди груші характеризуються антибактеріальними властивостями. Пектинові та дубильні речовини, якими багаті груші, позбавляють хвороботворні бактерії здатності рухатися. Плоди груші містять арбутин - антибіотик, який вбиває бактерії. Груші містять антиоксидант глутатіон, дуже цінну речовину у своєму біохімічному складі. Без цієї речовини інші антиоксиданти не затримуються в організмі надовго і становлять загрозу для організму при окисленні. Сучасні умови життя, включаючи навколишнє середовище і стрес, не дозволяють організму виробляти необхідну кількість цього антиоксиданту, що призводить до інсультів, аутоімунних захворювань і гіпертонії [11].

В сиркових пастах для забезпечення найбільш тривалого терміну зберігання без суттєвих сенсорних, фізичних і мікробіологічних показників, рослинну сировину доречно використовувати у безводному вигляді. Використання сублімованих фруктів та ягід у харчових продуктах є перспективним. Адже сублімаційне сушіння зберігає сировину в первинному стані і може зберегти форми, кольору, смаку, поживних речовин і вітамінів до 95% (що є найвищим показником порівняно з іншими методами консервації) [12].

В свіжій груші міститься клітковини до 3,1 г/100 г, в сублімованій до 18 г/100 г. Рекомендована добова норма споживання харчових волокон становить 25...38 г/добу для дорослих і 19...31 г/день для дітей. Фактичне середньодобове споживання клітковини для більшості американців становить 15 г/день, а для європейців – до 20 г/день, що набагато нижче рекомендованої кількості [13]. Максимально допустимої норми споживання харчових волокон не існує, але толерантність до них варіюється від людини до людини, а побічні ефекти надмірного споживання включають здуття живота і дискомфорт у животі. Харчові волокна мають кілька профілактичних ефектів проти хронічних захворювань, таких як серцево-судинні захворювання, діабет, метаболічний синдром, синдром запалення кишечника та ожиріння [14].

До сировини з нерозкритим потенціалом відноситься і молочна сироватка. Відомим фактом є, що молочна сироватка містить повноцінний білок, значний запас вітамінів і мінеральних речовин, в сухому вигляді володіє стабілізаційними та піноутворювальними властивостями [15].

Через низьку концентрацію сухих речовин у молочній сироватці її доцільно концентрувати за допомогою нанофільтрації – сучасного мембранного методу. Основними перевагами нанофільтрації є висока ефективність концентрування та частковий демінералізаційний ефект (знесолення) [16].

Таким чином, компонентами композиції сиркових паст було обрано наступні інгредієнти:

- натуральний вершковий сир – сиркова маса виготовлена з використанням мембранних технологій – ультрафільтрації);
- молочну сироватку підсирну частково демінералізовану (D 40%) концентровану або суху;
- порошок груші – сублімаційного висушування;
- камедь ріжкового дерева (E410) – стабілізатор.

Для моделювання та оптимізації рецептурної композиції сиркової пасти було використано гратчастий план Шаффе – симплекс вершинний план третього ступеню за допомогою програми *STATISTICA*.

Для трифакторного експерименту симплекс-вершинного плану була побудована матриця на десять експериментів. Для чого обрано три компоненти складу сиркової пасти, а саме вершковий сир, молочна сироватка (в рідкому і сухому вигляді) та порошок груші та три вихідних параметрів експерименту, а саме вміст сухих речовин, вміст білку і клітковини (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Матриця-план впливу рецептурних компонентів сиркових паст на вихідні параметри (за умови використання концентрованої підсирної сироватки частково демінералізованої)

№	Вміст сировини (%) в рецептурній композиції сиркової пасти (вихідні параметри)			Значення показника (%) для сиркової пасти (вихідні параметри)		
	Вершковий сир	Підсирна сироватка концентрована	Порошок груші	Сухі речовини	Білок	Клітковина
1	100,0	0,0	0,0	40,0	5,8	0,0
2	0,0	100,0	0,0	18,0	1,82	0,0
3	0,0	0,0	100,0	95,0	2,1	18,2
4	50,0	50,0	0,0	29,0	3,81	0,0
5	50,0	0,0	50,0	67,5	3,95	9,1
6	0,0	50,0	50,0	56,5	1,96	9,1
7	66,67	16,67	16,67	45,5	4,52	3,03
8	16,67	66,67	16,67	34,5	2,53	3,03
9	16,67	16,67	66,67	73,0	2,67	12,13
10	33,33	33,33	33,33	51,0	3,24	6,07

Таблиця 2

Матриця-план впливу рецептурних компонентів сиркових паст на вихідні параметри (за умови використання сухої підсирної сироватки частково демінералізованої)

№	Вміст сировини (%) в рецептурній композиції сиркової пасти (вихідні параметри)			Значення показника (%) для сиркової пасти (вихідні параметри)		
	Вершковий сир	Підсирна сироватка суха	Порошок груші	Сухі речовини	Білок	Клітковина
1	100,0	0,0	0,0	40,0	5,8	0,0
2	0,0	100,0	0,0	97,0	10,01	0,0
3	0,0	0,0	100,0	95,0	2,1	18,2
4	50,0	50,0	0,0	68,5	7,91	0,0
5	50,0	0,0	50,0	67,5	3,95	9,1
6	0,0	50,0	50,0	96,0	6,06	9,1
7	66,67	16,67	16,67	58,67	5,89	3,03
8	16,67	66,67	16,67	87,17	7,99	3,03
9	16,67	16,67	66,67	86,17	4,04	12,13
10	33,33	33,33	33,33	77,33	5,97	6,07

Побудовані поверхні відкликів (рис. 1 і 2) показують, що максимальний вміст білку можливий при додаванні підсирної сироватки сухої до рецептури в кількості більше 50%. Максимальний вміст клітковини досягається при внесенні порошку груші понад 50%. Однак при збільшенні сировини в порошкоподібному вигляді збільшується вміст сухих речовин, що може впливати на сенсорні показники готового продукту.

За допомогою рівнянь регресії повної кубічної моделі, які наведено відповідно на рис. 1 і 2, математичним шляхом знайдено оптимальне співвідношення компонентів рецептури сиркових паст для забезпечення максимальних вихідних параметрів.

В композиції сиркової паст з додаванням підсирної сироватки концентрованої і порошку груші, рівняння регресії для залежності вмісту сухих речовин, білка і клітковини має вигляд:

$$CP=40,01 \cdot x+18,01 \cdot y+95,01 \cdot z+0,05 \cdot x \cdot y+0,01 \cdot x \cdot z+0,01 \cdot y \cdot z+0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \quad (1)$$

$$B=5,81 \cdot x+1,82 \cdot y+2,11 \cdot z+0,01 \cdot x \cdot y+0,01 \cdot x \cdot z+0,01 \cdot y \cdot z-0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \quad (2)$$

$$K=-0,01 \cdot x-0,01 \cdot y+18,21 \cdot z-0,01 \cdot x \cdot y+0,01 \cdot x \cdot z+0,01 \cdot y \cdot z-0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \quad (3)$$

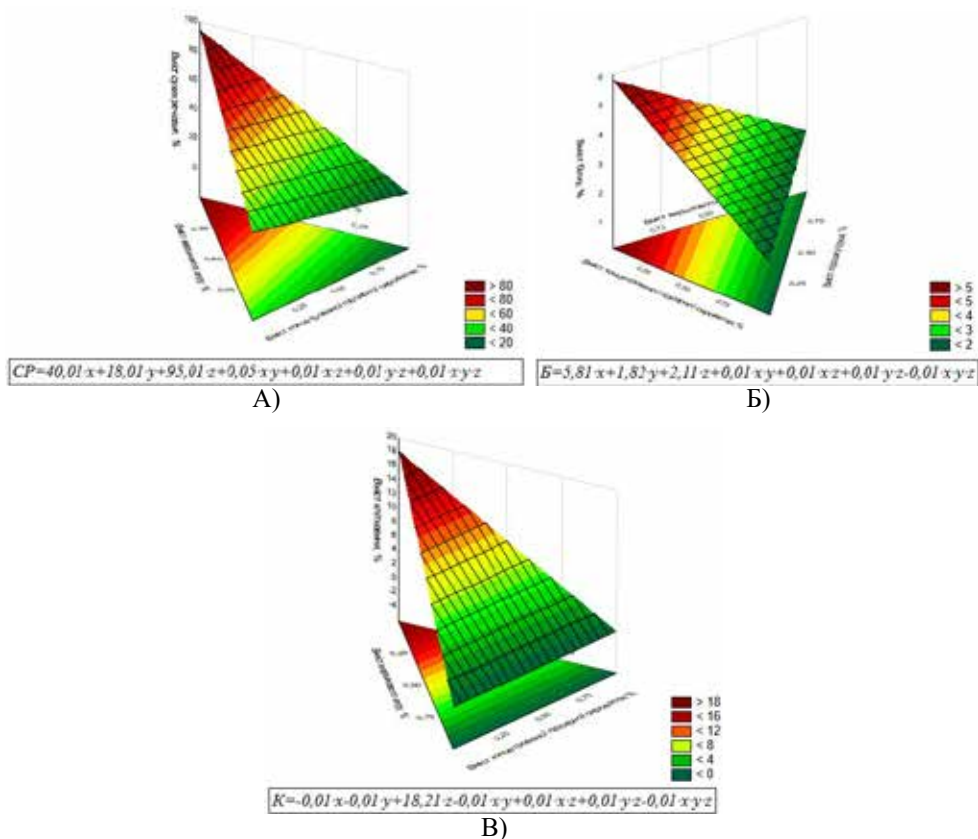


Рис. 1. Залежність вмісту сухих речовин (а), білку (б), клітковини (в) від вмісту сировини (вершковий сир, підсирна сироватка концентрована, порошок груші) в рецептурній композиції сиркової паст

В композиції сиркової пасти з додаванням підсирної сироватки сухої і порошку груші, рівняння регресії для залежності вмісту сухих речовин, білка і клітковини має вигляд:

$$CP = 39,99 \cdot x + 97,0 \cdot y + 94,99 \cdot z + 0,01 \cdot x \cdot y - 0,03 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z + 0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \quad (4)$$

$$B = 5,81 \cdot x + 10,01 \cdot y + 2,11 \cdot z + 0,01 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z - 0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \quad (5)$$

$$K = -0,01 \cdot x - 0,01 \cdot y + 18,21 \cdot z - 0,01 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z - 0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \quad (6)$$

З метою знаходження оптимального співвідношення компонентного складу композиції сиркової пасти з додаванням підсирної сироватки концентрованої і порошку груші було побудовано систему рівнянь (7),

$$\begin{cases} x+y+z=1 \\ x \geq 0 \\ y \geq 0 \\ z \geq 0 \\ CP_{\min} \leq 40,01 \cdot x + 18,01 \cdot y + 95,01 \cdot z + 0,05 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z + 0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \leq CP_{\max} \\ B_{\min} \leq 5,81 \cdot x + 1,82 \cdot y + 2,11 \cdot z + 0,01 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z - 0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \leq B_{\max} \\ K_{\min} \leq -0,01 \cdot x - 0,01 \cdot y + 18,21 \cdot z - 0,01 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z - 0,01 \cdot x \cdot y \cdot z \leq K_{\max} \end{cases} \quad (7)$$

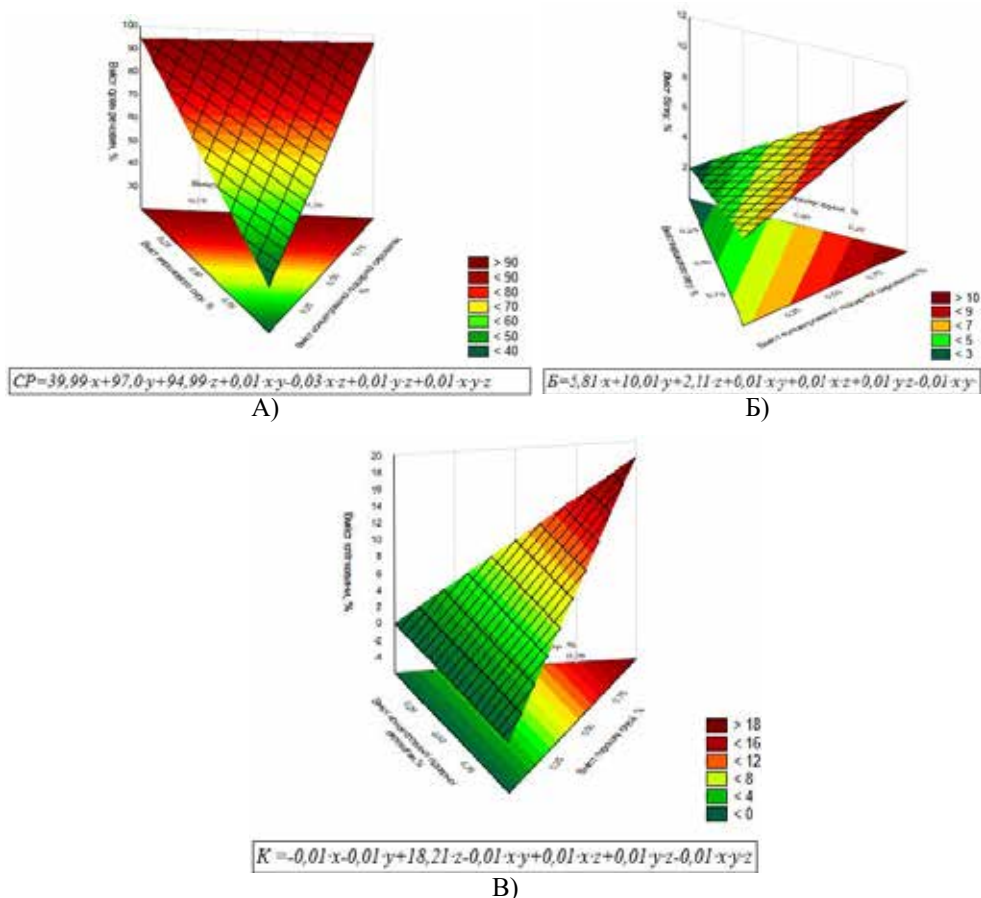


Рис. 2. Залежність вмісту сухих речовин (а), білку (б), клітковини (в) від вмісту сировини (вершковий сир, підсирна сироватка суха, порошок груші) в рецептурній композиції сиркової пасти

вирішення якої дозволило знайти наступні оптимальні значення вмісту вершкового сиру – 37,41%, підсирної сироватки концентрованої – 36,91%, порошку груші – 25,67%. При цьому значення вмісту сухих речовин складе 46,0%, білка – 3,38%, клітковини – 4,67%.

Для знаходження оптимального співвідношення компонентів композиції сирової паст з додаванням підсирної сироватки сухої і порошку груші було побудовано побудовано систему рівнянь (8),

$$\left\{ \begin{array}{l} x+y+z=1 \\ x \geq 0 \\ y \geq 0 \\ z \geq 0 \\ CP_{\min} \leq 40,01 \cdot x + 18,01 \cdot y + 95,01 \cdot z + 0,05 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z \leq CP_{\max} \\ B_{\min} \leq 5,81 \cdot x + 1,82 \cdot y + 2,11 \cdot z + 0,01 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z \leq B_{\max} \\ K_{\min} \leq 0,01 \cdot x + 0,01 \cdot y + 18,21 \cdot z + 0,01 \cdot x \cdot y + 0,01 \cdot x \cdot z + 0,01 \cdot y \cdot z \leq K_{\max} \end{array} \right. \quad (8)$$

вирішення якої дозволило знайти наступні оптимальні значення вхідних параметрів: вміст вершкового сиру – 89,38% , підсирної сироватки сухої – 7,98%, порошку груші – 2,64%. Значення вихідних параметрів будуть наступні: вміст сухих речовин 46,01%, білка – 6,04%, клітковини – 0,48%.

Після знаходження оптимальних співвідношень компонентів, запропоновані наступні рецептури сирових паст з додаванням підсирної сироватки і порошку груші (табл. 3).

Висновки. Змодельовано рецептурні композиції сирових паст з використанням молочної сироватки та порошку груші для підвищення біологічної цінності продукту за рахунок збільшення вмісту білка та клітковини.

Отримані моделі обґрунтовують вибір співвідношення рецептурних компонентів сирових паст для подальших дослідженнях, які полягають у дослідженні харчової та біологічної цінності, фізико-хімічних, мікробіологічних та органолептичних показників сирових паст з додаванням підсирної сироватки і порошку груші.

Таблиця 3

Склад рецептурних компонентів сирових паст з додаванням підсирної сироватки і порошку груші

Найменування сировини	Маса сировини, кг/1000 кг, за рецептурою	
	1	2
Вершковий сир (Б=5,8%, Ж=23,0%, В=4,8%)	374,1	893,8
Молочна сироватка демінералізована (40%) концентрована (Б=1,8%, Ж=0,2%, В=14,0%)	369,1	–
Молочна сироватка демінералізована (D=40%) концентрована суха (Б=10,0%, Ж=1,0%, В=75,0%)	–	79,8
Порошок груші сублімованої (Б=2,1%, Ж=0,8%, В=89,0%, К=18,2%)	256,7	26,4
Камедь річкового дерева (E410)	3,0	2,0

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Соломон А., Берник І., Бондар М. Значення функціональних кисломолочних напоїв в дієтичному та профілактичному харчуванні. *Продовольчі ресурси*. 2021. №9(16). С. 180–191.
2. Giri A., Kanawjia S. K. Functionality enhancement in cheese. *Engineering Practices for Milk Products*. Apple Academic Press, 2019. P. 45–61.
3. Perspectives and recent innovations on white cheese produced by conventional methods or ultrafiltration technique / M. Soltani, S. Saremnezhad, A. R. Faraji, A. A. Hayaloglu. *International Dairy Journal*. 2022. № 125. Article 105232. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105232>
4. Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators / M. Samilyk, A. Helikh, T. Ryzhkova, N. Bolgova, Y. Nazarenko. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. №2 (11(104)). P. 46–51. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.199527>
5. Development of eco-friendly probiotic edible coatings based on chitosan, alginate and carboxymethyl cellulose for improving the shelf life of UF soft cheese / H. S. El-Sayed, S. M. El-Sayed, A. M. Mabrouk, G. A. Nawwar, A. M. Youssef. *Journal of Polymers and the Environment*. 2021. №29. P. 1941–1953. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-02003-3>
6. Шемета О. О., Дожук К. М. Функціональне харчування – новий підхід до здорового способу життя. *Ліки України*. 2015. №1 (186). С. 24–27.
7. Functional low- fat soft cheese supplemented with bottle gourd (*lagenariasiceraria*) seeds / W. Azab, H. Hassaan, E. Khalifa, N. Nasr. *Egyptian Journal of Chemistry*. 2022. №65 (5). P. 685–696. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2021.99124.4609>
8. El-Sayed S. M. Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. *Heliyon*. 2020. №6 (1). Article e03278. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03278>
9. El-Sayed S. M., Ibrahim O. A. Physicochemical characteristics of novel UF-Soft Cheese Containing Red Radish Roots Nanopowder. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2021. №33. Article 101980. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2021.101980>
10. Кучер Н., Матенчук Л., Трофименко Н. Хімічний склад плодів представників роду *Pyrus L.* *Journal of Native and Alien Plant Studies*. 2019. №15. P. 58–65. <https://doi.org/10.37555/15.2019.184894>
11. Топорівська М. М. Розробка технології сиркової маси з наповнювачем «Груша». *Сільськогосподарські науки*. 2022. № 1 (5). 377–382.
12. Bhatta S., Stevanovic Janezic T., Ratti C. Freeze-drying of plant-based foods. *Foods*. 2020. №9 (1). P. 87. <https://doi.org/10.3390/foods9010087>
13. Health benefits of dietary fiber / J. W. Anderson et al. *Nutrition Reviews*. 2009. №67. P. 188–205. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x>
14. Soliman G. A. Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease. *Nutrients*. 2019. № 11. Article 1155. <https://doi.org/10.3390/nu11051155>
15. Minj S., Anand S. Whey proteins and its derivatives: bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*. 2020. № 1. P. 233–258. <https://doi.org/10.3390/dairy1030016>
16. Comparison of natural curd whey and its nanoconcentrate in regard to the nutritional and biological value / V. B. Shevchuk et al. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021. № 3 (640). P. 032055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/640/3/032055>

REFERENCES:

1. Solomon, A., Bernyk, I., & Bondar, M. (2021). Znachennia funktsionalnykh kyslomolochnykh napoiv v diietychnomu ta profilaktychnomu kharchuvanni [The importance of functional fermented milk drinks in dietary and preventive nutrition]. *Prodovolchi resursy – Food resources*, №9(16), 180–191 [in Ukrainian].

2. Giri, A., & Kanawjia, S. K. (2019). *Functionality enhancement in cheese. Engineering Practices for Milk Products*. Apple Academic Press.
3. Soltani, M., Saremnezhad, S., Faraji, A. R., & Hayaloglu, A. A. (2022). Perspectives and recent innovations on white cheese produced by conventional methods or ultrafiltration technique. *International Dairy Journal*, 125, 105232. DOI: 10.1016/j.idairyj.2021.105232
4. Samilyk, M., Helikh, A., Ryzhkova, T., Bolgova, N., & Nazarenko, Y. (2020). Influence of the structure of some types of fillers introduced to the yogurt recipe on changes in its rheological indicators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11(104)), 46–51. DOI: 10.15587/1729-4061.2020.199527
5. El-Sayed, H. S., El-Sayed, S. M., Mabrouk, A. M., Nawwar, G. A., & Youssef, A. M. (2021). Development of eco-friendly probiotic edible coatings based on chitosan, alginate and carboxymethyl cellulose for improving the shelf life of UF soft cheese. *Journal of Polymers and the Environment*, 29, 1941–1953. DOI: 10.1007/s10924-020-02003-3
6. Shemeta, O. O., & Dozhuk, K. M. (2015). Funktsionalne kharchuvannia – novyi pidkhid do zdorovoho sposobu zhyttia [Functional nutrition is a new approach to a healthy lifestyle]. *Liky Ukrainy – Medicines of Ukraine*, 1(186), 24–27.
7. Azab, W., Hassaan, H., Khalifa, E., & Nasr, N. (2022). Functional low- fat soft cheese supplemented with bottle gourd (*lagenariasiceraria*) seeds. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(5), 685–696. DOI: 10.21608/ejchem.2021.99124.4609.
8. El-Sayed, S. M. (2020). Use of spinach powder as functional ingredient in the manufacture of UF-Soft cheese. *Heliyon*, 6(1), e03278. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03278
9. El-Sayed, S. M., & Ibrahim, O. A. (2021). Physicochemical characteristics of novel UF-Soft Cheese Containing Red Radish Roots Nanopowder. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 33, 101980. DOI: 10.1016/j.bcab.2021.101980.
10. Kucher, N., Matenchuk, L. & Trofymenko, N. (2019). Khimichni sklad plodiv predstavnykiv rodu *Pyrus* L. [Chemical composition of the fruits of representatives of the genus *Pyrus* L.]. *Journal of Native and Alien Plant Studies*, 15, 58–65. DOI: 10.37555/15.2019.184894
11. Toporivska, M.M. (2022). Rozrobka tekhnolohii syrkovoi masy z napovniuvachem «Hrusha» [Development of cottage cheese technology with "Pear" filler]. *Silskohospodarski nauky – Agricultural sciences*, 1 (5), 377–382.
12. Bhatta, S., Stevanovic Janezic, T., & Ratti, C. (2020). Freeze-drying of plant-based foods. *Foods*, 9 (1), 87. DOI: 10.3390/foods9010087
13. Anderson, J.W. et al. (2009). Health benefits of dietary fiber, *Nutrition Reviews*, 67, 188–205. DOI: 10.1111/j.1753-4887.2009.00189.x
14. Soliman, G.A. (2019). Dietary fiber, atherosclerosis, and cardiovascular disease. *Nutrients*, 11, 1155. DOI: 10.3390/nu11051155
15. Minj, S., & Anand, S. (2020). Whey proteins and its derivatives: bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*, 1, 233–258. DOI: 10.3390/dairy1030016.
16. Shevchuk, V.B. et al. (2021). Comparison of natural curd whey and its nanoconcentrate in regard to the nutritional and biological value. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 3(640), 032055. DOI: 10.1088/1755-1315/640/3/032055

УДК 664.871.33

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.8>

ВСТАНОВЛЕННЯ КРИТИЧНИХ КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ЦИБУЛЕВОГО СУПУ

Нєміріч О. В. – доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-2849-7501

Гаєриш А. В. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-6474-6803

Крикунова А. В. – здобувачка вищої освіти другого (магістерського) рівня
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0002-9814-3688

В статті приведено результати моніторингу безпеки та якості виробництва цибулевого супу у закладі ресторанного господарства. Безпечність харчових продуктів є важливим фактором, тісно пов'язаним зі здоров'ям людей у всіх країнах світу. Згідно даних Всесвітньої організації здоров'я (ФАО ВООЗ) хвороби, пов'язані з харчовими продуктами, є надзвичайно складною проблемою не лише в країнах, що розвиваються, а й в розвинених країнах, оскільки становлять серйозну небезпеку для здоров'я людини та спричиняють значні економічні втрати. У розвинених країнах більше третини населення щороку страждає від хвороб харчового походження. І звичайно, проблеми в країнах, що розвиваються – є більш складними та глибокими. Надання якісного ресторанного обслуговування є ключовим фактором формування довіри гостей до закладу ресторанного господарства, підвищення його конкурентоспроможності та прибутковості. Однією з умов забезпечення надання високоякісної продукції є впровадження на підприємстві системи НАССР.

Система НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) є надійним засобом захисту споживачів харчових продуктів. Вона визначає, оцінює та контролює можливі небезпеки в усьому процесі виробництва харчових продуктів, що дозволяє усунути шкідливі фактори та контролювати весь процес виробництва. НАССР для ресторанного господарства забезпечить: високу якість приготування страв; впевненість в тому, що персонал дотримується санітарних норм, що встановлюються; значне зменшення перевірок; впевненість, що зберігання, обробка і утилізація харчових продуктів відбувається згідно санітарних норм; дотримання вимог законодавства, щодо наявності системи НАССР на підприємстві.

Важливим принципом ефективного управління безпечністю харчових продуктів у системі НАССР є моніторинг. Завдяки ньому можна контролювати критичні точки (ККТ). Моніторинг є вимірюванням або спостереженням контрольної критичних точок відносно їх граничних значень.

В статті наведено результати моніторингу безпеки та якості виробництва цибулевого супу у закладі ресторанного господарства. А саме було встановлено контрольні критичні точки на деяких етапах його виробництва.

Ключові слова: контрольні критичні точки, цибулевий суп, моніторинг якості, НАССР.

Niemirich O. V., Havrysh A. V., Krykunova A. V. Establishing control critical points in the production of onion soup

The article presents the results of monitoring the safety and quality of onion soup production in the restaurant industry. Food safety is an important factor closely related to people's health in all countries of the world. According to data from the World Health Organization (FAO WHO),

foodborne diseases are an extremely difficult problem not only in developing countries, but also in developed countries, as they pose a serious threat to human health and cause significant economic losses. In developed countries, more than a third of the population suffers from foodborne diseases every year. And of course, the problems in developing countries are more complex and deep. Providing high-quality restaurant service is a key factor in building guests' trust in a restaurant establishment, increasing its competitiveness and profitability. One of the conditions for ensuring the provision of high-quality products is the implementation of the HACCP system at the enterprise.

The HACCP system (Hazard Analysis and Critical Control Points) is a reliable means of protecting food consumers. It identifies, evaluates and controls possible hazards in the entire process of food production, which allows to eliminate harmful factors and control the entire production process. HACCP for the restaurant industry will ensure: high quality of food preparation; confidence that the staff adheres to established sanitary standards; a significant reduction in inspections; assurance that food products are stored, processed and disposed of in accordance with sanitary standards; compliance with the requirements of legislation regarding the presence of the HACCP system at the enterprise.

An important principle of effective food safety management in the HACCP system is monitoring. Thanks to it, you can control critical points (CCP). Monitoring is the measurement or observation of control critical points relative to their limit values.

The article presents the results of monitoring the safety and quality of onion soup production in a restaurant. Specifically, control critical points were established at some stages of its production.

Key words: control critical points, onion soup, quality monitoring, HACCP.

Постановка проблеми. Безпечність харчових продуктів є важливим фактором, тісно пов'язаним зі здоров'ям людей у всіх країнах світу. За даними Всесвітньої організації здоров'я (ФАО ВООЗ) захворювання, пов'язані з харчовими продуктами, є надзвичайно складною проблемою не лише в країнах, що розвиваються, а й в розвинених країнах, оскільки становлять серйозну небезпеку для здоров'я людини та спричиняють значні економічні втрати [1]. У розвинутих країнах більше третини населення щороку страждає від хвороб харчового походження. І звичайно, проблеми в країнах, що розвиваються – є більш складними та глибокими [1]. Надання якісного ресторанного обслуговування є ключовим фактором формування довіри гостей до закладу ресторанного господарства, підвищення його конкурентоспроможності та прибутковості. Однією з умов забезпечення надання високоякісної продукції є впровадження на підприємстві системи НАССР.

Система НАССР (від. англ. Hazard Analysis and Critical Control Points) – один із найбільш надійних засобів захисту споживачів харчових продуктів, який ідентифікує, оцінює і контролює можливі небезпеки на всьому шляху виготовлення харчових продуктів, дає можливість усунути шкідливі фактори та контролювати повний процес виробництва [2]. Важливим принципом ефективного управління безпечністю харчових продуктів у системі НАССР є моніторинг. Завдяки ньому можна контролювати критичні точки (ККТ). ККТ – це технологічний етап виробництва харчових продуктів, на якому можна впровадити контроль і який є критичним для попередження виникнення небезпечних факторів або їх зменшення до прийняттого рівня [3].

Метою дослідження є розробка системи моніторингу безпечності та якості виробництва супу цибулевого, а саме встановлення ККТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Серед вітчизняних вчених вагомих внесок у розвиток теорії і практики з питання моніторингу в системі безпечності та якості харчових продуктів внесли С.О. Юшин, Ж.К. Сіднева, А.О. Заїнчиковський, М.В. Самсонова та інші [4]. Система моніторингу описує методи, за допомогою яких виробник може переконатися, що план НАССР дотримується, всі

критичні точки контролю (КТК) контролюються, а умови виробництва відповідають плану НАССР [5].

Виклад основного матеріалу. На першому етапі розробки системи моніторингу безпеки та якості нам слід визначити сферу застосування обраної нами продукту – цибулевого супу, встановити вимоги щодо безпечності та якості.

Серед споживачів особливий інтерес викликають овочеві супи, які характеризуються добрими поживчими властивостями і можуть використовуватися в дієтичному харчуванні, адже вони низькокалорійні.

Для встановлення небезпечних чинників, які можуть впливати на продукти під час приготування страви, слід більш детально розглянути технологію приготування (рис. 1).

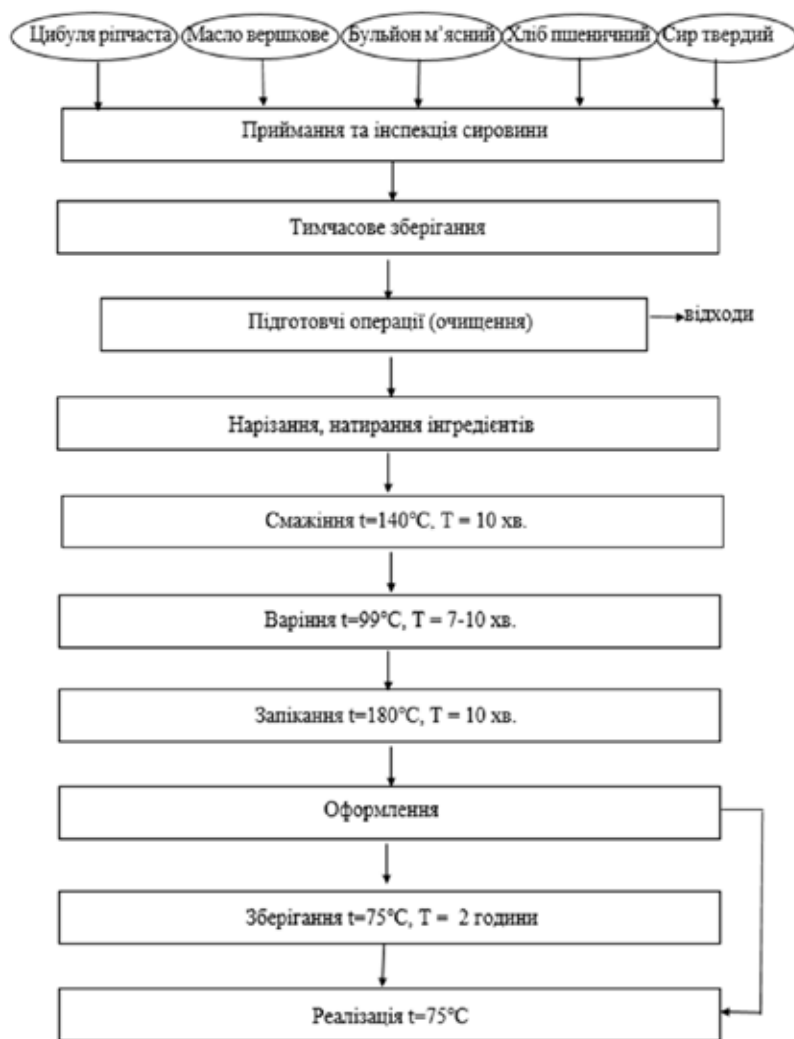


Рис. 1. Технологічна схема виробництва цибулевого супу

Проаналізувавши дану блок-схему процесу виготовлення супу цибулевого можна поділити на такі основні етапи: приймання сировини, тимчасове зберігання, виробництво продукції, реалізація. На кожному з даних етапів на безпечність продукції можуть впливати різні фактори, з аналіз та моніторинг яких наводимо далі.

Проводимо ідентифікацію небезпечних чинників на етапі зберігання та підготовки сировини до виробництва (табл. 1).

Ідентифікувавши небезпечні чинники на етапі проміжного зберігання сировини можемо стверджувати, що можливі небезпеки є ймовірними, вагомими та мають високу суттєвість. Для уникнення даних небезпечних впливів

Таблиця 1

Ідентифікація небезпечних чинників на етапі проміжного зберігання

Етапи процесу		Небезпечні чинники		Методологія оцінювання небезпечних чинників			Запропоновані регулювальні дії щодо запобігання, усунення або зменшення ступеня ризику небезпечного чинника
№	Найменування етапу	Позначення	Причини появи	Вр	В	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Цибуля ріпчаста	Б	При порушенні умов та термінів зберігання може утворитися патогенна мікрофлора, гризуни можуть бути джерелом зараження	0,3	3	0,9	Дотримання умов та термінів зберігання, проведення санобробки та дератизації
		Х	Накопичення мікотоксинів при утворенні плісняви внаслідок підвищеної вологості	0,3	3	0,9	Контроль за умовами зберігання, контроль за миттям поверхонь та змиву миючих засобів
		Ф	Потрапляння сторонніх домішок при зберіганні продукту у відкритій тарі	0,2	2	0,4	Контроль за цілісністю тари, дотримання умов особистої гігієни персоналом
2	Молочні продукти	Б	При порушенні умов та термінів зберігання може утворитися патогенна мікрофлора	0,3	3	0,9	Дотримання умов та термінів зберігання, проведення санобробки

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7	8
2	Молочні продукти	Х	Накопичення мікотоксинів при утворенні плісняви	0,3	3	0,9	Контроль за умовами зберігання, контроль за миттям поверхонь та змиву миючих засобів
		Х	Забруднення сировини холодоагентом, внаслідок виходу холодильного обладнання з ладу.	0,1	3	0,3	Контролювати за станом охолоджувальної техніки.
		Ф	Потрапляння сторонніх домішок при зберіганні продукту у відкритій тарі	0,2	2	0,4	Контроль за цілісністю тари
3	Бульйон м'ясний	Б	При порушенні умов та термінів зберігання може утворитися патогенна мікрофлора	0,3	3	0,9	Дотримання умов та термінів зберігання, проведення санобробки
		Х	Накопичення мікотоксинів при утворенні плісняви	0,3	3	0,9	Контроль за умовами зберігання, контроль за миттям поверхонь та змиву миючих засобів
		Х	Забруднення сировини холодоагентом, внаслідок виходу холодильного обладнання з ладу	0,1	3	0,3	Контролювати за станом охолоджувальної техніки
		Ф	Потрапляння сторонніх домішок при зберіганні продукту у відкритій тарі	0,2	2	0,4	Контроль за цілісністю тари, дотримання умов особистої гігієни персоналом
4	Хліб пшеничний	Б	При порушенні умов та термінів зберігання може утворитися патогенна мікрофлора, гризуни можуть бути джерелом зараження	0,3	3	0,9	Дотримання умов та термінів зберігання, проведення санобробки та дератизації

Продовження таблиці 1

4	Хліб пшеничний	Х	Накопичення мікотоксинів при утворенні плісняви внаслідок підвищеної вологості	0,3	3	0,9	Контроль за умовами зберігання, контроль за миттям поверхонь та змиву миючих засобів
		Ф	Потрапляння сторонніх предметів із зовні, внаслідок поганого ремонту (штукатурка) чи пошкодженої тари	0,1	2	0,2	Проводити ремонтні роботи в наслідок виникнення потреби; Слідкувати за цілісністю тари, в якій зберігаються продукти

на продукт слід скласти перелік необхідних запобіжних дій та занести дані до таблиці 2.

Таблиця 2

Необхідні запобіжні операції для уникнення дії небезпечних чинників на етапі приймання сировини

Ідентифікований небезпечний чинник	Процедура запобіжної дії
1	2
Б: МАФАНМ, БГКП, бактерії роду <i>Salmonella</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>S.Aureus</i> , цвіль	Вірогідність появи висока. Контроль температурних режимів та вологості в складських приміщеннях, контроль термінів придатності продуктів, контроль за санітарним станом приміщень, проводить прибирання згідно графіку, за потреби проводити дератизацію приміщення. Управління: ПП-11 «Зберігання та транспортування продукції» ПП-5 «Чистота поверхонь (процедури прибирання, миття й дезінфекції виробничих, допоміжних і побутових приміщень та інших поверхонь)» [6]. ПП-8 «Контроль за шкідниками, визначення виду, запобігання їх появі, засоби профілактики та боротьби» [6]. Журнал контролю вологості, журнал списання, графік прибирання, графік дератизації
Х: мікотоксини, залишки миючих засобів, перекиси	Вірогідність появи середня. Всі постачальники сировини та харчових продуктів затверджені, перебувають під контролем Держпродспоживслужби, нормативні документи надаються. Сировина та готова продукція постачається в запакованому вигляді. Управління: ППУ-10. «Специфікації (вимоги) до сировини та контроль за постачальниками» [6]. Вхідний контроль, дотримання умов транспортування.

Продовження таблиці 2

1	2
Ф: скло, метал, штукатурка, пластмаса, нігті, волосся, гудзики	Вірогідність появи середня Контроль за цілісністю тари, обладнання, дотримання персоналом гігієнічних вимог. Управління: ПП-2 «Вимоги до стану приміщень, обладнання, проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування обладнання, калібрування тощо, а також заходи щодо захисту харчових продуктів від забруднення та сторонніх домішок» ПП-6 «Здоров'я та гігієна персоналу» [6]. План проведення ремонтних робіт, графік технічного обслуговування обладнання, навчання персоналу

Отже, щоб запобігти виникнення небезпечних факторів слід ретельно ставитися до контролю умов та термінів зберігання, слідкувати за санітарним станом приміщення, проводити прибирання згідно графіка. Далі встановлюємо чи є на даному етапі виробництва контрольні критичні точки, або дані небезпеки можна усунути дотримуючись програм передумов. Для ідентифікації ККТ ми використовуємо вже відомий нам алгоритм прийняття рішень – «дерево рішень» (табл. 3).

Отже, внаслідок використання алгоритму прийняття рішень ми встановили, що етап проміжного зберігання є першою критичною точкою, яку слід контролювати.

Ідентифікація небезпечних чинників під час виробництва продукту є найбільш важливою, оскільки в більшості випадків небезпечні фактори виникають при порушенні дотримання технологічних умов. Для підтвердження чи спростування даного твердження нам слід більш детально оцінити можливі небезпеки. Отримані результати заносимо в таблицю 4.

Для уникнення даних небезпечних впливів на продукт слід скласти перелік необхідних запобіжних дій (табл. 5).

Отже, щоб запобігти виникнення небезпечних факторів слід ретельно ставитися до термінів та температурних режимів під час технологічного процесу, слідкувати за санітарним станом приміщень, обладнання, інвентарю та за технічним станом обладнання, персоналу дотримуватися вимог особистої гігієни.

Далі встановлюємо, які етапи виробництва можна контролювати за рахунок дотримання програм-передумов, а які слід ідентифікувати, як ККТ. Дані аналізу на основі алгоритму прийняття рішень заносимо до таблиці 6.

Висновки. Отже на основі проведених досліджень розроблено систему моніторингу на всіх етапах виробництва цибулевого супу і встановлено, що на етапі тимчасового зберігання сировини, теплової обробки та проміжного зберігання готового продукту ідентифіковано критичні точки контролю (ККТ).

Таблиця 3

Встановлення критичних точок контролю на етапі проміжного зберігання сировини

Назва продукту	Позначення ідентифікованої небезпеки	Найменування ідентифікованої небезпеки	Відповіді на запитання «дерева рішень»				Номер ККТ
			Запитання 1: Чи існують на даному етапі чи на наступному етапі напоредажувальні дії для цього небезпечного чинника?	Запитання 2: Чи може даний етап зменшити рівень небезпечного чинника до прийнятого?	Запитання 3: Чи є можливість на цьому етапі появи небезпечного чинника або збільшення його до недопустимого рівня?	Запитання 4: Чи гарантує наступний етап усунення небезпечного чинника?	
Тимчасове зберігання продукції	Б	МАФАнМ, БГКП, Salmonella, Bacillus subtilis, S.Aureus, плісняві гриби	Так: контроль умов зберігання	Так	–	–	ККТ 1
	Х	Мікотоксини, залишки миючих засобів	Так: контроль умов зберігання	Так	–	–	ККТ 1
	Ф	Скло, метал, пластмаса, нігті, штукатурка, волосся, гудзики	Так	Ні	Так	Так	–

Таблиця 4

Ідентифікація небезпечних чинників на етапі виробництва супу-цибулевого

Етапи процесу		Небезпечні чинники		Методологія оцінювання небезпечних чинників			Запропоновані регулювальні дії щодо запобігання, усунення або зменшення ступеня ризику небезпечного чинника
№	Найменування етапу	Позначення	Причини появи	Вр	В	СР	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Підготовчі операції, очищення, нарізання, натирання сировини	Б	Використання забрудненої тари та обладнання	0,2	3	0,6	Контроль процесу, контроль миття обладнання, дотримання санітарних вимог персоналом
		Х	Використання погано вимитої від миючих засобів обладнання та інвентаря	0,2	2	0,4	Ретельно промивати інвентар після миття миючими та дезінфікуючими засобами
		Ф	Пошкоджена тара та обладнання, гудзики прикраси, волосся працівників	0,2	2	0,4	Слідкувати за цілісністю тари, справністю обладнання, дотримання персоналом правил гігієни
2	Смажіння	Б	Використання забрудненої тари, порушення режимів технологічного процесу	0,2	3	0,6	Контроль за параметрами технологічного процесу, миття обладнання, дотримання санітарних вимог
		Х	Використання погано вимитої від миючих засобів тари	0,2	2	0,4	Ретельно промивати тари після миття миючими та дезінфікуючими засобами
		Ф	Використання пошкодженої тари, обладнання	0,2	2	0,4	Слідкувати за цілісністю тари, справністю обладнання

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Варіння	Б	Використання забрудненої тари, порушення режимів технологічного процесу	0,2	3	0,6	Контроль за параметрами технологічного процесу, миття обладнання, дотримання санітарних вимог
		Х	Використання погано вимитої від миючих засобів тари	0,2	2	0,4	Ретельно промивати тари після миття миючими та дезінфікуючими засобами
		Ф	Використання пошкодженої тари, обладнання	0,2	2	0,4	Слідкувати за цілісністю тари, справністю обладнання
4	Запікання	Б	Використання забрудненої тари, порушення режимів технологічного процесу	0,2	3	0,6	Контроль за параметрами технологічного процесу, миття обладнання, дотримання санітарних вимог
		Х	Використання погано вимитої від миючих засобів тари	0,2	2	0,4	Ретельно промивати тари після миття миючими та дезінфікуючими засобами
		Ф	Використання пошкодженої тари, обладнання	0,2	2	0,4	Слідкувати за цілісністю тари, справністю обладнання
5	Тимчасове зберігання	Б	Порушення умов зберігання може стати причиною росту мікроорганізмів, екскременти гризунів	0,2	2	0,4	Дотримання умов зберігання, проведення санобробки та дератизації
		Х	Залишки миючих засобів на поверхнях, де зберігається продукція	0,2	2	0,4	Ретельно промивати поверхні після миття миючими та дезінфікуючими засобами
		Ф	Прикраси, гудзики, волосся, частини тари	0,1	0,2	0,2	Слідкувати за цілісністю тари, дотримання персоналом правил гігієни

Таблиця 5

**Необхідні запобіжні операції для уникнення дії небезпечних чинників
на етапі виробництва продукту**

Ідентифікований небезпечний чинник	Процедура запобіжної дії
1	2
Етап виробництва: Підготовчі операції очищення, нарізання, натирання сировини	
Б: МАФАНМ, БГКП	Вірогідність появи середня. Контроль за санітарним станом тари, інвентарю, приміщень, дотримання гігієни персоналом. Управління: ПП-5 «Чистота поверхонь (процедури прибирання, миття й дезінфекції виробничих, допоміжних і побутових приміщень та інших поверхонь)» ПП-6 «Здоров'я та гігієна персоналу» [6]. Графік прибирання, журнал змивів.
Х: Залишки миючих засобів	Вірогідність появи середня. Контроль за змивами технічного обладнання, інвентарю та тари. Управління: ПП-5 «Чистота поверхонь (процедури прибирання, миття й дезінфекції виробничих, допоміжних і побутових приміщень та інших поверхонь)» [6]. Журнал контролю змивів
Ф: скло, метал, пластмаса, нігті, волосся, гудзики	Вірогідність появи середня. Контроль за цілісністю тари, обладнання, дотримання персоналом гігієнічних вимог. Управління: ПП-2 «Вимоги до стану приміщень, обладнання, проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування обладнання, калібрування тощо, а також заходи щодо захисту харчових продуктів від забруднення та сторонніх домішок» ПП-6 «Здоров'я та гігієна персоналу» [6]. План проведення ремонтних робіт, графік технічного обслуговування обладнання, навчання персоналу.
Етап виробництва: Термічна обробка – варіння, смажіння, запікання	
Б: <i>Bacillus subtilis</i> , <i>S.Aureus</i>	Вірогідність появи висока. Контроль за параметрами технологічного процесу, санітарним станом тари, інвентарю, приміщень. Управління: ПП-5 «Чистота поверхонь (процедури прибирання, миття й дезінфекції виробничих, допоміжних і побутових приміщень та інших поверхонь)» ПП-10 «Контроль за технологічними процесами» [6]. Журнал контролю технологічних режимів, журнал змиву обладнання
Х: Залишки миючих засобів	Вірогідність появи середня. Контроль за змивами технічного обладнання, інвентарю та тари. Управління: ПП-5 «Чистота поверхонь (процедури прибирання, миття й дезінфекції виробничих, допоміжних і побутових приміщень та інших поверхонь)» [6]. Журнал контролю змивів
Ф: скло, метал, пластмаса, нігті, волосся, гудзики	Вірогідність появи середня. Контроль за цілісністю тари, обладнання, дотримання персоналом гігієнічних вимог. Управління: ПП-2 «Вимоги до стану приміщень, обладнання, проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування обладнання, калібрування тощо, а також заходи щодо захисту харчових продуктів від забруднення та сторонніх домішок» ПП-6 «Здоров'я та гігієна персоналу» [6]. План проведення ремонтних робіт, графік технічного обслуговування обладнання, навчання персоналу

Продовження таблиці 5

1	2
Етап виробництва: Зберігання	
Б: МАФАнМ, БГКП, Salmonella, Bacillus subtilis, S.Aureus, пліснява	Вірогідність появи середня Контроль температурних режимів та вологості в складських приміщеннях, контроль термінів придатності продуктів, контроль за санітарним станом приміщень, проводить прибирання згідно графіку, за потреби проводити дератизацію приміщення. Управління: ПП-11 «Зберігання та транспортування продукції» ПП-5 «Чистота поверхонь (процедури прибирання, миття й дезінфекції виробничих, допоміжних і побутових приміщень та інших поверхонь)» [6].
Х: Залишки миючих засобів	Вірогідність появи середня. Контроль за змивами технічного обладнання, інвентарю та тари. Управління: ПП-5 «Чистота поверхонь (процедури прибирання, миття й дезінфекції виробничих, допоміжних і побутових приміщень та інших поверхонь)» [6]. Журнал контролю змивів
Ф: скло, метал, пластмаса, нігті, волосся, гудзики	Вірогідність появи низька Контроль за цілісністю тари, обладнання, дотримання персоналом гігієнічних вимог. Управління: ПП-2 «Вимоги до стану приміщень, обладнання, проведення ремонтних робіт, технічного обслуговування обладнання, калібрування тощо, а також заходи щодо захисту харчових продуктів від забруднення та сторонніх домішок» ПП-6 «Здоров'я та гігієна персоналу» [6]. План проведення ремонтних робіт, графік технічного обслуговування обладнання, навчання персоналу.

Таблиця 6

Встановлення критичних точок контролю на етапі виробництва продукту

Назва продукту	Позначення ідентифікованої небезпеки	Найменування ідентифікованої небезпеки	Відповіді на запитання «дерева рішень»				Номер ККТ
			Запитання 1: Чи існують на даному етапі потенційно небезпечні дії?	Запитання 2: Чи може даний етап зменшити рівень небезпечного фактору?	Запитання 3: Чи є можливість на цьому етапі появи небезпечного фактору або збільшення його до неприйнятних рівнів?	Запитання 4: Чи гарантує наступний етап усунення небезпечного фактору?	
Підготовчі операції: очищення, нарізання, натирання сиrowини	Б	МАФАнМ, БГКП,	Так	Не засто-совується	Так	Так: теплова обробка	-
	Х	Залишки миючих засобів	Так: діючий план миття	Не засто-совується	Так	Так: поточний контроль	-
	Ф	Скло, метал, пластмаса, нігті, волосся, гудзики	Так: діючий план профілак-тики	Не засто-совується	Так	Так: поточний контроль	-
	Б	Bacillus subtilis, S.Aureus	Так	Так	-	-	ККТ2
Термічна обробка продукту: смаження, варіння, запікання	Х	Залишки миючих засобів	Так: діючий план миття	Не засто-совується	Так	Так: поточний контроль	-
	Ф	Скло, метал, пластмаса, нігті, волосся, гудзик	Так: діючий план профілак-тики	Не засто-совується	Так	Так: поточний контроль	-
	Б	МАФАнМ, БГКП, Salmonella, Bacillus subtilis, пліснява	Так: контроль умов збері-гання	Так	-	-	ККТ3
Тимчасове зберігання	Х	Залишки миючих засобів	Так: діючий план миття	Не засто-совується	Так	Так: поточний контроль	-
	Ф	Скло, метал, пластмаса, нігті, волосся, гудзик	Так	Не засто-совується	Так	Так: поточний контроль	-

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Міщенко В.А., Горобець І.І. Вплив антикризового управління на гармонізацію економічних інтересів учасників створення, виготовлення та реалізації кондитерської продукції. Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. 2020. № 10. С. 13–22.
2. Що потрібно знати про основні принципи системи HACCP: веб-сайт. URL: <https://cherk-consumer.gov.ua/novyny/731-shcho-potribno-znati-pro-osnovni-printsipi-sistemi-nassr> (дата звернення 13.02.2023).
3. Принцип HACCP №2. Встановлення критичних точок контролю: веб-сайт. URL: <https://znaimo.gov.ua/pryntsyup-nassr-2-vstanovlennia-krytychnykh-tochok-kontroliu>. (дата звернення 13.02.2023).
4. Труш, Ю.Л. Моніторинг в системі безпечності та якості харчових продуктів (HACCP) / Ю.Л. Труш // Підвищення ефективності діяльності підприємств харчової та переробної галузей АПК : матеріали IX Всеукраїнської науково-практичної конференції, 18–19 листопада 2020 р. Київ : НУХТ, 2020. С. 87–88.
5. Food Quality and Safety Systems. A Training Manual on Food Hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System. Rome : FAO, 2008. 232 p.
6. Впровадження системи HACCP для операторів ринку харчових продуктів : практичний посібник / А.С. Ткаченко, Ю.О. Басова, О.О. Горячова та ін. ; за загальною редакцією А.С. Ткаченко. Полтава : ПУЕТ, 2020. 137 с.

REFERENCES:

1. Mishchenko V.A., Horobets I.I. (2020) The impact of anti-crisis management on the harmonization of economic interests of participants in the creation, manufacture and sale of confectionery products. Energy saving. Energy. Energy audit no. 10, pp. 13–22.
2. What you need to know about the basic principles of the HACCP system. Retrieved from: <https://cherk-consumer.gov.ua/novyny/731-shcho-potribno-znati-pro-osnovni-printsipi-sistemi-nassr> (accessed 13 February 2023).
3. HACCP principle no. 2. Establishing Critical Control Points. Retrieved from: <https://znaimo.gov.ua/pryntsyup-nassr-2-vstanovlennia-krytychnykh-tochok-kontroliu> (accessed 13 February 2023).
4. Trush Y.L. (2020) Monitoring in the food safety and quality system (HASSR) / Trush Y.L. // Increasing the efficiency of the activities of enterprises in the food and processing industries of the agricultural sector, Kyiv: materials of the IX All-Ukrainian scientific and practical conference, 18–19 November, NUHT, pp. 87–88.
5. Rome : FAO (2008). Food Quality and Safety Systems. A Training Manual on Food Hygiene and the Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) System, Rome : FAO, p. 232.
6. Tkachenko A.S., Basova Y.O., Horyachova O.O. and others (2020) Implementation of the HACCP system for food market operators: a practical guide. Poltava: PUET, p. 137.

УДК 664.6.37

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.9>

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Новікова Н. В. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

Єфимова А. Л. – голова циклової комісії «Технології та хімії»,
викладач технології виробництва кулінарної продукції
Кропивницького фахового коледжу харчування та торгівлі
ORCID ID: 0000-0002-4603-9352

Антонова Д. С. – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-6594-5828

У статті розглянуто проблему поширення аліментарно-залежних станів і хвороб, під час епідемії COVID, постійного стресу та воєнного стану, що призводить до того, що забезпечення населення харчування стає важливим державним завданням. Харчування при цьому повинно не тільки задовольняти фізіологічні потреби людини у харчових речовинах і енергії, але й забезпечувати профілактичну та лікувальну дію, сприяти захисту організму людини від несприятливої дії навколишнього середовища. Саме тому метою роботи є розробка технології посічених м'ясних напівфабрикатів збагачених БАР рослинного походження.

Нами обрано в якості об'єктів дослідження борошно з пророслої пшениці та сочевиці. Пророслі зерна є корисною їжею або добавкою. Пророслі зерна містять цілий комплекс біологічно активних речовин, вони містять кальцій, хром, мідь, кремній, селен, цинк, залізо, йод, вітаміни B5, E, C, D, P, фолієву кислоту.

Сочевиця є основною сільськогосподарською зернобобовою культурою, що вирощується на території України. Як видно табл. 1 насіння сочевиці містять 23...33% білків, 25...50% крохмалю, 2...3% цукрів, 4,0...7,3% клітковини, 1,5...2,8% жиру, 2,4...3,8% мінеральних речовин. Білки сочевиці відрізняються гарним збалансованим складом по відношенню до незамінних амінокислот, сочевиця містить багато лізину, треоніну, триптофану; для білку гороху характерним є високий вміст водо- і солерозчинних фракцій.

Досліджено органолептичні властивості м'ясних посічених напівфабрикатів, збагаченого біологічно активними речовинами в порівнянні з традиційними виробами. Загальні бальові оцінки розроблених виробів знаходяться на рівні контролю. Головною відмінністю є наявність характерних зовнішніх і смакових ознак, які відповідають розробленим бальовим шкалам органолептичних показників якості. Дослідні зразки характеризуються: однорідною масою на розрізі, золотистою кірочкою, приємним ароматом, в міру солоним смаком.

Аналіз біологічної цінності свідчить про покращення хімічного складу. Спостерігається збільшення вмісту харчових волокон у 7–8 разів, що забезпечує близько 20% добової потреби.

Ключові слова: напівфабрикати, паророжена пшениця, сочевиця, хімічний склад, дослідні зразки, функціональні продукти.

Novikova N. V., Yefymova A. L., Antonova D. S. Development of technology for the production of semi-finished meat using vegetable raw materials

The article discusses the problem of the spread of food-dependent conditions and diseases during the COVID epidemic, constant stress and martial law, which leads to the fact that providing the population with food becomes an important state task. At the same time, nutrition should not only satisfy a person's physiological needs for nutrients and energy, but also provide a preventive and curative effect, contribute to the protection of the human body from the adverse effects of the environment. That is why the goal of the work is to develop the technology of chopped meat semi-finished products enriched with BAR of plant origin.

We chose sprouted wheat and lentil flour as research objects. Sprouted grains are a healthy food or supplement. Sprouted grains contain a whole complex of biologically active substances, they contain calcium, chromium, copper, silicon, selenium, zinc, iron, iodine, vitamins B5, E, C, D, P, folic acid.

Lentils are the main agricultural leguminous crop grown on the territory of Ukraine. As can be seen from the table. 1 lentil seed contains 23...33% proteins, 25...50% starch, 2...3% sugars, 4.0...7.3% fiber, 1.5...2.8% fat, 2.4...3.8% of minerals. Lentil proteins are distinguished by a well-balanced composition in relation to essential amino acids, lentils contain a lot of lysine, threonine, tryptophan; pea protein is characterized by a high content of water- and salt-soluble fractions.

The organoleptic properties of chopped meat semi-finished products enriched with biologically active substances were studied in comparison with traditional products. The total scores of the developed products are at the control level. The main difference is the presence of characteristic external and taste characteristics that correspond to the developed scoring scales of organoleptic quality indicators. The test samples are characterized by: a homogeneous mass on the cut, a golden crust, a pleasant aroma, moderately salty taste.

Analysis of the biological value indicates an improvement in the chemical composition. There is an increase in dietary fiber content by 7–8 times, which provides about 20% of the daily requirement.

Key words: *semi-finished products, sprouted wheat, lentils, chemical composition, experimental samples, functional products.*

Вступ. На тлі несприятливих екологічних умов, психоемоційного навантаження українці страждають на білковий, мінеральний та вітамінний дефіцит, що негативно відображається на стані здоров'я, працездатності, тривалості життя людей. Одним із напрямів подолання вітамінного та мінерального дефіциту є пошук нових рослинних джерел харчового білка та розробка способів їх використання для збагачення харчових продуктів масового попиту. Страви із посічених котлетних мас необхідні для харчування людини у зв'язку з їх високою енергетичною цінністю, тому за допомогою регулювання їх хімічного складу можна впливати на харчовий раціон, отже, на стан здоров'я населення країни [1].

Постановка проблеми. На сучасному етапі світового розвитку існує проблема поширення аліментарно-залежних станів і хвороб, епідемії COVID, постійного стресу, а в Україні воєнний стан призводить до того, що забезпечення населення харчування стає важливим державним завданням. Харчування при цьому повинно не тільки задовольняти фізіологічні потреби людини у харчових речовинах і енергії, але й забезпечувати профілактичну та лікувальну дію, сприяти захисту організму людини від несприятливої дії навколишнього середовища. Саме тому актуальним є виробництво харчових продуктів загального та спеціального призначення з використанням біологічно активних речовин (БАР); забезпечення безпеки харчових продуктів; сприянню формування у населення звичок раціонального харчування; забезпечення доступності високоякісних харчових продуктів для різних верств населення.

З одного боку технічний прогрес у харчовій промисловості, з другої потреба у швидкому доступі до харчів призвів до суттєвих змін у структурі харчування сучасної людини. Досвід створення харчових продуктів свідчить, що м'ясні

напівфабрикати є продуктом масового і регулярного вживання, тому є об'єктом, на основі якого можуть бути створені збагачені функціональні продукти. Застосування рафінації сировини в ході технологічної обробки призвело до перевантаження раціону високорафінованими харчовими продуктами та стійкого дефіциту в ньому БАР, які є незмінними компонентами натуральної їжі [2].

Мета дослідження. розробка технології посічених м'ясних напівфабрикатів збагачених БАР рослинного походження

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Параметри національного здоров'я потребують системно-комплексного програмного підходу до вирішення проблеми харчування населення. Харчові раціони повинні забезпечувати потреби різних верств населення в раціональному харчуванні, адекватному національним традиціям, віку, професії, стану здоров'я, економічному становищу та економічній ситуації, відповідно до вимог сучасної медичної науки [3]. Найважливішим аспектам проблеми харчування людства присвячено численні міжнародні форуми останніх десятиліть, зокрема Регіональна європейська конференція (Баку, 2012), Восьма міжнародна конференція з харчування та методів впливу Міжнародного комітету та секретаріату ФАО (Рим, 2012), Експертна рада з питань етики у сфері продовольства та сільського господарства (Рим, 2011), Восьма конференція «Політика проти голоду» – Удосконалення управління з безпеки харчових продуктів і харчування (Берлін, 2011) та ін. [7]. В глобальній стратегії ВООЗ в області харчового раціону і фізичної активності, затвердженій Всесвітньою асамблеєю охорони здоров'я (резолюція 57.17 від 22 травня 2004 р.), окреслено головні довгострокові орієнтири у цій сфері, що мають бути реалізовані на національному рівні, на системних міжвідомчих засадах з урахуванням міжнародного досвіду. Найпріоритетнішими напрямками сьомої рамкової програми Європейського Союзу з науково-технологічного розвитку в Європі визначено здоров'я і харчові продукти. В Індії наслідками недостатнього харчування стали зниження працездатності, нездужання і висока смертність населення. За статистичними даними, економічні втрати, що спричинені даною проблемою, становлять від 3 до 9% внутрішнього валового продукту. У США річні збитки від оплати лікарняних листів, страхування, лікування ожиріння становлять 12,7 млрд доларів. В Росії, за статистичними даними, смертність від захворювань, основною причиною яких є неправильний розпорядок дня, становить 55%. У країнах Південно Східної Азії з дефіцитом йоду в харчуванні пов'язані значні збитки, що сягають 5 млрд доларів [5].

Експерти Всесвітньої організації охорони здоров'я довели, що щорічно 2 млн людей помирає від хвороб, пов'язаних з малорухливим способом життя. Найбільш поширені з них – ішемічна хвороба серця, цукровий діабет, гіпертонія. Профілактика захворюваності серед населення шляхом оптимізації харчування в останнє десятиріччя спостерігається в ряді економічно розвинених країн Європи, США та Канаді. Актуальність цього питання підкреслюється прийняттям урядами ряду країн (Нідерланди, Норвегія, Данія, Іспанія, Фінляндія, Мальта, Японія) політики харчування [6].

Виклад основного матеріалу. Сучасна нутріціологія обґрунтовує доцільність розроблення харчування спрямованого на забезпечення нормального перебігу процесів росту і розвитку організму із врахуванням індивідуальних потреб в корекції. Ефективним шляхом оздоровлення населення є застосування природних регуляторів функцій органів та систем організму. Відповідно до концепції сучасної нутріціології продукти, збагачені біологічно активними речовинами, з вмістом дефіцитних нутрієнтів у кількості 15–30% від добової фізіологічної

потреби здійснюють метаболічну корекцію, забезпечуючи нормальний процес життєдіяльності [4].

Пророслі зерна містять цілий комплекс біологічно активних речовин, вони містять кальцій, хром, мідь, кремній, селен, цинк, залізо, йод, вітаміни B5, E, C, D, P, фолієву кислоту.

Пророслі зерна є корисною їжею або добавкою. Нами обрано в якості об'єктів дослідження борошно з пророслої пшениці та сочевиці.

Сочевиця є основною сільськогосподарською зернобобовою культурою, що вирощується на території України. Як видно табл. 1 насіння сочевиці містять 23...33% білків, 25...50% крохмалю, 2...3% цукрів, 4,0...7,3% клітковини, 1,5...2,8% жиру, 2,4...3,8% мінеральних речовин. Білки сочевиці відрізняються гарним збалансованим складом по відношенню до незамінних амінокислот, сочевиця містить багато лізину, треоніну, триптофану; для білку гороху характерним є високий вміст водо- и солерозчинних фракцій.

Таблиця 1

Фізико-хімічні показники препаратів, що досліджуються

Фізико-хімічні показники	Борошно з пророслої пшениці	Борошно з пророслої сочевиці
Об'ємна вага, кг/м ³	684 ± 12	678 ± 15
Загальна пористість, %	22,0 ± 0,7	16,0 ± 0,3
Питома поверхня, м-1	0,21 · 109	0,24 · 105
Середній розмір часток, мкм	424 ± 23	368 ± 19
Вміст сухих речовин (СР), %	82,5 ± 0,1	81,5 ± 0,1
Загальний вміст білка, % на СР	20,5 ± 0,3	1210 ± 0,2

Зерна пшениці містять клітковину – потужний стимулятор моторики кишечника. Пшеничні висівки запобігають перетворенню вуглеводів в жири в шлунково-кишковому тракті і тим самим сприяють нормалізації ваги. Пектини в складі пшениці абсорбують шкідливі речовини, зменшуючи гнильні процеси, і прискорюють загоєння слизової оболонки кишечника.

Солі магнію і калій в злаку активізують вуглеводний обмін, беруть участь у формуванні кісткової тканини, нормалізують роботу серця і центральної нервової системи.

Досліджено органолептичні властивості м'ясних посічених напівфабрикатів, збагаченого біологічно активними речовинами в порівнянні з традиційними виробами (табл. 2). Загальні балові оцінки розроблених виробів знаходяться на рівні контролю. Головною відмінністю є наявність характерних зовнішніх і смакових ознак, які відповідають розробленим баловим шкалам органолептичних показників якості. Дослідні зразки характеризуються: однорідною масою на розрізі, золотистою кірочкою, приємним ароматом, в міру солоним смаком.

Аналіз біологічної цінності (табл 3.) свідчить про покращення хімічного складу. Спостерігається збільшення вмісту харчових волокон у 7–8 разів, що забезпечує близько 20% від добової потреби.

Проведено санітарно-мікробіологічні дослідження щодо доброякісності розроблених виробів. Для визначення мікробіологічної безпечності розроблених м'ясних посічених напівфабрикатів, збагачених біологічно активними речовинами, дослідним шляхом визначили загальну кількість мезофільних аеробних

Таблиця 2

Органолептична оцінка посічених напівфабрикатів, збагачених біологічно активними речовинами

Зразки	Органолептичні показники, бали					
	Зовнішній вигляд	Колір	Консистенція	Запах	Смак	Загальна оцінка, бали
Коефіцієнт вагомості	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	–
Контроль	4,64 ± 0,3	4,62 ± 0,04	4,62 ± 0,07	4,68 ± 0,05	4,70 ± 0,07	46,6 ± 0,05
Зразок з крупкою з пророщеної пшениці	4,84 ± 0,07	4,74 ± 0,12	4,84 ± 0,10	4,78 ± 0,02	4,86 ± 0,03	4,82 ± 0,10

Таблиця 3

Вміст основних нутрієнтів в м'ясних посічених напівфабрикатах, г/100 г

Найменування показника	Контроль	Зразок з борошном з пророщеного пшениці та сочевиці
Білки, г	10,72 ± 0,11	10,47 ± 0,26
Жири, г	4,15 ± 0,08	5,61 ± 0,06
Вуглеводи, г	8,96 ± 0,27	18,97 ± 0,76
в т.ч. харчові волокна, г	0,79 ± 0,02	8,26 ± 0,25
крохмаль, г	1,32 ± 0,02	1,76 ± 0,04
моно-, дисахариди, г	1,49 ± 0,04	1,04 ± 0,02*

і факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) в 1 г виробу, бактерії групи кишкової палички (БГКП) та інші мікроорганізми. За мікробіологічними показниками розроблені м'ясні посічені напівфабрикати, збагачені біологічно активними речовинами, відповідають вимогам нормативної документації (табл. 4).

Таблиця 4

Мікробіологічні показники м'ясних посічених напівфабрикатів, збагачених біологічно активними речовинами

Зразки	Назва показника				
	Мезофільні аеробні та факультативноанаеробні мікроорганізми, КУО в 1г, не більше ніж	Маса продукту (г), у якому не допустимі			
		бактерії групи кишкових паличок (коліформи)	коагулазопозитивні стафілококи	патогенні мікроорганізми, зокрема роду Salmonella	плісень і гриби, КУО в 1 г, не більше ніж
1	2	3	4	5	6
Нормативні показники згідно вимог ДСТУ	1*10 ³	1,0	1,0	25,0	0,1

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6
Експериментальний зразок (з сумішшю борошна з про-рощених зерно-бобових)	0,5*103	не виявлені	не виявлені	не виявлені	не виявлені
Метод контролювання	Згідно з ГОСТ 10444.15	Згідно з ГОСТ 30518	Згідно з ГОСТ 10444.2	Згідно з ДСТУ EN 12824	Згідно з ГОСТ 10444.12

Показники безпечності дослідних виробів за вмістом токсичних елементів задовольняють вимоги нормативної документації.

Висновки. Аналітично досліджено перспективи залучення до технології м'ясних напівфабрикатів рослинної сировини, яка містить БАД. Установлено, що внесення БАД рослинного походження дає змогу підвищити функціонально-технологічні властивості м'ясних систем та надати продукції корисні властивості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Павлюк Р.Ю., Черевко А.И. Новые технологии биологически активных растительных добавок и их использование в продуктах иммуномодулирующего действия. *Продукты и ингредиенты*. 2002. № 6. С. 46–48.
2. Пасічний В.М. Перспективні напрямки виробництва м'ясних та м'ясорослинних напівфабрикатів. *Мясное Дело*. 2009. № 8. С. 15.
3. Пасічний В.М., Геречук А.М., Мороз О.О., Ястреба Ю.А. Дослідження факторів пролонгації термінів зберігання м'ясних і м'ясомістких продуктів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2015. Т. 21, № 4. С. 224–230.
4. Пешук Л.В., Ищенко В.Н., Штык И.И., Иванова Т.М. Використання маринадів на основі харчових кислот для приготування напівфабрикатів з м'яса дикого кабана. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького*. 2014. № 16. С. 164–170.
5. Пешук Л.В., Топчий О.А., Венглюк Ю.П. Використання нетрадиційної сировини в комбінованих м'ясних напівфабрикатах. *Наукові праці НУХТ*. 2007. Вип 2. С. 51.
6. Федонин М.Ю. Разработка технологии формованных продуктов из говядины с использованием ферментного препарата: автореф. дис. канд. техн. наук. ГУПБ. М., 2000. С. 28.
7. Шугурова Т. О. Инновационный подход к производству натуральных полуфабрикатов *Мясной бизнес*. 2011. № 4. С. 56–57.

REFERENCES:

1. Pavlyuk R. & Cherevko A. I. (2002) New technologies of biologically active plant additives and their use in products with immunomodulating action. *Products & ingredients*. № 6. P. 46–48.
2. Pasichny V.M. (2009) Promising directions of production of meat and meat-vegetable semi-finished products. *Myasnoye Delo*. № 8. P. 15.
3. Pasichniy V. & Geredchuk A. (2015) Study of factors extending the shelf life of meat and meat-containing products. *Scientific works of the National University of Food Technologies*. Vol. 21, № 4. P. 224–230.

4. Peshuk L. & Ishchenko V. (2014) The use of marinades based on food acids for the preparation of semi-finished products from wild boar meat. Scientific bulletin of SZ Gzhitsky Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnology. 2014. № 16. P. 164–170.
 5. Peshuk L. & Topchii O.A. (2007) Use of non-traditional raw materials in combined meat semi-finished products. Scientific works of the NUHT. Issue 2. P. 51.
 6. Fedonin M.Y. (2000) Development of the technology of molded beef products with the use of an enzyme preparation: autoref. thesis Ph.D. technical of science PUB M., P. 28.
 7. Shugurova T.O. (2011) Innovative approach to the production of natural semi-finished products Meat business. No. 4. № 56–57.
-

УДК 664.022:582.263

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.10>

ВОДОРОСТІ ЯК «СУПЕРФУД» У ТЕХНОЛОГІЯХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

Пешук Л. В. – доктор сільськогосподарських наук,
професор кафедри харчових технологій
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
ORCID ID: 0000-0002-0967-8892

Новікова Н. В. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X

Приходько Д. Ю. – здобувач вищої освіти
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара
ORCID ID: 0000-0002-4603-9352

Глобалізація змінює раціони людей. В умовах сьогодення посилюється увага споживачів до якості продуктів харчування. Це показує зміну пріоритетів на користь безпечних харчових продуктів з натуральної вітчизняної сировини. Нові харчові продукти з водоростями можуть стати важливим фізіологічним джерелом основних мікроелементів і за умови збалансованого раціону на 50% задовольнити потреби людини в основних мікроелементах. Істотним джерелом є мікроводорості *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis*. Нові види м'ясних продуктів з хлорелою і спіруліною дозволять, з одного боку, нормалізувати надходження в організм людини вітамінів, мінеральних елементів, а з іншого сприяють виведенню важких металів, пестицидів, радіонуклідів, надаючи розробленим продуктам радіопротекторних властивостей. Цю можливість нам можуть надати «суперфуди», які стрімко набирають популярності. Завдяки високій харчовій цінності, зниженому впливу на навколишнє середовище та економічній стійкості, мікроводорості *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis* мають перспективи використання в якості функціональних інгредієнтів для покращення характеристик широкого спектру харчових продуктів. Тож ці суперфуди є перспективною сировиною не лише для спортивного, дієтичного та геродієтичного харчування, а в цілому, як харчова добавка та компонент будь-яких продуктів, асортимент яких на сьогодні дуже незначний. Тому для досягнення поставленої мети – проведено удосконалення технології м'ясних січених напівфабрикатів з додаванням мікроводоростей *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis* в кількості 1,5% та 3%, а також їх поєднання 1:1. Проведено органолептичну оцінку розроблених зразків, досліджено їх харчову та біологічну цінність. Проведені дослідження підтверджують і доводять доцільність і перспективність використання мікроводоростей у багатьох галузях України.

Ключові слова: мікроводорості, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, купаж олій, технологія, січені напівфабрикати.

Peshuk L. V., Novikova N. V., Prykhodko D. Y. Algae as a «superfood» in the technology of healthy food meat products

Globalization is changing people's diets. In today's conditions, the attention of consumers to the quality of food products is increasing. This shows a change in priorities in favor of safe food products from natural domestic raw materials. New food products with algae can become an important physiological source of essential micronutrients and, provided a varied balanced diet, can meet 50% of human needs in essential micronutrients. An important source is the microalgae *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis*. New types of meat products with chlorella will allow, on the one hand, to normalize the intake of vitamins and mineral elements

in the human body, and on the other hand, contribute to the removal of heavy metals, pesticides, radionuclides, giving the developed products radioprotective properties. This opportunity can be provided by "superfoods", which are rapidly gaining popularity. Due to their high nutritional value, reduced environmental impact and economic sustainability, microalgae *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* have prospects for use as functional ingredients to improve the characteristics of a wide range of food products. Therefore, these superfoods are promising raw materials not only for sports, diet and herodiet nutrition, but in general as a food additive and component of any dishes, the range of which is currently very small. Therefore, in order to achieve the goal, the technology of chopped meat semi-finished products was improved with the use of microalgae *Chlorella vulgaris* and *Spirulina platensis* in the amount of 1.5% and 3%, as well as their combination 1:1. An organoleptic evaluation of the developed samples was carried out, and their nutritional and biological value was investigated. The conducted studies confirm and prove the expediency and perspective of using microalgae in many sectors of Ukraine.

Key words: microalgae, *Chlorella vulgaris*, *Spirulina platensis*, blend of oils, technology, chopped semi-finished products.

Вступ. У даний час харчові продукти, отримані з мікроводоростей, продаються як здорові продукти харчування і доступні споживачу у вигляді капсул, таблеток, порошків і рідин. Їх також використовують у харчовій промисловості: додають до цукерок, гумок, закусок, паст, локшини, сухих сніданків, вина та інших напоїв [1]. Широкого використання набули такі види мікроводоростей як *Spirulina plantesis*, *Chlorella* sp., *Dunaliella terticola*, *Dunaliella salina* та *Aphanizomenon flos-aquae* завдяки їх високому вмісту білка та харчової цінності. Проте, останнім часом, саме вид хлорели та спіруліни домінують на світовому ринку мікроводоростей, оскільки вони набирають популярність у супермаркетах та магазинах здорового харчування [3]. За останні п'ять років ринок продуктів та напоїв, що містять мікро- та макроводорості суттєво збільшився. Було випущено 13 090 нових продуктів харчування до складу яких входять водорості та їх похідні, з них 5720 – у Європі. Використовують водорості у рецептурах продуктів не лише в якості функціонального інгредієнта, а як барвник, оскільки вони містять пігменти (хлорофіл, фікобіліни, каротиноїди), а також різноманітні біоактивні компоненти, які мають антиканцерогенні, антиоксидантні, антигіпертензивні та гепатопротекторні агенти [4].

Постановка проблеми. Культивування мікроводоростей наразі є перспективним напрямком сільського господарства, оскільки спектр їх використання є достатньо широким – це і виробництво продуктів харчування, кормів для тварин, добрив, біопалива. Кліматичні та сезонні фактори не впливають на їх розвиток, що дає можливість культивувати цю сировину протягом усього року. Вчені працюють над оптимізацією параметрів біореакторів для активного нарощування біомаси водоростей та переробки сировини, пошуку їх продуктивних видів та штамів [5]. Мікроводорості можна вирощувати в промислових масштабах у фітобіореакторах, що є закритими, керованими, автоматизованими системами безперервного циклу, що дозволяє найменш витратним чином підтримувати гігієну культури. Згідно з результатами досліджень, найбільш культивованими видами мікроводоростей є *Spirulina*, *Chlorella* spp., *Nannochloropsis* spp. та *Haematococcus pluvialis*, культивуванням яких активно займаються фахівці Азії, Північної Америки та Європи [7].

Аналізуючи світовий асортимент харчових добавок та продуктів з водоростями, перевага надається зеленим мікроводоростям *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis*. Ці організми є суперфудами нового покоління, оскільки значно

переважають більшість продуктів за харчовою та біологічною цінністю. Мікрроводорості у своєму складі мають високий вміст повноцінного білку (50–70%), який зумовлений наявністю усіх незамінних амінокислот, що не синтезуються в організмі людини, вітамінів (β -каротин, група В, РР, Е, С) та макро- і мікроелементів (калій, кальцій, магній, натрій, залізо, фосфор, цинк, мідь та ін.), ненасичених жирних кислот та пігментів. Таким чином, за допомогою цих суперфудів можна удосконалити технологію багатьох продуктів, збагатити їх харчову та біологічну цінність, наситити раціон вітамінами, мінеральними речовинами та амінокислотами [2, 6, 10].

Серед українських споживачів – це порівняно новий продукт, споживання якого лише починає в незначній мірі набирати обертів, оскільки відсутня реклама щодо корисних властивостей натурального продукту, проте мешканці Азії століттями використовували їх на рівні зі звичними для нас продуктами. Європейці та Американці водорості використовують переважно як біологічно активну добавку [7, 8]. Вітчизняний ринок мікрроводоростей розвивається за для задоволення потреб прихильників здорового харчування, спортсменів та вегетаріанців, оскільки країни заходу задають тренди на продукти збагачені рослинними компонентами з функціональними властивостями [9]. Україна наразі має два підприємства, що культивують хлорелу – ТОВ «Хлорела Україна» та ТМ «Жива Хлорела» ФГ «У Самвела», які представляють асортимент мікрроводоростей у рідкому та порошкоподібному вигляді. Виробник *Spirulina platensis* – компанія «Фуд Факторі» під ТМ «Spirulinka» виготовляє заморожену суспензію мікрроводорості.

Мета дослідження. Удосконалити технологію січених напівфабрикатів з використанням натуральних біологічно цінних компонентів, що містять мікрроводорості *Chlorella vulgaris* та *Spirulina platensis*, для фортифікації продукту без зміни його органолептичних показників.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасні принципи розробки високоякісних харчових продуктів засновані на виборі та обґрунтуванні певних видів сировини у таких співвідношеннях, які б забезпечували прогнозовану якість, споживчі й функціональні властивості та максимальну збалансованість харчових компонентів за хімічним складом готової продукції. Щоб розширити асортимент і, водночас, поліпшити якість продукції до контрольної рецептури, згідно з ДСТУ 4437:2005 Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні січені, додавали мікроскопічні одноклітинні зелені водорості *Chlorella vulgaris* і *Spirulina platensis* в кількості 1,5–3% у вигляді порошку. Для збалансування за жирнокислотним складом брали купаж олій, що дозволить скоригувати раціони харчування незамінними нутрієнтами, досягти необхідного співвідношення ω -6 : ω -3 жирних кислот і розширити асортимент м'ясних напівфабрикатів. Збалансованим вважається жирнокислотний склад харчового продукту при співвідношенні в ньому:

- ПНЖК : МНЖК : НЖК – 1 : 6 : 3;
- ПНЖК : МНЖК – 1 : 6;
- ПНЖК : НЖК – 1 : 3;
- НЖК : МНЖК – 1 : 2.

У разі невідповідності жирового складу традиційних жирових продуктів наведеним нормативним співвідношенням необхідно розробляти нові продукти комбінованого складу з оптимізованим жирнокислотним складом.

Основною сировиною для виготовлення дослідних зразків було м'ясо куряче, оскільки воно є найдоступнішим для українського споживача. До рецептури

введено борошно лляне, з метою покращення харчової цінності продукту так як містить у своєму складі 34% білку, вітаміни групи В (B_1 , B_2 , B_3 , B_5 , B_6 , B_9), макро- та мікроелементами (Ca, K, Fe, P, Zn, Cu, Se), поліненасичені жирні кислоти (омега-3 і омега-6). Гідратацію лляного борошна проводили 1:2. Для надання продукту функціональних властивостей, збалансованого жирнокислотного складу, було внесено купаж олій (волоського горіха, авокадо та лляної) у співвідношенні 3:2:1 відповідно. Олія волоського горіха та лляна мають високий вміст альфа-ліноленової кислоти (омега-3) і лінолевої кислоти (омега-6), олія авокадо – олеїнової, а також має високу температуру димлення (270 °C), що свідчить про збереження усіх її корисних речовин після термічної обробки.

Для проведення порівняння аналізу жирнокислотного складу олій, було обрано традиційну для України соняшникову олію згідно ДСТУ 4492:2005 Олія соняшникова. Технічні умови. В отриманому купажі (олія волоського горіха, авокадо та лляної – 3:2:1), співвідношення жирних кислот $\omega-6$: $\omega-3$ становить 3:1, що свідчить про його збалансованість у порівнянні з соняшnikовою олією. Борошно лляне та мікродорості додавали у фарш після проведення процесу гідратації для рівномірного поєднання усіх компонентів у рецептурі.

Таблиця 1

Рецептури січених напівфабрикатів

Сировина	Рецептури					
	Контроль (згідно з ДСТУ 4437:2005)	№1	№2	№3	№4	№5
Кількість основної сировини, % на 100 кг						
М'ясо куряче	65	61	57	61	57	59
Борошно лляне	4	4	4	4	4	4
Вода на гідратацію борошна	6	6	6	6	6	6
Яйця	11	10	10	10	10	10
Цибуля ріпчаста	8	8	8	8	8	8
Купаж олій	6	6	6	6	6	6
<i>Chlorella vulgaris</i>	-	1,5	3	-	-	1
<i>Spirulina platensis</i>	-	-	-	1,5	3	1
Вода на гідратацію водоростей	-	3,5	6	3,5	6	5
Спеції, % до основної сировини						
Сіль кухонна	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Перець чорний мелений	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

Сенсорні аспекти відіграють ключову роль у визначенні сприйняття харчових продуктів споживачами. Порошки, які традиційно отримують із мікродоростей, культивованих фотосинтетично у ставках на відкритому повітрі або в закритих фотобіореакторах, мають надто темно-зелений колір (із-за хлорофілу) разом із сильним неприємним смаком, який може поставити під загрозу їх використання в продукті.

За даними органолептичної оцінки найкращим виявився зразок №2 в рецептурі якого вміст *Chlorella vulgaris* становив 3%. Найгіршим – зразок №3 до рецептури

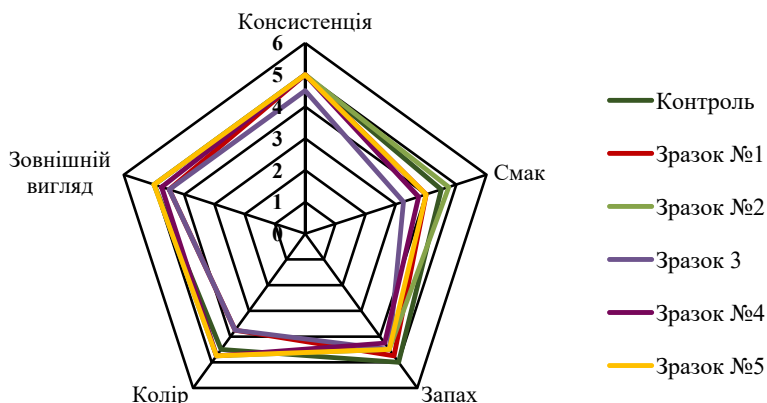


Рис. 1. Профілограма органолептичної оцінки розроблених зразків

якого було введено *Spirulina platensis* в кількості 1,5 %, за смаком та кольором його бали суттєво нижчі за інші експериментальні зразки (рис. 1).

Для розрахунку біологічної цінності розроблених напівфабрикатів було взято дані FAO/ВОЗ (2011 року), щодо еталонного значення незамінних амінокислот. Розрахунковим методом було визначено амінокислотний скор незамінних амінокислот відносно кожного зразка, коефіцієнти розбалансованості амінокислотного складу, біологічну цінність та індекси незамінних амінокислот (табл. 2).

За амінокислотним складом найкращим виявився зразок №2 в рецептуру якого було введено *Chlorella vulgaris* в кількості 3%. Серед незамінних амінокислот найбільше значення у розроблених напівфабрикатах отримали лізин, лейцин, валін та фенілаланін. Лізин є найважливішою незамінною амінокислотою, впливає на ріст, регулює процеси кровотворення та зберігає імунну систему організму. Лейцин нормалізує діяльність щитоподібної залози та нирок, стимулює розщеплення холестерину. Валін покращує розумову діяльність та працездатність, нормалізує діяльність нервової системи. Фенілаланін покращує пам'ять, увагу та настрій, поліпшує функціонування кровоносної системи. По біологічній цінності зразок №5 не поступався контрольному, а зразки №3 та 4 – перевершували контроль. Індекс не замінних амінокислот був вище у зразках №1 та №2 з використанням хлорели.

Висновки. Мікродорості *Chlorella vulgaris* та *Spirulina platensis* є перспективною сировиною для їх масового використання в різних галузях промисловості і харчові виробництва не є виключенням. Найпростіший спосіб використання мікродоростей у харчових технологіях – це удосконалення звичної для українського споживача продукції шляхом внесення цих суперфудів до її складу. У такий спосіб нами було удосконалено технологію січених напівфабрикатів. Проведено органолептичну оцінку розроблених напівфабрикатів їх харчову та біологічну цінність. Проаналізувавши отримані дані по кожному зразку, найкращим за переважною більшістю показників виявився зразок №2 з використанням *Chlorella vulgaris* в кількості 3 %. Він значно перевищив деякі зразки за органолептичною оцінкою та виявився найзбалансованішим за вмістом незамінних амінокислот. Таким чином, на підставі отриманих даних, доведено, що використання мікродоростей у технології м'ясних напівфабрикатів

Таблиця 2

Біологічна цінність розроблених напівфабрикатів

Амінокислота	ФАО/ВОЗ г/100 г білка (2011)	Контроль (згідно з ДСТУ 4437:2005)		Зразок №1		Зразок №2		Зразок №3		Зразок №4		Зразок №5	
		г/100 г	Амінокислотний СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %	г/100 г	Амінокислот ний СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %	г/100 г	Амінокислотний СКОР, %
Valine	4,0	6,1	152,3	6,4	159,3	6,7	168,5	6,1	151,5	6,1	153,3	6,3	157,5
Isoleucine	3,0	4,9	162,6	5,1	169,7	5,4	179,3	4,9	163,0	5,0	166,0	5,1	169,0
Leucine	6,1	8,4	137,2	8,5	139,5	8,8	143,7	8,3	136,5	8,4	137,9	8,5	139,2
Lysine	4,8	9,0	187,9	9,0	187,5	9,1	189,2	8,7	180,4	8,4	175,4	8,8	183,3
Methionine+ cystine	2,3	3,5	150,8	3,4	149,1	3,4	149,1	3,4	147,8	3,3	146,9	3,4	148,7
Threonine	2,5	5,1	204,8	5,3	212,8	5,6	222,8	5,1	202,0	5,1	202,0	5,2	209,2
Tryptophan	1,0	1,9	189,0	2,0	201,0	2,1	202,0	1,9	187,0	1,8	184,0	2,0	195,0
Phenylalanine+ tyrosine	4,1	6,0	145,1	6,1	148,5	6,3	152,9	5,9	144,4	6,0	144,9	6,1	147,6
Індекс незамінних амінокислот		2,94		3,02		3,11		2,9		2,9		2,98	
Біологічна цінність, %		70,9		68,6		67,7		72,4		74,1		70,5	
Коефіцієнт різниці амінокислотного СКОР (КРАС), %		29,1		31,4		32,3		27,6		25,9		29,5	

є доцільним для покращення показників якості та розширення асортименту без погіршення їх органолептичних властивостей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Prüser, T. F., Braun, P. G., Wiacek, C. (2021). Microalgae as a novel food. Potential and legal framework. *Ernahrungs Umschau*, 68(4), P 78–85.
2. Бахмач В.О., Пешук Л.В., Чернушенко О.О., Савченко А.М., Петренко С.О. Використання інноваційних технологій та компонентів у емульсійних продуктах. *Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів*, 2022, № 1(1363) С. 18–22.
3. Torres-Tijji, Y., Fields, F. J., Mayfield, S. P. (2020). Microalgae as a future food source. *Biotechnol. Adv.*, 41.
4. Andrade, L.M., Andrade, C.J., Dias, M., Nascimento, C.A. O., Mendes, M. A. Chlorella and Spirulina Microalgae as Sources of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements. *MOJ Food Process Technol*, 6(1), 45–58.
5. Adibah, W., Aizuddin, W., et al. Recent advances on microalgae cultivation for simultaneous biomass production and removal of wastewater pollutants to achieve circular economy. *Bioresource Technology*, P. 364.
6. Пешук Л. В., Сімонова І. І. Тренд сучасності – продукція оздоровчого призначення з мікроводорослями. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького*. 2022. Т. 24. №24 (97). С. 33–38.
7. Araújo, R., Vázquez-Calderón, F., Sánchez-López, J., Stefansson, T., Ullmann, J. Current status of the algae production industry in Europe: an emerging sector of the blue bioeconomy. *Front. Mar. Sci.* 7.
8. Camacho, F., Macedo, A., Malcata, F. Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review. *Marine Drugs*, 17(6).
9. Vaz, B., Moreira, J., Morais, M., Costa, J. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Curr Opin Food Sci*, 7: 73-77.
10. Пешук, Л.В., Приходько, Д.Ю. (2022). Сучасні технології використання зелених мікроводоростей у напівфабрикатах. *Scientific Collection «InterConf»*, 297–302.

REFERENCES:

1. Prüser, T. F. & Braun, P. G., Wiacek, C. (2021). Microalgae as a novel food. Potential and legal framework. *Ernahrungs Umschau*, 68(4), 78–85.
2. Bakhmach V.O. & Peshuk L.V., Chernushenko O.O., Savchenko A.M., Petrenko S.O. (2022) Use of innovative technologies and components in emulsion products. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Innovative research in students' scientific works*, 2022, No. 1 (1363) P. 18–22
3. Torres-Tijji & Y., Fields, F. J., Mayfield, S. P. (2020). Microalgae as a future food source. *Biotechnol. Adv.*, P.41.
4. Andrade, L. M. & Andrade, C. J., Dias, M., Nascimento, C. A. O., Mendes, M.A. (2018). Chlorella and Spirulina Microalgae as Sources of Functional Foods, Nutraceuticals, and Food Supplements. *MOJ Food Process Technol*, 6(1), P. 45–58.
5. Adibah, W. & Aizuddin, W., et al. (2022). Recent advances on microalgae cultivation for simultaneous biomass production and removal of wastewater pollutants to achieve circular economy. *Bioresource Technology*, P 364.
6. Peshuk L. V. & Simonova I. I. (2022). Current trend – products for health purposes with microalgae. *Scientific Bulletin of the LNUVMB named after S.Z. Gzytsky*. Vol. 24. No. 24 (97). P. 33–38.

7. Araújo, R. & Vázquez-Calderón, F., Sánchez-López, J., Stefansson, T., Ullmann, J., (2021). Current status of the algae production industry in Europe: an emerging sector of the blue bioeconomy. *Front. Mar. Sci.* 7.
 8. Camacho, F. & Macedo, A., Malcata, F. (2019). Potential Industrial Applications and Commercialization of Microalgae in the Functional Food and Feed Industries: A Short Review. *Marine Drugs*, 17(6).
 9. Vaz, B. & Moreira, J., Morais, M., Costa, J. (2016). Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. *Curr Opin Food Sci*, 7: 73-77.
 10. Peshuk, L.V. & Prykhodko, D.Y. (2022). MODERN TECHNOLOGIES OF USING GREEN MICROALGAE IN SEMI-FINISHED PRODUCTS. Scientific Collection «InterConf», P. 297–302.
-

УДК 543.64.664(075.8)

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.11>

МОНІТОРИНГ БЕЗПЕЧНОСТІ І ЯКОСТІ ВИРОБНИЦТВА КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБІВ

Стукальська Н. М. – кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри технології ресторанної та акорведичної продукції
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0000-0001-6590-7170

Вархол В. О. – магістр
Національного університету харчових технологій
ORCID ID: 0009-0004-1728-3980

Безпечність харчової продукції є необхідною характеристикою, яка не виникає сама, а потребує управління зі сторони організації. Після безлічі інцидентів, пов'язаних з харчовими продуктами, що набули широкого резонансу в пресі та серед споживачів, ще більше уваги приділяється забезпеченню розробки та функціонуванню систем забезпечення безпечності харчових продуктів. Підбір методів для забезпечення харчової безпеки продукції є комплексною проблемою, що передбачає збільшення темпів науково-технічного прогресу, вдосконалення інфраструктури виробництва, планування, організації праці, постійне навчання персоналу.

В сучасному світі ринок кондитерських виробів динамічно розвивається за рахунок широкого асортименту продукції, що пропонується виробниками, появи товарів-новинок та високого попиту. Тому питання дослідження та розробка алгоритму моніторингу безпеки та якості виробництва у закладі ресторанного господарства борошняних кондитерських виробів є вкрай актуальним завданням.

В роботі визначено сфери застосування обраної групи харчової продукції і встановлення вимог щодо її безпечності і якості. Розроблено блок-схему виробництва торту «Медовик» на основі якої авторами було здійснено спробу розробити систему моніторингу якості зберігання сировини, яка використовується для виробництва обраної групи харчової продукції, а також моніторинг підготовки сировини та сам процес виготовлення торту «Медовик».

Встановлено, що під час виробництва борошняних кондитерських виробів з функціональними властивостями визначено три критично контрольні точки, а саме одна на етапі проміжного зберігання продуктів та дві критично контрольні точки на етапі термічних процесів та охолодження і тимчасового зберігання. Тому на даних етапах потрібно акцентувати увагу на контролі проведення операцій.

Ключові слова: моніторинг, кондитерські вироби, безпека, якість, система HACCP, небезпечні чинники.

Varkhol V. O., Stukalska N. M. Safety and quality monitoring of the production of confectionery products.

The safety of food products is a necessary characteristic, as it does not blame itself, but will require management from the side of the organization. After the anonymous incidents related to food products, which caused a wide resonance in the press of the media, even more respect is given to the safety of food products and the functioning of systems for the safety of food products. Piddir methodiv for zabezpechennya zharchovoї produktsії є complex problem, scho zbilshennya zbilshennya tempiv scientic and technichnich progress, infrastruktury virobnistv, planning, organizatsії pratsi, poynе nauchannya personnel.

In today's world, the market for confectionery products is dynamically developing for a wide range of products, which are promoted by brewers, the appearance of new products and high drink. To this end, the development of the algorithm for monitoring the safety and quality of the production of the restaurant state of boron confectionery production is based on current tasks.

The work defines the areas of application of the selected group of food products and establishes requirements for their safety and quality. A block diagram of the production of "Medovik"

cake was developed, on the basis of which the authors attempted to develop a system for monitoring the quality of storage of raw materials used for the production of a selected group of food products, as well as monitoring the preparation of raw materials and the process of making "Medovik" cake itself.

It was established that during the production of flour confectionery products with functional properties, three critical control points are determined, namely one at the stage of intermediate storage of products and two critical control points at the stage of thermal processes and cooling and temporary storage. Therefore, at these stages, it is necessary to focus attention on the control of operations

Key words: monitoring, confectionery, safety, quality, HACCP system, dangerous factors.

Постановка проблеми. Гостинність є одним із фундаментальних понять людської цивілізації, яка в наш час забезпечується такими видами економічної діяльності, як готельне і ресторанне господарство. Ресторанне господарство як специфічна галузь включає в себе підприємства різних форм власності, об'єднані за характером перероблюваної сировини і продукції, що випускається, за організацією виробництва і формами обслуговування населення, за послугами, що надаються. Місія підприємств ресторанного господарства полягає в задоволенні потреб населення в організації харчування та дозвілля за допомогою покупної продукції та власновиготовленої і наданні різноманітних додаткових послуг.

Окрім вищенаведеного, питання безпеки та якості харчової продукції є необхідною вимогою, незалежно від потужності підприємства чи форми власності закладу ресторанного господарства. Тому, задля забезпечення стабільних показників якості та гарантування безпеки потребується розробка та запровадження комплексних систем моніторингу виробництва. Такою системою є НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points), що ґрунтується на аналізі небезпечних чинників виробничого процесу та є визнаною у всьому світі найбільш дієвою системою моніторингу безпеки та якості харчової продукції.

Система НАССР – це дієвий інструмент управління безпечністю харчових продуктів, в основі якого лежить аналіз небезпечних чинників та контроль у критичних точках. Ця система ідентифікує, оцінює і контролює небезпечні чинники, що є визначальними для безпечності харчових продуктів. Вона використовується для забезпечення безпечності харчових продуктів протягом усього ланцюга виробництва й реалізації харчового продукту [1, с. 5].

Законодавчо в Україні закріплено обов'язковість застосування системи НАССР на підприємствах, що спеціалізуються на випуску харчової продукції та у закладах ресторанного господарства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика дослідження розвитку кондитерської галузі є предметом наукового інтересу низки вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як Дорохович А.М., Дорохович В.В., Камєнева Р.С., Мардар М.Р., Наумова М.А., Новікова Н.В., Павук М.В., Сердюк Л.В., Тарасенко І.В., Тичинська А.І. та ін. [2 –7]. Проте окремі питання, а саме визначення етапів моніторингу безпеки та якості виробництва борошняних кондитерських виробів у закладах ресторанного господарства на даний час майже де висвітлені в науково-технічній літературі. Тому розгляд та аналіз даного питання є актуальною задачею на сьогоднішній день.

Метою дослідження є розроблення системи моніторингу безпеки та якості виробництва борошняних кондитерських виробів з функціональними властивостями в закладах ресторанного господарства на прикладу торту «Медовик».

Для досягнення мети поставлено низку завдань, а саме: здійснення аналізу основних етапів виробництва торту «Медовик», встановлення вимог щодо безпечності та якості сировини; розробка системи моніторингу безпеки та якості виробництва

та санітарно-гігієнічного стану виробництва торту «Медовик»; впровадження контрольних заходів дієвості розробленої системи.

Виклад основного матеріалу. Для розроблення системи моніторингу потрібно визначити сферу застосування кондитерських виробів з функціональними властивостями, а також встановити вимоги до їх безпечності та якості.

У сьогоdnішніх реаліях великим викликом для закладів є потенційні споживачі, які мають непереносимість лактози, до того ж є люди, які самостійно від неї відмовляються [7]. Дана ситуація є актуальною задачею розробки борошняних кондитерських виробів з використанням безлактозної продукції у закладах ресторанного господарства. Також дані вироби не повинні поступається за якісними та смаковими властивостями традиційних кондитерських виробів.

Важливим етапом впровадження системи управління безпечністю виробництва торту «Медовик» з функціональними властивостями є розроблення програм-передумов, що базуються на аналізі належної виробничої та гігієнічної практики (GMP і GHP). Крім вимог санітарних норм і правил необхідно враховувати вимоги таких належних практик, як GMP (належна виробнича практика) і GHP (належна гігієнічна практика).

Для аналізу небезпечних чинників і встановлення контрольних критичних точок побудовано блок-схему виробничого процесу (рис. 1).

Торт «Медовик» вдосконалюється за рахунок заміни цукру стевією та меду квіткового, замість яєць використовується бананове пюре та пюре топінамбуру, а замість пшеничного борошна використовували суміш кокосового та рисового борошна. Розроблена рецептура торта з функціональним призначенням, є безпечною, так як використана сировина має відповідну нормативну документацію, що підтверджує якість сировини та її пакувальних матеріалів, тобто має підстави гарантувати відповідну якість потенційним споживачам.



Рис. 1. Блок-схема виробництва торта «Медовик»

Проаналізувавши блок схему виготовлення торта «Медовик», можна виділити 4 основних етапи: приймання сировини, зберігання її, приготування та безпосередньо реалізація.

Кожен етап необхідно перевірити на наявність потенційних факторів, що можуть впливати на якість та безпечність готової продукції. Проте, аналіз небезпечних чинників поєднує в собі ідентифікацію небезпечних чинників та їх оцінювання. Слід урахувати всі реальні або потенційні небезпеки, які можуть виникати в кожному інгредієнті чи на кожному етапі технологічного процесу.

Першим етапом розроблення системи моніторингу є встановлення критичних контрольних точок (ККТ) на етапі приймання сировини. Для даного встановлення ККТ використаний алгоритм «дерево прийняття рішень».

Отримані результати проведення такого аналізу представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Встановлення критичних контрольних точок на етапі приймання сировини

Назва продукту	Позначення ідентифікованої небезпеки	Найменування ідентифікованої небезпеки	Відповіді на запитання «дерева прийняття рішень»				Номер ККТ
			№1 Чи і є можливим на даному чи наступному етапі попереджувальні дії для цього небезпечного чинника?	№2 Чи може даний етап зменшити рівень небезпечного чинника до допустимого?	№3 Чи можливість на даному етапі появи небезпечного чиннику або збільшення його до недопустимого рівня	№4 Чи гарантує наступний етап уникнення небезпечного чинника	
1	2	3	4	5	6	7	8
Кокосові продукти	Б	Патогенні мікроорганізми, в т. ч. Salmonella, Listeria monocytogenes, E. coli O 157: H7; Умовнопатогенні St. aureus	Так	Ні	Так	Так	—
	Х	Токсичні елементи, радіонукліди, пестициди, антибіотики, мікотоксини, сірчистий ангідрид, діоксини	Так	Ні	Ні	—	—
	Ф	Механічні домішки	Так		Так		—

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8
Бананове пюре, пюре топінамбура	Б	Патогенні мікроорганізми, в т. ч. <i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> O 157: H7; Умовнопатогенні <i>St. aureus</i>	Так	Так	так	так	—
	Х	Токсичні елементи, радіонукліди, пестициди, антибіотики, мікотоксини, сірчистий ангідрид, діоксини	Так	Ні	Ні	—	—
	Ф	Механічні пошкодження	Так	Так	Так	Ні	—
Мед квітковий	Б	Патогенні мікроорганізми, в т. ч. <i>Salmonella</i> , <i>Listeria monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> O 157: H7; Умовнопатогенні <i>St. aureus</i>	Так	—	Так	—	—
	Х	Токсичні елементи, радіонукліди, пестициди, антибіотики, мікотоксини, сірчистий ангідрид, діоксини	Так	Ні	Ні	—	—
	Ф	Механічні домішки	Так	—	Так	—	—

У результаті застосування алгоритму «дерева прийняття рішень» було встановлено, що на етапі приймання сировини критичні контрольні точки не виявлено, тому небезпечні чинники можна контролювати за допомогою програми-передумови «Специфікації (вимоги) до сировини та контроль за постачальниками».

Другим етапом проведення моніторингу – це визначення небезпечних чинників на етапі проміжного зберігання та підготовки сировини до безпосереднього приготування торта. При аналізі можливих ККТ проведений аналогічний

процес визначення за допомогою «дерева прийняття рішень». Отримані результати заповнено у таблиці 2.

Провівши аналіз небезпечних чинників на етапі проміжного зберігання продуктів було зроблено висновок, що потенційні небезпеки є важливими, також вони є суттєвими для контролю за якістю. Тому на даному етапі була виявлена перша ККТ.

Етап виробництва продукції є одним з головним при дослідженні небезпечних факторів, так як має найбільшу кількість нюансів, які можуть стати причиною виникнення небезпек.

Тому наступним етапом є визначення, які небезпечні чинники можна контролювати за допомогою програм-передумов, а які за допомогою ККТ, отримані далі оформлені у вигляді таблиці 3.

Аналізуючи табличні дані, можна побачити, що дві ККТ з'явилися на етапі термічних процесів та охолодження і тимчасового зберігання. Тому на даних етапах потрібно акцентувати увагу на контролі проведення операцій.

При розробленні запобіжних дій на даному етапі потрібно відзначити, що потрібно суворо контролювати температурні режими приготування та зберігання

Таблиця 2

Встановлення критичних контрольних точок на етапі проміжного зберігання сировини

Назва етапу	Позначення ідентифікованої небезпеки	Найменування ідентифікованої небезпеки	Відповіді на запитання «дерева прийняття рішень»				Номер ККТ
			№1 Чи і є можливим на даному чи наступному етапі попереджувальні дії для цього небезпечного чинника?	№2 Чи може даний етап зменшити рівень небезпечного чинника до допустимого?	№3 Чи можливість на даному етапі прояви небезпечного чиннику або збільшення його до недопустимого рівня	№4 Чи гарантує наступний етап уникнення небезпечного чинника	
Тимчасове зберігання сировини	Б	Бактерії	Так	Так	–	–	ККТ1
	Х	Окиснення продуктів, аеробні процеси дихання	Так	Так	–	–	
	Ф	Механічні забруднення	Так	Ні	Так	Так	

Таблиця 3

Встановлення критичних контрольних точок на етапі виготовлення продукції

Етап процесу	Позначення ідентифікованої небезпеки	Найменування ідентифікованої небезпеки	Відповіді на запитання «дерева прийняття рішень»				Номер ККТ
			№1 Чи і є можливим на даному чи наступному етапі попереджувальні дії для цього небезпечного чинника?	№2 Чи може даний етап зменшити рівень небезпечного чинника до допустимого?	№3 Чи можливість на даному етапі появи небезпечного чиннику або збільшення його до недопустимого рівня	№4 Чи гарантує наступний етап уникнення небезпечного чинника	
Підготовка продуктів та напівфабрикатів	Б	бактерії, інфекції	Так	Не застосовується	Так	Так. Теплова обробка	ККТ2
	Х	Залишки миючих засобів	Так. Регулярний план миття	Не застосовується	Так	Так. Безпосередній контроль	–
	Ф	Механічні забруднення (скло, пластик, гудзики, волосся), підгорілі частинки продуктів, недоготована сировина	Так. Встановлений план профілактики	Не застосовується	Так	Так. Безпосередній контроль	–
Охолодження та тимчасове зберігання	Б	Розвиток мікроорганізмів	Так. Контроль умов зберігання	Так	–	–	ККТ3
	Х	Залишки миючих засобів		Не застосовується	–	Так. Безпосередній контроль	–
	М	Механічні забруднення (скло, пластик, гудзики, волосся)	Так	Не застосовується	Так	Так. Безпосередній контроль	–

Таблиця 4

План управління безпечністю виготовлення торту «Медовик»

Найменування продукту «Медовик»							
Етап	Небезпечний чинник	№ ККТ	Критична гранична величина для кожної ККТ	Процедура моніторингу ККТ	Коригувальна дія	Протокол НАССР	Відповідальна особа
Тимчасове зберігання продукції	Розвиток патогенних мікроорганізмів	1	Кокосове молоко, Кокосова сметана, кокосовий крем не $\geq +15^{\circ}\text{C}$, вологість не $\geq 70\%$	Постійний контроль зберігання персоналом	Коригування температури, вологості та термінів зберігання продукції, фіксуючи отримані дані	Журнал списання продукції, Журнал контролю умов зберігання Додаток Б.	Комірник
Охолодження та зберігання	Через недотримання температурних режимів відбувається розвиток мікроорганізмів	2	$+2..+4^{\circ}\text{C}$, вологість 75%	Контроль умов охолодження та зберігання	Перевірка температури на вологості у холодній камері	Журнал контролю технологічних режимів	Старший кондитер
Усі етапи виробництва	Забруднення сировини/ продукції через недотримання персоналом правил особистої гігієни	3	Наявність медичних книжок у кожного працівника Заміна масок та рукавичок	Постійний контроль за дотримання персоналом особистої гігієни, карантинних вимог	Контроль дотримання персоналом карантинних вимог та правил особистої гігієни	Журнал заміни масок та рукавичок, Журнал фіксації стану здоров'я персоналу	Менеджер виробництва

продукції, а також особисту гігієну персоналу й чистоту поверхонь, тари, обладнання та додаткового інвентарю, що використовується.

У процесі проведення системи моніторингу безпеки та якості виробництва борошняних кондитерських виробів з функціональними властивостями в закладах ресторанного господарства на прикладі торту «Медовик» було встановлено небезпечні чинники. Тому для контролю дієвості розробленої системи було розроблено корегувальні дії для усіх встановлених ККТ. Розроблений план НАССР, до якого внесені усі визначені небезпечні чинники, граничні показники та встановлені коригувальні дії для всіх ККТ, оформлений у вигляді табл. 4.

Отже, кожна ККТ має критичну граничну величину, зазначену процедуру моніторингу, відповідну коригувальну дію та відповідальну особу.

Висновки та перспективи подальших досліджень. У процесі проведення системи моніторингу безпеки та якості виробництва борошняних кондитерських виробів встановлено небезпечні чинники. Тому в подальшому для контролю дієвості розробленої системи необхідним є розробка корегувальних дії для усіх встановлених критичних контрольних точок. На основі даного аналізу було розроблено план НАССР, до якого внесені усі визначені небезпечні чинники, граничні показники та встановлені коригувальні дії для всіх ККТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Впровадження системи НАССР для операторів ринку харчових продуктів : практичний посібник / за загальною редакцією А.С. Ткаченко. Полтава : ПУЕТ. 2020. 137 с.
2. Дорохович А.М. Створення харчових продуктів спеціального призначення – актуальна проблема сучасності, вклад кондитерів НУХТ в її рішення. НУХТ. 2016. С. 244–297.
3. Тарасенко І.В., Дорохович В.В. Нетрадиційні види борошна при виготовленні вафельних листів для хворих на целіакію. *Харчова і переробна промисловість*/ 2014. № 5. С. 18–19.
4. Новікова Н.В., Каменєва Р.С. Технологічні підходи до підвищення харчової та біологічної цінності вафельних тортів. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень*. 2020. № 1. С. 114–115.
5. Павук М.В. Збагачення вафельних напівфабрикатів біологічно цінною рослинною сировиною. *Наукова конференція студентів*. 2017. С. 255.
6. Сердюк Л.В, Мардар М.Р. Аналіз українського ринку кондитерських виробів. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. ХДТУСГ*. Харків, 2006. С. 248–253.
7. Тичинська А.І. Наумова М.А. Дослідження ринку кондитерських виробів України. *Вісник студентського наукового товариства ДонНУ імені Василя Стуса*. 2019. 1(9). 122–126.
8. Кондитерська промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. : О.В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ. 2018. 158 с.

REFERENCES:

1. A. S. Tkachenko (Ed.). (2020). Implementation of the HACCP system for operators in the market of grubs. PUET.
2. Dorokhovych, A.M. (2016) Stvorennia kharchovykh produktiv spetsialnoho pryznachennia – aktualna problema suchasnosti, vklad kondyteriv NUKhT v yirishennia. [Creation of foodstuff of a special purpose – an actual problem of the present, the contribution of NUHT confectioners to its decision]. NUHT [in Ukrainian].

3. Novikova, N.V. & Kameneva, R.S. (2020) Tekhnolohichni pidkhody do pidvyshchennia kharchovoi ta biolohichnoi tsinnosti vafelnykh tortiv [*Technological approaches to increase the nutritional and biological value of waffle cakes*]. *Tradytsiini ta innovatsiini pidkhody do naukovykh doslidzhen – Traditional and innovative approaches to research*, 1, 114–115 [in Ukrainian].

4. Pavuk, M.V. (2017) Zbahachennia vafelnykh napivfabrykativ biolohichno tsinnoiu roslynnoi syrovynoiu [*Enrichment of waffle semi-finished products with 27 Kharchov technologies biologically valuable vegetable raw materials*]. *Naukova konferentsiia studentiv – Scientific conference of students*. 2 55 [in Ukrainian].

5. Serdyuk L.V. & Mardar M.R. (2006) Analiz ukrainskoho rynku kondyterskykh vyrobiv. *Prohresyvnii tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli* [*Analysis of the Ukrainian confectionery market. Progressive equipment and technologies of food production, restaurant business and trade*]. Kharkiv. [in Ukrainian].

6. Tarasenko, I.V. & Dorokhovych, V.V. (2014) Netradytsiini vydy boroshna pryvyhotovlenni vafelnykh lystiv dlia khvorykh na tseliakiiu [*Unconventional types of flour in the manufacture of waffle sheets for patients with celiac disease*]. *Kharchova i pererobna promyslovist – Food and processing industry*, 5, 18–19 [in Ukrainian].

7. Tychynska A.I. & Naumova M.A. (2019) Doslidzhennia rynku kondyterskykh vyrobiv Ukrainy [Research of the confectionery market of Ukraine]. *Visnyk studentskoho naukovoho tovarystva DonNU imeni Vasylia Stusa – Bulletin of the Student Scientific Society of Don NU named after Vasyl Stus*. 1 (9). 122–126 [in Ukrainian].

8. Olabodi, O.V. (Ed.). (2018). Confectionery industry: traditions and innovations. *Vitchiznyany and svitovy dosvid : sci.-dop. bibliogr. show National un-t grub. technol., Sci.-tech. b-ka*.

УДК 504.4:062.2

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.12>

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТРЕНДІВ У ВИРОБНИЦТВІ БЕЗАЛКОГОЛЬНИХ НАПОЇВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Тищенко В. І. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій і безпеки харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0001-8149-4919

Божко Н. В. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри технологій і безпеки харчових продуктів
Сумського національного аграрного університету
ORCID ID: 0000-0001-6440-0175

Одним із напрямків здорового харчування є розробка і впровадження технологій функціональних продуктів. Виробництво функціональних напоїв вважається одним із найбільш ефективних засобів покращення харчового статусу людини. Функціональні напої визнані найперспективнішою харчовою системою для збагачення організму людини вітамінами, мінеральними речовинами, антиоксидантами, та іншими біологічно активними речовинами. Метою дослідження був аналіз сучасних інноваційних трендів у розробці безалкогольних напоїв. Встановлено, що на сьогоднішній день основною тенденцією розвитку ринку безалкогольних напоїв є розроблення і впровадження технологій на основі екстрактів різноманітної рослинної сировини. Дикорослі і культурні рослини є джерелом багатьох біологічно активних речовин, використання яких дозволяють отримати продукцію оздоровчого спрямування із нутрицевтичними властивостями. Серед нетрадиційних видів рослинної сировини, що застосовується для виробництва напоїв, відмічено корінь солодки, екстракти шипшини, чорноплодної горобини, гльоду, меліси, айру, журавлини, кульбаби лікарської, м'яти, ехінацеї, полину лимонного, з квітами календули, з квітами ромашки та листям кропиви, полинь, чорницю, деревій звичайний, лимони. Перспективним є не тільки використання у технології безалкогольних напоїв екстрактів ягід та плодів, але і вегетативних частин рослин. Досліджено, що стебла і листя малини та полуниці багаті на фенольні сполуки, екстракти з листя та навколоплідних шкірок волоського горіху застосовуються як сировина для отримання концентрованої основи для безалкогольних напоїв. Розробка технологій безалкогольних напоїв орієнтується на підвищення біологічної цінності і формування функціональності продукції за рахунок додавання рослинних екстрактів із різноманітними фармакологічними властивостями.

Ключові слова: функціональні безалкогольні напої, нетрадиційна сировина, рослинні екстракти.

Tischenko V. I., Bozhko N. V. Analysis of current trends in the production of soft beverages using non-traditional vegetable raw materials

One of the directions of healthy nutrition is the development and implementation of technologies of functional products. The production of functional beverages is considered one of the most effective means of improving the nutritional status of people. Functional beverages are recognized as the most promising food system for enriching the human body with vitamins, minerals, antioxidants, and other biologically active substances. The purpose of the study was to analyze modern innovative trends in the development of non-alcoholic beverages. It has been established that today the main trend in the development of the soft drinks market is the development and implementation of technologies based on extracts of various plant raw materials. Wild and cultivated plants are a source of many biologically active substances, the use of which allows to obtain health products with nutraceutical properties. Among the non-traditional types of plant raw materials used for the production of beverages, licorice root, extracts of rose hips, black chokeberry, lemon balm, mountain ash, cranberry, dandelion, mint, Echinacea, lemon worm-

wood, with calendula flowers, with chamomile flowers and nettle leaves, wormwood, blueberries, yarrow, lemons were noted. Not only the use of berry and fruit extracts in the technology of soft drinks, but also the vegetative parts of plants are promising. It has been studied that the stems and leaves of raspberries and strawberries are rich in phenolic compounds, extracts from leaves and pericarps of walnut are used as raw materials for obtaining a concentrated base for soft drinks. The development of soft drink technologies is focused on increasing the biological value and forming the functionality of products due to the addition of plant extracts with various pharmacological properties.

Key words: *functional beverages, nonb-alcogolic devarages, non-traditional raw materials, plant extracts.*

Вступ. Здоров'я нації є важливим елементом національної безпеки, оскільки впливає на загальну фізичну та психічну здатність нації функціонувати та розвиватися, а також є ключовим фактором у забезпеченні національної безпеки від зовнішніх загроз. Крім того, здоров'я нації є важливим фактором у забезпеченні стабільності та безпеки суспільства, і економічного зростання [1]. Стан здоров'я людини на 50% залежить від способу життя, ключовим елементом якого є харчування, що складається із якості і асортименту продукції, яку вона споживає [2].

Постановка проблеми. Основними негативними факторами, пов'язаними із харчуванням, є надмірна або недостатня кількість харчових продуктів, зловживання високоенергетичними продуктами, незбалансованість основних нутрієнтів у раціоні тощо. Наслідками цих негативних факторів є порушення харчового статусу. Крім того, на фоні скорочення споживання біологічно активних речовин постійно зростає вживання насичених жирів, цукру і солі [3, 4]. Повномасштабна агресія росії проти України призвела до погіршення стану здоров'я населення і зруйнувала системи виробництва, переробки та постачання сільськогосподарського продовольства на міжнародний ринок [5]. Тому проблема забезпечення населення якісними та безпечними продуктами харчування є однією з першорядних як для нашої країни, так і для економічно розвинених країн-партнерів, і тих країн, що залежать від українського продовольчого експорту.

Мета дослідження. На основі аналізу доступних літературних джерел дослідити сучасні зарубіжні та вітчизняні інноваційні тренди у розробці безалкогольних напоїв, готових до споживання.

Виклад основного матеріалу. Одним із напрямків здорового харчування є розробка і впровадження технологій функціональних продуктів. Функціональне харчування ґрунтується на введенні в раціон людини продуктів спеціального призначення на постійній основі [6–8].

Завдяки застосуванню інноваційних харчових технологій в Україні поступово розширюється асортимент функціональних, зокрема збагачених, продуктів. До них можна віднести хлібобулочні вироби з додаванням каротиноїдних рослинних добавок, цільного зерна гречки, льону, круасанів і печива з кунжутом [9–13], великий асортимент кисломолочних біопродуктів, що містять пребіотики (злаки, фруктові добавки, харчові волокна) [14–15], і макаронні вироби з морською капустою, овочевими добавками тощо [16–17]. Функціональне харчування також доцільне при поєднанні звичних харчових продуктів із біологічно активними інгредієнтами [18].

Виробництво функціональних напоїв вважається одним із найбільш ефективних засобів покращення харчового статусу людини. Функціональні напої визнані найперспективнішою харчовою системою для збагачення організму людини

вітамінами, мінеральними речовинами, антиоксидантами, та іншими біологічно активними речовинами [19–20].

Ринок харчової продукції показує тенденцію до збільшення сегменту функціональних продуктів харчування. Для цього доволі часто використовують сировину рослинного походження, яка дозволяє підвищити харчову й біологічну цінність продуктів та має лікувально-профілактичні властивості [21].

Аналіз загальної схеми виробництва рослинних напоїв свідчить, що спосіб отримання цільового продукту ґрунтується на екстрагуванні, гомогенізації і пастеризації, що забезпечує стабільність продукту [22–25]. Коригування технологічних параметрів пов'язане з необхідністю блокування чи розщеплення антипоживних речовин [26]. Технологічні операції обробки у слабо лужних розчинах використовуються для ефективності екстракції [24].

Багато харчових і лікарських рослин входять до складу функціональних напоїв. Серед таких рослин корінь солодки (*Radix Glycyrrhizae*) займає лідируюче положення [28]. Корінь солодки містить біологічно активні речовини: гліциризинову кислоту (до 22%), флавоноїди (до 4,0%), вуглеводи (до 20%), органічні кислоти (до 4,6%), мінеральні речовини, вітаміни, пігменти і ін. [29–31]. Терапевтичний ефект препаратів солодки пов'язують з кортикостероїдною дією гліцоретинової кислоти, яка звільняється при гідролізі гліциризинової кислоти. Істотну фармакологічну дію являє собою антиоксидантний ефект солодки, який забезпечується флавоноїдами [32–33]. Автори [34] розробили технологію приготування екстрактів з солодки способом екстрагування за допомогою мацерації водно-спиртовим розчином. Такі напої мають виражену антибактеріальну, імуномодулюючу і антиоксидантну дію [35].

Відомі безалкогольні напої промислового виробництва на основі айру, м'яти, ехінацеї, полину лимонного та інші [36]. Впроваджено технології напоїв з використанням дикорослої пряно-ароматичної сировини місцевого походження з коренем солодки, з квітами календули, з квітами ромашки та листям кропиви [37].

Автори [38–44] досліджували екстрагування біологічно активних речовин різної рослинної сировини для розроблення безалкогольних напоїв оздоровчого призначення.

Були отримані екстракти Asteraceae (*Achillea millefolium* і *Calendula officinalis*) і Lamiaceae (*Melissa officinalis* і *Origanum majorana*) [38]. Встановлено, що рослинні екстракти Lamiaceae мали більший вміст фенолів (та флавоноїдів), ніж екстракти Asteraceae. Екстракти мали високу антиоксидантну активність.

Crataegus spp. (глід) є рослиною з багатим спектром фізіологічно активних сполук. Серед них олігомерні проціанідини, флавоноїди, катехіни та цукри [39]. Авторами [40] було розроблено технологію виготовлення екстрактів з глоду для подальшого використання при розробці безалкогольних напоїв функціонального призначення.

У дослідженнях [41–42] вивчений вплив додавання лікарських рослин, таких як шипшина, чорноплідна горобина, на хімічний склад, антиоксидантну активність та інтенсивність забарвлення готового до вживання напою на основі аронії під час пастеризації та тривалого зберігання. Встановлено, що додавання лікарських рослин збагатило нектар аронії фенольними сполуками та підвищило його антиоксидантну активність до 52%.

Шипшина (*Rosa canina* L.) містить велику кількість фармакологічно активних речовин: флавоноли, каротиноїди, таніни, органічні кислоти. Тому напої на основі шипшини використовуються для лікування розладів нирок, уретри

та вірусних інфекцій, остеоартриту, гіпертонії, імуномодуючих і протидіабетичних, протимікробних засобів тощо. Екстракти шипшини широко використовуються при виробництві безалкогольних напоїв функціональної спрямованості [43].

В роботі [44] запропонована рецептура безалкогольного напою «Тонік - особливий» з різним співвідношенням плодово-ягідних соків та рослинної сировини: полинь, чорниця, деревій звичайний, лимони. Встановлено, що формування органолептичних показників готових напоїв залежить від виду переважаючого плодово-ягідного соку або настоянок з рослинної сировини.

Розроблена [45] технологія харчового напою з екстрактом ехінацеї. Встановлено, що комплексоутворення екстракту ехінацеї з фосфоліпідами підвищувало стабільність і антиоксидантну активність його біоактивних сполук у кислому харчовому напої протягом 30 днів зберігання. В результаті підвищилась біодоступність екстракту ехінацеї у продукті.

Перспективним є не тільки використання у технології безалкогольних напоїв екстрактів ягід та плодів, але і вегетативних частин рослин. Підтверджено [46], що стебла і листя малини та полуниці багаті на фенольні сполуки, кумарини, вітаміни (аскорбінову кислоту та рутин), тому їх доцільно застосовувати як сировину для отримання концентрованої основи для майбутнього напою. Запропоновано рецептуру безалкогольного напою «Зі смаком меду» з підвищеним вмістом біологічно активних сполук. Приготування купажного сиропу проводиться із використанням полісолодового екстракту із листя і гілок малини. Встановлено, що оптимальною дозою внесення екстракту у купажний сироп становить 3,0 мл 1% водного екстракту на 100 мл напою [47].

Розроблена технологія нового ферментованого безалкогольного напою “Журавлина” з використанням зброджувального компоненту біокультури рисового гриба *Oryzomyces indicis* і збагаченого соком журавлини. Цей напій характеризується підвищеною біологічною цінністю і не містить таких екзогенних харчових добавок, як лимонна кислота і консервант – бензоата натрію [48].

Запропонована [49] технологія ферментованих напоїв на основі солодового сусла, збагачених біологічно активними речовинами, органічними кислотами, біофлаваноїдами, вітамінами екстрактів з листя та навколоплідних шкірок волоського горіху. Відмічена стабілізація готового напою від мікробіологічних помутинь і надання напою фармакологічних властивостей.

Розроблено технологію ферментованого напою з використанням кульбаби лікарської (*Taraxacum officinale*), яка є джерелом комплексу біологічно активних речовин [50]. Технологія передбачає одержання екстракту квіток кульбаби лікарської з використанням обробки НВЧ-опроміненням протягом 15 хв. з наступною фільтрацією і пастеризацією при температурі 75 °С протягом 30 хв. Потім готували квасне сусло з вмістом сухих речовин 10%.

Висновки. На сьогоднішній день основною тенденцією розвитку ринку безалкогольних напоїв є розроблення і впровадження технологій на основі екстрактів різноманітної рослинної сировини. Дикорослі і культурні рослини є джерелом багатьох біологічно активних речовин, використання яких дозволяють отримати продукцію оздоровчого спрямування із нутрицевтичними властивостями. Розробка технологій безалкогольних напоїв орієнтується на підвищення біологічної цінності і формування функціональності продукції за рахунок додавання рослинних екстрактів із різноманітними фармакологічними властивостями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Куць, О.І., Куць, Д.О. Продовольчі ресурси – засади здоров'я нації та економічного зростання. *Продовольчі ресурси*, 2019. № 13. С. 248–266.
2. Бомба М.Я., Івашків Л.Я. Здорове харчування як стратегічний ресурс національної безпеки України. *Вісник НАН України*, 2013. № 6. С. 32–41.
3. Гросул В.А., Зубков С.О., Єсінова Н.І. Оцінка стану харчування населення України. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг. 2020. Вип. 1, № 31. С. 125–137.
4. Палапа, Н.В., Дем'янюк, О.С., Нагорнюк, О.М. Продовольча безпека України: стан та актуальні питання сьогодення. *Агроекологічний журнал*, 2022. № 2, С. 34–45.
5. Бойко, В., Бойко, Л. Продовольча безпека та ризики для аграрного виробництва під час війни в Україні. *Економіка та суспільство*, 2022. № 41.
6. Martirosyan, D., Ekblad, M. Functional foods classification system: exemplifying through analysis of bioactive compounds. *Functional Food Science*, 2022. Vol. 2, № 4, pp. 94–123.
7. Martirosyan, D., Lampert, T., Ekblad, M. Classification and regulation of functional food proposed by the Functional Food Center. *Functional Food Science*, 2022. Vol. 2, № 2, pp. 25–46. <https://doi.org/10.31989/ffs.v2i2.890>
8. Корзун, В. Н. Теоретичні основи створення та вживання продуктів спеціального призначення. *Довкілля та здоров'я*, 2009. Вип. 1, № 48, С. 63–68.
9. Павлюк, Р.Ю., Погарська, В.В., Біленко, Л.М., Погарський, О.С., Какадій, Ю. П., Гасанова, А. Е., Стуконоженко, Т. А. Розробка нових видів булочок для сендвічів для оздоровчого харчування вітамінізованих каротиноїдними рослинними добавками. *ScienceRise*, 2017. Вип. 5, № 1 (34), С. 45–51.
10. Медведева, А.О., Антонюк, І.Ю. Булочні вироби з гречаним борошном. In *The 14 th International scientific and practical conference “Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects”*(July 17–19, 2022). MDPC Publishing, Berlin, Germany. 2022. p. 142.
11. Лакіза, О.В., Маслікова, К.П., Іщенко, М.В. Ефективність застосування високобілкових функціональних продуктів у виробництві булочок. *Grain Products and Mixed Fodder's*, 2018. Vol. 18 (2).
12. Mas, A.L., Brigante, F.I., Salvucci, E., Ribotta, P., Martinez, M.L., Wunderlin, D.A., Baroni, M.V. Novel cookie formulation with defatted sesame flour: Evaluation of its technological and sensory properties. Changes in phenolic profile, antioxidant activity, and gut microbiota after simulated gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 2022. Vol. 389, 133122.
13. Sofyaningsih, M., Arumsari, I. The Effect of Chia and Sesame Flour Substitution to Nutrient Content and Sensory Quality of Mini Croissant. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2021. № 9 (1), pp. 34–43.
14. Серенко, А. А., Юдіна, Т.І. Крафтові кисломолочні напої оздоровчого призначення. In *Глобалізаційні виклики розвитку національних економік: тези доповідей II Міжнар. наук.-практ. конф.*(Київ, 19 жовтня 2021 р.) / відп. ред. А.А. Мазаракі. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2021. 584 с.
15. Самілик, М.М., Сюаньсуань, Ц., Болгова, Н.В. (2022). Розширення асортименту кисломолочних напоїв з підвищеною біологічною цінністю. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2022. Вип. 12, Том 1, с. 1–11.
16. Дзюндзя, О.В., Шинкарук, М. В. Вплив овочевих порошків на якість макаронних виробів. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*, 2021. №3, С. 72–78.
17. Горячова, О.О., Назаренко, В.О., Офіленко, Н.О., Котова, З.Я. Сенсорна характеристика цільнозернових та овочевих макаронних виробів. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія: Технічні науки*, 2018. № 1 (85). С. 104–113.

18. Morya, S., Awuchi, C. G., Mena, F. Advanced functional approaches of nanotechnology in food and nutrition. In *Environmental Management Technologies*. 2022. CRC Press. pp. 257–272.
19. Nazir, M., Arif, S., Khan, R. S., Nazir, W., Khalid, N., Maqsood, S. Opportunities and challenges for functional and medicinal beverages: Current and future trends. *Trends in Food Science & Technology*, 2019. Vol. 88, pp. 513–526.
20. Fernandes, C. G., Sonawane, S. K., SS, A. Cereal based functional beverages: A review. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, pp. 914–919.
21. Цебро, А. Д. Вплив технології виробництва на якість та хімічний склад функціональних напоїв на основі рослинної сировини. Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту: Сучасний розвиток технологій тваринництва. Інноваційні підходи в харчових технологіях: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (Біла Церква, 20 жовтня 2022 р.). Біла Церква: БНАУ, 2022. С. 36–37.
22. Hwana H. et al. Recent innovations in processing technologies for improvement of nutritional quality of soymilk. *Cyta – journal of food*. 2021. Vol. 19. № 1. P. 287–303.
23. Kumar A. Sarangapani et al. An overview on ultrasonically treated plant-based milk and its properties – A Review. *Journal of National Institute of Food Technology. Applied Food Research. India*. 2022. Vol. 2. Issues 2. P. 1–7. DOI: 10.1016/j.afres.2022.100130.
24. McClements D.J., Grossmann L. The science of plant-based foods: constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 2021. Vol. 20. P. 4049–4100.
25. Bocker R., Silva E.K. Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. *Future Foods journal*. 2022. Vol. 5. DOI:10.1016/j.fufo.2021.100098
26. Chalupa-Krebzdak S., Long C.J., Bohrer B.M. Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. *Int. Dairy J.*, 87. 2018. P. 84–92.
27. Aydar E.F., Tutuncu S., Ozcelik B. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. *J. Funct. Foods*. 2020. Vol. 70. DOI:10.1016/j.jff.2020.103975.
28. Shen, X.P., Xiao, P.G., Liu, C.X. Research and application of *Radix Glycyrrhizae*. *Asian J. Pharmacodyn. Pharmacokinet*, 2007. Vol. 7, pp. 181–200.
29. Jiang, Y.X., Dai, Y.Y., Pan, Y.F., Wu, X.M., Yang, Y., Bian, K., Zhang, D.D. Total flavonoids from *Radix Glycyrrhiza* exert anti-inflammatory and antitumorigenic effects by inactivating iNOS signaling pathways. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2018. Article ID 6714282. <https://doi.org/10.1155/2018/6714282>
30. Gao, X., Wang, W., Wei, S., Li, W. Review of pharmacological effects of *Glycyrrhiza radix* and its bioactive compounds. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*. 2009. Vol. 34 (21): 2695–700. Chinese. PM ID: 20209894.
31. Yu, P., Li, Q., Feng, Y., Chen, Y., Ma, S., Ding, X. Quantitative Analysis of Flavonoids in *Glycyrrhiza Uralensis* Fisch by ¹H-qNMR. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2021.
32. Li, N., Zhou, T., Wu, F., Wang, R., Zhao, Q., Zhang, J.Q., Ma, B.L. Pharmacokinetic mechanisms underlying the detoxification effect of *Glycyrrhizae Radix et Rhizoma* (Gancao): drug metabolizing enzymes, transporters, and beyond. *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology*, 2019. Vol. 15 (2), 2019. 167–177.
33. Xu Fei-Fei, Wang Zi-Lin, Wang Jie, LI Qin-Qing, Tian Ya-Juan, Chu Shi-Feng, He Wen-Bin. Evaluation of Antioxidant and Immunomodulatory Effects of *Radix codonopsis-Poria cocos-Radix glycyrrhizae* Water Extract in Mice with Learning and Memory Impairment. *Modern Food Science & Technology*, 2021. Vol. 37 (1), pp. 7–16.

34. Chang, H.J., Kim, Y.H., Kang, Y.H., Choi, M.H., Lee, J.H. Antioxidant and antibacterial effects of medicinal plants and their stick-type medicinal concentrated beverages. *Food Science and Biotechnology*, 2020. Vol. 29, pp. 1413–1423.
35. Пшеничний, М.С., Куриленко, Ю.М. Екстракти кореня солодки у виробництві функціональних напоїв. Матеріали першої міжнародної науково-практичної конференції «Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії». Том I. Вид. ФОП Гордієнко Є.І., Черкаси, 2017. С. 102–104.
36. Бондарчук, З., Куриленко, Ю., Андронович Г. Використання рослинної сировини як комплекс біологічно активних речовин для напоїв функціонального призначення. *Інновації та технології в сфері послуг і харчування*, 2022. № 2(6), 38–43.
37. Дібровська Н.В. Технологія холодних напоїв із дикорослою сировиною оздоровчого призначення. *Вісник Національного університету ХПІ. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях*. 2012. № 26. С. 164–168.
38. García-Risco, M.R., Mouhid, L., Salas-Pérez, L., López-Padilla, A., Santoyo, S., Jaime, L., Fornari, T. Biological activities of Asteraceae (*Achillea millefolium* and *Calendula officinalis*) and Lamiaceae (*Melissa officinalis* and *Origanum majorana*) plant extracts. *Plant foods for human nutrition*, 2017. Vol. 72, 96–102.
39. Nunes MA, Rodrigues F, Alves RC, Oliveira MBPP. Herbal products containing *Hibiscus sabdariffa* L., *Crataegus* spp., and *Panax* spp.: Labeling and safety concerns, *Food Research International*, 2017. 100(Pt 1):529-540. doi: 10.1016/j.foodres.2017.07.031.
40. Ясінська І.Л., Іванова В.Д. Безалкогольні сокові напої антиоксидантної дії з фіто екстрактами. *Наукові праці ОНАХТ* 2013. Вип. 44, т. 2. С. 55–58.
41. Habschied, K., Nišević, J., Krstanović, V., Lončarić, A., Valek Lendić, K., Mastančević, K. Formulation of a Wort-Based Beverage with the Addition of Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Juice and Mint Essential Oil. *Applied Sciences*, 2023. Vol. 13(4), 2334.
42. Teneva, D., Pencheva, D., Petrova, A., Ognyanov, M., Georgiev, Y., Denev, P. Addition of medicinal plants increases antioxidant activity, color, and anthocyanin stability of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) functional beverages. *Plants*, 2022. Vol. 11(3), 243.
43. Maleš, I., Pedisić, S., Zorić, Z., Elez-Garofulić, I., Repajić, M., You, L., Dragović-Uzelac, V. The medicinal and aromatic plants as ingredients in functional beverage production. *Journal of Functional Foods*, 2022. Vol. 96, 105210.
44. Довженко, І.С., Чепурна, О.Л. Удосконалення технології безалкогольних напоїв з використанням нетрадиційної сировини. Матеріали четвертої міжнародної науково-практичної конференції «Інтеграційні та інноваційні напрями розвитку харчової індустрії». Вид. ФОП Гордієнко Є.І., Черкаси, 2020. С. 139.
45. Molaveisi, M., Noghabi, M. S., Parastouei, K., Taheri, R. A. Fate of nanophytosomes containing bioactive compounds of Echinacea extract in an acidic food beverage. *Food Structure*, 2021. № 27, 100177.
46. Buricova, L., Andjelkovic, M., Cermakova, A., Reblova, Z., Jurcek, O., Kolehmainen, E., Kvasnicka, F. Antioxidant capacities and antioxidants of strawberry, blackberry and raspberry leaves. *Czech Journal of Food Sciences*, 2011. № 29 (2), p. 181.
47. Романова З.М., Косоголова Л.О. Особливості технології напоїв з нетрадиційної сировини. *Проблеми екологічної біотехнології*, 2013. №1, с. 1–11.
48. Завгородня, В. М. Функціональні напої спрямованої дії на основі натуральної сировини. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, 2009. № (11), С. 30–34.
49. Прибильський, В. Л., Мельник, І. В., Омельчук, С. В. Використання нетрадиційної рослинної сировини в технологіях ферментованих напоїв. *Харчова наука та технологія*, 2014. № 3(28). С. 47–51.

50. Косоголова, Л., Гаркава, К., Яблонська, К. Розробка ферментованого напою функціонального призначення на основі рослинної сировини. Збірник тез доповідей V міжнародної науково-технічної конференції “Стан і перспективи харчової науки та промисловості”, 11–12 жовтня 2019 року. Тернопіль, 2019. С. 140.

REFERENCES:

1. Kuts, O.I., Kuts, D.O. (2019) Prodovolchi resursy – zasady zdorovia natsii ta ekonomichnoho zrostantia [Food resources are the foundations of a nation's health and economic growth]. *Prodovolchi resursy*, no. 13., pp. 248–266.
2. Bomba M.I., Ivashkiv L.I. (2013). Zdrove kharchuvannia yak strateichnyi resurs natsionalnoi bezpeky Ukrainy [Healthy nutrition as a strategic resource of Ukraine's national security]. *Visnyk NAN Ukrainy*, no 6., pp. 32–41.
3. Hrosul V.A., Zubkov S.O., Yesinova N.I. (2020). Otsinka ctanu kharchuvannia naselennia Ukrainy. [Evaluation of the nutrition state of the population of Ukraine]. *Ekonomichna stratehiia i perspektyvy rozvytku sfery torhivli ta posluh*. Vol. 1, no. 31, pp. 125–137.
4. Palapa, N.V., Demianiuk, O.S., Nahorniuk, O.M. (2022). Prodovolcha bezpeka Ukrainy: stan ta aktualni pytannia sohodennia [Food security of Ukraine: current state and current issues]. *Ahroekolohichni zhurnal*. Vol. 2, pp. 34–45.
5. Boiko, V., Boiko, L. (2022). Prodovolcha bezpeka ta ryzyky dlia aharnoho vyrobnytstva pid chas viiny v Ukraini [Food security and risks for agricultural production during the war in Ukraine]. *Ekonomika ta suspilstvo*, vol. 41, pp. 8–13.
6. Martirosyan, D., Ekblad, M. (2022). Functional foods classification system: exemplifying through analysis of bioactive compounds. *Functional Food Science*, vol. 2, no. 4, pp. 94–123.
7. Martirosyan, D., Lampert, T., Ekblad, M. (2022). Classification and regulation of functional food proposed by the Functional Food Center. *Functional Food Science*, vol. 2, no. 2, pp. 25–46. <https://doi.org/10.31989/ffs.v2i2.890>
8. Korzun, V. N. (2009). Teoretychni osnovy stvorennia ta vzhivannia produktiv spetsialnoho pryznachennia [Theoretical foundations of creation and use of special purpose products]. *Dovkillia ta zdorovia*, vol. 1, no 48, pp. 63–68.
9. Pavliuk, R.Yu., Poharska, V.V., Bilenko, L.M., Poharskyi, O.S., Kakadii, Yu.P., Hasanova, A.E., Stukonozhenko, T.A. (2017). Rozrobka novykh vydiv bulochok dlia sendvichiv dlia ozdorovchoho kharchuvannia vitaminizovanykh karotynoidnymi roslinnymi dobavkami [Development of new types of sandwich buns for healthy nutrition fortified with carotenoid plant supplements]. *ScienceRise*, vol. 5, no. 1 (34), pp. 45–51.
10. Medvedieva, A.O., Antoniuk, I.Yu. (2022). Bulochni vyroby z hrechany m boroshnom [Bakery products with buckwheat flour]. *Proceedings of the 14 th International scientific and practical conference “Modern scientific research: achievements, innovations and development prospects”*(Germany, Berlin July 17–19, 2022). Berlin: MDPC Publishing, p. 142.
11. Lakiza, O.V., Maslikova, K.P., Ishchenko, M.V. (2018). Efektyvnist zastosuvannia vysokobilkovykh funktsionalnykh produktiv u vyrobnytstvi bulochok [The effectiveness of the use of high-protein functional products in the production of buns]. *Grain Products and Mixed Fodder's*, vol. 18, no. 2, pp. 23–31.
12. Mas, A.L., Brigante, F.I., Salvucci, E., Ribotta, P., Martinez, M.L., Wunderlin, D.A., Baroni, M.V. (2022). Novel cookie formulation with defatted sesame flour: Evaluation of its technological and sensory properties. Changes in phenolic profile, antioxidant activity, and gut microbiota after simulated gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, vol. 389, 133122.
13. Sofyaningsih, M., Arumsari, I. (2021). The effect of chia and sesame flour substitution to nutrient content and sensory quality of mini croissant. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, vol. 9, no.1, pp. 34–43.

14. Serenko, A.A., Yudina, T.I. (2021). Kraftovi kyslomolochni napoi ozdorovchoho pryznachennia [Craft fermented milk drinks for health purposes]. Proceedings of the Hlobalizatsiini vyklyky rozvytku natsionalnykh ekonomik: tezy dopovidei II Mizhnar. nauk.-prakt. konf.(Ukraine, Kyiv, October 19, 2021). Kyiv: Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t, p. 584.
15. Samilyk, M.M., Siuansuan, Ts., Bolhova, N.V. (2022). Rozshyrennia asortymentu kyslomolochnykh napoiv z pidvyshchenoiu biolohichnoi tsinnistiu [Expansion of the range of fermented milk drinks with increased biological value]. Naukovyi visnyk TDATU, vol. 12, no. 1, pp. 1–11.
16. Dziundzia, O.V., Shynkaruk, M.V. (2021). Vplyv ovochevykh poroshkiv na yakist makaronnykh vyrobiv [The influence of vegetable powders on the quality of pasta products]. Tavriiskyi naukovyi visnyk. Serii: Tekhnichni nauky, no. 3, pp. 72–78.
17. Horiachova, O.O., Nazarenko, V.O., Ofilenko, N.O., Kotova, Z.Ya. (2018). Sensorna kharakterystyka tsilnozernovykh ta ovochevykh makaronnykh vyrobiv [Sensory characteristics of whole grain and vegetable pasta products]. Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli. Serii: Tekhnichni nauky, vol. 1, no.85, pp. 104–113.
18. Morya, S., Awuchi, C.G., Menaa, F. (2022). Advanced functional approaches of nanotechnology in food and nutrition. In Environmental Management Technologies. CRC Press., pp. 257–272.
19. Nazir, M., Arif, S., Khan, R.S., Nazir, W., Khalid, N., Maqsood, S. (2019). Opportunities and challenges for functional and medicinal beverages: Current and future trends. Trends in Food Science & Technology, vol. 88, pp. 513–526.
20. Fernandes, C.G., Sonawane, S.K., SS, A. (2021). Cereal based functional beverages: A review. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences, pp. 914–919.
21. Tsebro, A.D. (2022). Vplyv tekhnolohii vyrobnytstva na yakist ta khimichni sklad funktsionalnykh napoiv na osnovi roslynnoi syrovyny [The influence of production technology on the quality and chemical composition of functional drinks based on vegetable raw materials]. Proceedings of the Ahrarna osvita ta nauka: dosiahnennia, rol, faktory rostu: Suchasnyi rozvytok tekhnolohii tvarynnytstva. Innovatsiini pidkhody v kharchovykh tekhnolohiiakh (Bila Tserkva, October 20, 2022). Bila Tserkva: BNAU, pp. 36–37.
22. Hwana H. et al. (2021). Recent innovations in processing technologies for improvement of nutritional quality of soymilk. Cyta – journal of food, vol. 19, no. 1, pp. 287–303.
23. Kumar A. Sarangapany et al. (2022). An overview on ultrasonically treated plant-based milk and its properties – A Review. Journal of National Institute of Food Technology. Applied Food Research, vol. 2, no. 2, pp. 1–7.
24. McClements D.J., Grossmann L. (2021). The science of plant-based foods: constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf., vol. 20, pp. 4049–4100.
25. Bocker R., Silva E.K. (2022). Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. Future Foods journal, vol. 5, pp. 1–8.
26. Chalupa-Krebzdak S., Long C.J., Bohrer B.M. (2018). Nutrient density and nutritional value of milk and plant-based milk alternatives. Int. Dairy J., vol. 87, pp. 84–92.
27. Aydar E.F., Tutuncu S., Ozcelik B. (2020). Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel processes, bioavailability studies, and health effects. J. Funct. Foods, vol. 70, pp. 1–7.
28. Shen, X.P., Xiao, P.G., Liu, C.X. (2007). Research and application of Radix Glycyrrhizae. Asian J. Pharmacodyn. Pharmacokinet, vol. 7, pp. 181–200.
-

29. Jiang, Y.X., Dai, Y.Y., Pan, Y.F., Wu, X.M., Yang, Y., Bian, K., Zhang, D.D. (2018). Total flavonoids from *Radix Glycyrrhiza* exert anti-inflammatory and antitumorigenic effects by inactivating iNOS signaling pathways. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, ID 6714282.
30. Gao, X., Wang, W., Wei, S., Li, W. (2009). Review of pharmacological effects of *Glycyrrhiza radix* and its bioactive compounds. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, vol. 34, no. 21, pp. 2695–700.
31. Yu, P., Li, Q., Feng, Y., Chen, Y., Ma, S., Ding, X. (2021). Quantitative Analysis of Flavonoids in *Glycyrrhiza Uralensis* Fisch by ^1H -qNMR. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, vol. 2021, pp. 1–6.
32. Li, N., Zhou, T., Wu, F., Wang, R., Zhao, Q., Zhang, J. Q., Ma, B. L. (2019). Pharmacokinetic mechanisms underlying the detoxification effect of *Glycyrrhizae Radix et Rhizoma* (Gancao): drug metabolizing enzymes, transporters, and beyond. *Expert Opinion on Drug Metabolism & Toxicology*, vol. 15, no. 2, pp. 167–177.
33. Fei-Fei X., Wang Z., Wang J., L. Qin-Qing, Tian Y., Chu S. (2021). Evaluation of Antioxidant and Immunomodulatory Effects of *Radix codonopsis*-*Poria cocos*-*Radix glycyrrhizae* Water Extract in Mice with Learning and Memory Impairment. *Modern Food Science & Technology*, vol. 37, no. 1, pp. 7–16.
34. Chang, H. J., Kim, Y. H., Kang, Y. H., Choi, M. H., Lee, J. H. (2020). Antioxidant and antibacterial effects of medicinal plants and their stick-type medicinal concentrated beverages. *Food Science and Biotechnology*, vol. 29, pp. 1413–1423.
35. Pshenychnyi, M. S., Kurylenko, Yu. M. (2017). Ekstrakty korenia solodky u vyrobnystvi funktsionalnykh napoiv [Licorice root extracts in the production of functional beverages]. *Proceeding in the Intehratsiini ta innovatsiini napriamy rozvytku kharchovoi industrii* (Cherkasy, 2017). Cherkasy: FOP Hordiienko Ye.I., pp. 102–104.
36. Bondarchuk, Z., Kurylenko, Yu., Andronovych H. (2022). Vykorystannia roslynnoi syrovyny yak kompleks biolohichno aktyvnykh rehovyn dlia napoiv funktsionalnoho pryznachennia [The use of plant raw materials as a complex of biologically active substances for functional beverages]. *Innovatsii ta tekhnolohii v sferi posluh i kharchuvannia*, vol. 2, no.6, pp. 38–43.
37. Dibrovska N. V. (2012). Tekhnolohiia kholodnykh napoiv iz dykorosloiu syrovynoiu ozdorovchoho pryznachennia [Technology of cold drinks with wild raw materials for health purposes]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu KhPI. Serii: Novi rishennia u suchasnykh tekhnolohiiakh*, vol. 26, pp. 164–168.
38. García-Risco, M. R., Mouhid, L., et. al (2017). Biological activities of Asteraceae (*Achillea millefolium* and *Calendula officinalis*) and Lamiaceae (*Melissa officinalis* and *Origanum majorana*) plant extracts. *Plant foods for human nutrition*, vol. 72, pp. 96–102.
39. Nunes M, Rodrigues F, Alves R, Oliveira M. (2017). Herbal products containing *Hibiscus sabdariffa* L., *Crataegus* spp., and *Panax* spp.: Labeling and safety concerns, *Food Research International*, vol. 100, no. 1, pp. 529–540.
40. Yasinska I., Ivanova V. (2013). Bezalkoholni sokovi napoi antyoksydantnoi dii z fito ekstraktamy [Non-alcoholic juice drinks with antioxidant effect with phytoextracts]. *Naukovi pratsi ONAKh*, vol. 44, no. 2, pp. 55–58.
41. Habschied, K., Nišević, J., et al (2023). Formulation of a Wort-Based Beverage with the Addition of Chokeberry (*Aronia melanocarpa*) Juice and Mint Essential Oil. *Applied Sciences*, vol. 13, no. 4, pp. 2334.
42. Teneva, D., Pencheva, D., Petrova, A., Ognyanov, M., Georgiev, Y., Denev, P. (2022). Addition of medicinal plants increases antioxidant activity, color, and anthocyanin stability of black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) functional beverages. *Plants*, vol. 11, no. 3, pp. 243.
43. Maleš, I., Pedisić, S., Zorić, Z., Elez-Garofulić, I., Repajić, M., You, L., Dragović-Uzelac, V. (2022). The medicinal and aromatic plants as ingredients in industrial beverage production. *Journal of Functional Foods*, vol. 96, pp. 105210.

44. Dovzhenko, I.S., Chepurna, O.L. (2020). Udoskonalennia tekhnolohii bezalkoholnykh napoiv z vykorystanniam netradytsiinoi syrovyny [Improving the technology of non-alcoholic beverages using non-traditional raw materials]. Proceeding in the Intehratsiini ta innovatsiini napriamy rozvytku kharchovoi industrii (Ukraine, Cherkasy, 2020). Cherkasy: FOP Hordiienko Ye.I., pp. 139.
45. Molaveisi, M., Noghabi, M. S., Parastouei, K., Taheri, R.A. (2021). Fate of nano-phytosomes containing bioactive compounds of Echinacea extract in an acidic food beverage. *Food Structure*, vol. 27, pp. 100177.
46. Buricova, L., Andjelkovic, M., Cermakova, A., Reblova, Z., Jurcek, O., Kolehmainen, E., Kvasnicka, F. (2011). Antioxidant capacities and antioxidants of strawberry, blackberry and raspberry leaves. *Czech Journal of Food Sciences*, vol. 29, no. 2, pp. 181.
47. Romanova Z.M., Kosoholova L.O. (2013). Osoblyvosti tekhnolohii napoiv z netradytsiinoi syrovyny [Features of the technology of drinks from non-traditional raw materials]. *Problemy ekolohichnoi biotekhnolohii*, vol 1, pp. 1–11.
48. Zavorodnia, V. M. (2009). Funktsionalni napoi spriamovanoi dii na osnovi naturalnoi syrovyny [Functional drinks with targeted action based on natural raw materials]. *Visnyk LTEU. Tekhnichni nauky*, vol. 11, pp. 30–34.
49. Prybylskyi, V.L., Melnyk, I.V., Omelchuk, S.V. (2014). Vykorystannia netradytsiinoi roslynnoi syrovyny v tekhnolohiiakh fermentovanykh napoiv [Використання нетрадиційної рослинної сировини в технологіях ферментованих напоїв]. *Kharchova nauka ta tekhnolohiia*, vol. 3, no. 28, pp. 47–51.
50. Kosoholova, L., Harkava, K., Yablonska, K. (2019). Rozrobka fermentovanoho napoiu funktsionalnogo pryznachennia na osnovi roslynnoi syrovyny [Development of a functional fermented beverage based on vegetable raw materials]. Proceeding in the Stan i perspektyvy kharchovoi nauky ta promyslovosti (Ukraine, Ternopil, October 11–12, 2019). Ternopil, pp. 140.
-

УДК 641.53.094:001.89

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.13>

ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕРМОСТАБІЛЬНОЇ НАЧИНКИ ДЛЯ КУЛІНАРНОЇ І КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Товстоног Д. О. – магістр факультету готельно-ресторанного та туристичного бізнесу імені проф. В. Ф. Доценка

Національного університету харчових технологій

ORCID ID: 0000-0001-5600-1641

Нєміріч О. В. – доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції

Національного університету харчових технологій

ORCID ID: 0000-0002-2849-7501

Мамченко Л. Є. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції

Національного університету харчових технологій

ORCID ID: 0000-0003-2519-043X

Гаєриш А. В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції

Національного університету харчових технологій

ORCID ID: 0000-0001-6474-6803

Наведені результати дослідження функціонально-технологічних властивостей модельних систем, до яких входять такі компоненти як молочний білок (Протеїн молочний 85% POLSERO, «Max Mal Foods»), лямбда каррагінан (E407, «Benosen»), гуміарабік (Фібрезам В, E414, ТОВ «КОМПАНІЯ «УКРХІМСИРОВИНА»», Франція), олія гарбузова та виготовлення на їх базі термостабільної начинки з додаванням порошку гарбуза та супутніх компонентів. Як контроль обрано термостабільну начинку, що містила в складі цукор білий, крохмальну патоку, лимонну кислоту, гідролізоване морквяне пюре, яблучний пектин зі ступенем етерифікації 31–36% і цитрат кальцію. Одним зі шляхів розроблення інноваційної технології обрано компоненти: молочний білок, лямбда каррагінан, фруктоза, гарбузова олія та гарбузовий порошок. Розроблено модельні системи та досліджено їх властивості. Аналізуючи модельні системи з різними концентраціями та співвідношеннями компонентів між собою, було виявлено найбільш вдалі комбінації, що описані нижче, та серед них обрана та варіація, що є найбільш успішною. Проведено аналіз мікроструктури модельних систем, їх органолептичний аналіз та оцінку. Проведено дослідження щодо седиментаційної здатності модельних систем, агрегатованої стійкості, можливості до адгезії та в'язкості модельних систем. Досліджено вплив молочного білку та гуміарабіку на органолептичні та фізико-хімічні показники якості термостабільної начинки. Поліпшено функціональність термостабільної начинки. Таким чином встановлено, що модельна система номер 1 показує найкращий результат у кожному з дослідів, через що є можливість отримати термостабільну начинку, що виконує всі поставлені задачі та відповідає необхідним вимогам, зважаючи на пропорції вхідних компонентів модельних систем та робочих температур при тепловій обробці. Доведено влучність вибору компонентів та їх поєднання у інноваційній рецептурі.

Ключові слова: термостабільні начинки, молочний білок, гуміарабік, лямбда каррагінан, олія гарбуза.

Tovstonoh D. O., Niemirich O. V., Mamchenko L. E., Havrysh A. V. Functional and technological properties of thermostable filling for culinary and confectionery products

The results of the study of functional and technological properties of model systems, which include such components as milk protein (milk protein 85% POLSERO, "Max Mal Foods"), lambda carrageenan (E407, "Benosen"), gum arabic (Fibregam B, E414, LLC) "UKRHIMSY-ROVINA COMPANY", France), pumpkin oil and production of heat-stable fillings based on them with the addition of pumpkin powder and related components. As a control, a heat-stable filling containing white sugar, starch molasses, citric acid, hydrolyzed carrot puree, apple pectin with a degree of esterification of 31–36% and calcium citrate was chosen. The components: milk protein, lambda carrageenan, fructose, pumpkin oil and pumpkin powder were chosen as one of the ways of developing innovative technology. Model systems were developed and their properties were investigated. Analyzing model systems with different concentrations and ratios of components among themselves, the most successful combinations described below were found, and the most successful variation was selected among them. An analysis of the microstructure of model systems, their organoleptic analysis and evaluation was carried out. Experiments were conducted on the sedimentation capacity of model systems, aggregate stability, adhesion and viscosity of model systems. The effect of milk protein and gum arabic on the organoleptic and physicochemical quality indicators of the thermostable filling was investigated. The functionality of the thermostable filling has been improved. Thus, it was established that the model system number 1 shows the best result in each of the experiments, due to which it is possible to obtain a thermostable filling that fulfills all the tasks and meets the necessary requirements, taking into account the proportions of the input components of the model systems and operating temperatures during heat treatment. The correctness of the choice of components and their combination in an innovative recipe has been proven.

Key words: thermostable fillings, milk protein, gum arabic, lambda carrageenan, pumpkin oil.

Постановка проблеми. Якість продукції та послуг в закладах ресторанного господарства тримає першість серед інших параметрів для більшості гостей. Різні начинки все частіше входять до денного раціону людей, вони зустрічаються у величезному спектрі страв та виробів, в тому числі й тих, що проходять певну термічну обробку. Саме для таких страв та виробів має місце властивість начинок до термостабільності, тобто збереження базових органолептичних параметрів (а в першу чергу, консистенції та (або) структури) за дії високих (більше 100 °C) та низьких (менше 0°C) температур. Проблемою є недостатня термостабільність начинок. Наявність термостабільних властивостей дозволяє більш точно контролювати технологічний процес та робити його максимально передбачуваним через виключення певного ряду потенційно небезпечних факторів [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Здійснено огляд та аналіз інформації щодо асортименту, технологічних особливостей та функціональних характеристик термостабільних начинок з метою пошуку можливих проблем та напрямів для розвитку та покращення наявних рецептур. Таким чином виявлено, що асортимент наявних термостабільних начинок є недостатнім або потребує удосконалення. Обрано базову рецептуру термостабільної начинки [2] та підібрано новий склад компонентів, що дозволяє термостабільній начинці вийти на новий рівень як за органолептичними показниками та властивістю термостабільності, так і за її корисністю для вживання в базовому раціоні людини.

Компоненти, що входять до складу досліджуваної термостабільної начинки:

порошок з гарбуза – за своїм складом являє собою унікальний вуглеводно-мінерально-вітамінний комплекс, насичений харчовими волокнами, вітамінами груп А, В, С, F, Н, К і РР, сполуками заліза, фосфору, цинку, калію і міді, а також біофлавоноїдами, кукурбітином (рідкісна амінокислота, інгібітор декарбоксилази гістидину, таким чином зменшуючи вміст гістаміну в тканинах), хлорофілу, фолієвої кислоти. Також порошок з гарбуза є цінним джерелом жирних кислот омега-3 [3].

Пектин має важливі біологічні властивості, які зумовлені наявністю вільних карбоксильних та гідрокарбоксильних груп галактуронової кислоти, зв'язує важкі метали, в тому числі радіонукліди, з утворенням нерозчинних комплексів, які виводяться з організму.

Фруктоза використовується у вигляді підсолоджувача, через її синергетичну дію з іншими підсолоджувачами дозволяє додавати в продукти менше цукру (а в даному випадку вона повністю замінює цукор), що дозволяє зробити начинку низькокалорійною. Також вона посилює фруктовий смак (в даному випадку, смак гарбуза).

Фруктоза має високу розчинність при низьких температурах і сильно знижує температуру плавлення своїх розчинів.

Кислота лимонна використовується як підкислювач, а також збільшує термін зберігання начинки за рахунок властивостей антиокислювача та можливості підтримання синергії з іншими антиокислювачами.

Молочний білок – джерело нативного казеїну і сироваткових білків у тому ж відношенні, що і в натуральному в молоці (казеїн 80% і сироватка 20%). Забезпечує виключно однорідну консистенцію з дуже чистим і нейтральним смаком. Містить корисні поліпептиди і білкові фракції, такі як: бета-лактоглобулін, альфа-лактальбумін, сироватковий альбумін, імуноглобуліни, лактоферин і лактопероксидазу, а також антиоксиданти і компоненти з імуностимулюючими властивостями. Молочний білок повільно всмоктується в шлунок, що гарантує швидку доставку амінокислот в м'язи протягом довгого періоду часу [4].

Гуміарабік легко розчиняється навіть у холодній воді з утворенням клейкого слабкого розчину. Використовується для надання начинці еластичності, надає блиску та однорідності. Гуміарабік дозволяє підвищити стійкість емульсій, зменшити утворення грудок і піни, запобігти цукроутворенню, не сильно змінюючи смак продукту. Гуміарабік здатен регулювати точку заморожування, утримувати вологу [5].

Лямбда каррагінан формує гелі в суміші з білками, а не водою; використовується для надання в'язкості начинці. Каррагінан має яскраво виражену біологічно активну дію: антикоагуляційну, антивірусну, антиракову та антивиразкову, виводить з організму важкі метали.

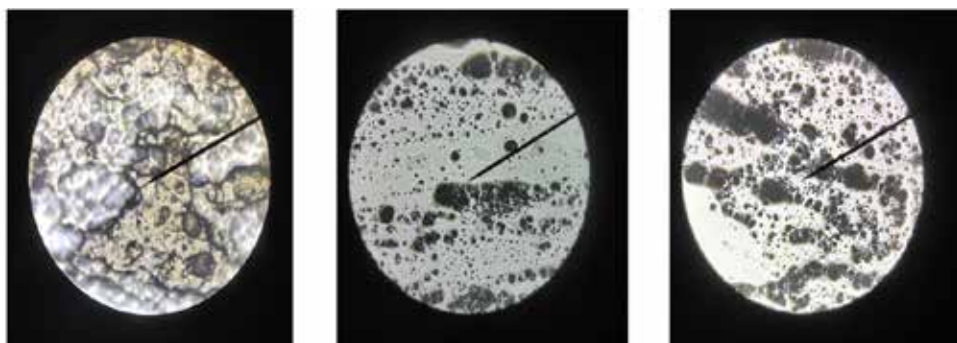
Олія гарбузова містить незамінні ліноленову і лінолеву кислоти, пальмітинову кислоту, що знижує рівень "поганого" холестерину, перешкоджає утворенню згустків на стінках артерій, стеаринову кислоту, що підтримує оптимальний рівень холестерину. Олія гарбузова має високий вміст легкозасвоюваних білків, вітамінів А, Е, F, С, Р, групи В. Наявні мікроелементи представлені цинком, залізом, фосфором, кальцієм, магнієм. Високий вміст цинку сприяє виробленню інсуліну, зміцненню імунітету, оптимальному протіканню обмінних реакцій.

Метою роботи є дослідження функціонально-технологічних властивостей термостабільних начинок для розроблення технології інноваційної термостабільної начинки, додаючи до складу гарбузовий порошок, молочний білок (Протеїн молочний 85% POLSERO «Max Mal Foods»), лямбда каррагінан (E407 «Benosen»), гуміарабік (Фібрегам В, E414, ТОВ «КОМПАНІЯ «УКРХІМСИРОВИНА»», Франція), гарбузову олію, пектин, фруктозу та кислоту лимонну.

Виклад основного матеріалу. За попередніми дослідженнями встановлено властивості простих модельних систем типу молочний білок з водою, молочний білок з олією, гуміарабік з олією. Мікрофотографії результатів цих дослідів показано на рис. 1.

Варіанти модельних систем термостабільних начинок представлені у табл. 1.

Було обрано наведені пропорції компонентів для дослідження.



а - Молочний білок з водою

б - Молочний білок з олією

в – Гуміарабік з олією

Рис. 1. Мікрофотографії модельних систем (x100)

Після виготовлення трьох зразків модельних систем було проведено органолептичний аналіз та оцінку, що представлені у табл. 2 та 3 відповідно.

Таблиця 1

Варіанти модельних систем (М.с.), в %

Сировина	М.с. 1	М.с. 2	М.с. 3
Вода питна	78	75	73
Молочний білок	15	18	20
Лямбда каррагінан	2	2	2
Олія гарбузова	3	3	3
Гуміарабік	2	2	2
Всього	100	100	100

Таблиця 2

Органолептичний аналіз модельних систем

Модельна система	Колір	Аромат	Смак	Консистенція
М.с. 1	Білий, однорідний	Нейтральний	Нейтральний	Однорідна, злегка рідка
М.с. 2	Білий, однорідний, блискучий	Майже нейтральний	Нейтральний	Однорідна, злегка в'язка
М.с. 3	Жовтуватий, блискучий	Нейтральний, але відчувається сторонній запах	Нейтральний, відчувається жир	Однорідна, в'язка

Таблиця 3

Органолептична оцінка модельних систем

Модельна система	Колір	Аромат	Смак	Консистенція	Загальний бал
М.с. 1	4,8	4,2	4,5	4,5	4,5
М.с. 2	4,5	4,5	4,5	4,0	4,38
М.с. 3	4,0	3,9	3,5	4,0	3,85

Таблиця 4

Седиментаційна здатність модельних систем

Модельна система	Вага седиментаційного осаду, мг (Р)					Час осідання, с (Т)				
	P1	P2	P3	P4	P5	T1	T2	T3	T4	T5
М.с. 1	0,08	0,14	0,2	0,26	0,34	10	60	300	600	1200
М.с. 2	0,09	0,15	0,22	0,3	0,36	10	60	300	600	1200
М.с. 3	0,1	0,16	0,24	0,32	0,4	10	60	300	600	1200

Наступним було дослідження седиментаційної здатності модельних систем, результати якого представлені у табл. 4.

Графічно, седиментаційна здатність модельних систем показана на рис. 2.

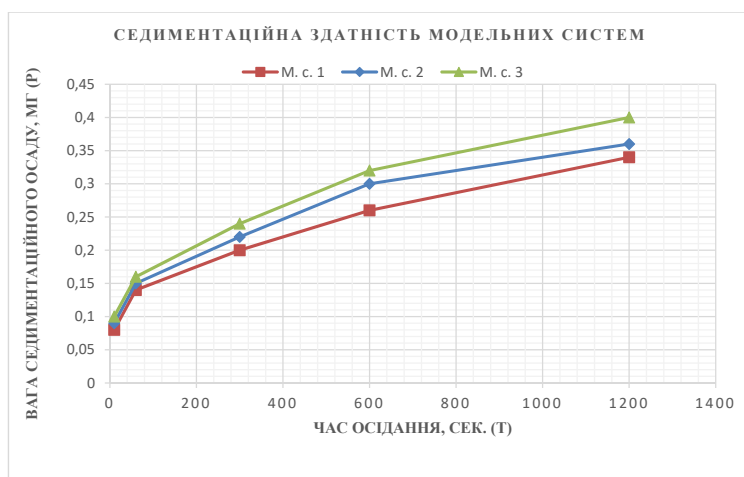


Рис. 2. Седиментаційна здатність модельних систем

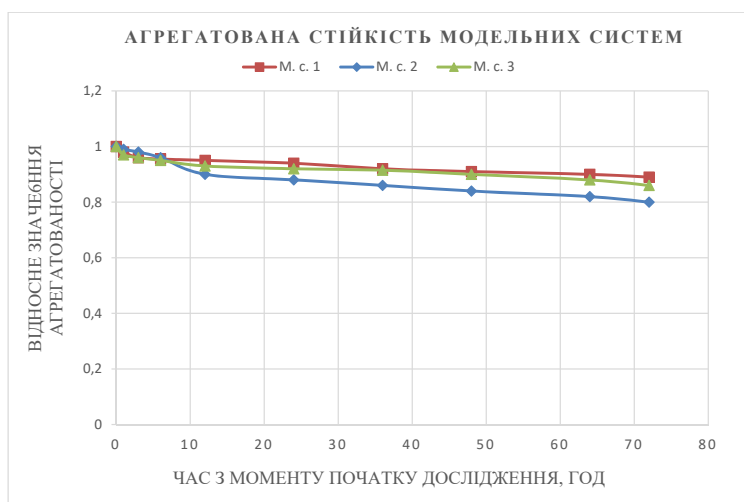


Рис. 3. Агрегативна стійкість модельних систем, відносні одиниці

Встановлено, що найкращу седиментаційну здатність показує модельна система номер 1, вона піддається осіданню найменше та більш рівномірно, протягом досліджуваного часу.

Далі було досліджено агрегатовану стійкість модельних систем, результат якого відображений на рис. 3. Проведено дослідження за період у 3 доби.

Визначено найкращий результат у модельної системи номер 1, що показано найбільш рівномірним графіком, тобто модельна система тримає стабільні значення агрегатованої стійкості, через кращий баланс компонентів.

Наступним етапом було дослідження мікроструктури модельних систем. На табл. 5 показані мікрофотографії трьох досліджуваних модельних систем.

Згідно з наведених мікрофотографій, виявлено більшу однорідність структури у модельної системи номер 1.

Важливим параметром є явище адгезії, адже воно не є бажаним так як збільшує відсоток відходів та знижує ефективність обладнання. Результати досліджень показано у табл. 5.

Таким чином, виявлено найкращий варіант модельної системи під номером 1, що було досягнуто правильно підібраним співвідношенням компонентів один до одного, тож жир та волога добре зв'язані.

Модельні системи були досліджені під впливом різних температур, дані висвітлені у табл. 6.

Враховуючи результати досліджень, виявлено, що обрана модельна система номер один показує найоптимальнішу в'язкість (1200 Па*с), щодо органолептичних характеристик при нагріванні до 83 °С.

Висновки. Таким чином розроблено модельні системи та досліджено їх властивості. Проведено аналіз мікрофотографій модельних систем, їх органолептичний аналіз та органолептичну оцінку. Проведено досліди, щодо седиментаційної здатності модельних систем, агрегатованої стійкості, можливості до адгезії та в'язкості модельних систем. Досліджено вплив молочного білку та гуміарабіку

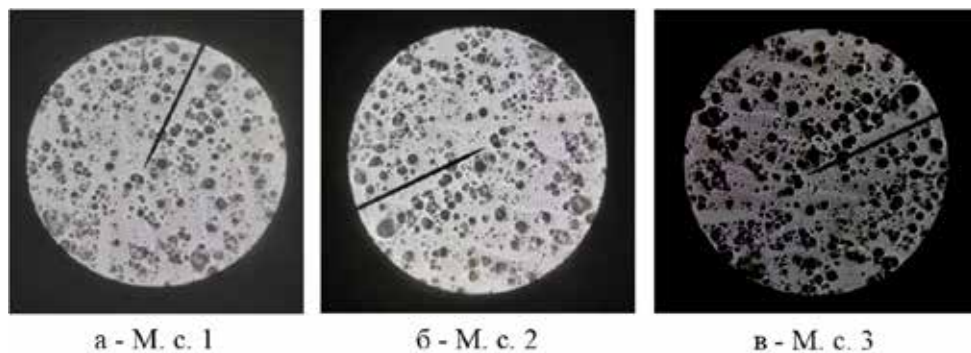


Рис. 4. Мікроструктура модельних систем

Таблиця 5

Адгезія модельних систем

Модельна система	Показник адгезії, кПа
М.с. 1	1100
М.с. 2	880
М.с. 3	930

Таблиця 6

В'язкість модельних систем під впливом температури

№ модельної системи	Температура, °C	В'язкість, Па*с	Результат
1	80	1100	Консистенція стала неоднорідною, злегка рідкою.
	83	1250	Консистенція однорідна, в'язка, але не занадто тверда.
	86	1800	Консистенція густа, не пружна.

на органолептичні та фізико-хімічні показники якості термостабільної начинки. Поліпшено функціональність термостабільної начинки. Досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники якості, хімічний склад та харчову цінність нової термостабільної начинки. Доведено влучність вибору компонентів та їх поєднання у інноваційній рецептурі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. «Термостабільні фруктові начинки» <http://surl.li/cawdq>
2. Термостабільна начинка для борошняних кондитерських виробів <https://uapatents.com/6-73798-termostabilna-nachinka-dlya-boroshnyanikh-konditerskikh-virobiv.html>
3. Порошок з гарбуза, інформація. <https://ideas-center.com.ua/?p=12900>
4. Молочний білок <http://surl.li/emgju>
5. Гуміарабік. Фармацевтична енциклопедія <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3082/gumiarabik>

REFERENCES:

1. "Thermo-stable fruit fillings" <http://surl.li/cawdq> [in Ukrainian].
2. Thermostable filling for flour confectionery <https://uapatents.com/6-73798-termostabilna-nachinka-dlya-boroshnyanikh-konditerskikh-virobiv.html> [in Ukrainian].
3. Pumpkin powder, information. <https://ideas-center.com.ua/?p=12900> [in Ukrainian].
4. Milk protein <http://surl.li/emgju> [in Ukrainian].
5. Gum arabic. Pharmaceutical Encyclopedia <https://www.pharmencyclopedia.com.ua/article/3082/gumiarabik> [in Ukrainian].

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

UDC [628.8]536.1

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.14>

INSTALLATION FOR DETERMINING THE THERMAL CONDUCTIVITY OF PLATES BY THE STATIONARY METHOD

Ivascyna Yu. K. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor at the Department of Physics and Methods of Teaching
Kherson State University
ORCID ID: 0000-0001-9569-2393

Zavodiannyi 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

When measuring the thermal conductivity of thermal insulation materials made by powder metallurgy and building porous materials, complications arise due to the fact that heat flows through the samples are commensurate with heat losses. The steady-state heat flow (SSHF) method is simple, does not require sophisticated equipment, and allows determining the thermal conductivity not in the near-surface layer but in the entire sample volume. Its disadvantage is low accuracy and the need to use reference samples.

This work aims to develop an installation for measuring the thermal conductivity of large-sized samples of low-conductivity material using the steady-state heat flow method with significantly higher accuracy than existing installations using this method.

This is achieved by sandwiching the sample, which is a thin square plate of large dimensions, between the heater chamber and the refrigerator. The heating chamber is made of insulating material and its front wall, which is in contact with the sample, is made of the copper plate (which has good thermal conductivity). In the operating mode, the temperature in the heater chamber is maintained equal to the ambient temperature, which allows us to neglect heat losses and assume that in the steady-state mode, the heater power is equal to the heat flux through the sample. The thickness of the sample is much smaller than the size of its side (the sample should be square). This assumption is necessary to use the condition of isotropic temperature distribution in the cross-section of the sample. The refrigerator is filled with water and ice. The isotropic temperature distribution in the sample is ensured by its contact with the copper walls of the heater and refrigerator chamber. The temperature of the heated surface of the sample is measured using a thermocouple inserted through a hole in the front wall of the heater chamber.

The proposed design of the installation and its operating conditions make it possible to significantly improve the accuracy of determining the thermal conductivity coefficient and make the error less than 2%.

Key words: thermal conductivity, steady-state heat flow, building materials.

Івашина Ю. К., Заводяний В. В. Установка для визначення теплопровідності пластин стаціонарним методом

При вимірюванні теплопровідності теплоізоляційних матеріалів, виготовлених методами порошкової металургії, та будівельних пористих виникають ускладнення, обумовлені тим, що теплові потоки через зразки співрозмірні з тепловими втратами. Метод стаціонарного теплового потоку (СТП) простий, не вимагає складного обладнання, дозволяє визначити теплопровідність не в приповерхневому шарі, а в усьому об'ємі зразка. Недоліком його є низька точність і необхідність застосування еталонних зразків.

Метою роботи є розробка установки для вимірювання теплопровідності зразків значних розмірів із матеріалу з низькою теплопровідністю методом стаціонарного теплового потоку із суттєво вищою, ніж у існуючих установок, які використовують цей метод, точністю.

Це досягається тим, що зразок, який представляє собою тонку квадратну пластину великих розмірів, затискається між камерою нагрівника і холодильником. Камера нагрівника виготовлена із теплоізоляційного матеріалу, а її передня стінка, з якою контактує зразок, із мідної пластини (що має добру теплопровідність). В робочому режимі температура в камері нагрівника підтримується рівною температурі оточуючого середовища, що дозволяє знехтувати тепловими втратами і вважати, що в стаціонарному режимі потужність нагрівника дорівнює потоку теплової енергії через зразок. Товщина зразка значно менша за величину його сторони (зразок повинен мати форму квадрату). Таке допущення необхідне для використання умови ізотропного розподілу температури в поперечному перерізі зразка. Холодильник заповнюється водою із льодом. Ізотропний розподіл температури в зразку забезпечується його контактом з мідними стінками камери нагрівника і холодильника. Температура нагрітої поверхні зразка вимірюється з допомогою термомпар, яка вводиться через отвір в передній стінці камери нагрівника.

Запропонована конструкція установки і умови її експлуатації дозволяють суттєво підвищити точність визначення коефіцієнта теплопровідності і зробити похибку меншою 2%.

Ключові слова: теплопровідність, стаціонарний тепловий потік, будівельні матеріали.

Introduction. Thermal conductivity is an important characteristic of structural and heat-insulating materials, so its experimental determination is of considerable practical importance. Particular difficulties arise when measuring the thermal conductivity of thermal insulation materials made by powder metallurgy and building porous materials such as polystyrene foam, aerated concrete, etc. since the heat fluxes through them are commensurate with parasitic heat losses. In addition, to eliminate the error caused by the heterogeneity of the structure, measurements must be performed on massive samples, which causes an increase in heat losses.

There are three classes of thermal conductivity measurement methods: steady-state, non-steady-state, and frequency. The advantage of the steady-state heat flux method is its simplicity, low cost, and the ability to measure the thermal conductivity of materials with any electrical conductivity. The disadvantages of the method are its low accuracy and the need to use reference samples [1]. The error in determining the thermal conductivity coefficient by this method reaches 10%.

The steady-state heat flux method is based on the passage of heat flux through the test sample and two standards with known thermal conductivity coefficients [1, 2]. The accuracy of the STF method is determined by the accuracy of determining the temperatures at the boundary between the test and reference samples, the error in the values of the thermal conductivity coefficient λ of the reference samples, and their selection. The coefficient λ of the reference should be close to λ of the test sample. It is also important to take into account heat losses at the contacts between the samples.

An example of a non-stationary method is the method of a flat "instantaneous" heat source, which is indirect [3]. In addition to the traditional sources of errors that exist in the measurement of thermal conductivity, there are additional errors in the measurement of current temperature values $T(x_0, \tau)$, electrical power, and the duration of the thermal pulse [4]. Indirect methods are also used, based on the fact that the surface of the body under study is exposed to microwave radiation [5]. The method requires sophisticated equipment, uses complex mathematical models and calculations. The methods of probe microscopy and laser flash have similar disadvantages. In addition, they are used to determine the thermal conductivity in the near-surface layer of the sample.

This work aims to develop an installation for measuring the thermal conductivity coefficient λ of massive flat samples with low thermal conductivity using the steady-state heat flow method with a significantly higher accuracy of determining λ than existing installations using this method.

Research results. The accuracy of the thermal conductivity coefficient determination by the STP method can be improved by eliminating heat loss flows and refusing to use reference samples, i.e., by using the direct measurement method. Heat losses from the heater are caused by heat conduction through imperfect insulation and radiation. It is especially important to eliminate parasitic heat fluxes when studying samples with low thermal conductivity when the thermal resistance of the insulation is commensurate with the similar resistance of the sample. We have proposed a solution to this problem by contacting the sample with a heater chamber inside which the ambient temperature is maintained [6]. The setup consists of two separate isolated parts. In one part (the heater chamber), an air heater is mounted, which maintains the ambient temperature inside the chamber t_c . The second part is a refrigerator. The installation scheme is shown in Fig. 1.

The heater chamber 1 is made of heat-insulating material. We used 0.05 m thick polystyrene foam. The front wall 2 of the chamber is a copper plate $2 \cdot 10^{-3}$ m thick, against which test sample 3 is pressed. Heater 4 is a manganese spiral. Its power depends on

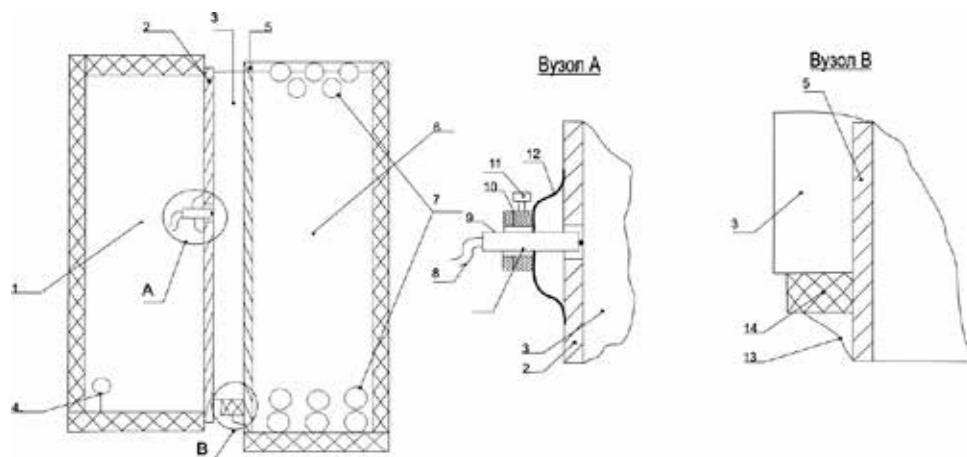


Fig. 1. Scheme of the installation for measuring thermal conductivity
 1 – heater chamber; 2 – chamber wall; 3 – test sample; 4 – heater; 5 – refrigerator wall;
 6 – refrigerator; 7 – ice; 8 – thermocouple; 9 – ceramic tube; 10 – thermocouple holder;
 11 – screw; 12 – spring clip; 13 – stop; 14 – thermal insulation

the size and material of sample 3 and is only a few watts. For uniform heating of the air in the chamber, the length of the heater is close to the width of the chamber.

The temperature in the heater chamber is measured using a temperature sensor installed in its center. The dimensions of the chamber depend on the dimensions of the sample, which is a square plate with a side $a = 0.1 \div 0.2$ m.

The cross-sectional dimension b is limited by the conditions of convective heat transfer in the heater chamber and the placement of the heater and temperature sensors and is about $0.5a$. In order to neglect the heat exchange of sample 3 with the environment through the side surface, the thickness of the sample must be significantly less than a . This assumption is necessary to use the condition of isotropic temperature distribution in the cross-section of the sample. This is ensured by the fact that the sample with low thermal conductivity is in contact with the heater chamber and the refrigerator through copper plates 2 and 5.

In the operating mode, the temperature in the center of chamber 1 is maintained equal to the ambient temperature t_c . Due to the thermal insulation of the chamber walls and the maintenance of the temperature inside equal to t_c , the heat fluxes of losses can be neglected, and it can be assumed that in the stationary mode, the heater power is equal to the heat flux transferred through the plate 2 to the test sample 3. Since there is a vertical gradient of air temperature in the heater chamber, the air temperature in its upper part will be $t_c + \Delta t_1$ and in the lower part $t_c - \Delta t_1$. Accordingly, the heat fluxes through the chamber enclosure in its upper and lower parts will be compensated.

A differential copper constant thermocouple 8 is used to determine the temperature of the heated surface of the sample, which is mounted in a two-channel ceramic tube 9 and pressed against the sample by a beryllium bronze spring bracket 12. The clamping force is adjusted by means of screw 11 by moving tube 9 in the thermocouple holder 10. The junction of the thermocouple is in contact with the sample through the hole in plate 2. This scheme of installation of the thermocouple ensures not only its reliable contact with the sample but also eliminates heat dissipation through the thermocouple due to thermal contact of the thermocouple holder with plate 2. Due to the fact that its thermal conductivity is much higher than that of the sample, the temperature of the sample surface in the vertical direction is equalized. Since the vertical temperature distribution is symmetrical with respect to the central axis of the sample, the average temperature of the heated surface of the sample will be equal to the temperature in its center and is measured by thermocouple 8. Several thermocouples can be installed for large samples. Since the temperature in chamber 1 is equal to the ambient temperature, the heat fluxes through the thermocouple and heater terminals can also be neglected.

The refrigerator 6 is filled with water and ice 7. To eliminate the vertical temperature gradient, part of the ice floats on top, while the other is placed in a grid with weight and sinks to the bottom. The wall of refrigerator 5, which is in contact with the sample, is made of a copper plate, and its temperature is fixed at 0°C . The test specimen 3 is attached to the refrigerator and held by means of stops 13, which are attached to the wall of refrigerator 4 and separated from the specimen by thermal insulation 14. The stops are made of plastic and also act as a heat shield, which reduces the heat flow through the side surface of the sample. The refrigerator with the sample is leaned against the heater chamber. The side surface of the sample is insulated with mineral wool tape. The easiest way to clamp the sample between the heating chamber and the refrigerator is to use rubber straps. Alternatively, springs attached to brackets mounted on the heater chamber and refrigerator can be used.

The proposed setup is designed to determine the thermal conductivity coefficient λ of materials with low thermal conductivity. Its advantages are sufficient simplicity, the ability to perform measurements in a stationary mode on samples of large sizes, which eliminates the influence of sample material inhomogeneities, and the lack of reference samples. The design and operating conditions of the installation allow to minimize heat loss fluxes. Significant geometric dimensions of the sample significantly reduce the error of their determination. These factors can significantly reduce the error in determining λ . The use of a stabilized heater power supply, thermocouple calibration, and the use of high-end measuring instruments will allow determining the thermal conductivity coefficient with an error not exceeding 2%.

The disadvantages of the installation include the limitation of the thermal conductivity of the samples from above since at high values, the significant heater power is required and difficulties will arise in using the stationary mode. To determine the thermal conductivity of samples at higher temperatures, the heater chamber must be placed in a thermostat, and the temperature of the refrigerator must be higher accordingly. This complicates the installation and measurement process.

Conclusions. A scheme of an installation for measuring the thermal conductivity of plates by the steady-state heat flow method has been developed, which does not require reference samples and has a much higher accuracy. A significant reduction in heat losses is due to the fact that the ambient temperature is maintained inside the heater chamber, with which the test sample is in contact, which makes the error in determining the thermal conductivity coefficient less than 2%.

BIBLIOGRAPHY:

1. Платунов Е.С., Буравой Е.С., Курепин П.И. Теплотехнические измерения и приборы. Ленинград: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 1986. 256 с.
2. Пономарев С.В., Мищенко С.В., Дивин А.Р. Теоретические и практические основы теплофизических измерений. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 408 с.
3. Гуров А.В., Пономарев С.В. Измерение теплофизических свойств теплоизоляционных материалов методом плоского «мгновенного» источника теплоты: монография. Тамбов: ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. 100 с.
4. Гуров А.В., Пономарев С.В. Анализ источников погрешностей измерения теплофизических свойств твердых теплоизоляционных материалов методом плоского «мгновенного» источника теплоты. *Вопросы современной науки и техники. Университет им. В.И. Вернадского*. 2013. №1 (45). С. 273–282.
5. Способ неразрушающего контроля теплофизических характеристик строительных материалов и изделий: 2 574 229 С1 Россия: МПК G01N 25/18, (2006.01). № 2014145713/28; заявл. 13.11.2004; опуб. 10.02.2016; Бюл. № 4. 10 с.
6. Пристрій для визначення теплопровідності будівельних матеріалів: пат. 127987 Україна: МПК (2018.01), E01D 19/00, E04B 1/68 (2006.01). № 42018 03441; заявл. 02.04.2018; опуб. 27.08.2018. Бюл. №16. 4 с.

REFERENCES:

1. Platonov E.S., Buravoy E.S., Kurepin P.I. (1986) Teplotexnicheskie izmereniy i pribory [*Thermal engineering measurements, and devices*]. Leningrad: Mashinostroyeniye. (in Russian)
2. Ponomarev S.V., Mishchenko S.V., Davin A.R. (2008) Teoreticheskie i prakticheskie osnovy teplofizicheskikh izmereniy [*Theoretical and practical foundations of thermophysical measurements*]. Moscow: Phizmatlit. (in Russian)
3. Gurov A.V., Ponomarev S.V. (2013) Izmerenie teplofizicheskikh svoystv teploizolyatsionnykh materialov metodom ploskogo “mgnovennogo” istochnika teploty

[*Measurement of thermal and physical properties of heat-insulating materials by the method of a flat "instantaneous" heat source*]. Tambov: FGBOU VPO "TGTU". (in Russian)

4. Gurov A.V., Ponomarev S.V. (2013) Analiz istochnikov pogreshnostey izmereniy teplofizicheskikh svoystv tverdykh teploizolytsionnykh materialov metodom ploskogo "mgnovennogo" istochnika teploty [Analysis of sources of errors in measuring the thermal properties of solid heat-insulating materials by the method of a flat "Instantaneous" heat source]. *Issues of modern science and technology. Vernadsky University*, vol. 45, №1, pp. 273–282.

5. A method for non-destructive testing of thermal and physical characteristics of building materials and products: 2 574 229 C1 Russia: IPC, GOIN 25/18 (2006.01). No. 2014145713/28; application for an application filed on November 13, 2004; published. 10.02.2016; Bulletin No. 4. 10p.

6. Device for determination of thermal conductivity of building materials: pat. 127987 Ukraine: MPC (2018.01), E01D 19/00, E04V 1/68 (2006.01). No. 42018 03441; declared 02.04.2018; published. 27.08.2018. Bulletin No. 16. 4 p.

УДК 528.48

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2023.1.15>

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДИКИ ВИМІРЮВАННЯ ДОВЖИН НА ПРОФІЛЬНИХ ЛІНІЯХ НАГЛЯДОВИХ СТАНЦІЙ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛЕКТРОННИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

Яценко В. М. – кандидат технічних наук,
доцент кафедри землеустрою, геодезії та кадастру
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0001-7621-1179

Шаталова Ж. О. – асистент кафедри землеустрою, геодезії та кадастру
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-1218-7143

Барулін Д. С. – асистент кафедри будівництва, архітектури та дизайну
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2904-2023

Спостереження за зсувами, осіданнями і деформаціями споруди мають велике значення для визначення міцності та стійкості споруди, для своєчасного запобігання їх руйнуванню або своєчасного сигналу про настання аварійного стану.

Спостереження ведуть шляхом високоточних і систематичних геодезичних вимірювань. При рівномірному стисканні ґрунтів під дією ваги споруди відбувається осідання споруди, яке з часом зменшується і припиняється. Якщо ґрунти осідають нерівномірно, то, залежно від їх характеру і виду, можуть відбуватися крени, прогини, перекоси, кручення і розрив споруд. Зміни в просторовому положенні споруди називаються деформаціями, в горизонтальній площині – зсувами, у вертикальній – осіданнями.

В будівлях і спорудах Херсонського державного аграрно-економічного університету (далі – Університету) де була зафіксована негативна динаміка проявів деформацій, у 2019 році для дослідження цих негативних проявів закладено комплексні наглядові станції, на яких проводяться систематичні високоточні геодезичні виміри.

Комплекс геодезичних спостережень включає в себе:

- систематичне високоточне геометричне нівелювання геодезичних марок(реперів), які закладені на земній поверхні і в конструкціях об'єктів;
- систематичні високоточні виміри між геодезичними марками;
- визначення фактичних вертикальних деформацій (осідань) земної поверхні і в несучих конструкціях об'єктів;
- визначення фактичних горизонтальних деформацій на земній поверхні та в конструкціях будівель і споруд.

У статті розглянуто вдосконалену методику вимірювання довжин на профільних лініях наглядових станцій Університету із застосуванням електронних геодезичних приладів під час спостережень за зсувами, осіданнями і деформаціями споруд.

На основі результатів проведених геодезичних спостережень на наглядових станціях було уточнено: характер процесу деформації земної поверхні та основних конструкцій будівель і споруд; зони концентрації деформацій і їх величини.

Отримані дані можуть бути використані для розробки комплексу будівельних заходів захисту основних конструкцій будівель і споруд Університету для мінімізації шкідливого впливу процесу зрушення земної поверхні.

Ключові слова: високоточні вимірювання, наглядова станція, зсуви земної поверхні, осідання і деформація споруд, систематичні похибки.

Yatsenko V. M., Shatalova Zh. O., Barulin D. S. Features of the method of measuring lengths on profile lines of monitoring stations using electronic geodesic instruments

Observation of landslides, subsidence and deformations of the structure is of great importance for determining the strength and stability of the structure, for timely prevention of their destruction or a timely signal about the onset of an emergency.

Observations are conducted by means of highly accurate and systematic geodetic measurements. With uniform compression of the soil under the influence of the weight of the structure, the settlement of the structure occurs, which decreases and stops over time. If the soils settle unevenly, then, depending on their nature and type, tilting, bending, skewing, twisting and tearing of structures may occur. Changes in the spatial position of the building are called deformations, shifts in the horizontal plane, and subsidence in the vertical plane.

In 2019, in the buildings and structures of the Kherson State Agrarian and Economic University, where the negative dynamics of manifestations of deformations were recorded, complex monitoring stations were laid for the study of these negative manifestations, where systematic high-precision geodetic measurements are carried out.

The complex of geodetic observations includes:

- systematic high-precision geometric leveling of geodetic marks (benchmarks), which are embedded on the earth's surface and in the structures of objects;*
- systematic high-precision measurements between geodetic marks;*
- determination of actual vertical deformations (settlement) of the earth's surface and in the load-bearing structures of objects;*
- determination of actual horizontal deformations on the earth's surface and in the structures of buildings and structures.*

The article discusses the improved method of measuring lengths on the profile lines of the surveillance stations of the Kherson State Agrarian and Economic University with the use of electronic geodetic devices during observations of landslides, subsidence and deformations of structures.

Based on the results of the geodetic observations conducted at the monitoring stations, the following were clarified: the nature of the process of deformation of the earth's surface and the main structures of buildings and structures; zones of concentration of deformations and their magnitudes.

The obtained data can be used to develop a set of construction measures to protect the main structures of buildings and structures of the Kherson State Agrarian and Economic University to minimize the harmful effects of the process of shifting the earth's surface.

Key words: *high-precision measurements, monitoring station, landslides of the earth's surface, settlement and deformation of structures, systematic errors.*

Постановка проблеми. Специфіка геодезичних вимірювань в складних польових умовах, історичний досвід проведення геодезичних робіт поступово наклали свій відбиток на конструктивні особливості геодезичних засобів вимірювання.

На даний час практично всі геодезичні засоби вимірювання є автономними системами, можуть юстируватися (виправлятися) безпосередньо виконавцем у результаті виконання технологічних (поточних) та метрологічних досліджень і перевірок.

Проблема підвищення точності топографо-геодезичних робіт зумовила необхідність розробки нових методів їх виконання. З цими питаннями перекликається й вдосконалення методів побудови планово-висотних опорних геодезичних мереж.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стандарти щодо точності виконання робіт та вибору інструментів регламентуються нормативними документами України [1; 2]. Наведемо також деякі стандарти Європейських вимог у цій галузі [ISO 17123-1, ISO 17123-5].

Протягом багатьох десятиліть, особливо починаючи з 50-х років ХХ століття, розроблено різні, що стали вже традиційними, геодезичні методи і засоби технологічних і метрологічних перевірок і досліджень ГЗВ: громіздкі стаціонарні оптико-механічні та інтерференційні компаратори (МПГАіК, ЦНДІГАіК, НДІФТРІ,

ІФВЕ і ін.), компактні установки типу УК-1, АУПНТ, ВЕГА УКБ і т.п.

При розробці і дослідженні повірочних установок-стендів використовують різноманітний арсенал, в тому числі робочі зразкові засоби вимірювань, якими є атестовані геодезичні засоби вимірювання аналогічного призначення з точністю вимірювань що в 2–4 рази перевищує досліджуваний (робочий) геодезичний інструмент. Такі методи і засоби дозволяли, практично до теперішнього часу, здійснювати технологічні та метрологічні повірки геодезичних засобів вимірювання [3].

Цьому сприяли розробки та дослідження таких вчених, як Ф.Н. Красовський, Ф. Деймліх, С.В. Єлісєєв, В.С. Плотніков, М.М. Воронков, М.В. Кузьмін, А.І. Захаров, Д.А. Анікст, В.С. Усов, М.М. Корсунська, А.І. Спиридонов, Г.Х. Ямбаєв, А.М. Жилкін та багато інших.

Наразі в Україні спостерігається дефіцит лабораторій, що можуть запропонувати послуги з метрологічного контролю тахеометрів і, в першу чергу, з причини відсутності еталонних лінійних базисів геодезичних полігонів. Розміщення полігонів не завжди технічно можливе, оскільки пов'язане зі специфічними вимогами щодо їх розміщення, будівництва та використання.

У зв'язку з цим, розробка нових методів та методик метрологічного контролю характеристик засобів вимірювань є актуальним науковим завданням.

Мета розробки методики і схем високоточних геодезичних спостережень за деформаціями несучих конструкцій будівель та споруд Університету, а також земної поверхні – отримати дані, що характеризують абсолютні величини осідань, зсувів і зміщень та їх взаємозв'язок та встановити показники їх зміни у часі. Результати геодезичних спостережень за представленими схемами вимірювань будуть використані для розробки рекомендацій по встановленню нормальної експлуатаційної спроможності будівель та споруд Університету.

Методи. Для вирішення поставлених завдань використано комплекс загальнонаукових, спеціальних, емпіричних і теоретичних методів дослідження: метод моніторингу за деформаціями земної поверхні і основних конструкцій будівель і споруд Університету, оснований на даних високоточних геодезичних вимірів та математичній обробці вимірів і візуалізації результатів. Лінійно-кутові вимірювання (визначення осідань та деформацій споруд різних типів); математичне моделювання – для встановлення щільності зв'язків між досліджуваними факторами. Дослідження виконувались як традиційними методами, так і за новою методикою вимірювань для досягнення більш надійних результатів.

Виклад основного матеріалу. До теперішнього часу методика вимірювань на профільних лініях складається з визначення перевищень між реперами способом геометричного нівелювання та вимірювання довжини кожного інтервалу мірним приладом [5].

При вивченні процесу виникнення зсувів і деформацій на земній поверхні та в будівлях і спорудах спостереження ведуть шляхом високоточних та систематичних геодезичних вимірювань з застосуванням електронних приладів [11]. Основним резервом підвищення точності визначення даного виду деформацій є вимірювання довжин інтервалів за допомогою електронних геодезичних приладів.

Для контролю, вимірювання довжин профільних ліній, з метою виключення накопичення похибок, на наглядовій станції застосовується електронний тахеометр SOKKIA.

У лазерних віддалемірах відстані вимірюються:

- по різниці фаз випущеного і відбитого променя (фазовий лазерний далекомір);
- за часом проходження променя лазера до відбивача і назад (імпульсний лазерний далекомір).

Точність вимірювання залежить від технічних можливостей моделі тахеометра, а також від зовнішніх параметрів: температури, тиску, вологості тощо.

Діапазон вимірювання відстаней залежить від режиму роботи тахеометра: відбивний та безвідбивний. Дальність вимірювань при безвідбивному режимі прямо залежить від відбивних властивостей поверхні, на яку проводиться вимірювання. Для світлої гладкої поверхні (штукатурка, кахельна плитка, тощо) вона в кілька разів перевищує максимально можливу відстань за вимірю на темній поверхні. Максимальна дальність лінійних вимірювань для режиму з відбивачем (призмою) – до п'яти кілометрів (при декількох призмах – ця відстань збільшується); для безвідбивного режиму – до одного кілометра. Моделі тахеометрів, що мають безвідбивний режим, можуть вимірювати відстані практично до будь-якої поверхні, однак, слід з обережністю ставитися до результатів вимірювань, що проведені крізь гілки, листя та подібні перешкоди, оскільки невідомо, від чого саме відіб'ється промінь і, відповідно, відстань до чого він виміряв.

Існують моделі тахеометрів з віддалеміром поєднаним з системою фокусування зорової труби. Переваги таких приладів полягають у тому, що вимірювання відстаней виробляється саме на той об'єкт, по якому в цей час виставлена зорова труба приладу. Точність кутових вимірів сучасним тахеометром досягає половини кутової секунди ($0^{\circ}00'00,5''$), відстаней – до 0.5 (1) мм + 1 мм на км (наприклад, в тахеометрах серії NET05 від фірми SOKKIA або Trimble S8-0.5R). Точність лінійних вимірювань у відбивному режимі – до 1 мм + 1 мм на км. Точність лінійних вимірювань у безвідбивному режимі – 2 мм + 2 мм на км. Тахеометром вимірюють інтервали між реперами профільних ліній, починаючи з крайнього опорного репера. Довжини інтервалів вимірюють за наступною методикою. Тахеометр і відбивач центрують над реперами. З кожної установки далекоміра візують на задній і на передній реperi, тобто по ходу в одному напрямку кожен інтервал повинен бути визначений двічі.

Для введення поправок за нахил на кожній стоянці вимірюють висоту установки тахеометра і відбивача. Інструментальну поправку тахеометра слід визначати перед початком кожної серії спостережень та після закінчення, чи будувати методику вимірювань таким чином, щоб інструментальну поправку визначати в процесі спостережень.

Вимірювання за профільною лінією виконують двічі – в прямому і зворотному напрямках. Розбіжності в довжинах одних і тих же інтервалів з прямого і зворотного ходів (після введення необхідних поправок) не повинні перевищувати 2 мм. Розбіжність в загальній довжині профільної лінії (в міліметрах) не повинно бути більше величини, визначеній за формулою:

$$m_{\eta} = 5\sqrt{n}; \quad (1)$$

де n – кількість установок світовіддалеміра в одному напрямку.

За вимірю на тахеометром довжину інтервалу приймають середнє значення з прямого і зворотного ходів. З цієї довжиною порівнюють суму отриманих при вимірюванні рулетки довжин між реперами, що входять в даний інтервал. При повторних спостереженнях тахеометр слід встановлювати на тих реперах, що і в початковому.

Проведені дослідження цього приладу показали наступне:

1) середньо квадратичні похибки вимірювання довжин інтервалів в середньому склали 1–4 мм, повним прийомом – 1–2 мм;

2) аналіз відмінностей між значеннями одних і тих же довжин, які були виміряні з різних базисів, не дозволяють говорити про наявність систематичного знаку похибок;

3) враховуючи, що при спостереженнях довжини між реперами міряються багаторазово і нас цікавлять тільки їх зміни, з метою забезпечення надійного контролю вимірювань та виключення систематичних похибок (наприклад зміни поправки приладу) і можливості оцінки точності виміряних величин необхідно провести дослідження згідно схем вимірювання довжин інтервалів, що представлені на рис. 1.

Проведення вимірювань по вищевказаним схемам допоможе виявити найбільш надійну схему, що буде відповідати вимогам нормативних актів по рівню точності при проведенні досліджень за процесами виникнення деформацій на земній поверхні, а також в будівлях і спорудах.

У зв'язку з тим, що при спостереженнях по кожній схемі існують надмірні виміри, необхідно врівноваження обчислень. Воно може бути виконано двома способами:

- а) з урахуванням випадкових похибок вимірювань;
- б) з виявленням і виключенням систематичних похибок.

Критерій вибору способу врівноваження ілюструється формулою:

$$[\delta_k] [\delta_k] > \Theta \cdot m_D; \quad (2)$$

де δ_k – систематична похибка, яка обчислена за даними вимірів;

Θ – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від кількості інтервалів секції для першої та третьої схем і ілюструється формулою:

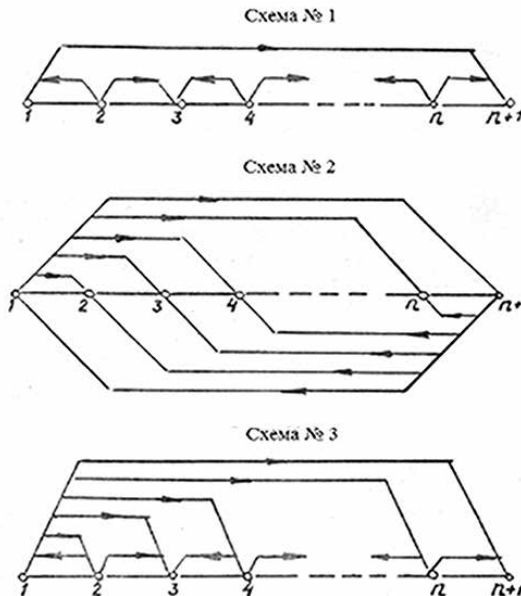


Рис. 1. Схеми вимірів довжин інтервалів на профільних лініях наглядових станцій

$$\Theta = \frac{1.5\sqrt{n+1}}{n-1}; \quad (3)$$

Для другої схеми:

$$\Theta = \sqrt{\frac{n+1}{2(n-1)}}; \quad (4)$$

m_D – випадкова похибка вимірювання довжини інтервалу.

У відповідності з вищевикладеним розроблено методику камеральної обробки для кожної схеми.

Для першої схеми послідовним підсумуванням горизонтальних довжин окремих інтервалів знаходять величину $L'_{1,i}$, а потім:

$$\delta_k = \frac{S1,n+1-L'_{1,n+1}}{n-1} = \frac{\Delta}{n-1}; \quad (5)$$

де $S1, n+1$ – виміряна відстань між крайніми реперами.

Далі перевіряють нерівність (2) і, в залежності від його виконання, обчислюють зрівнене значення відстані від початкового репера секції до всієї решти реперів.

$$L_{1,i} = L'_{1,i} + \frac{i-1}{n-1} \cdot \text{при } [\delta_k] > \Theta \quad (6)$$

$$L_{1,i} = L'_{1,i} + \frac{i-1}{n-1} \Delta \text{ при } [\delta_k] < \Theta \quad (7)$$

Для вимірювань, які виконуються за схемою 2, розрахунки проводяться за наступними формулами:

$$\delta_k = \frac{S1,n+1+S_{n+1,1}}{2} - \frac{\sum_{i=2}^n (S1,i+S_{n+1,i})}{n-1} = L''1,n+1 - L'1,n+1; \quad (8)$$

$$L1,n+1 = L''1,n+1 + \delta_k, \text{ при } [\delta_k] > \Theta; \quad (9)$$

$$L1,n+1 = \frac{4L''1,n+1+(n-1)*L'1,n+1}{(n+3)}, \text{ при } [\delta_k] < \Theta \quad (10)$$

$$L1,n = \frac{S1,i+L1,n+1-S_{n+1,i}}{2} \quad (11)$$

Для третьої схеми зрівнювальні обчислення більш складні і можуть бути виконані із застосуванням спеціальної програми для ПК.

Висновки. Представлені схеми вимірювань і методика камеральної обробки дозволяє забезпечити надійний контроль вимірювань, виявити та виключити зміни приладових поправок електронних тахеометрів [17].

Порівнюючи точність спостережень і обсяги вимірювань, необхідно зазначити, що найбільш ефективною виявилася перша схема, але необхідність більшого числа переносів та перестановок приладу (електронного тахеометра) збільшує вірогідність зміни поправки.

Більш надійною, з цієї точки зору, є друга схема, яка забезпечує більш надійний контраст вимірювань. Так, якщо при вимірюванні будь-якої довжини припущена груба похибка, то для її виявлення достатньо повторити тільки два виміри. При першій же схемі необхідно повторити практично всі вимірювання.

Найбільш точною та надійною з точки зору вишукування грубих похибок є третя схема, але вона потребує максимального обсягу польових робіт та дуже складна в камеральній обробці вищевказаних робіт. Тому її застосування доцільно

тільки при підвищених вимогах до точності геодезичних спостережень. У зв'язку з вищевикладеним у більшості випадків доцільно застосовувати другу схему спостережень. Першу схему рекомендується застосовувати в тих випадках, коли відсутня видимість з крайніх реперів на решту реперів профільної лінії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд. Київ, 2015.
2. ДБН В.1.2-5:2007 Науково-технічний супровід будівельних об'єктів. Київ, 2007.
3. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України від 5 червня 2014 року № 1314-VII // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 30, ст. 1008.
4. СОУ ЖКГ 75.11-35077234.0015: 2009. Правила визначення фізичного зносу житлових будинків. Київ, 2009.
5. Инструкция по наблюдениям за сдвижением горных пород, земной поверхности и подрабатываемыми сооружениями на угольных и сланцевых месторождениях. М., «Недра», 1989.
6. Методические рекомендации по обследованию и защите эксплуатируемых зданий на просадочных грунтах. Киев: НИИСК, 1988.
7. Яценко В.Н. и др., «Методические указания по наблюдениям за сдвижением горных пород и за подрабатываемыми сооружениями». ВНИМИ. Ленинград, 1997.
8. Яценко В.Н., Земисев В.Н. Прогноз дискретных деформаций земной поверхности. Труды ВНИМИ, Ленинград, 1982.
9. Яценко В.Н. «Прогноз повреждений подрабатываемых зданий в Торезско-Снежняном антрацитовом районе». Журнал «Уголь Украины», Киев, 1986, № 10.
10. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Київ, 1999.
11. Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов, М., Недра, 1976.
12. Зуска А.В. Інженерна геодезія, НГУ, Дніпро, 2016.
13. НПА ОП 74.2-1.01-89 Правила з техніки безпеки на топографо- геодезичних роботах (ПТБ-88).
14. Казаковский Д.А., Белоликов А.Н., и др. «Маркшейдерское дело». М., Недра, 1970.
15. Kratzsch H. "Bergschadenkunde", Springer-Verlag, Berlin, 1974.
16. Баран П.І. Інженерна геодезія : монографія. К.: ПАТ «ВІПОЛ», 2012. 618 с.
17. Яремко Ю.І., Яценко В.М., Мартинов І.М. Розробка методики спостережень за деформаціями будівель та споруд Херсонського державного аграрного університету. Збірник наукових праць II Міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 13–14 червня 2019 року). Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 63–73
18. Яценко В.М., Шаталова Ж.О., Мартинов І.М., Крупіца Д.О., Куракова Л.Г., Топографія з основами геодезії: навчальний посібник. Херсон, 2022. 145 с.

REFERENCES:

1. Grunty. Metody vymiryuvannia deformatsii osnov budynkiv i sporud [Soils. Methods of measuring deformations of foundations of buildings and structures] DSTU B.2.1-30:2014 (2015). Kyiv: Derzhstandart Ukraine [in Ukrainian]
2. Naukovo-tekhnichnyi suprovod budivelnykh ob'ektiv [Scientific and technical support of construction objects] DBN V.1.2-5:2007 (2007) Kyiv [in Ukrainian]
3. Pro metrolohiu ta metrolohichnu dialnist : Zakon Ukrainy vid 5 chervnia 2014 roku № 1314-VII [On metrology and metrological activity: Law of Ukraine dated June 5, 2014 No. 1314-VII]. Vidomosti Verkhovnoi Rady – Bulletin of the Verkhovna Rada,

No. 30 [in Ukrainian]

4. Pravyla vyznachennia fizychnoho znosu zhytlovykh budynkiv [Rules for determining the physical wear and tear of residential buildings] SOU ZHKG 75.11-35077234.0015: 2009. (2009) Kyiv [in Ukrainian]

5. Instruktsiya po nablyudeniyam za sdvizheniyem gornykh porod. zemnoy poverkhnosti i podrabatyvayemymi sooruzheniyami na uholnykh i slantsevykh mestorozhdeniyakh [Instructions for observations of the movement of rocks, the earth's surface, and constructions in construction at coal and shale deposits] (1989) Nedra, Moscow [in Russia]

6. Metodicheskiye rekomendatsii po obsledovaniyu i zashchite ekspluatiruyemykh zdaniy na prosadochnykh gruntakh [Methodological recommendations for the inspection and protection of exploited buildings on subsiding soils] (1988) NIISK, Kyiv: [in Ukrainian]

7. Yatsenko V.N. et al. (1997) Metodicheskiye ukazaniya po nablyudeniyam za sdvizheniyem gornykh porod i za podrabatyvayemymi sooruzheniyami, [Methodical instructions for monitoring the movement of rocks and structures under construction] VNYMY, Leningrad [in Russia]

8. Yatsenko V.N., Zemysev V.N. (1982) Prognoz diskretnykh deformatsiy zemnoy poverkhnosti [Forecast of discrete deformations of the earth's surface] VNYMY, Leningrad [in Russia]

9. Yatsenko V.N. (1986) Prognoz povrezhdeniy podrabatyvayemykh zdaniy v Torezsko- Snezhnyanskom antratsitovom rayon [Forecast of damage to undermined buildings in the Torezsko-Snezhnyansky anthracite region] Zhurnal «Uhol Ukrayn» - Magazine «Coal of Ukraine», No. 10, Kyiv [in Ukrainian]

10. Instruktsiia z topohrafichnogo znimannia u masshtabakh 1:5000, 1:2000, 1:1000 ta 1:500 [Instructions for topographic surveying at scales of 1:5000, 1:2000, 1:1000 and 1:500] (1999) Kyiv [in Ukrainian]

11. Instruktsiya po nivelirovaniyu I. II. III i IV klassov [Instructions for leveling I, II, III and IV classes] (1976) Nedra, Moscow [in Russia]

12. Zuska A.V. (2016) Inzhenerna heodeziia [Engineering Geodesy] NHU – NSU, Dnipro [in Ukrainian]

13. Pravyla z tekhniky bezpeky na topografo- heodezychnykh robotakh [Rules for safety in topographical and geodetic works] NPAOP 74.2-1.01-89 [in Ukrainian]

14. Kazakovskiy D.A., Belolikhov A.N., et al. (1970) Marksheyderskoye delo [Mine Surveying]. Nedra, Moscow [in Russia]

15. Kratzsch H. “Bergschadenkunde”, Springer-Verlag, Berlin, 1974.

16. Baran P.I. (2012) Inzhenerna heodeziia [Engineering geodesy] monograph PAT «VIPOL» – PJSC «VIPOL» [in Ukrainian]

17. Yaremko Yu.I., Yatsenko V.M., Martynov I.M. (2019) Rozrobka metodyky sposterezhen za deformatsiiamy budivel ta sporud Khersonskoho derzhavnoho ahrarnoho universytetu [Development of a methodology for observing deformations of buildings and structures of the Kherson State Agrarian University] Zbirnyk naukovykh prats II Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (Kherson, 13–14 chervnia 2019 roku) - Collection of scientific works of the II International Scientific and Practical Conference (Kherson, June 13–14, 2019) (pp. 63–73) Kherson: KhDAU [in Ukrainian]

18. Yatsenko V.M., Shatalova Zh.O., Martynov I.M., Krupitsa D.O., Kurakova L.H. (2022) Topohrafiia z osnovamy heodezii: navchalnyi posibnyk [Topography with the basics of geodesy: a study guide]. Kherson [in Ukrainian]

ЗМІСТ

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ.....3**

Бунке О. С., Новіков П. В. Комплексна методика стабілізації ККД сонячних елементів на основі полікристалічного і монокристалічного кремнію...3

Вишняк М. Ю., Пироженко М. Ю. Загальнодоступні набори даних та метрики для сприяння дослідженням систем надання відповідей..... 13

Лемешко А. В., Антоненко А. В., Балвак А. А., Новіченко Є. О. Актуальні засади створення алгоритмів обробки інформації для логістичних центрів25

Панков Т. С., Потапова К. Р., Радченко К. О. Модифікований алгоритм стискання послідовності зображень.....33

Родашук Г. Ю., Концеба С. М., Ліщук Р. І., Скуртол С. Д. Мережеве планування в управлінні ІТ-проектами42

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ.....57

Дзюндзя О. В. Аналіз ринку та перспективи розширення безглютенової продукції57

Назаренко Ю. В., Пуригін І. О., Болгова Н. В., Синенко Т. П. Розробка рецептурних композицій сирних паст з підвищеною біологічною цінністю.....65

Нєміріч О. В., Гавриш А. В., Крикунова А. В. Встановлення критичних контрольних точок при виробництві цибулевого супу.....75

Новікова Н. В., Єфимова А. Л., Антонова Д. С. Розробка технології виробництва м'ясних напівфабрикатів із використанням рослинної сировини.....89

Пешук Л. В., Новікова Н. В., Приходько Д. Ю. Водорості як «суперфуд» у технологіях м'ясних продуктів здорового харчування.....96

Стукальська Н. М., Вархол В. О. Моніторинг безпечності і якості виробництва кондитерських виробів104

Тищенко В. І., Божко Н. В. Аналіз сучасних трендів у виробництві безалкогольних напоїв із використанням нетрадиційної рослинної сировини114

Товстоног Д. О., Нєміріч О. В., Мамченко Л. Є., Гавриш А. В. Функціонально-технологічні властивості термостабільної начинки для кулінарної і кондитерської продукції125

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ.....132

Ivascyna Yu. K., Zavodiannyi V. V. Installation for determining the thermal conductivity of plates by the stationary method132

Яценко В. М., Шаталова Ж. О., Барулін Д. С. Особливості методики вимірювання довжин на профільних лініях наглядних станцій із застосуванням електронних геодезичних приладів138

CONTENTS

COMPUTER SCIENCE

AND INFORMATION TECHNOLOGY 3

Bunke O. S., Novikov P. V. Complex method of stabilizing the efficiency of solar cells based on polycrystalline and monocrystalline silicon 3

Vyshniak M. Yu., Pyrozhenko M. Yu. Publicly available datasets and metrics to advance research on question-answering systems 13

Lemeshko A. V., Antonenko A. V., Balvak A. A., Novichenko Ye. O. Current principles of creating information processing algorithms for logistics centers 25

Pankov T. S., Potapova K. R., Radchenko K. O. Modified image sequence compression algorithm 33

Rodashchuk H. Yu., Kontseba S. M., Lishchuk R. I., Skurtol S. D. Network planning in IT project management 42

FOOD TECHNOLOGY 57

Dzyundzia O. V., Trush S. S. Market analysis and prospects for extended gluten-free products 57

Nazarenko Y. V., Puryhin I. O., Bolhova N. V., Synenko T. P. Development of recipe compositions of cheese pastes with increased biological value 65

Niemirich O. V., Havrysh A. V., Krykunova A. V. Establishing control critical points in the production of onion soup 75

Novikova N. V., Yefymova A. L., Antonova D. S. Development of technology for the production of semi-finished meat using vegetable raw materials 89

Peshuk L. V., Novikova N. V., Prykhodko D. Y. Algae as a «superfood» in the technology of healthy food meat products 96

Varkhol V. O., Stukalska N. M. Safety and quality monitoring of the production of confectionery products. 104

Tischenko V. I., Bozhko N. V. Analysis of current trends in the production of soft beverages using non-traditional vegetable raw materials 114

Tovstonoh D. O., Niemirich O. V., Mamchenko L. E., Havrysh A. V. Functional and technological properties of thermostable filling for culinary and confectionery products 125

CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING 132

Ivascyna Yu. K., Zavodiannyi V. V. Installation for determining the thermal conductivity of plates by the stationary method 132

Yatsenko V. M., Shatalova Zh. O., Barulin D. S. Features of the method of measuring lengths on profile lines of monitoring stations using electronic geodesic instruments 138

Таврійський науковий вісник

Випуск 1

Технічні науки

Підписано до друку 03.04.2023 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 10,55. Зам. № 0323/202

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
Україна, м. Одеса, 65101, вул. Інглєзі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.