

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»
2021

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

*Рекомендовано до друку вченою радою Херсонського державного аграрно-економічного університету
(протокол № 10 від 30.03.2021 року)*

Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки / Херсонський державний аграрно-економічний університет. Херсон : Видавничий дім «Гельветика», 2021. Вип. 1. 94 с.

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

Свідectво про державну реєстрацію KB № 23210-13050P від 19.02.2018 року.

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

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

SYSTEM ANALYSIS

УДК 303.732.4

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.1>

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ВИРОБНИЧИХ ФУНКЦІЙ У ТВАРИННИЦТВІ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ

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

У статті розглянута необхідність використання виробничої функції в якості основної характеристики результатів діяльності сільськогосподарських підприємств. Моделювання виробничої функції з метою оцінки ефективності виробництва та прийняття оптимальних управлінських рішень проводилася на основі аналізу різних видів адаптації виробничої функції і зібраних матеріалів про діяльність сільськогосподарських підприємств. Використання математичного моделювання допомагає виявити і описати найбільш важливі, значущі взаємозв'язки економічних об'єктів і оцінити виробничі параметри. Виробничі функції використовуються як ефективний інструмент, що дозволяє проводити аналітичні розрахунки, визначати ефективність використання ресурсів і можливість їх додаткового залучення у виробництво, прогнозувати обсяги випуску і контролювати реальність запланованих проектів. Розроблено методику створення динамічної виробничої функції. Дана методика дозволяє вирішувати завдання оцінки параметрів складніших класів виробничої функції і являє собою складні економічні процеси, крім заміни одних чинників іншими. Зокрема, були створені та проаналізовані виробничі функції в м'ясному виробництві, що дозволило визначити оптимальну вагу тварини та оптимальний раціон харчування. Розроблено модель динамічної виробничої функції і на її основі обґрунтований підхід до визначення виробничих характеристик. Доведено, що при обробці експериментальних даних і проведенні статистичного аналізу особлива увага приділялася методам, найбільш підходящим для вивчення аграрних наук, оскільки інженери-агрономи мало знайомі з поняттям виробничої функції і економічними принципами, визначальними максимізацію прибутку і мінімізацію виробництва і витрат на виробництво. У документі доводиться, що економічно доцільно знайти конкурентоспроможний варіант виробництва на підприємстві і розрахувати граничну ефективність кормів, граничні коефіцієнти заміщення і ізокліни – значення, які є результатом безперервних виробничих функцій. Зокрема, були створені та проаналізовані виробничі функції в м'ясному виробництві, що дозволило визначити оптимальну вагу тварини та оптимальний раціон харчування.

Ключові слова: система управління, математична модель, виробничі функції, ідентифікація системи, оптимізація управління.

Loboda O.M. Improving the methodology for calculating production functions in animal husbandry using a systematic approach

The article discusses the need to use production function as the main characteristic of results the activities of agricultural enterprises. Modeling the production function for assessing production efficiency and making optimal management decisions was carried out on basis of an analysis of various types adaptation the production function and collected materials on activities of agricultural enterprises. The use of mathematical modeling helps to identify and describe the most important, significant relationships of economic objects and to evaluate production parameters. Production functions are used as an effective tool that allows you to carry out analytical calculations, determine the efficiency of resource use and the possibility of their additional involvement in production, predict output volumes and control the reality of planned projects. A technique for creating a dynamic production function has been developed. Also taken into account the probabilistic laws of distribution of arguments and incomplete statistical information on the parameters of agricultural production. This technique allows solving problems of estimating the parameters of complex classes production functions and represents complex economic processes, except for replacement of some factors with others. In particular, production functions in meat production were created and analyzed, which made it possible to determine the optimal weight of animal and ptimal diet. It is proved that when processing experimental data and conducting statistical analysis, special attention was paid to methods most suitable for study of agricultural sciences, since agronomical engineers are not very familiar with the concept of production function and economic principles that determine the maximization of profits and minimization production and production costs. The document proves that it is economically feasible to find a competitive production option at enterprise and calculate the marginal feed efficiency, marginal substitution rates and isoclines – values that are the result of continuous production functions. In particular, production functions in meat production were created and analyzed, which made it possible to determine the optimal weight of animal and optimal diet.

Keywords: control system, mathematical model, production functions, system identification, control optimization.

Постановка проблеми. В сучасних умовах математичні методи дослідження все більше проникають в такі сфери діяльності як економіка, екологія, управління аграрним підприємством. Особливо важливі ці методи в дослідженнях складних систем соціально-економічного, інформаційного, біологічного плану. Системи, як правило, характеризуються: неоднорідністю структури [1, с. 78], нелінійністю характеристик, різко асиметричним розподілом параметрів, багатоконтурними взаємодіями. Рішення, що приводить до правильного розуміння поведінки складних систем [2, с. 130], до яких можна віднести великий клас виробничих, лежить у вивченні емпіричних закономірностей за допомогою побудови відповідних математичних моделей [3, с. 104]. Вирішення задачі оптимального управління господарством [3, с. 138], у цих умовах, приводить до рішення задачі управління у вигляді розподілу ресурсів між галузями господарства. Знаходження оптимальних управлінь, що визначають найбільшу ефективність результатів функціонування аграрного підприємства, передбачає побудову моделей об'єктів управління, а також вирішення багатокрокової задачі знаходження виробничих функцій [4, с. 278].

Більш часто експерименти та статистичні методи дозволяли лише одержати вказівку про те, чи існує математично значима різниця між рівнями врожаю або виходу продукції, що відповідають двом або трьом технологіям або рівням витрат. Виходячи із цих розходжень може бути розрахована відносна прибутковість декількох технологічних способів або видів витрат. Однак узагальнюючи було неможливо застосувати точні економічні принципи для визначення найбільш прибуткового рівня витрат і випуску або для визначення найбільш вигідної комбінації витрат для одержання обумовленої кількості продукції, зокрема в тваринництві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поняття виробничої функції введено американськими вченими Коббом і Дугласом. Значний внесок у розвиток теорії виробничих функцій внесли роботи В Леонтьєва, Р. Солоу, А. Клейна, А. Міхальовського, Р. Сато, Дж. Хікса, Л. Терехова, Г. Клейнера і багатьох інших вітчизняних

і зарубіжних вчених. У багатьох випадках дослідники в області біології використовували лише розрахунок випуску продукції при використанні певної кількості нового матеріалу [3, с. 356]. Дослідники – агротехніки та біологи протягом тривалого часу вели дослідження, одержуючи нові відомості про властивості сільськогосподарських виробничих функцій. Однак історично ці дослідження планувалися й проводилися якось осторонь від формалізованих у вигляді рівнянь регресії виробничих функцій. Звичайне дослідження планувалося на основі явища дискретності, тобто застосовувалися два або кілька технологічних способів виробництва для визначення точкових оцінок виходу сільськогосподарських культур і продуктів тваринництва залежно від рівня витрат факторів виробництва. У деяких випадках, хоча це й був побічний результат, отриманих даних було достатньо для виводу простих рівнянь регресії або кривих, що показують залежність випуску від витрат (залежність вхід-вихід).

В зв'язку з тим, що аргументи виробничих функцій не розглядаються як випадкові величини, що описуються різними законами розподілу, інтенсивному впровадженню виробничих функцій для опису мікроекономічних процесів перешкоджає відсутність методики розрахунку основних параметрів виробництва з урахуванням їх випадкового характеру [1, с.88], особливо в агробізнесі.

Постановка завдання. Головною метою цієї роботи є розробка методики побудови динамічної виробничої функції з урахуванням імовірнісних законів розподілу аргументів і неповної статистичної інформації про параметри виробництва в м'ясному тваринництві.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для розрахунку виробничої функції не можна застосовувати один єдиний вид рівнянь для характеристики аграрного виробництва в різних умовах. Вид алгебраїчної функції й величини її коефіцієнтів будуть варіювати залежно від ґрунту, клімату, типу й розмаїтості сільськогосподарських культур і тварин, змін у ресурсах, рівня механізації, величини інших витрат, фіксованих по величині й т.п. Тому в кожній роботі встає проблема вибору виду алгебраїчної функції, що, очевидно або відповідно до наявних відомостей, сумісна з розглянутим явищем [5, с. 64]. Вибір будь-якого специфічного типу рівняння для вираження виробничого явища автоматично накладає певні обмеження або допущення щодо зв'язків, які визначають оптимальні величини ресурсів. Однак одні рівняння відрізняються більшою гнучкістю, чим інші.

Відповідно виробничу функцію варто представити як

$$Y=f(X_1, X_2, \dots, X_n), \quad (1)$$

де Y – випуск, X_i – витрати ресурсу.

Загалом, при наявності виробничої функції можна визначити наступні величини, які мають безпосереднє значення для економіки:

$$\frac{\delta Y}{\delta X_i} = f'_{xi}(X_1, X_2, \dots, X_n) \quad (2)$$

$$\frac{\delta X_i}{\delta X_j} = -\frac{f'_{xj}(X_1, X_2, \dots, X_n)}{f'_{xi}(X_1, X_2, \dots, X_n)} \quad (3)$$

$$X_i = f''(Y, X_1, \dots, X_n) \quad (4)$$

$$\frac{\delta X_i}{\delta X_j} = -k \quad (5)$$

$$\frac{\delta X_i}{\delta X_j} = 0 \quad (6)$$

Наведені вираження, що базуються на виробничій функції, дозволяють одержати дані, необхідні для економічного аналізу. Бажано одержати зазначені характеристики для різних видів функцій. Розглянемо їх один по одному: рівняння (2) являє собою рівняння додаткового продукту в натуральному вираженні для i ресурсу; рівняння (3) – рівняння граничних норм заміщення i й j ресурсів; (4) – рівняння ізоквант; (5) – рівняння ізоклінів; (6) – рівняння розмежувальних ліній. Якщо вираження, представлене рівнянням (3), підставити в рівняння (5) і (6), то стане очевидним, що кожна з розглянутих величин, установлювана для одного ресурсу, залежить від усього набору ресурсів, які можуть бути використані в даному виробничому процесі.

Виробничі функції визначалися для молодняка великої рогатої худоби, раціон яких складається з кукурудзи, сіна, білкових добавок. Визначалися також функції часу, що показують, скільки часу необхідно для того, щоб тварини, одержуючи різні раціони, досягли заданої маси [6, с. 1494]. Знаючи виробничі функції й функції часу, можна зрівняти дохід, отриманий при раціонах з мінімальною вартістю кормів і при раціонах, що забезпечують одержання м'яса заданої якості в мінімальний час. Протягом 3 років набори кормів по складу і якості були в загальному однаковими; тому наявні дані дозволяють зробити аналіз для визначення виробничої функції. Крім того, протягом того ж періоду досить однорідним по якості було й саме поголів'я худоби. До того ж, протягом усього періоду проведення експерименту, використовувані сорти кукурудзи та сіна якщо й перетерплювали зміни, то незначні.

Стосовно до виробництва м'яса, загальноприйнятий процес одночасного визначення оптимальної маси тварин й оптимального раціону його годівлі варто змінити, тому що згодовування різних кормових раціонів приводить до одержання м'яса неоднакової якості. Так, наприклад, P_g – ціна приросту маси, змінюється разом зі зміною раціону, що йде на відгодівлю при обмеженому діапазоні співвідношень грубих кормів і зерна.

Для визначення виробничої поверхні в м'ясному тваринництві на основі наявних показників застосовувалися рівняння декількох алгебраїчних форм. З досліджених функцій найбільш обґрунтованої, з погляду логіки й статистики, є функція, виражена рівнянням (7):

$$Y=0,157C+0,361P+0,112F-0,016C^2-0,099P^2-0,059F^2-0,036CT-0,063CF+0,054PF+3,58 \quad (7)$$

де Y – загальний приріст маси в кг при розрахунку на одну голову худоби з моменту початку відгодівлі до дня зважування. Середня вихідна маса тварин у всіх охоплених групах становив 200 кг;

C – загальна кількість кукурудзи в кг з моменту початку зернової відгодівлі до дня зважування. Таким чином, перше спостереження за згодовуванням кукурудзи охоплює період з початку експерименту до першого зважування, друге – з початку експерименту до другого зважування. Кукурудзяний силос перераховувався виходячи з його зернового еквівалента;

P – загальна кількість білкових добавок у кг. Спостереження велися таким же способом, як за споживанням кукурудзи;

F – загальна кількість доброякісного сіна в кг. Спостереження велися так само, як і за споживанням кукурудзи.

Коефіцієнт детермінації для рівняння (7) дорівнює 0,88. Він показує, що більша частина дисперсії приросту маси, відібраних відгодовуваних телят, пояснюється трьома факторами годівлі.

Змінні включені в рівняння відповідно до логіки виробництва, навіть якщо вони й не істотні порівняні зі звичайно прийнятими рівнями істотності. Однак, як зазначено нижче, коефіцієнти для деяких нелінійних змінних невеликі й лише незначно впливають на норми заміщення окремих видів кормів. Були складені деякі рівняння, де всі коефіцієнти можна прийняти з рівнем істотності, рівним 0,99. Однак розгляд кореляційного поля й особливості відгодовілі дозволяють припустити, що це в меншому ступені відповідає наявним даним [7, с. 272].

При визначенні виробничої функції класичним методом найменших квадратів робиться явне допущення про те, що кожне спостереження незалежно. Коли ведуться дослідження з поголів'ям худоби, то результат кожного спостереження являє собою середню кумулятивну суму кормів і приросту маси для кожної групи тварин. Наприклад, спостереження над кормами й приростом маси, проведені наприкінці кожного місяця, є кумулятивними сумами спостережень, зроблених у попередні місяці. Звідси, друге спостереження пов'язане з першим, третє – з перша й другим і т.п. Серія спостережень за однією групою худоби взаємозалежна, але не залежить від серії спостережень за іншою групою або за іншим раціоном.

Основна виробнича функція (7) дозволяє вивести рівняння для ізоквант, ізоклінів, а також для співвідношень витрат і випуску продукції. Оскільки витрати на кукурудзу й сіно становлять більшу частину витрат на корм при вирощуванні м'ясної худоби та із цими культурами зв'язана більшість проблем землекористування, остільки при аналізі користувалися допоміжними функціями, що виражають співвідношення між кукурудзою й грубими кормами. Еквівалент білкових добавок фіксується в різних співвідношеннях з кукурудзою й при різних абсолютних рівнях витрат кормів, і, відповідно, визначаються співвідношення кормів у раціонах. Конкретно, у наведеному нижче аналізі, білкові добавки постійно рівні: а) 25% кількості кукурудзи в раціоні (тобто кукурудза й білкові добавки перебувають постійно у відношенні 1:4); б) 15% кількості кукурудзи в раціоні (тобто кукурудза й білкові добавки перебувають постійно у відношенні, рівному приблизно 1:7) і в) постійній величині, конкретно – 175 кг (тобто співвідношення кукурудзи й білкових добавок змінюється зі зміною частки кукурудзи в раціоні годівлі). Кожному співвідношенню або абсолютній кількості білкових добавок відповідає певна виробнича поверхня, причому кукурудза та сіно є змінними. За допомогою величин, що позначають кількості кукурудзи й сіна, складені рівняння для розрахунку приросту маси у випадках а, б и в – рівняння (8), (9) і (10). Позначення змінних – ті ж, що й у рівнянні (10). Білкові добавки рівні 25% кукурудзи:

$$Y = 0,247C - 0,081C^2 + 0,112F - 0,059F^2 + 0,012CF + 3,59. \quad (8)$$

Білкові добавки рівні 15% кукурудзи:

$$Y = 0,211C - 0,042C^2 + 0,112F - 0,059F^2 + 0,075CF + 3,59. \quad (9)$$

Білкові добавки рівні 175 кг:

$$Y = 0,151C - 0,016C^2 + 0,207F - 0,059F^2 - 0,069CF + 39,17. \quad (10)$$

Рівняння (8)-(10) дозволяють обчислити виробничу функцію для м'ясного тваринництва, якщо білкові добавки перебувають у постійному співвідношенні з кукурудзою або ж уживається в постійній абсолютній кількості. Із цих рівнянь виробничої функції можна одержати відповідні їм рівняння ізоквант приросту маси. От вони: білкові добавки рівні 25% кукурудзи (тобто 1 частина білкових добавок на 4 частини кукурудзи)

$$F=242,69+1,08(7\pm 2,08(0,013+0,088C-0,028C^2-0,023Y)^{0.5}) \quad (11)$$

Білкові добавки рівні 15% кукурудзи (тобто на 1 частину білкових добавок доводяться приблизно 7 частин кукурудзи)

$$F=942,69+0,62(7\pm 2,08(0,013+0,097C-0,044C^2-0,023Y)^{0.5}) \quad (12)$$

Білкові добавки рівні 175 кг (тобто співвідношення його з кукурудзою змінюється зі зміною кількості останньої)

$$F=1737,86-0,053C\pm 2,08(0,052+0,039C-0,039C^2-0,0238Y)^{0.5}) \quad (13)$$

У рівняннях ізоквант кількість сіна (F), необхідне для одержання заданих приростів маси (Y), виражено у вигляді функції витрат кукурудзи на одну голову худоби. Із цих рівнянь можна одержати всі можливі комбінації кукурудзи й сіна, що забезпечують заданий приріст маси.

З рівнянь ізоквант (11)-(13) можна вивести рівняння, що визначають граничні норми заміщення. Наприклад, якщо відомо співвідношення білкових добавок з кукурудзою, то граничні норми заміщення сіна кукурудзою можна одержати як похідну (F по C) функції (11). Білкові добавки рівні 25% кукурудзи (тобто на 4 частині кукурудзи постійно доводиться 1 частина білкових добавок):

$$\frac{\delta F}{\delta C} = \frac{0,016C - 0,012F - 0,246}{0,112 - 0,011F + 0,012} \quad (14)$$

Використовуючи рівняння, аналогічні (14), можна визначити граничну норму заміщення сіна кукурудзою (при постійній питомій вазі білкових добавок) для різних комбінацій цих двох компонентів раціону, причому ця гранична норма забезпечить заданий приріст маси. Граничні норми заміщення сіна кукурудзою можуть бути представлені у вигляді рівняння, зворотного вираженню (14). По наведеним вище рівнянням можна визначити графіки ізоквант приросту маси й граничні норми заміщення.

Висновки та пропозиції. Розроблено методику поетапної побудови виробничої функції, яка полягає в послідовному ускладненні функції Кобба-Дугласа, і в передачі отриманих значень параметрів в якості початкових для більш складної функції на основі характеристик результатів діяльності галузей господарств. Ця методика дозволяє визначити виробничі функції, ізокванти, ізокліни, граничні норми заміщення та інші відповідні економічні показники у кормових раціонах при відгодовуванні великої рогатої худоби. А також вирішене завдання оцінювання параметрів складніших класів виробничої функції, які найбільш повно представляють складні економічні процеси, зокрема, заміщення одних факторів іншими. Зокрема, побудовані та проаналізовані виробничі функції в м'ясному тваринництві, що дозволило визначити оптимальну вагу тварини й оптимальний раціон годівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Марасанов В.В., Пляшкевич О.М. Основи теорії проектування і оптимізації макроекономічних систем. Херсон, 2002. 190 с.
2. Лобода О.М., Кириченко Н.В. Актуальні проблеми ідентифікації та моделювання структури управління підприємством. *Наука й економіка*. 2015. № 3. С. 130-134.
3. Вітлінський В.В. Моделювання економіки. Київ, 2003. 408 с.
4. Стеценко І.В. Моделювання систем. Черкаси, 2010. 399 с.
5. Лобода О.М. Вирішення задачі ідентифікації структури управління підприємства. *Сучасна спеціальна техніка*. Київ. 2012. № 3. С. 64-68.

6. Лобода О.М. Побудова моделі динаміки розвитку аграрного підприємства в вигляді магістралі росту. *Економіка та суспільство*. Мукачеве, 2018. Вип. 13. С. 1494–1500.

7. Лобода О.М., Кухаренко С.В. Вирішення задачі синтезу організаційної структури. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2010. Вип.71. С. 272–277.

REFERENCES:

1. Marasanov V.V., Pliashkevych O.M. (2002) *Osnovy teorii proektuvannia i optymizatsii makroekonomichnykh system* [Foundations the theory design and optimization of macroeconomic systems]. Kherson: Ajlant. (in Ukrainian).

2. Loboda O.M., Kyrychenko N.V. (2015) Aktualni problemy identyfikatsii ta modeliuvannia struktury upravlinnia pidpriemstvom [Current problems of identification and modeling of enterprise management structure]. *Nauka y ekonomika*, vol. 3, pp. 130–134.

3. Vitlinskyj V.V. (2003) *Modeliuvannia ekonomiky* [Economic modeling]. Kyiv: KNEU. (in Ukrainian).

4. Stecenko I.V. (2010) *Modeljuvannja system* [System modeling] Cherkasy. (in Ukrainian).

5. Loboda O.M. (2012) Vyrishennja zadachi identyfikaciji struktury upravlinnja pidpryjemstva [Solving the problem of identifying the management structure of the enterprise]. *Suchasna spetsialna tekhnika*, vol. 3, pp. 64-68.

6. Loboda O.M. (2018) Pobudova modeli dynamiky rozvytku aghrarnogho pidpryjemstva v vyghljadi maghistrali rostu [Building a model of the dynamics of agrarian enterprise development in the form of the artery growth]. *Ekonomika ta suspiljstvo*, vol.13, pp. 1494- 1500.

7. Loboda O.M., Kukharenko S.V. (2010) Vyrishennia zadachi syntezy orhanizatsiinoi struktury [Solving the problem of synthesizing the organizational structure]. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*, vol.71, pp. 272-277.

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

FOOD TECHNOLOGY

УДК 378.016:577.1

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.2>

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ ВИКЛАДАННЯ БІОХІМІЇ, ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ЗАГАЛЬНО-БІОЛОГІЧНОЇ ДИСЦИПЛІНИ – СПЕЦІАЛЬНОСТІ 181 «ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ»

Вогнієненко Л.П. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7866-8081

Шинкарук М.В. – асистент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-3036-6778

У статті представлено поняття біохімії – наука про хімічний склад організмів рослинного та тваринного походження та їхніх складових частин та про хімічні процеси, що протікають в них. Наука має справу із структурою та функцією компонентів клітини та речовин організму, прагне відповідати на біологічні та біохімічні питання за допомогою хімічних методів. Поставлена проблема щодо вивчення курсу «Біохімія харчових продуктів» надає змогу підготувати майбутніх фахівців в галузі технолога харчової промисловості, які повинні володіти знаннями про хімічний склад харчової сировини, а також за хімічним і біохімічним перетвореннями, які відбуваються при зберіганні і використанні продуктів харчування; для використання і вирішення основного завдання – забезпечення населення продукцією, яка в основі дає комплекс всіх необхідних хімічних елементів, які за своїм складом задовольняють потреби організму. Проаналізовано головні кінцеві завдання біохімії лежать у галузі біології: вона вивчає закономірності біологічної, а не хімічної форми руху матерії. Розглянуто історію розвитку біохімії з періоду середньовіччя із розвитку алхімії в Європі; відкриття закону зберігання енергії і речовин, що властиве і для біологічних об'єктів М. В. Ломоносовим та А. Лавуаз'є у XVII – XVIII ст.; як відбувся перехід до масштабного вивчення структур та властивостей окремих представників білків і нуклеїнових кислот, а також їх функцій у клітині у XX ст. і майже з цього періоду функціональна біохімія стає головним напрямком, зберігаючи зв'язок як з біоорганічною та біологічною хіміями, так і з такими науками, як цитологія, фізіологія і генетика. На всіх етапах становлення біохімії, як фундаментальної науки, виділено деяких вчених нашої Батьківщини, які вносили певний вклад в її розвиток. Їх прізвища є відомими у світі. Зроблено висновок, що біохімія в цілому вивчає хімічні і фізико-хімічні процеси, результатом яких є розвиток і функціонування живих систем усіх рівнів організації. Сучасна біохімія – галузь знань, розділи якої тісно пов'язані між собою і не завжди можуть бути чітко розмежовані. Біохімія – базова біологічна дисципліна в системі підготовки майбутніх фахівців напрямку «Харчові технології».

Ключові слова: біохімія, харчова наука, органічні речовини, продукти харчування, ферменти, органічні речовини рослинного і тваринного походження.

Vognivenko L.P., Shinkaruk M.V. Methodological principles of teaching biochemistry, fundamental general-biological discipline – specialties 181 “Food Technologies”

The article presents the concept of biochemistry – the science of the chemical composition of organisms of plant and animal origin and their components and the chemical processes occurring in them. Science deals with the structure and function of cell components and substances of the body, seeks to answer biological and biochemical questions using chemical methods. The problem of studying the course “Food Biochemistry” provides an opportunity to train future professionals in the field of food technology technologist, who must have knowledge of the chemical composition of food raw materials, as well as chemical and biochemical transformations that occur during storage and use of food; to use and solve the main task – to provide the population with products that basically provide a set of all necessary chemical elements, which in their composition meet the needs of the body. The main final tasks of biochemistry are analyzed in the field of biology: it studies the laws of biological rather than chemical form of motion of matter. The history of the development of biochemistry from the Middle Ages on the development of alchemy in Europe is considered; discovery of the law of conservation of energy and substances, which is characteristic of biological objects by M.V. Lomonosov and A. Lavoisier in the XVII–XVIII centuries; as there was a transition to large-scale study of the structures and properties of individual representatives of proteins and nucleic acids, as well as their functions in the cell in the XX century and almost from this period functional biochemistry becomes the main and with sciences such as cytology, physiology and genetics. At all stages of formation of biochemistry as a fundamental science, some scientists of our Motherland were singled out, who made a certain contribution to its development. Their names are known in the world. It is concluded that biochemistry in general studies chemical and physicochemical processes, the result of which is the development and functioning of living systems at all levels of the organization. Modern biochemistry is a field of knowledge whose sections are closely interconnected and may not always be clearly demarcated. Biochemistry is a basic biological discipline in the system of training future specialists in the field of “Food Technology”.

Key words: *biochemistry, food science, organic substances, food products, enzymes, organic substances of plant and animal origin.*

Постановка проблеми. Біохімія (від грецького βίος – «життя» і єгипетського kēme – «Земля»), – наука про хімічний склад організмів рослинного та тваринного походження та їхніх складових частин та про хімічні процеси, що протікають в них. Наука має справу із структурою та функцією компонентів клітини та речовин організму, прагне відповідати на біологічні та біохімічні питання за допомогою хімічних методів. Актуальністю даної теми визначається необхідність правильного підходу до організації навчального процесу викладання та вивчення даного курсу.

Перед кожним навчальним закладом високого рівня постає завдання побудови власної унікальної організаційної моделі, яка дозволить створити і розвинути стійкі конкурентні переваги. Поступовий вихід університету на міжнародний ринок освіти примусово веде до обов'язкового вивчення дискусійних питань сучасної практичної біохімії. Вивчення курсу «Біохімія харчових продуктів» надає змогу підготувати майбутніх фахівців в галузі технолога харчової промисловості, які повинні володіти знаннями про хімічний склад харчової сировини, а також за хімічним і біохімічним перетвореннями, які відбуваються при зберіганні і використанні продуктів харчування; для використання і вирішення основного завдання – забезпечення населення продукцією, яка в основі дає комплекс всіх необхідних хімічних елементів, які за своїм складом задовольняють потреби організму.

У цих умовах особливо актуальним є синтез теоретичних знань використання їх на практиці, що обумовлює детальне вивчення біохімії як основної фундаментальної загально-біологічної науки та навчальної дисципліни, яка вивчає біохімічний склад і перетворення молекул, що входять до складу живих організмів. Біологічна хімія є однією з найважливіших дисциплін в системі теоретичної підготовки [1].

Щодо біологічної хімії як науки про життя, то результати її досліджень переконують, що всі живі системи підпорядковуються фізичним і хімічним законам.

Це означає, що такі риси живого організму, як рух, розмноження, обмін речовин та інші явища життя значною мірою можна пояснити на основі понять хімії та фізичної хімії. Найбільш загальною рисою живого організму є його зв'язок з навколишнім середовищем, поза цим зв'язком життя не існує. Інакше кажучи, живі організми належать до відкритих термодинамічних систем і підпорядковуються основним їх законам [2].

Організм отримує з навколишнього середовища потрібні йому речовини і, перетворюючи їх, використовує отримані компоненти для побудови тканини власного тіла. З продуктами харчування надходить енергія, що кумульована в хімічних зв'язках і використовується для всіх потреб організму. Відпрацьовані (ентроповані) кінцеві продукти обміну виводяться через органи виділення. У процесі еволюції в живих системах виробились спеціальні біологічні каталізatori – ферменти, які здійснюють перетворення всіх хімічних речовин, що забезпечує життєдіяльність організму [3].

Важлива роль у функціонуванні ферментів належить і вітамінам, які є коферментами або як попередниками коферментів, тобто необхідними для роботи ферментів компонентами. З іншого боку, функція ферментів координується гормональною та нервовою системами [4].

Вище наведене підкреслює значення біохімії для вивчення різноманітних загально-біологічних дисциплін для майбутньої професійної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біохімія використовує методи “молекулярних наук” – органічної і фізичної хімії, молекулярної фізики – і в цьому відношенні сама є молекулярною наукою. Проте головні кінцеві завдання біохімії лежать у галузі біології: вона вивчає закономірності біологічної, а не хімічної форми руху матерії [5].

Варте уваги те, що «молекулярні винаходи» природи, відкриті біохіміками, сьогодні застосовуються в небіологічних галузях знань і в промисловості (молекулярна біоніка, біотехнологія, харчова технологія). У цих галузях біохімія виступає в ролі методу, а предметом досліджень і розробок є проблеми, що виходять за межі біології.

Постановка завдання. Метою дослідження є висвітлення основних етапів викладання та вивчення біохімії як основної фундаментальної загально-біологічної науки та навчальної дисципліни.

Виклад основного матеріалу дослідження. Історію біохімії прийнято відлічувати з кінця XVIII ст., коли вперше з організмів були виділені у чистому вигляді сечовина, лимонна кислота, яблучна кислота та ін. На той час ще не склалося уявлення про будову цих речовин. Тривалий період розвитку біохімії (до середини XX ст.) характеризувався відкриттям нових речовин у живій природі, дослідженням їхньої структури і хімічних перетворень в організмах. Найважливішим досягненням цього періоду стало встановлення загального принципу будови головних біополімерів – білків і нуклеїнових кислот, а також з'ясування основних шляхів хімічних перетворень речовин в організмі (метаболізм). У цей же період продовжувалася подальша диференціація біохімії залежно від підходу до вивчення. В ній стали виділяти статичну біохімію, яка вивчає хімічний склад організмів, динамічну біохімію, яка досліджує метаболічні процеси, і функціональну біохімію, яка вивчає зв'язок хімічних процесів з фізіологічними (біологічними) функціями [6; 7; 8].

Однак в історії розвитку біохімії доречно виділити період середньовіччя із розвитком алхімії в Європі. Проте дані, отримані алхіміками, важливо відокремити від неправильних уявлень, які царювали в той час.

До цього ж періоду відноситься досить смілива на той час ідея І. Ван-Гельмонта про наявність в «соках» живого організму особливих сполук – «ферментів», які беруть участь у хімічних перетвореннях [9].

В XVII–XVIII ст. М.В. Ломоносов та А. Лавуаз'є відкрили закон зберігання енергії і речовин, що властиве і для біологічних об'єктів. Окрім того, А. Лавуаз'є довів, що під час дихання, а також горіння органічних речовин, відбувається поглинання кисню і виділення вуглецевого газу [10].

З середини XVIII ст. починається період відкриття та виділення великої кількості нових органічних речовин рослинного і тваринного походження.

Російський хімік К. С. Кірхгоф 1814 р. описав ферментативний процес бродіння крохмалю під впливом ячменю, що було першим згодом існування біологічно-активних сполук – ензимів [9].

З середини XIX ст. були винайдені наступні ферменти: амілаза слини, пепсин шлункового соку, трипсин підшлункової залози.

Й. Берцеліус ввів у хімію поняття «каталіз» і «каталізатори», до яких на той час відносили ферменти. В 1839 р. Ю. Лібіх виявив, що до складу їжі входять білки, жири та вуглеводи, які є головними складовими тваринних і рослинних організмів [9].

В XX ст. відбувся перехід до масштабного вивчення структур та властивостей окремих представників білків і нуклеїнових кислот, а також їх функцій у клітині. Тому з цього періоду функціональна біохімія стає головним напрямком, зберігаючи зв'язок як з біоорганічною та біологічною хіміями, так і з такими науками, як цитологія, фізіологія і генетика [10].

На всіх етапах становлення біохімії, як фундаментальної науки, вчені нашої Батьківщини вносили певний вклад в її розвиток. Їх прізвища є відомими у світі.

О.Я. Данилевський (1838–1923 рр.) – засновник вітчизняної біохімії, академік. У 1888 р. довів поліпептидну теорію будови білка, вперше застосовуючи якісні реакції на наявність пептидного зв'язку біуретовою пробою, показав зворотність ферментативного каталізу. Він вперше здійснив ферментативний синтез білково-подібних речовин, розробив ряд методів одержання ферментів [11].

І.Я. Горбачевський (1854–1942 рр.) академік АН України. Дослідив амінокислотний склад деяких білків, вперше застосовуючи виявлення ароматичних амінокислот ксантопротеїновою реакцією, шляхи утворення сечової кислоти в організмі, відкрив фермент ксантиноксидазу. Особливе значення мають роботи С. М. Реформатського (1860–1934 рр.), професора Київського університету, пов'язані із синтезом складних природних сполук, завдяки яким було синтезовано вітамін А та його похідні [11].

О.В. Паладін (1885–1972 рр.) – засновник Української біохімічної школи, академік АН України, заслужений діяч науки і техніки України. При вивченні клітинного дихання вперше запропонував теорію дихання хромогенів, поліфенолів рослинного походження. Особливо відомі його праці в галузі вітамінології, біохімії нервової системи; крім того, він є автором підручника «Біологічна хімія», який перекладався в багатьох країнах [11].

В.О. Беліцер (1906–1988 рр.) – академік АН України. Проводив наукові розробки в галузі біохімії окислювальних реакцій, один із фундаторів вчення про окисне фосфорилування, вивчав процес утворення фібрину як основи згортання крові, створив білковий кровозамінник, досліджував особливості процесів денатурації білкових молекул. Дослідив зв'язок процесів гліколізу та дихання, кількісних відношень між диханням та фосфорилуванням, запропонувавши коефіцієнт Р/О, що отримали визнання та розвиток як в нашій країні, так і закордоном [11].

Висновки. Таким чином, біохімія в цілому вивчає хімічні і фізико-хімічні процеси, результатом яких є розвиток і функціонування живих систем усіх рівнів організації. Сучасна біохімія – галузь знань, розділи якої тісно пов'язані між собою і не завжди можуть бути чітко розмежовані. Біохімія – базова біологічна дисципліна в системі підготовки майбутніх фахівців напрямку «Харчові технології».

Після аналізу матеріалів, присвячених аналізу наукових праць українських вчених, удостоєних однієї з високих академічних наукових нагород – премії імені Олександра Володимировича Палладіна за період з 1974–2013 рр., були підсумовані результати із зазначенням, що за цей період відбулося 32 нагородження за визначні здобутки в галузі фундаментальних і прикладних досліджень з біохімії, молекулярної біології, нано- та біотехнології. Лауреатами премії стали 60 вчених із семи наукових центрів України – Дніпропетровська, Києва, Львова, Одеси, Сімферополя, Харкова, Чернівців. Це співробітники науково-дослідних інститутів Академії наук України – Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна, Львівського відділення Інституту біохімії ім. О. В. Палладіна, Інституту біології клітини, Інституту проблем кріобіології і кріомедицини, Інституту молекулярної біології і генетики, Інституту експериментальної патології, онкології і радіобіології ім. Р.Є. Кавецького, Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного, Інституту біоколідної хімії ім. Ф. Д. Овчаренка; низки інститутів Академії медичних наук України, зокрема: Київського Інституту епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського, Інституту експериментальної радіобіології Українського наукового центру радіаційної медицини, Інституту онкології, Інституту ендокринології та обміну речовин ім. В. П. Комісаренка, Інституту екогігієни і токсикології ім. Л. І. Медведя, ДУ «Інститут отоларингології ім. проф. О. С. Коломійченка» та вищих навчальних закладів: Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київського національного медичного університету ім. О.О. Богомольця, Київської медичної академії післядипломної освіти ім. П.Л. Шупіка, Одеського національного університету ім. І.І. Мечникова, Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, Дніпропетровського національного університету, Кримського медичного університету ім. С.І. Георгієвського, Національного університету харчових технологій. Отже, премією ім. О.В. Палладіна нагороджено співробітників 22 науково-дослідних і навчальних центрів [11].

Таким чином, аналізуючи роботи, відзначені премією ім. О.В. Палладіна, слід наголосити, що вони у часі віддзеркалюють розвиток біохімічної науки: від класичних біохімічних досліджень обміну речовин – до нових напрямів, які відповідають сучасному стану науки. Важливим також є те, що багато фундаментальних робіт мають прикладне значення для медицини, сільського господарства, промисловості, екології. Роботи, відзначені премією ім. О.В. Палладіна НАН України, є соціально значущими і корисними: вони дають можливість визначити внесок і пріоритет вчених України в досягнення світової біохімічної (фізико-хімічної) науки, розкривають перспективи її розвитку в межах науково-технічного потенціалу України, а також сприяють популяризації і пропаганді досягнень українських вчених у галузі біохімії, молекулярної біології, нано-, біотехнології та екології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Алейникова Т.Л., Авдеева Л.В. и др., Биохимия. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2006. 786 с.
2. Марри Р., Греннер Д. и др. Биохимия человека: в 2 т. Москва : Мир, 2004.
3. Ленинджер А., Основы биохимии: в 3 т. Москва : Мир, Редакция биологической литературы, 1985. 367 с.

4. Кольман Я., Наглядная биохимия. К.-Г. Рем. Москва : Мир, 2004. 269 с.
5. Маршалл В.Дж., Клиническая биохимия. Москва : Бином, 1999. 368 с.
6. Dzyundzya O., Burak V., Ryapolova I., Voievoda N., Shinkaruk M., Antonenko A., Brovenko T., Tolok G., Kryvoruchko M. Establishing the effect of eggplant powders on the rheological characteristics of a semifinished product made from liver pate masses *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2019. № 4/11 (100). P. 56–63.
7. Dzyundzya O., Burak V., Ryapolova I., Voievoda N., Shinkaruk M., Antonenko A., Brovenko T., Tolok G., Kryvoruchko M. Study of quality and safety parameters of liver pastes with aubergine powder. *Scientific journal «EUREKA: Life Sciences»*. 2019. No 4. P. 18–27.
8. Вогнівенко Л.П., Шинкарук М.В., Обґрунтування використання ферментних добавок при виготовленні варених ковбас. *Таврійський науковий вісник*. 2019. № 116. Т. 1. С. 144–148.
9. Березов Т.Т., Коровин. Б.Ф., Биологическая химия Москва : Медицина, 2002. 704 с.
10. Николаев А.Я., Биологическая химия. Москва: Медицинское информационное агентство, 2004. 559 с.
11. Губский Ю. И. Біологічна хімія. Київ : Нова книга, 2007. 658 с.

REFERENCES:

1. Aleynikova T.L., Avdeyeva L.V. i dr. (2006) Biokhimiya. Moscow : GEOTAR-Media 786 s.
2. Marri R., D. Grennera i dr. (2004) Biokhimiya cheloveka: v 2 t. Moscow : Mir.
3. Lenindzher A. (1985) Osnovy biokhimii: v 3 t. Moscow : Mir, Redaktsiya biologicheskoy literatury. 367 s.
4. Kol'man Ya. (2004) Naglyadnaya biokhimiya. K. Rem. Moscow : Mir. 269 s.
5. Marshall V. Dzh. (1999) Klinicheskaya biokhimiya. Moscow : Binom. 368 s.
6. Dzyundzya O., Burak V., Ryapolova I., Vovayevoda N., Shinkaruk M., Antonenko A., Brovenko T., Tolok G., Krivoruchko M. (2019) Ustanovleniye vliyaniya poroshkov iz baklazhanov na reologicheskiye kharakteristiki polufabrikat iz pechenochnoy pashtetnoy massy Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal predprinimatel'skikh tekhnologiy. № 4/11 (100). S. 56–63.
7. Dzyundzya O., Burak V., Ryapolova I., Vovayevoda N., Shinkaruk M., Antonenko A., Brovenko T., Tolok G., Krivoruchko M. (2019) Issledovaniye pokazateley kachestva i bezopasnosti pechenochnykh past s baklazhanami. poroshok Nauchnyy zhurnal "EUREKA: Life Sciences". № 4. S. 18–27.
8. Vognivenko. L. P., Shinkaruk M. V. (2019) Obosnovaniye ispol'zovaniya fermentnykh dobavok pri izgotovlenii varenykh kolbas. *Tavricheskiy nauchnyy vestnik*. № 116. Т. 1. S. 144–148.
9. Berezov T.T., Korovin. B.F. (2002) Biologicheskaya khimiya Moscow : Meditsina. 704 s.
10. Nikolayev A.Ya. (2004) Biologicheskaya khimiya. Moscow Meditsinskoye informatsionnoye agentstvo. 559 s.
11. Gubskiy Yu.I. (2007) Biologicheskaya khimiya. Kiyev Novaya kniga. 658 s.

УДК 637.523

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.3>

ПЕРЕДУМОВИ РОЗРОБКИ ВЕГЕТАРІАНСЬКИХ КОВБАС В УКРАЇНІ ТА ШЛЯХИ РЕАЛІЗАЦІЇ НОВИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

Восведа Н.В. – кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-3324-965X
Scopus-Author ID: 57192821111

Третьяков О.В. – магістрант I курсу біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-1960-7975

У статті проаналізовано вітчизняний ринок ковбасних виробів вегетаріанського спрямування, наявних у 2021 р. Визначено, що у загальній кількості десяти торгових марок, дві відносять до імпортованих. За кількісним складом продукції переважає ТМ “Vegetus”, яка територіально знаходиться в м. Миколаїв. Також узагальнено проблеми відтворення вегетаріанських ковбас на основі аналізу складу виявлених ковбасних виробів, що включають чотири комплексні фактори, які необхідно вирішувати при розробці нових видів такої продукції. Визначено, що при виробництві вегетаріанської продукції з урахуванням пропозицій виробництву усувається негативний вплив на довкілля за рахунок зменшення кількості використання м'яса, виробництва і переробка якого спричинює значні екологічні зміни у світовому тандемі. При виключенні застосування м'ясної сировини зменшується її споживання, що забезпечує ощадне використання ресурсів країни, та позитивно впливає на харчування людини шляхом зниження калорійності харчового раціону. Як результат теоретичних досліджень, приведено пропозиції, що включають шість позицій, щодо зменшення негативного впливу на навколишнє природне середовище підприємства з виробництва ковбас. Запропоновані прийоми дозволять отримати продукцію середньої цінової категорії та можуть використовуватися на малих та середніх приватних підприємствах. Дослідження виконуються у рамках чинного Закону України № 2623-III від 16.01.2016 р. у відповідності до пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки в Україні: «Рациональне природокористування». До перспектив подальших досліджень відносять розробку технологічної схеми та рецептури нового екологічного виду ковбасних виробів, а також визначення якісних характеристик.

Ключові слова: ковбасні вироби, вегетаріанські, виробництво, екологічні ризики.

Voievoda N.V., Tretyakov O.V. Prerequisites for the development of vegetarian sausages in Ukraine and ways of new technological solutions implementation

The article analyzes the domestic market of vegetarian sausages, available in 2021. It is determined that in the total number of ten brands, two are imported. The quantitative composition of products is dominated by trademark “Vegetus”, which is located in the city of Nikolaev. The problems of vegetarian sausages reproduction are also generalized on the basis of detected sausage products composition analysis, which include four complex factors that need to be solved when developing new types of such products. It is determined that the production of vegetarian products, taking into account the proposals for production, eliminates the negative impact on the environment by reducing the use of meat, the production and processing of which causes significant environmental changes in the global tandem. Excluding the use of raw meat reduces its consumption, which ensures the economical use of the country's resources and has a positive effect on human nutrition by reducing the caloric content of the diet. As a result of theoretical research, there are proposals, including six positions, to reduce the negative impact on the environment of the sausage factory. The proposed methods will allow to obtain products of the middle price category and can be used in small and medium-sized private enterprises. The research is carried out within the framework of the current Law of Ukraine № 2623-III of 16.01.2016

in accordance with the priority direction of science and technology development in Ukraine: "Rational use of nature". Prospects for further research include the development of a technological scheme and recipe for a new ecological type of sausages, as well as the definition of quality characteristics.

Key words: sausages, vegetarian, production, ecological risks.

Постановка проблеми. Згідно з результатами аналізу групи науковців, про які доповідав голова Міжурядової панелі експертів з питань зміни клімату ООН доктор Раджендра Пачаурі у 2018 році [1], перехід на вегетаріанське харчування – це найдієвіший фактор, який може допомогти у боротьбі зі змінами клімату через парниковий ефект. Тому поставлені в теперішній час перед харчовою промисловістю задачі визначають не лише кількісне нарощування об'ємів виробництва класичної ковбасної продукції, але і вимагають пошук інноваційних технологічних рішень з розширення асортименту виробів без м'яса. Продукти цієї групи повинні відрізнятися збалансованим складом, компенсувати відсутність або зменшення вмісту м'ясних компонентів, а також мати високий рівень органолептичних показників.

Загальновідомо, що 5% активного населення України, об'єднані ідеєю здорового способу життя на основі рослинної їжі, вже є групою, здатною сформувати певні зміни в українській економіці – перш за все, в сфері громадського харчування. Про це свідчать дані онлайн-гіду по вегетаріанським і веганським ресторанам світу «Happy Cow» [2], де присутні 40 українських спеціалізованих закладів, з них 20 розташовані в м. Київ, 6 – у м. Львів, по 4 – в м. Одеса і м. Харків, 3 – м. Дніпро. Не можуть залишити без уваги таку значну групу споживачів й традиційні заклади. В меню звичайних ресторанів і кафе все частіше з'являються вегетаріанські страви. Проте вказані виробництва не вивчають поглиблення впливу промислових факторів на екологічний стан довкілля. Хоча цей фактор необхідно врахувати через стійку тенденцію до скорочення виробництва вітчизняного м'яса та недостатню сировинну базу для високопродуктивного функціонування підприємств.

Зважаючи на зростаючий попит та наявність можливості збуту виробленої продукції, важливим і актуальним завданням сьогодення є пошук можливості розробки нових видів ковбас без м'яса з фіксованими показниками якості, адаптованих до сучасних можливостей виробництва України для зниження рівня екологічних ризиків, компенсації недостатнього рівня сировинної бази та забезпечення потреб харчування вегетаріанців.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вітчизняні науковці, а саме І. Сирохман, Г.Б. Рудавська, І. Мартенюк, О. Холодова, С. Хвиля, С. Бурлакова та А. Устинова приділяли увагу створенню нових рецептур варених ковбас [3], Х. Нан, Н. В. Кондратюк, Т. М. Степанова, О. В. Афанасьєв, К. І. Ситник, А. В. Дишук та К. Є. Супруненко розробляли технологію блендів на основі рослинного білка для виробництва вегетаріанських ковбасних виробів [4], а О.А. Штонда та А.Г. Жолудь вирішували питання застосування комплексної добавки на основі горохового борошна у технології варених ковбас [5]. Проте вони не включали повну відсутність м'ясної сировини у такій продукції, тому раціональне використання ресурсів у нових технологіях харчової промисловості потребує більш детального вивчення.

Постановка завдання. Метою статті є вивчення можливостей створення асортименту вегетаріанської ковбаси, що дозволить компенсувати недостатню вітчизняну сировинну базу, задовольнити спеціальні потреби сегменту споживачів та зменшити екологічних ризиків у тенденції міжнародної боротьби зі змінами клімату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Експерти очікують, що через 10-20 років зміняться головні світові тенденції в галузі виробництва вегетаріанських продуктів харчування. Проте поки популярність вегетаріанства знаходиться на підйомі, українським підприємцям варто знайти та зайняти своє місце на внутрішньому і міжнародному ринках з метою звернення її енергії в максимальну користь як для себе, так і для нашої країни в цілому.

Британське «Веганське товариство» зареєструвало торговельний знак «Vegan», що позначає «сертифіковані товари без продуктів тваринного походження». Є й інші знаки, що позначають сертифіковані веганські товари, але в Україні такий знак можна побачити на імпортованих товарах і тих продуктах, чий виробник пройшов сертифікацію. Решта товарів може неочікувано для споживача містити, наприклад, сухе молоко, желатин чи інші продукти, пов'язані з тваринами [6]. Проаналізувавши виробників та склад ковбас цього спрямування в Україні, отримано діаграму, що наведена на рис. 1.



Рис. 1. Ринок ковбас вегетаріанського спрямування в Україні станом на перший квартал 2021 р.

Аналізуючи рисунок 1 зрозуміло, що вегетаріанські заклади харчування та окремі особи часто замовляють потрібні товари з-за кордону виключно на замовлення, а також виробляють власне продукти із насіння конопель, горіхів, злакових чи сої. Втім, найбільшим виробником є ТМ «Vegetus», яка територіально знаходиться м. Миколаїв та має найбільший асортимент веганських ковбасних виробів без врахування сосисок та сарделей (15 найменувань). Тепер на основі проведеного теоретичного дослідження наявного асортименту та сучасних тенденцій виробництва виокремлено основні технологічні проблеми виробництва вегетаріанських ковбас, а саме:

- проблематика відтворення структури ковбас;
- майстерне відтворення смаку, кольору та аромату ковбаси;
- використання полімерних матеріалів як оболонки;
- складники вегетаріанських ковбас мають бути безпечними, обґрунтованими [7] та якісними (зокрема вони є нетиповими).

Враховуючи технологічну проблематику варто врахувати екологічні ризики при виробництві вегетаріанських ковбас у тенденції міжнародної боротьби зі змінами клімату.

Вплив їжі на навколишнє середовище створюється мільйонами різноманітних виробників. Вплив може варіюватися в 50 разів серед виробників одного і того

ж продукту, створюючи значні можливості для пом'якшення наслідків. Однак, пом'якшення наслідків ускладнюється компромісами, різними способами досягнення виробниками низьких наслідків та взаємодіями по всьому ланцюжку поставок. Виробники мають обмеження щодо того, наскільки вони можуть зменшити вплив, оскільки продукція має бути також презентабельною. Найбільш вражаюче, що ефекти продуктів тваринного походження з найменшим впливом, як правило, перевищують показники рослинних замінників, що дає нові докази важливості зміни дієти. та повідомляти про наслідки для навколишнього середовища споживачам [8]. Після аналізу даних міжнародних науковців вносимо пропозицію щодо застосування деяких заходів для зменшення впливу на навколишнє природне середовище виробництва ковбаси у порівнянні із запропонованими варіантами ринку України (рис. 2).

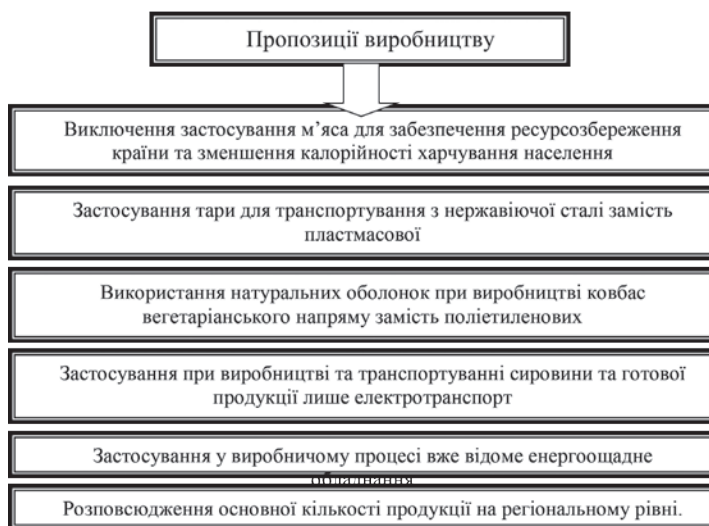


Рис. 1. Запропонована система заходів для зменшення впливу виробництва на навколишнє середовище

Так, для отримання 150 грам яловичини виробляється стільки ж вуглекислого газу, скільки необхідно для виробництва 32 порцій спагетті, чотирьох порцій м'яса птиці, чотирьох свинячих відбивних, семи склянок молока, 205 яблук і 53 порцій овочів. Узагальнивши дані 14,5% всіх парникових газів, що викидаються людством, доводиться на індустрію тваринництва [9].

З позиції ресурсозбереження очікується, що кількість людей на землі до 2050 року складе близько 9,6 млрд. чоловік, тобто приблизно на 2,4 млрд. більше, ніж сьогодні. По-друге, при зростанні загального числа людей зростає рівень життя людей особливо в країнах, що розвиваються. Все більше людей отримують можливість вносити різноманітність у харчування і, зокрема, частіше купувати м'ясні продукти. За оцінками експертів попит на м'ясо і молоко зростає до 2050 року на 73% і 58% відповідно по відношенню до рівня 2010 року. А обсяг ресурсів нашої планети залишиться незмінним [9].

Так, ємності з нержавіючої сталі створюють лише 20 г. екв. CO_2 на літр продукції на протигагу переробленим поліетиленовим матеріалам, що створюють від 450 до 2500 г. еквівалентно CO_2 [8]. При цьому використання сировини

та реалізацію готової продукції рекомендуємо від локальних постачальників. Тим самим значно зменшують викиди від транспортування продуктів.

Також варто вказати, що всі виробники України використовують лише полімерні матеріали як оболонки для вегетаріанських ковбас. Таку тенденцію необхідно змінювати враховуючи державний курс на раціональне природокористування. При цьому рекомендація застосування транспортних ємностей з нержавіючої сталі пов'язана з пролонгованим їх використанням (на противагу пластмасовим) та відсутністю великих викидів при переробці.

Висновки і пропозиції. Розглянуто асортимент ковбас вегетаріанського спрямування в Україні, що включають продукцію вітчизняного та імпортного виробництва у кількості 10 найменувань. За кількісним складом продукції переважає ТМ «Vegetus», яка територіально знаходиться в м. Миколаїв. Також визначені проблеми відтворення вегетаріанських ковбас. Як результат наведені пропозиції виробництву як система заходів для зменшення впливу на навколишнє середовище при випуску ковбас в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Офіційний сайт «Українська правда». Ефективна протидія змінам клімату: що може зробити кожен з нас. URL: <https://www.pravda.com.ua/columns/2017/09/29/7156751/>
2. Офіційний сайт «Львівський портал». Українці все частіше відмовляються від м'яса. URL: <https://portal.lviv.ua/news/2017/12/16/ukrayintsi-vse-chastishe-vidmovlyayutsya-vid-m-yasa-kilkist-vegetariantsiv-perevalila-da-dva-milyoni>
3. Головка М.П., Колесник Т.Л., Яковлев І.О. Формування нових поживних властивостей варених ковбас. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*, 2014, (1), 187–193.
4. Нан Х., Кондратюк Н.В., Степанова Т.М., Афанасьєв О.В., Ситник К.І., Дишук А.В., Супруненко К.Є. Технологія блендів на основі рослинного білка для виробництва вегетаріанських ковбасних виробів. *Науковий вісник PUET: Technical Sciences*, 2020, 1(91). URL: <http://www.journal.puet.edu.ua/index.php/nvts/article/view/1601>
5. Shtonda O.A., Zholud A.G. Застосування комплексної добавки на основі горохового борошна у технології варених ковбас. *SWorld*, 2015, 37. URL: <https://sworld.education/ntsw/215-3.pdf#page=37>.
6. Офіційний інформаційний сайт міста Селідово. Як живеться ваганам в Україні. URL: <https://www.06237.com.ua/news/2204362/ak-zivetsa-veganam-v-ukraini>
7. Новікова Н.В., Ряполова І.О. Схеми сертифікації для переробників сільськогосподарської та харчової продукції. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2018. Вип.4 (67). С. 196–202.
8. J. Poore, T. Nemecek Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. *Science* 01 Jun 2018: Vol. 360, Issue 6392, pp. 987–992. DOI: 10.1126/science.aag0216
9. Екобюро GREENS. Екологічний слід виробництва м'яса. URL: <http://ecobureau.ru/blogmeat>

REFERENCES:

1. The official site of “Ukrainian Truth”. Effective combating climate change: what each of us can do. URL: <https://www.pravda.com.ua/columns/2017/09/29/7156751/>.
2. Official site “Lviv portal”. Ukrainians are increasingly refusing meat. URL: <https://portal.lviv.ua/news/2017/12/16/ukrayintsi-vse-chastishe-vidmovlyayutsya-vid-m-yasa-kilkist-vegetariantsiv-perevalila-da-dva-milyoni>. [in Ukrainian].

3. Golovko, M.P., Kolesnik, T.L., Yakovlev, I.O. (2014) Formation of new nutritional properties of cooked sausages. Progressive techniques and technologies of food production, restaurant business and trade, (1), 187–193. [in Ukrainian]
 4. Nan, H., Kondratyuk, N.V., Stepanova, T.M., Afanasyev, O.V., Sytnik, K.I., Dishuk, A.V., Suprunenko, K.E. (2020) Blend technology based on vegetable protein for the production of vegetarian sausages. Scientific Bulletin PUET: Technical Sciences, 1(91). URL: <http://www.journal.puet.edu.ua/index.php/nvts/article/view/1601>. [in Ukrainian]
 5. Shtonda, O.A., Zholud, A.G. (2015) The use of a complex additive based on pea flour in the technology of cooked sausages. SWorld, 37. URL: <https://sworld.education/ntsw/215-3.pdf#page=37> [in Ukrainian]
 6. Official information site of the city of Selidovo. How do vagans live in Ukraine. URL: <https://www.06237.com.ua/news/2204362/ak-zivetsa-veganam-v-ukraini> [in Ukrainian]
 7. Novikova N.V., Ryapolova I.O. (2018) Certification schemes for processors of agricultural and food products Bulletin of Kherson National Technical University, Issue 4 (67). S. 196–202 [in Ukrainian]
 8. J. Poore, T. Nemecek (2018) Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. Science 01 Jun 2018: Vol. 360, Issue 6392, pp. 987-992. DOI: 10.1126 / science.aag0216. [in English]
 9. Ecobureau GREENS. Ecological trace of meat production URL: <http://ecobureau.ru/blogmeat> [in Ukrainian]
-

УДК 664.661.2:005.591.6

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.4>

АНАЛІЗ НЕТРАДИЦІЙНОЇ БОРОШНЯНОЇ СИРОВИНИ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

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

Звагольська К.М. – студент магістратури
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету

Важливим завданням фахівців харчової галузі є виробництво безпечної, якісної та корисної продукції. Відповідно до тенденцій зростає кількість алергічних захворювань викликана не засвоюваністю певних харчових сполук, зокрема, глютену. Зважаючи на це виникає необхідність пошуку перспективних інгредієнтів для розширення асортименту хлібобулочних виробів які є основою щоденного раціону. У статті стисло окреслено необхідність збільшення виробництва та розширення асортименту безглютенових хлібобулочних виробів. Встановлено, що покращення якості хлібобулочних виробів відбувається за рахунок: використання пектину або пектиновмісних харчових добавок; використання різних видів борошна; використання шротів олійних культур; використання фітосировини. Однак правильний підбір борошна може не лише задовольнити потреби в есенційних речовинах, а й вживатися при певних захворюваннях, наприклад, таких як целіакія.

Встановлено, що зазвичай для промислового виробництва хлібобулочних виробів використовують кукурудзяне та рисове борошно. Зважаючи на це у статті представлений порівняльний аналіз безглютенових видів борошна (кукурудзяного, рисового, сорго, амарантового, конопляного, зеленої гречки) з метою виявлення перспективних. Порівнюючи хімічний склад борошна з різних культур встановлено, що за хімічним складом вони не поступаються звичним для приготування хлібобулочних виробів рисовому і кукурудзяному. Отже, з огляду на тенденцію здорового та дієтичного харчування є перспективним урізноманітнювати асортимент за рахунок введення до рецептур нової і нетрадиційної безглютенової сировини, такої як борошна з сорго, амаранту, конопляного і зеленої гречки. Розробка нових рецептур хлібобулочних виробів із використанням безглютенових борошняних сумішей надасть можливість розширити асортимент високоякісної і конкурентоспроможної продукції із заданими властивостями і є перспективою подальших досліджень.

Ключові слова: борошно, ціаклія, хлібобулочні вироби, безглютенове борошно.

Dzyundzja O.V., Zvaholska K.M. Analysis of non-traditional flour raw materials for the production of bakery products

An important task of food professionals is the production of safe, high quality and useful products. According to the trends, the number of allergic diseases caused by the indigestion of certain food compounds, in particular, gluten, is growing. Due to this, there is a need to find promising ingredients to expand the range of bakery products that are the basis of the daily diet. The article briefly outlines the need to increase production and expand the range of gluten-free bakery products. It is established that the improvement of the quality of bakery products is due to: the use of pectin or pectin-containing food additives; use of different types of flour; use of oilseed meal; use of phyto raw materials. However, the right choice of flour can not only meet the needs of essential substances, but also be used for certain diseases, such as celiac disease.

It is established that corn and rice flour are usually used for industrial production of bakery products. In view of this, the article presents a comparative analysis of gluten-free types of flour (corn, rice, sorghum, amaranth, hemp, green buckwheat) in order to identify promising analogues. Comparing the chemical composition of flour from different crops, it was found that the chemical composition they are not inferior to the usual for the preparation of bakery products with rice and corn. Thus, given the trend of healthy and dietary nutrition, it is promising to diversify

the range by introducing new and non-traditional gluten-free raw materials, such as sorghum flour, amaranth, hemp and green buckwheat. The development of new recipes for bakery products using gluten-free flour mixtures, which in turn will provide an opportunity to expand the range of high quality and competitive products with specified properties is a prospect for further research.

Key words: *flour, tsiaklia, bakery products, gluten-free flour.*

Постановка проблеми. В даний час актуальним є виробництво хліба і булочних виробів спеціального призначення. Застосування нових видів сировини рослинного походження, в тому числі з не хлібопекарських культур, дозволяє збагатити харчову цінність хлібобулочних виробів, покращити його органолептичні і фізико-хімічні показники, збільшити термін зберігання свіжості, інтенсифікувати технологічний процес, стабілізувати якість хліба при переробці борошна зі зниженими хлібопекарськими властивостями, розробити продукцію з покращеним хімічним складом і профілактичними властивостями.

Хлібобулочні вироби – продукт, що входить до щоденного раціону більшості населення світу, однак існують різноманітні захворювання і як наслідок виникає потреба в перегляді сировини для виробництва. Так, наприклад, щороку збільшується кількість хворих на целиацію, яким протипоказано через алергічну реакцію на білок (гліадин) вживання продуктів які їх містять (пшениця, ячмінь, овес, жито, тощо). Однак не зважаючи на порушення обмінних процесів в організмі, для нормального функціонування необхідно надходження всіх необхідних есенційних речовин. Зважаючи на це головним завданням сучасного технолога полягає в виробництві якісної, безпечної, головне корисної для здоров'я продукції. Тому дослідження нетрадиційної борошняної сировини, як основного інгредієнту і її вплив на організм є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досліджуючи інноваційні технології хлібобулочних виробів встановлено, що покращення рецептур відбувається за допомогою наступних напрямів:

– Використання пектину або пектиновмісних харчових добавок, який не тільки підвищує профілактичні властивості хліба, а й покращує структурно-механічні характеристики тіста і якість готових виробів [1, 2, 3, 4, 5];

– Використання різних видів борошна (амарант, чіа, гарбуз тощо) в тому числі борошна круп'яних культур (рисове, сорго, кукурудза, тощо). Використання нетрадиційних видів борошна або їх сумішей забезпечує поліпшення вітамінного та мінерального складу продукту, впливає на структурно-механічні і реологічні властивості [6, 7]. Важливо відмітити, що використання сумішей борошна дозволяють розробити рецептури безглютенових хлібобулочних виробів, які не лише є безпечними для хворих на целиацію, а й містять всі життєво необхідні нутрієнти [8, 9, 10].

– Використання шротів олійних культур (насіння гарбуза, кунжуту, волоського горіха, розторопші, обліпихи тощо) які впливають на інтенсивність бродіння (газоутворення), формостійкість, збільшує питомий об'єм хліба, терміну збереження свіжості і є джерелом вітамінів, мікроелементів. Так, наприклад, застосування шроту розторопші у виробництві хлібобулочних виробів дозволить збагатити хімічний склад хліба білком, поліненасиченими жирними кислотами, харчовими волокнами, вітамінами і мінеральними речовинами. Максимально допустима концентрація шротів становить близько 5% [11, 12, 13, 14, 15].

– Використання фітосировини (овочеві та фруктові порошки, рослинні екстракти, пряні трави, тощо) [16, 17, 18]. Так, наприклад, введення до рецептури екстракту кореня солодки голої (2%) пришвидшує процес бродіння тіста, позитивно впливає на технологічні і органолептичні показники виробів [19].

Постановка завдання. Метою цієї роботи стало дослідження нетрадиційної сировини для виробництва хлібобулочних виробів. Відповідно до мети встановлені наступні завдання:

- Дослідження нетрадиційної сировини для виробництва хлібобулочних виробів;
- Порівняльний аналіз характеристик безглютенових видів борошна.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів є борошно. Тому, враховуючи необхідність створення безглютенових продуктів (20 мг на 1 кг сухої речовини), виникає потреба в порівняльній характеристиці борошна з різних сільськогосподарських культур, що дозволить визначити найбільш перспективну сировину для покращення харчової і біологічної цінності та матиме позитивний вплив на органолептичні і фізико-хімічні показники. Зазвичай для виробництва продукції хворим на целиацію використовують борошно з кукурудзи, рису [8, 9]. Однак існує значна кількість культур (амарант, зелена гречка, сорго, тощо) які мають гарну біологічну цінність, однак недооцінені і масово не використовуються харчовою промисловістю для виробництва виробів спеціального призначення.

Перспективною культурою є амарант, який як харчова і лікарська культура не використовується в необхідному обсязі для задоволення потреб у якісних продуктах харчування і препаратах для профілактики багатьох захворювань. Зерно амаранту за вмістом білка, мінеральних речовин і вітамінів, за цінністю олії перевершує традиційні зернові та зернобобові культури. [7]. Кількісний вміст чистого жиру в насінні амаранту вище, ніж у зернових культурах (5,7...6,9%). Гарнітура амінокислот має сприятливий склад. Борошно амаранту містить в 2...3 рази більше лізину, ніж пшеничне. Головним вуглеводним компонентом насіння амаранту, подібно зерновим культурам, є крохмаль, що складається, головним чином, з амілопектину (93...55%). Температурний діапазон клейстеризації крохмалю становить 62...68°C, що трохи більше, ніж у пшениці. Малорозмірні гранули крохмалю насіння чинять більший опір впливу під час механічного здрибнювання, його водопоглинаюча здатність значно вища, ніж у крохмалю пшениці [19].

Сорго зернове є унікальною злаковою рослиною за своїми біологічними особливостями. Соргове борошно забезпечує організм людини білками, амінокислотами, жирами і жирними кислотами, вуглеводами, вітамінами, мікроелементами. У свою чергу, білок сорго зменшує рівень холестерину в крові і нормалізує діяльність травного апарату людини. Жир сорго містить в своєму складі багато незамінних ненасичених жирних кислот (83-88%), які є важливими для профілактики атеросклерозу, хвороб серця і судин [20].

До безглютенової сировини можна віднести конопляне борошно, яке характеризується значним вмістом ненасичених кислот, гліцеридів, макро- і мікроелементів та амінокислотним складом. За рахунок вмісту бактерицидних речовин науковцями рекомендується використовувати його для харчування хворих на шлунково-кишковий тракт [21]. Деякі дослідження вказують, що за амінокислотним складом білок конопель прирівнюється до яєчного [22, 23, 24]. Встановлено, що з 20 наявних амінокислот, 9 – незамінні, що не синтезуються організмом і є життєво необхідними для нормального функціонування (гістидин, фенілаланін, метіонін, ізолейцин, лейцин, лізин, треонін, триптофан, валін). Не менш багатим є вітамінний склад, що представлений жиророзчинними (каротиноїди, Е, Д, К) і водорозчинними (групи В, С) вітамінами. За вмістом мінеральних речовин борошно містить більшість необхідних нутрієнтів (цинк, магній, залізо, фосфор, марганець, сірка, калій, кальцій, хлор). Також в його складі, в оптимальному співвідношенні (1: 3) присутні поліненасичені жирні кислоти Омега-3 і Омега-6. Наявність даних компонентів забезпечують протизапальну, антистресову дію,

сприятливо впливають на основні системи організму (нервову, серцево-судинну, травну, ендокринну та репродуктивну) [21, 22, 24].

Цікавим для харчової галузі є борошно з черемхи. Дана сировина містить дубильні речовини, флавоноїди, фітонциди, антиоксиданти які здатні нейтралізувати дію вільних радикалів, знижувати ризик виникнення злоякісних утворень, сприяють зміцненню стінок кровоносних судин, володіють активною протимікробною дією. Борошно черемхи містить значну кількість незамінних амінокислот (лейцину, валіну, фенілаланіну), тому є перспективною сировиною для виробництва хлібобулочних виробів [25, 26, 27].

Новою для хлібопекарного виробництва сировиною є борошно з зеленої гречки. Відмінністю від звичайної є те, що це продукт з термічно необроблених зерен гречки, які містять розширений набір поживних речовин, серед яких: клітковина, кальцій, магній, натрій, калій, фосфор, хлор, сірка. Також містить значну кількість вітамінів. Варто зазначити, що біодоступність вітамінів із зеленої гречки значно вище, ніж у звичайної. Це показник того, наскільки швидко і в якому обсязі засвоюються вітаміни даного продукту.

Для більш наглядного порівняння в таблиці 1 наведенні основні хімічні показники різних видів борошна.

Порівнюючи хімічний склад борошна з різних культур (табл.1), бачимо, що за хімічним складом вони не поступаються звичним для приготування хлібобулочних виробів рисовому і кукурудзяному. Отже, з огляду на тенденцію здорового та дієтичного харчування є перспективним урізноманітнювати асортимент за рахунок введення до рецептур нової і нетрадиційної безглютенової сировини.

Таблиця 1

Хімічний склад різних видів борошна

Найменування показника	Вид борошна						
	Рисове	Кукурудзяне	Соргове	Амарантове	Черемхове	Конопляне	Зелена гречка
Білки, г	7,4	7,2	10,8	14,8	7,6	30,0	13,2
Жири, г	0,6	1,5	3,1	1,79	-	7,9	3,4
Вуглеводи, г	80,2	74,4	76,2	58,6	21,8	29,7	71,2
Крохмаль, г	79,1	70,6	63,9	52,3	-	6,0	55,6
Харчові волокна, г	2,3	2,63	6,53	5,7	4,7	18,0	1,3
Мінеральні речовини							
Калій, мг	8,0	20,0	76,0	540,0	13,4	1888,0	380,0
Магній, мг	50,0	36,0	127,0	320,0	10,0	449,0	200,0
Залізо, мг	1,02	2,7	4,41	56	0,2	33,0	6,7
Цинк, мг	0,17	0,5	3,2	2,8	0,3	7,2	2,1
Вітамінний склад							
В1,мг	0,06	0,35	0,39	0,12	0,39	1,27	0,4
Е	2,84	3,95	0,8	1,56	1,7	0,8	6,7
С	-	-	-	4,0	0,45	0,5	-
В9	0,22	0,37	0,4	43,0	-	110	31,8

Висновки і пропозиції. Встановлено, що основною сировиною для виробництва безглютенових виробів є кукурудзяне і рисове борошно. Проведений аналіз характеристик безглютенових видів борошна вказав на наявні альтернативні культури які можна використовувати для харчування хворим на целиацію. Зважаючи на це перспективним є розробка нових рецептур хлібобулочних виробів із використанням безглютенових борошняних сумішей, що в свою чергу надасть можливість розширити асортимент високоякісної і конкурентоспроможної продукції із заданими властивостями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ukrainets A. et. al. A study of the effect of enriched whey powder on the quality of a specialpurpose bread. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2, Issue 11 (80). 2016. P. 32–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65778>.
2. Пахомська, О. В. Науковий підхід до створення хлібобулочних виробів функціонального призначення. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 2019, 25, № 2: 276–283.
3. Бишовець, Л. Г. 3.6 Інноваційні напрямки застосування пектиновмісної сировини в оздоровчому харчуванні. Інноваційні напрями розвитку харчових технологій: колективна монографія; М-во освіти і науки України, Черкас. держ. технол. ун-т. Черкаси : ЧДТУ, 2020. С. 128–132.
4. Спосіб виробництва хліба «Новинка». Пат. 129112 Україна МПК А21D 8/00. № u201803082; заявл. 26.03.2018; опубл. 25.10.2018, Бюл. № 20.
5. Дзюндзя О.В., Басалаєв Р.О. Удосконалення технології хлібобулочних виробів на основі мультизернового борошна та порошоків з буряка *Стан та перспективи розвитку туристичного та готельно-ресторанного бізнесу : колективна монографія*, за ред. д.і.н., проф. Г.М. Чепурди; Черкас. держ. технол. ун-т. -Черкаси : ЧДТУ, 2019. С. 120–127
6. Дробот В.І., Приходько Ю.С., Бережна Г. О. Борошно сорго у технології безглютенового хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 25, № 1, 2019. С. 208–214.
7. Миколенко С.Ю., Царук Л.Ю., Чурсінов Ю.О. Вплив продуктів переробки амаранту і чіа на якість хліба. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. : Нові рішення в сучасних технологіях: зб. наук. пр. Харків : НТУ «ХПІ», 2019. № 5 (1330). С. 145–151.
8. Медвідь І.М., Шидловська О.Б., Доценко В.Ф. Перспективи використання амілолітичних ферментів у технології рисового хліба для хворих на целиацію. *Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій»*, № 3, 2017. С. 154–154.
9. Дробот В.І., Михонік Л.А., Грищенко А.М. Вплив структуроутворювачів на якість безглютенового хліба із суміші рисового та кукурудзяного борошна. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23, № 6, 2017, 169–175.
10. Христенко А.С. Хлібобулочні вироби з пониженим вмістом алергенів. *Вісник студентського наукового товариства «ВАТРА» Вінницького торговельно-економічного інституту КНТЕУ*. Вінниця: Редакційно-видавничий. 2020. Вип. 98, с. 137–145.
11. Михонік Л.А., Грищенко А.М. Використання шроту з насіння розторопші в технології хліба з пшеничного цільнозернового борошна *Хранение и переработка зерна*. 2017. № 3 (211) С. 40–43.
12. Чорний В.М. Вплив шротів насіння і горіхів на перебіг процесів приготування тіста для житнього хліба. *Збірник тез X Всеукраїнської студентської науково-технічної конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання»* 2017, № 1, с. 225–226.
13. Дудяк І.В., Кислянка Н.П. Використання знежиреного обліпихового шроту для підвищення харчової цінності хліба. *Сучасні підходи до вирощування*,

переробки і зберігання плодоовочевої продукції : матеріали міжнародної наук.-практ. конф. 18–20 березня 2020 р. Миколаїв : МНАУ, 2020. С. 158–159.

14. Степанькова Г.В., Олійник С.Г., Шидакова-Каменюка О.Г. Кваліметрична оцінка якості хліба пшеничного з використанням шроту зародків вівса та макухи зародків кукурудзи. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, № 25, 1, 2019. С. 233–242.

15. Гуменюк О.Л., Ксенюк М.П., Козлов, М.В. Реологічні властивості напівфабрикатів з добавкою конопляного шроту для приготування хліба білого. *Комплексное обеспечение качества технологических процессов и систем*. 2018, с. 23–25

16. Валухо М., Шинкарук М. Дослідження застосування нетрадиційної рослинної сировини у виробництві хлібобулочних виробів. *Інноваційні технології у хлібопекарському виробництві. Мат. IV міжн. наук. практ. конф. НУХТ. Київ*. 2020. С. 26–31

17. Новікова Н.В., Драга А.Ю. Проблеми та перспективи використання пряно-ароматичної сировини в технологіях хлібобулочних виробів. *Молодіжна наукова ліга*. 2020. № 2. С. 26–27.

18. Петрюк О., Іжевська О. Цикорій–цінна сировина для збагачення хлібобулочних виробів функціональними інгредієнтами. *Сучасні тенденції розвитку індустрії гостинності*. 2020, с. 174–175.

19. Жаркова И.М. и др. Амарантовая мука: характеристика, сравнительный анализ, возможности применения. *Вопросы питания*. 2014. Т. 83, № 1. С. 67–73.

20. Дробот В.І., Приходько Ю.С., Бережна Г.О. Борошно сорго у технології безглютенового хліба. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 2019, 25, № 1: 208–214.

21. Сова Н.А., Луценко М.В., Єніна Н.Ю., Васараб-Кожушна Л.Д. Насіння ненаркотичних конопель – перспективна біологічно активна сировина для харчової промисловості. *Хранение и переработка зерна*. 2017. Вип. 9 (217). С. 16–19

22. Radočaj O, Dimić E., Tsao R. Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers *Journal of Food Science*. 2014. Vol. 79 (1). P. 318 – 325. doi: 10.1111 / 1750-3841.12370.

23. Apostol L., Popa M., Mustatea G. Cannabis sativa L partially skimmed flour as source of bio-compounds in the bakery industry *Romanian Biotechnological Letters*. 2015. Vol. 20 (5). P. 10835–10844.

24. House, J. D. Evaluating the Quality of Protein from Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Products Through the use of the Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score Method / J. D. House, J. Neufeld, G. Leson *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010. Vol. 58 (22). P. 11801–11807. doi:10.1021 / jf102636b.

25. Неміріч О.В., Михайленко В.М., Бережна Т.О. Порівняльна характеристика хімічного складу та біологічної цінності аглютенового та пшеничного борошна. *Zbiór artykułów naukowych recenzowanych.*, Warszawa, 2018, p. 30–33.

26. Bashir, K., Swer, T.L., Prakash, K.S., Aggarwal, M. Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. *LWT – Food Science and Technology*. 2017, 76(A), pp.131–139. doi: 10.1016/j.lwt.2016.10.050.

27. Markiewicz-Keszycska, M., Casado-Gavaldá, M.P., Cama-Moncunilla, X., Cama-Moncunilla, R., Dixita, Y., Cullenab, P.J., Sullivana, C. Laserinduced breakdown spectroscopy (LIBS) for rapid analysis of ash, potassium and magnesium in gluten free flours. *Food Chemistry*. 2018, V.244, pp.324–330. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.10.063.

REFERENCES:

1. Ukrainets A. et. al. (2016) A study of the effect of enriched whey powder on the quality of a specialpurpose bread. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 2, Issue 11 (80). P. 32–41. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.65778> [in Ukrainian].

2. Pakhoms'ka, O.V. (2019). Naukovyy pidkhid do stvorennia khlibobulochnykh vyrobiv funktsional'noho pryznachennia. Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy, (25, № 2), 276-283. [in Ukrainian].
3. Byshovets', L.H. (2020) 3.6 Innovatsiyni napryamky zastosuvannya pektynovmisnoyi syrovyny v ozdorovchomu kharchuvanni. Innovatsiyni napryamy rozvytku kharchovykh tekhnolohiy: kolektyvna monohrafiya; M-vo osvity i nauky Ukrainy, Cherkas. derzh. tekhnol. un-t. Cherkasy : CHDTU, 128–132. [in Ukrainian].
4. Dzyundzha O.V., Basalaev R.O. (2018). Pat. No 129112 Sposib vyrobnytstva khliba "Novynka" Ukrainy Retrieved from: <http://dspace.ksau.kherson.ua> [in Ukrainian].
5. Dzyundzha O.V., Basalaye R.O. (2019) Udoskonalennia tekhnolohiyi khlibobulochnykh vyrobiv na osnovi mul'tyzernovoho boroshna ta poroshkiv z buryaka Stan ta perspektyvy rozvytku turystychnoho ta hotel'no-restorannoho biznesu : kolektyvna monohrafiya, za red. d.i.n., prof. H. M. Chepurdy; Cherkas. derzh. tekhnol. un-t. Cherkasy : CHDTU, 120-127 [in Ukrainian].
6. Drobot, V.I., Prykhod'ko, YU.C., Berezhna, H.O. (2019) Boroshno sorho u tekhnolohiyi bez-hlyutenovoho khliba. Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy, 25, 1, 208-214 [in Ukrainian].
7. Mykolenko, S.YU., Tsaruk, L.YU., Chursinov Yu.O. (2019) Vplyv produktiv pererobky amarantu i chia na yakist' khliba. Visnyk Natsional'noho tekhnichnoho universytetu "KHPI". Ser. : Novi rishennia v suchasnykh tekhnolohiyakh [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : New solutions in modern technology]: zb. nauk. pr. Kharkiv : NTU "KHPI". 5 (1330), 145–151 [in Ukrainian]
8. Medvid', I.M., Shydlovs'ka, O.B., & Dotsenko, V.F. (2017). Perspektyvy vykorystannya amilolitychnykh fermentiv u tekhnolohiyi rysovoho khliba dlya khvorykh na tseliakuyu. Zbirnyk tez dopovidey VI Mizhnarodnoyi naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi molodykh uchenykh ta studentiv „Aktual'ni zadachi suchasnykh tekhnolohiy“, 3, 154-154 [in Ukrainian].
9. Drobot, V.I., Mykhonik, L.A., & Hryshchenko, A.M. (2017). Vplyv strukturoutvoryuvachiv na yakist' bez-hlyutenovoho khliba iz sumishi rysovoho ta kukurudzyanoho boroshna. Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy, 23, № 6, 169–175. [in Ukrainian].
10. Khrystenko, A.S. (2020). Khlibobulochi vyroby z ponyzhenym vmistom alerheniv. Visnyk student-s'koho naukovoho tovarystva "VATRA" Vinnyts'koho torhovel'no-ekonomichnoho instytutu KNTEU. Vinnytsya: Redaktsiyno-vydavnychyy, 98, 137–145 [in Ukrainian].
11. Mykhonik L.A., Hryshchenko A.M. (2017) Vykorystannya shrotu z nasinnya roztoropshi v tekhnolohiyi khliba z pshechnoho tsil'nozernovoho boroshna Khraneny y pererabotka zerna. 3 (211). 40–43 [in Belarusian].
12. Chornyy, V.M. (2017). Vplyv shrotiv nasinnya i horikhiv na perebih protsesiv pryhotuvannya tista dlya zhytn'oho khliba. Zbirnyk tez X Vseukrayins'koyi student-s'koyi naukovy-tekhnichnoyi konferentsiyi „Pryrodnychi ta humanitarni nauky. Aktual'ni pytannya“ 1, 225–226. [in Ukrainian].
13. Dudyak, I.D., Kyslyanka, N.P. (2020). Vykorystannya znezhyrenoho oblipykhovoho shrotu dlya pidvyshchennia kharchovoyi tsinnosti khliba. 158–159 [in Ukrainian].
14. Stepan'kova, H.V., Oliynyk, S.H., Shydakova-Kamenyuka, O.H. (2019). Kvalimetrychna otsinka yakosti khliba pshechnoho z vykorystanniam shrotu zarodkiv vivsa ta makukhy zarodkiv kukurudzy. Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy, 25, 1, 233-242 [in Ukrainian].
16. Humenyuk, O.L., Ksenyuk, M.P., Kozlov, M.V. (2018). Reolohichni vlastyvyosti napivfabrykativ z dobavkoyu konoplyanoho shrotu dlya pryhotuvannya khliba biloho. Kompleksnoe obespechenye kachestva tekhnolohycheskykh protsessov y system. 23–25 [in Ukrainian].
16. Valyukh, M., Shynkaruk, M. (2020). Doslidzhennia zastosuvannya netradytsiynoyi roslynnoyi syrovyny u vyrobnytstvi khlibobulochnykh vyrobiv.

Innovatsiyni tekhnolohiyi u khlibopekars'komu vyrobnytstvi. Mat. IV mizhn. nauk. prakt. konf. NUKHT. Kyiv. 26–31 [in Ukrainian].

17. Novikova N.V., Draha A.YU. (2020). Problemy ta perspektyvy vykorystannya pryano – aromatychnoyi syrovyny v tekhnolohiyakh khlibobulochnykh vyrobiv, Molodizhna naukova liha. 2020, 2, 26–27 [in Ukrainian].

18. Petryuk, O., Izhevs'ka, O. (2020). Tsykoryi-tsinna syrovyna dlya zbahachennya khlibobulochnykh vyrobiv funktsional'nymy inhrediyentamy. Suchasni tendentsiyi rozvytku industriyi hostynnosti. 174–175 [in Ukrainian].

19. Zharkova I.M. i dr. (2014) Amarantovaya muka: kharakteristika, sravnitel'nyy analiz, vozmozhnosti primeneniya. Voprosy pitaniya. 83, 1. 67–73 [in Russian].

20. Drobot, V.I., Prykhod'ko, YU.C., Berezhna, H.O. (2019). Boroshno sorho u tekhnolohiyi bez-hlyutenovoho khliba. Naukovi pratsi Natsional'noho universytetu kharchovykh tekhnolohiy, 25, 1, 208–214 [in Ukrainian].

21. Sova N.A., Lutsenko M.V., Yenina N.YU., Vasarab-Kozhushna L. D. (2017) Nasinnya nenarkotychnykh konopel' – perspektyvna biolohichno aktyvna syrovyna dlya kharchovoyi promyslovosti. Khraneny y pererabotka zerna. 9 (217). 16–19 [in Ukrainian].

22. Radočaj O, Dimić E., Tsao R. (2014) Effects of Hemp (*Cannabis sativa* L.) Seed Oil Press-Cake and Decaffeinated Green Tea Leaves (*Camellia sinensis*) on Functional Characteristics of Gluten-Free Crackers *Journal of Food Science*. 79 (1). 318 – 325. doi: 10.1111 / 1750-3841.12370 [in English].

23. Apostol L., Popa M., Mustatea G. (2015) Cannabis sativa L partially skimmed flour as source of bio-compounds in the bakery industry *Romanian Biotechnological Letters*. 20 (5). 10835–10844 [in Romanian]

24. House, J.D. (2010) Evaluating the Quality of Protein from Hemp Seed (*Cannabis sativa* L.) Products Through the use of the Protein Digestibility-Corrected Amino Acid Score Method. *Leson Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58 (22). 11801–11807. doi:10.1021 / jf102636b [in English].

25. Nyemirich, O.V., Mykhaylenko, V.M., Berezhna, T.O. (2018). Porivnyal'na kharakterystyka khimichnoho skladu ta biolohichnoyi tsinnosti ahlyutenovoho ta pshenychnoho boroshna. Zbiór artykułów naukowych recenzowanych., Warszawa, 30–33 [in Polish].

26. Bashir, K., Swer, T.L., Prakash, K.S., Aggarwal, M. (2017). Physico-chemical and functional properties of gamma irradiated whole wheat flour and starch. *LWT. Food Science and Technology*. 76(A), 131–139. doi: 10.1016/j.lwt.2016.10.050 [in English].

27. Markiewicz-Keszycka, M., Casado-Gavaldá, M.P., Cama-Moncunilla, X., Cama-Moncunilla, R., Dixita, Y., Cullenab, P.J., Sullivan, C. (2018). Laserinduced breakdown spectroscopy (LIBS) for rapid analysis of ash, potassium and magnesium in gluten free flours. *Food Chemistry*. 244, 324–330. doi:10.1016/j.foodchem.2017.10.063 [in English].

УДК 664.682

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.5>

ТОВАРОЗНАВЧА ОЦІНКА ПЕЛЬМЕНІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

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

Метою роботи є наукове обґрунтування і розробка нових напівфабрикатів функціонального призначення і їх асортименту з метою формування здорового харчування населення. Для проведення експертизи пельменів функціонального спрямування було виготовлено пельмені «Херсонські традиційні» за традиційною рецептурою (контроль) та пельмені з додаванням 7% порошку шпинату (дослід). З харчових речовин, необхідних для задоволення життєвих потреб людини, найціннішим є білок. Дуже перспективні комбіновані білкові системи, пріоритет серед яких мають м'ясо-рослинні. Поєднання тваринних і рослинних інгредієнтів дозволяє взаємно доповнювати їх відсутніми біологічно активними речовинами і бути основою для забезпечення спеціалізованого і лікувально-профілактичного харчування. При проведенні аналізу хімічного складу контрольного та дослідних зразків, встановлено, що кількість білків в 100 г досліджуваного продукту зменшилась на 2,5%, кількість жирів зменшилась на 5,6%, кількість вуглеводів зросла на 8,9%. Це зростання відбулося завдяки додаванню харчових волокон які містяться в порошку шпинату, при цьому калорійність продукту знизилась на 6,2%, в порівнянні з контрольним. Органолептична оцінка показала, що з додаванням порошку шпинату поліпшуються властивості готового продукту по всіх досліджуваних пунктах. Органолептичні показники та харчова цінність є одними з визначальних факторів формування якості пельменів. Саме тому для зазначених показників були обрані найвищі коефіцієнти вагомості – по 0,35 і 0,25. Фізико-хімічні показники й енергетична цінність також мають певний вплив на комплексний показник якості, тому коефіцієнти вагомості для них становлять по 0,15. Показники безпечності мінімально впливають на якість нових виробів, оскільки нашими дослідженнями встановлені мінімальні кількості мікроорганізмів і токсичних елементів у досліджуваних зразках пельменів.

Ключові слова: напівфабрикати, шпинат, пельмені, хімічний склад, дослідні зразки, функціональні продукти.

Novikova N. V. Trade analysis of functional pelmeni

The purpose of the work is the scientific substantiation and development of new semi-finished products for functional purposes and their range in order to form a healthy diet. For the examination of functional pelmeni, Kherson traditional pelmeni were made according to the traditional recipe (control) and pelmeni with the addition of 7% spinach powder (experiment). Of the nutrients needed to meet the vital needs of man, the most valuable is protein. Very promising combined protein systems, with priority given to meat and vegetables. The combination of animal and plant ingredients allows them to complement each other with missing biologically active substances and to be the basis for providing specialized and therapeutic nutrition. When analyzing the chemical composition of control and experimental samples, it was found that the amount of protein per 100 g of test product decreased by 2.5%, the amount of fat decreased by 5.6%, the amount of carbohydrates increased by 8.9%. This increase was due to the addition of dietary fiber contained in spinach powder, while the caloric content of the product decreased by 6.2% compared to the control. Organoleptic evaluation showed that the addition of spinach powder improves the properties of the finished product at all points studied. Organoleptic characteristics and nutritional value are among the determining factors in the formation of the quality of dumplings. That is why the highest weights were chosen for these indicators – 0.35 and 0.25. Physico-chemical parameters and energy value also have a certain influence on the complex quality indicator, so the weights for them are 0.15. Safety indicators have a minimal effect on the quality of new products, as our research has established the minimum amount of microorganisms and toxic elements in the studied samples of dumplings.

Key words: semi-finished products, spinach, dumplings, chemical composition, prototypes, functional products.

Постановка проблеми. У сучасних умовах ринок заморожених напівфабрикатів, реалізованих через мережевий роздріб, показує заavidну стабільність. Український ринок пельменів є найбільш ємним серед заморожених напівфабрикатів [1,2]. Безпечність та стабільність якості при виробництві м'ясних пельменів можлива при комплексному і системному моніторингу, контролі, аналізі та коригуванні на кожному етапі харчового ланцюга «від поля до столу споживача».

Напівфабрикати в нашій країні користуються все більшим попитом, і, без сумніву, цей попит буде збільшуватися. Завдяки вмілим маркетинговим кампаніям цей вид продукції стрімко завойовує популярність серед українських споживачів [5].

З харчових речовин, необхідних для задоволення життєвих потреб людини, найціннішим є білок. Дуже перспективні комбіновані білкові системи, пріоритет серед яких мають м'ясо-рослинні. Поєднання тваринних і рослинних інгредієнтів дозволяє взаємно доповнювати їх відсутніми біологічно активними речовинами і бути основою для забезпечення спеціалізованого і лікувально-профілактичного харчування.

Джерела харчового білка на основі рослинної сировини мають високу біологічну цінність завдяки вмісту білкових речовин, відносно хорошою засвоюваністю і поживними властивостями, а також низьким вмістом жиру. У зв'язку з доступністю рослинної сировини надаються широкі можливості для цілеспрямованого його використання в якості добавок при виробництві м'ясопродуктів і як основного компонента комбінованих виробів. На одне з перших місць при розробці технологій виробництва функціональних м'ясних продуктів слід поставити харчові волокна, що володіють яскраво вираженими корисними властивостями [1].

У зв'язку з вищесказаним, актуальним є розширення виробництва напівфабрикатів функціонального призначення і їх асортименту з метою формування здорового харчування населення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. О.В. Кандалей розроблено загальні принципи моделювання м'ясних кулінарних виробів функціонального призначення, науково обґрунтовано доцільність комплексного введення до їхнього складу дієтичних добавок – морських водоростей фукусів (носії йоду), олії лляної з селеном, соєвого борошна ЕСО (джерело селену, фолієвої кислоти, токоферолу, поліненасичених жирних кислот). Визначено раціональний гідромодуль фукусів у технології м'ясних фаршів – 1:3, що забезпечує їх високі функціонально-технологічні властивості. Дослідні зразки фаршів з 0,5-3,0% фукусів мали вищу відносну вологоутримуючу (на 2,7-7,3%), жирутримуючу (на 1,5-3,0%) здатність та стійкість фаршу (на 2,1-5,5%) порівняно з контролем [3].

О.С. Кобець обґрунтувала необхідність створення клітковинно-олійних напівфабрикатів (КОН) «Зерновий» та «Яблучний», які дозволять зменшити дегідратуючий вплив КХВ на біополімери бісквітного тіста. Шляхом математичного планування оптимізовано співвідношення їх компонентів та технологічні особливості приготування. Встановлено, що найкраще співвідношення для КОН «Зерновий» ПКХВ та олій становить 1:1,58 за температури 22...24 °С за умови вистоювання протягом 24 год. Для КОН «Яблучний» найкраще співвідношення ЯКХВ та олій становить 1:1,55 за температури 22...24 °С і вистоюванні протягом 18 год [4].

Мета дослідження. Проведення товарознавчої оцінки м'ясних пельменів функціонального призначення, вивчення їх органолептичних властивостей та хімічного складу готового продукту.

Виклад основного матеріалу досліджень. Для проведення експертизи пельменів функціонального спрямування було виготовлено пельмені «Херсонські традиційні» за традиційною рецептурою (контроль) та пельмені з додаванням 7 % порошку шпинату (дослід). Було проаналізовано хімічний склад контрольного та дослідного зразка досліджуваних пельменів (Табл. 1).

Таблиця 1

Хімічний склад контрольного та дослідних зразків

Нутрієнти	Пельмені «Херсонські традиційні»	Пельмені з 7 % порошку шпинату
Білки	13,44	13,10
Жири	11,45	10,81
Вуглеводи	41,35	45,42
Калорійність	318,57	299,77

Як видно, кількість білків в 100 г досліджуваного продукту зменшилась на 2,5%, кількість жирів зменшилась на 5,6%, кількість вуглеводів зросла на 8,9%. Це зростання відбулося завдяки додаванню харчових волокон які містяться в порошку шпинату, при цьому калорійність продукту знизилась на 6,2%, в порівнянні з контрольным.

Таким чином, розроблена рецептура пельменів відповідає дієтичному продукту і має функціональну спрямованість. Даний вид продукту може бути рекомендований для людей з захворюванням цукровим діабетом, атеросклерозом тощо.

Крім розрахунку хімічного складу пельменів функціонального призначення в роботі проводилась оцінка органолептичних характеристик. В якості контрольного зразку були обрані пельмені «Херсонські традиційні», що виготовлені за традиційною рецептурою (без додавання порошку шпинату).

Результати органолептичної оцінки контрольного та дослідного зразка продуктів наведено в таблиці 2.

За результатами досліджень встановлено, що за зовнішнім виглядом пельмені контрольного та дослідного зразка фактично не відрізнялися, проте у вареному вигляді – фарш пельменів із вмістом 7% шпинату був більш соковитий та ніжний, та мав тенденцію до переваги за даним показником в порівнянні з аналогом контрольного зразка.

Таблиця 2

Результати органолептичної оцінки контрольного та дослідного продуктів

Показники	Пельмені «Українські» (контрольний)		Пельмені з 9 % ПТ (дослід)	
Зовнішній вигляд	Форма напівкругла, краї тістової оболонки щільно склеєні, фарш не виступає	8,8 ± 0,01	Форма напівкругла, краї тістової оболонки щільно склеєні, фарш не виступає	8,9 ± 0,05
Вигляд на розрізі	Фарш рівномірно перемішаний, рожевого кольору в оболонці з тіста	8,5 ± 0,03	Фарш рівномірно перемішаний, світло-рожевого кольору в оболонці з тіста	8,8 ± 0,01
Консистенція	У вареному вигляді – фарш не соковитий, оболонка з тіста не розірвана, відстає від фаршу.	7,9 ± 0,04	У вареному вигляді – фарш соковитий, ніжний, оболонка тіста не розірвана.	8,9 ± 0,03
Запах у вареному вигляді	Приємний, властивий даному продукту	8,3 ± 0,08	Приємний, властивий даному продукту	8,7 ± 0,04
Смак у вареному вигляді	Відчувається надмірна жирність	6,3 ± 0,07	Властивий даному продукту	8,7 ± 0,02

Органолептична оцінка показала, що з додаванням порошку шпинату поліпшуються властивості готового продукту по всіх досліджуваних пунктах, що показано на рис. 1.



Рис. 1. Профілограма органолептичних показників контрольного та дослідного зразку пельменів

Під час розробки математичної моделі кваліметричної оцінки якості важливим фактором є вибір коефіцієнтів вагомості як для одиничних, так і для групових показників [6].

Запропоновані нами значення коефіцієнтів вагомості для групових показників зазначені в табл. 3.

Таблиця 3

Коефіцієнти вагомості групових показників якості вафель

№ п/п	Назва групового показника якості	Значення коефіцієнта вагомості (Pi)
1	Органолептичні показники (група P1)	0,35
2	Фізико-хімічні показники (група P2)	0,15
3	Показники безпеки (група P3)	0,10
4	Харчова цінність (група P4)	0,25
5	Енергетична цінність (група P5)	0,15

Органолептичні показники та харчова цінність є одними з визначальних факторів формування якості пельменів. Саме тому для зазначених показників були обрані найвищі коефіцієнти вагомості – по 0,35 і 0,25. Фізико-хімічні показники й енергетична цінність також мають певний вплив на комплексний показник якості, тому коефіцієнти вагомості для них становлять по 0,15. Показники безпечності мінімально впливають на якість нових виробів, оскільки нашими дослідженнями встановлені мінімальні кількості мікроорганізмів і токсичних елементів у досліджуваних зразках пельменів.

Для розрахунку інтегрального показника якості нами було визначено групові показники, які своєю чергою складаються з одиничних показників і характеризуються базовими значеннями (табл. 4.).

Таблиця 4

Визначення одиничних показників якості пельменів

Група показників	Найменування показника	Базове значення	Коефіцієнт вагомості	Дійсні значення показників якості/Значення Рі з урахування коефіцієнта вагомості			
				Контроль		Пельмені з ПШ	
Р1	Зовнішній вигляд	5 балів	0,1	4,86	0,10	4,94	0,10
	Колір	5 балів	0,1	4,80	0,10	4,85	0,10
	Будова у розломі	5 балів	0,1	4,70	0,09	4,70	0,09
	Якість начинки	5 балів	0,25	4,40	0,22	4,10	0,20
	Запах	5 балів	0,2	4,10	0,16	4,00	0,16
	Смак	5 балів	0,25	4,80	0,24	4,80	0,24
Р2	Вологість	0,5+7,8 %	0,5	1,87	0,11	6,80	0,40
Р3	Вміст токсичних елементів: свинцю	0,5 мг/кг	0,1	0,10	0,00	0,10	0,00
	кадмію	0,1 мг/кг	0,1	0,01	0,01	0,01	0,01
	миш'яку	0,3 мг/кг	0,1	0,08	0,02	0,08	0,02
	ртуті	0,02 мг/кг	0,1	0,003	0,01	0,003	0,01
	міді	10,0 мг/кг	0,1	2,20	0,02	2,50	0,02
	цинку	30,0 мг/кг	0,1	7,20	0,02	7,20	0,02

За даними таблиці 4 видно, що усі вироби характеризуються досить високим органолептичним показником, однак тенденцію до переваги мали зразки пельменів з вмістом порошку шпинату

Висновки і пропозиції.

1. Обґрунтовано доцільність використання 7% порошку шпинату для створення м'ясних пельменів функціонального призначення.

2. Проведена оцінка якості готових виробів за органолептичними показниками підтвердила тенденцію до переваги за даною групою показників у зразках пельменів з вмістом порошку шпинату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Антипова Л.В. Жеребцов Н.А. Биохимия мяса и мясных продуктов. Воронеж : ВГУ, 2014. 184 с.
2. Дубовик Є.В., Ржеусская М.І. Товарознавство та експертиза м'ясних товарів. Мінськ : БГЕУ, 2016. 145 с.
3. Кандалей О.В. Технологія м'ясних кулінарних виробів функціонального призначення з використанням фукусів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к. тех. наук : 05.18.16. Київ, 2007.22 с.
4. Кобець О.С. Удосконалення технології бісквітних напівфабрикатів оздоровчого призначення : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к. тех. наук: 05.18.16. Київ, 2018. 24 с.

5. Новікова Н.В., Каменєва Р.С. Технологічні підходи у підвищення харчової та біологічної цінності вафельних тортів. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень*. 2020. № 1. С. 114–115.

6. Плахотин В.Я. Контроль качества пищевых продуктов. Киев : Урожай, 2016. 141 с.

REFERENCES:

1. Antipova L. & Zherebtsov H. A. (2014) Biochemistry of meat and meat products. Voronezh: VSU, 184 p.

2. Dubovik E. & Rzhеusskaya M. (2016) Commodity science and examination of meat products. Minsk : BSEU, 145 p.

3. Kandaley O. (2007) Technology of meat culinary products for functional purposes using fucus: author's ref. dis. for science. degree k.tech. Science: 05.18.16. Kyiv, 22 p.

4. Kobets O. (2018) Improving the technology of biscuit semi-finished products for health purposes: author's ref. dis. for science. degree k.tech. Science: 05.18.16. Kyiv, 24 p.

5. Novikova N. & Kameneva R. (2020) Technological approaches to increase the nutritional and biological value of waffle cakes. Traditional and innovative approaches to research. № 1. S. 114–115.

6. Plakhotin V. (2016) Food quality control. Kiev: Harvest, 141 p.

УДК 664.6

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.6>

ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У БОРОШНЯНИХ КОНДИТЕРСЬКИХ ВИРОБАХ

Ряполова І.О. – кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри інженерії харчового виробництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-7672-6639
Scopus-Author ID: 57207853973

Микулінська Д.А. – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня
біолого-технологічного факультету
Херсонського державного аграрно-економічного університету

Стаття присвячена вивченню можливості створення функціональних борошняних кондитерських виробів з рослинної сировини яка володіє пребіотичним ефектом. Харчові волокна які відносяться до пребіотиків і містяться у рослинних компонентах не розщеплюються у товстому відділі кишечника, здатні забезпечувати зростання корисної мікрофлори. До місцевих рослинних функціональних продуктів відносять гарбуз. Встановлено, що додавання сировини функціональної направленості, до рецептурного складу кексів дозволяє забезпечити добову потребу у вітаміні С за рахунок комбінації гарбузу і пшеничних висівок, вітаміну В₁, В₂ – вівсяного борошна і пшеничних висівок, РР – пшеничних висівок, бета-каротині – за рахунок гарбузового пюре.

Відомо, що гарбузове пюре змінює структуру та вологість готових виробів. Отримані дані свідчать, що при збільшенні дозування пюре вологість тіста і готових виробів збільшується, що пов'язано з високим вмістом вологи у самому гарбузовому пюре. Відповідно змінюється і пористість. У другому варіанті готові вироби мають рівномірну та добре виражену тонкостінну пористість. Результати органолептичної оцінки проведеної експертами за п'яти бальною системою показують, що варіант кексів з додаванням 20% гарбузового пюре має найбільшу сумарну бальну оцінку і тільки на 0,1 одиницю поступається контрольному зразку. Профільна оцінка органолептичних властивостей, показує, що у другому варіанті кекси мають правильну форму, рівномірну товщину, приємний ярко виражений смак і запах.

Отримані результати свідчать, що введення рослинної сировини і вівсяного борошна та пшеничних висівок покращує органолептичні властивості борошняної кондитерської продукції, дозволяє збагатити їх харчовими волокнами, сприяє збільшенню мікронутрієнтів особливо вітаміну С, β – каротину.

Ключові слова: рослинна сировина, функціональні продукти, борошняна кондитерська продукція, кекси, органолептична оцінка.

Ryapolova I.O., Mykulinska D.A. Experience of application of non-traditional raw materials for functional purpose in flour confectionery

The article is devoted to the study of the possibility of creating functional flour confectionery products from vegetable raw materials that have a prebiotic effect. Dietary fiber belonging to prebiotics and contained in plant components are not broken down in the large intestine, able to ensure the growth of beneficial microflora. Pumpkin is one of the local plant functional products. It is established that the addition of functional raw materials to the prescription composition of cupcakes allows to ensure the daily requirement of vitamin C due to a combination of pumpkin and wheat bran, vitamin B₁, B₂ – oatmeal and wheat bran, PP – wheat bran, beta-carotene – due to pumpkin puree.

It is known that pumpkin puree changes the structure and moisture of the finished product. The data obtained show that with increasing dosage of puree, the humidity of the dough and finished products increases, which is due to the high moisture content in the pumpkin puree. The porosity changes accordingly. In the second variant, the finished products have a uniform and well-defined thin-walled porosity. The results of the organoleptic evaluation conducted by experts

on a five-point scale show that the version of cakes with the addition of 20% pumpkin puree has the highest total score and is only 0.1 unit inferior to the control sample. Profile assessment of organoleptic properties shows that in the second version of the cupcakes have the correct shape, uniform thickness, pleasant pronounced taste and smell.

The obtained results show that the introduction of vegetable raw materials and oatmeal and wheat bran improves the organoleptic properties of flour confectionery products, allows to enrich them with dietary fiber, increases micronutrients, especially vitamin C, β – carotene.

Key words: *vegetable raw materials, functional products, flour confectionery products, cupcakes, organoleptic evaluation.*

Постановка проблеми. У світі все більше набуває популярності концепція здорового харчування і споживачі прагнуть одержувати від їжі не тільки задоволення потреб у необхідних мікронутрієнтів, але й сподіваються мати у складі продуктів речовин, які мають функціональні властивості, здатні позитивно впливати на обмін речовин, мати виражений антиоксидантний протирадіаційний ефект.

Перші положення концепції функціонального харчування були сформульовані ще у 1984 р. науковцями з Японії. Їхні дослідження довели позитивний вплив деяких продуктів харчування на певні функції організму людини. В 1991 р., враховуючи результати досліджень, у японському законодавстві було прописано визначення категорії «продукти для спеціального дієтичного харчування» (foods for special dietary use), яке пізніше було замінено на «продукти для специфікованого оздоровчого використання» (foods for specified health use) або скорочено – FOSHU. Ця програма стала прообразом для подібних програм у Німеччині, Франції, Фінляндії, Швеції, США, Канаді, Китаї, Південній Кореї та багатьох інших країнах. Японські дослідники виділили три умови, що визначають функціональну спрямованість харчових продуктів: 1) продукти харчування, що приготовлені з натуральних природних інгредієнтів; 2) продукти, які вживаються постійно у складі щоденного раціону; 3) при споживанні ці продукти мають певну дію, регулюючи окремі процеси в організмі, наприклад, посилення механізму біологічного захисту, попередження певного захворювання, контроль фізичного та душевного стану, уповільнення процесу старіння.

Науковці та виробники нашої країни теж працюють у цьому напрямку додаючи до хлібних, кондитерських виробів, цукерок, соусів, паштетів функціональні продукти мікронутрієнти, що містять у своєму складі вітаміни, мікроелементи, біологічно-активні добавки [1, 2, 3, 4]. Також перспективним є напрям розробки продукції з додаванням речовин пребіотиків, які сприяють розвитку корисної мікрофлори – пробіотиків у кишковнику людини [5].

Харчові волокна які відносяться до пребіотиків і містяться у рослинних компонентах не розщеплюються у товстому відділі кишечника, здатні забезпечувати зростання корисної мікрофлори. До місцевих рослинних функціональних продуктів відносять гарбуз. Як відомо, у гарбузі міститься близько 88 – 90 % води. Суха речовина представлена вуглеводами – 8-12 % (у складі м'якушу гарбуза). Вміст цукру в основних сортах – 4-8 %, а в окремих мускатних сортах гарбуза цей показник може становити до 14 %. Плоди гарбуза містять від 2,5 до 16 % крохмалю, який під час зберігання переходить в розчинні цукри. Клітковини у гарбузі 1,2 %, пектинів – 0,7-1,2 %, органічних кислот – 0,1 %. Також у достатній кількості в гарбузі міститься кальцій, калій, фосфор, залізо, мідь, фтор і цинк. У гарбузовому м'якуші дуже багато каротину та вітамінів групи B, C, E, D, PP, а також рідкісний вітамін T [6].

Вівсяне борошно містить весь комплекс незамінних для організму амінокислот, вітаміни групи A, B і E, а також ферменти, є багатим на холін та мідь. У складі

борошна присутні ефірні олії, цукор, деякі мінеральні солі – кальцієві та фосфорні та потрібні організму мікроелементи, в т. ч. кремній, тож заміна пшеничного борошна на вівсяне матиме суттєві переваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Харчові волокна – це їстівні частини рослин або подібні вуглеводи, стійкі до травлення та адсорбції в тонкому кишечнику, повністю або частково ферментовані в товстому кишечнику [5]. Найпоширенішими джерелами харчових волокон є фрукти та ягоди, овочі та злаки. Унікальним джерелом харчових волокон, як розчинних так і нерозчинних серед злакових культур є овес [7]. Дієтичні властивості вівса визначаються високим вмістом клітковини в продуктах його переробки. Нерозчинна клітковина вівса відновлює мікрофлору кишечника і діє як своєрідний скраб для шлунка, виводячи всі токсини. Набрякаючи в шлунку, він прискорює очищення шлунково-кишкового тракту, прискорюючи перистальтику кишечника, завдяки чому менше жиру та вуглеводів встигає всмоктуватися в кров.

С.М. Соц, І.О. Кустов, Ю.Я. Кузьменко [8] зазначають, що «...Застосування вівсяного борошна в якості самостійного готового продукту завдяки відсутності у складі вівса глютенотворюючих фракцій білка (глютеніну та гліадіну) практично неможливо, тому найбільш доцільно використовувати його як наповнювач або поліпшувач при виробництві продуктів здорового харчування на зерновій основі, створювати суміші борошна, отриманого при переробці інших зернових культур з додаванням вівсяного, завдяки хімічному складу проводити розробку рецептур продуктів функціонального призначення які у своєму складі мають вівсяне борошно».

За даними С.М. Пересічної та ін. [9] борошно грубого помелу, насіння олійних культур, олія, курячі яйця, яблучний порошок, гарбуз, курага, шрот розторопші, бобові, шпинат містять ПНЖК, Fe, Zn, Se, B6, B12, B17, E, A, C, пробіотики, ХВ (β-глюкани) та впливають на імунну систему (селезінка, вилочкова залоза, кістковий мозок, кров, лімфатичні вузли).

Постановка завдання. Наші дослідження присвячені вивченню можливості додавання при виготовленні кексів пюре гарбуза мускатного та введення до пшеничного борошна пшеничних висівок та вівсяного борошна у якості продуктів пребіотиків. За контроль обрано класичну рецептуру кексу «Столичний».

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз біологічної цінності запропонованого рецептурного складу кексів з додаванням сировини функціональної направленості, свідчить, що добову потребу у вітаміні С покриває комбінація гарбузу і пшеничних висівок, вітаміну B₁, B₂ – вівсяне борошно і пшеничні висівки, РР – пшеничні висівки, у бета-каротині – гарбуз. До того ж вміст харчових волокон та пектинів у даній сировині підвищує їх пребіотичний ефект, що попереджує порушення функціонування шлунково-кишкового тракту та сприяє підвищенню імунітету (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст вітамінів у запропонованих інгредієнтах

Назва продукту	Вміст вітамінів у 100 г продукту (мг)							
	B ₁	B ₂	B ₅	B ₉	E	РР	β-каротин	C
Добова потреба	1,2	1,3	5,0	0,4	10,0	15,0	0,6	45,0
Гарбуз	0,04	0,07	-	0,014	0,9	0,5	25,0	6,4
Вівсяне борошно	0,45	0,1	-	-	1,6	1	-	-
Пшеничні висівки	0,71	0,6	2,5	-	1,5	33	-	40,0
Борошно пшеничне 1 сорту	0,25	0,08	-	0,027	1,5	2,2	-	-

У завдання досліджень входило вивчення органолептичних, фізико – хімічних, структурно – механічних властивостей тіста і кексів з додаванням гарбуза, пшеничних висівок та вівсяного борошна, визначення оптимальної їх кількості. Для визначення кількості гарбузового пюре зробили проробки з рецептурою і визначили три варіанта для дослідження, відповідно 15% (І варіант), 20% (ІІ варіант) та 25% (ІІІ варіант). У першому варіанті 25% пшеничного борошна І сорту замінили на вівсяне борошно і 10% пшеничного борошна на пшеничні висівки. У другому варіанті відповідно 40% та 8%, у третьому – 50% і 5%.

Відомо, що додавання гарбузового пюре змінює структуру та вологість готових виробів. Після замішування тіста ми визначили його вологість, а після випікання кексів вологість готових кексових виробів та їх пористість (табл. 2).

Таблиця 2

Показники вологості та структури тіста і готових виробів

Дослідні зразки	Вологість тіста, %	Вологість готових виробів, %	Пористість, %
Контроль	23,8	22,1	64,3
І варіант (15% гарбуза)	24,2	21,7	62,8
ІІ варіант (20% гарбуза)	24,5	22,0	65,5
ІІІ варіант (25% гарбуза)	25,3	23,4	64,6

Як свідчать отримані дані, при збільшенні дозування пюре вологість тіста і готових виробів збільшується, що пов'язано з високим вмістом води у самому гарбузовому пюре. Відповідно змінюється і пористість, у другому варіанті готові вироби мають рівномірну та добре виражену тонкостінну пористість (рис. 1).

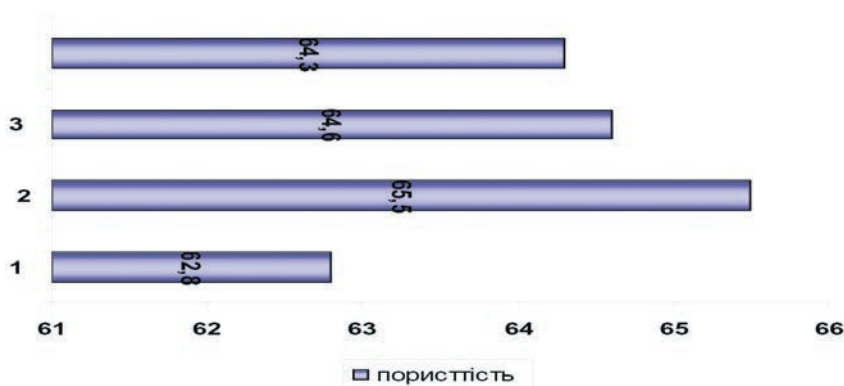


Рис. 1. Пористість готових виробів

Під час визначення органолептичних властивостей розробленої продукції експерти у складі 6 осіб визначали смак та запах, форму, колір, поверхню на розломі, зовнішній вигляд за 5 – ти бальною системою сенсорним методом і робили оцінку аналітичним шляхом. Середні значення занесені в таблицю 3.

Таблиця 3

Результати оцінки розробленої продукції за бальною системою

Варіанти дослідних зразків	Бальна оцінка за сенсорними показниками					Середня оцінка
	смак та запах	форма	колір	поверхня на розломі	зовнішній вигляд	
	Коефіцієнт вагомості показника					
	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	
Контроль	5	5	4	5	5	4,8
I варіант (15% гарбуза)	5	4	5	4	4	4,5
II варіант (20% гарбуза)	5	5	5	4	5	4,8
III варіант (25% гарбуза)	4	4	5	4	4	4,2

За результатами органолептичної оцінки варіант кексів з додаванням 20% гарбузового пюре має найбільшу сумарну бальну оцінку і тільки на 0,1 одиницю поступається контрольному зразку. Профільна оцінка органолептичних властивостей, яка дозволяє розкласти ознаки на прості дескриптори показує, що у другому варіанті кекси мають правильну форму, рівномірну товщину, приємний ярко виражений смак і запах (рис. 2).



Рис. 2. Профільограма органолептичних показників кексів запропонованої рецептури

Отримані результати свідчать, що введення рослинної сировини і вівсяного борошна та пшеничних висівок покращує органолептичні властивості борошняної кондитерської продукції, дозволяє збагатити їх харчовими волокнами, сприяє збільшенню мікронутрієнтів особливо вітаміну С, В – каротину.

Висновки і пропозиції. Результати наших досліджень стосовно розробки рецептурного складу борошняних кондитерських виробів, а саме кексів, свідчать про підвищення харчової цінності виробів за рахунок внесення гарбузового пюре, вівсяного борошна і пшеничних висівок, покращення органолептичних якостей і збільшення функціональних властивостей. Отже, вважаємо за доцільне провести подальші дослідження для встановлення фізико – хімічних, мікробіологічних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Іваніщева О. А. Дослідження шляхів оптимізації нутрієнтного складу страв з гарбуза. *Молодий вчений* 4 (2). 2019. С. 192-195.
2. Дзюндзя О.В. Технологія кексів функціонального призначення. Научные труды SWorld. Иваново : Научный мир, 2016. Вып.1 (42), т. 3. С. 77-83.

3. Новікова Н.В., Каменєва Р. Використання нетрадиційної сировини для поліпшення споживчих властивостей тортів на вафельній основі. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2020. Вип. 73. С. 48 -54.

4. Аверчев О.В., Воевода Н.В. Перспективи створення нових видів органічних консервів із гарбуза великоплідного. *Аграрна політика Європейського союзу: виклики та перспективи: колективна монографія*. Київ «Центр учбової літератури», 2019. С. 411-421.

5. Цюлковська І., Шах А.Є., Семанюк Н. В. Використання пребіотиків для створення кулінарної продукції функціонального призначення. *ББК 94.3 I 66*. 2019. : 72.

6. Ухина Е.Ю., Мараєва О.Б. Исследование возможностей использования тыквенного пюре в хлебопечении. URL: <http://rosfood.info/upload/iblock/5cf/50-52.pdf> (22.10.2018 р.). 7. Сирохман І. В. Товарознавство харчових продуктів функціонального призначення : навч. пос. К.: Центр учбової літератури, 2009. 544 с. ISBN 978-966-364-803-3.

8. Соц С.М., Кустов І. О., Кузьменко Ю. Я. Борошно із круп'яних культур. Вівсяне, особливості виробництва. *The 14 th International scientific and practical conference «Actual problems of science and practice» (27-28 April, 2020). Stockholm, Sweden 2020*. 673 с.

9. Пересічна С.М., Пересічний М.І. Концептуальні засади до моделювання функціональних харчових композицій і кулінарної продукції для студентів Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення: монографія. Частина 1 / За ред. О. І. Черевка 4-те вид., переробл. та допов. Харків: Харківський. держ. унів. харчув. і торгівлі, 2017. 940 с.

REFERENCES:

1. Ivanishcheva O. A. Doslidzhennya shlyakhiv optimizatsii nutrientnogo skladu strav z garbuza. *Molodiy vcheniy 4 (2)*. 2019. S. 192-195.

2. Dzyundzya O. V. Tekhnologiya keksiv funktsionalnogo pryznachennya Nauchnye trudy SWorld. Ivanovo : Nauchnyy mir, 2016. Vyp.1 (42), t. 3. S. 77-83.

3. Novikova N.V., Kameneva R. Viktorystannya netraditsiynoi sirovini dlya polipshennya spozhivchikh vlastivostey tortiv na vafelnyy osnovi. *Visnik Khersonskogo natsionalnogo tekhnichnogo universitetu*. 2020. Vip. 73. S. 48 -54.

4. Averchev O.V., Voevoda N.V. Perspektivi stvorenniya novikh vidiv organichnikh konserviv iz garbuza velikoplidnogo. *Agrarna politika Evropeyskogo soyuzu: vikliki ta perspektivi: kolektivna monografiya*. Kiiv «Tsentr uchbovoi literaturi», 2019. S. 411-421.

5. Tsolkovska I., Shakh A.Є., Semanyuk N. V. Viktorystannya prebiotikiv dlya stvorenniya kulinarnoї produktsii funktsionalnogo pryznachennya. *BBK 94.3 I 66*. 2019. : 72.

6. Ukhina Ye.Yu., Maraeva O.B. Issledovanie vozmozhnostey ispolzovaniya tykvennogo l. Ivanishcheva O. A. Doslidzhennya shlyakhiv optimizatsii nutrientnogo skladu strav z garbuza. *Molodiy vcheniy 4 (2)* (2019)pyure v khlebopechenii. URL: <http://rosfood.info/upload/iblock/5cf/50-52.pdf> (22.10.2018 r.).

7. Sirokhman I. V. Tovaroznavstvo kharchovikh produktiv funktsionalnogo pryznachennya : navch. pos. K.: Tsentr uchbovoi literaturi, 2009. 544 s. ISBN 978-966-364-803-3.

8. Sots S.M., Kustov I. O., Kuzmenko Yu. Ya. Boroshno iz krupyanikh kultur. Vivsyane, osoblivosti virobnitstva. *The 14 th International scientific and practical conference “Actual problems of science and practice” (27-28 April, 2020). Stockholm, Sweden 2020*. 673 s.

9. Peresichna S.M., Peresichniy M.I. Kontseptualni zasadi do modelyuvannya funktsionalnikh kharchovikh kompozitsiy i kulinarnoї produktsii dlya studentiv Innovatsiyni tekhnologii kharchovoї produktsii funktsionalnogo pryznachennya: monografiya. Chastina 1 / Za red. O. I. Cherevka 4-te vid., pererobl. ta dopov. Kh. : Kharkivskiy. derzh. univ. kharchuv. i torgivli, 2017. 940 s.

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ

CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING

УДК 624.074.04

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.7>

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ КОРОТКИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ РЕЗЕРВУАРІВ

Ємел'янова Т.А. – кандидат технічних наук,

старший викладач кафедри будівництва

Херсонського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0000-0001-5191-8418

Scopus-Author ID: 57211208602

Лобанова Т.Ю. – здобувач вищої освіти другого (магістерського рівня)

факультету архітектури та будівництва

Херсонського державного аграрно-економічного університету

У статті представлено застосування методики розрахунку коротких залізобетонних циліндричних резервуарів, як оболонок обертання, які працюють під дією гідростатичного або рівномірного навантаження з урахуванням крайового ефекту, на основі метода послідовних наближень. Доведено, що запропонований метода послідовних наближень, вживаний при розрахунку нерозрізних балок і рам, істотно спрощує розрахунок коротких залізобетонних циліндричних резервуарів. Наведені загальні вирази для зусиль та деформацій в короткому циліндричному резервуарі, як в безмоментній оболонці обертання, від рівномірно розподіленого навантаження по верхньому краю, від гідростатичного навантаження та власної ваги. Проведене експериментальне дослідження внутрішніх зусиль, що виникають в місці сполучення стінки і днища резервуара при шарнірному закріпленні стінки і днища та при жорсткому закріпленні, при дії гідростатичного навантаження і власної ваги резервуара. Випробування проводилися як при використанні зовнішньої кільцевої сталевий арматури, так і без неї. Проаналізована можливість застосування методу послідовних наближень до розрахунку коротких циліндричних резервуарів, та перевірено, чи доцільно використовувати цей метод при розв'язанні задачі про напружений стан коротких резервуарів, шляхом порівняння теоретичних та експериментальних результатів, а також встановлені границі використання методу до розрахунку коротких циліндричних залізобетонних резервуарів.

Ключові слова: короткий циліндричний резервуар, гідростатичне навантаження, метод послідовних наближень, повне защемлення стінки в днище, пружне защемлення стінки в днище.

Yemelianova T.A., Lobanova T.Yu. Experimental study of stress state parameters of short cylindrical reinforced concrete tank

The article presents the application of the calculation method of short reinforced concrete cylindrical tanks as shells of rotation, which work under the action of hydrostatic or uniform load taking into account the edge effect, based on the method of successive approximations. It is proved that the proposed method of successive approximations, used in the calculation of continuous beams and frames, simplifies the calculation of short reinforced concrete cylindrical tanks significantly. General expressions for forces and deformations in a short cylindrical tank as a moment less shell of rotation, from a uniformly distributed load on the upper edge, from a hydrostatic load and from own weights are given. An experimental study of the internal forces arising at the junction of the wall and bottom of the tank during the hinged fixing of the wall and bottom and during rigid fixing, under the action of hydrostatic load and the own weight of the tank are made. The tests were performed both with and without the outer annular steel reinforcement. The possibility of applying the method of successive approximations to the calculation of short cylindrical tanks is analyzed. It is checked whether it is expedient to use this method when solving the problem of stress state of short tanks, by comparing theoretical and experimental results. The limits of use of the method to calculate short cylindrical reinforced concrete tanks are became.

Key words: short cylindrical tank, hydrostatic loading, method of successive approximations, complete wall clamping in the bottom, elastic wall clamping in the bottom.

Постановка проблеми. В різних галузях сучасної техніки знаходять застосування такі просторові конструкції як циліндричні резервуари. Найбільше поширення у вітчизняній практиці проектування отримали залізобетонні споруди для систем водопостачання і каналізації [1-3]. Цим пояснюється увага, яка приділяється теорії їх розрахунку на міцність і стійкість при статичних і динамічних навантаженнях.

Прагнення до зменшення ваги конструкцій та підвищенню їх якості привело до необхідності широкого використання в процесі проектування сучасних методів розрахунку параметрів напруженого стану, які найбільш повно враховують вимоги роботи конструкцій та фізичні властивості матеріалів [4-7].

Розрахунок циліндричних резервуарів часто буває пов'язаний з математичними труднощами і з великим об'ємом обчислювальних робіт, що є одним з основних перешкод до впровадження цих конструкцій. Тому розроблення методів розрахунку виникаючих зусиль і створення передумов для поліпшення техніко-економічних показників їх впливу, що істотно спрощують розрахунок зазначених резервуарів, є актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Класичний розрахунок коротких оболонок за методом сил або деформацій із складанням системи канонічних рівнянь трудомісткий з огляду на різке зростання числа невідомих в порівнянні з розрахунком довгої оболонки; до того ж, вплив сусіднього вузла залежить не тільки від зовнішнього навантаження та від геометрії оболонки, але і від граничних умов в цьому вузлі [7].

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз можливостей застосування методу послідовних наближень до розрахунку коротких циліндричних резервуарів, та перевірити, чи доцільно використовувати цей метод при розв'язанні задачі про напружений стан коротких резервуарів, шляхом порівняння теоретичних та експериментальних результатів, а також встановити границі використання методу до розрахунку коротких циліндричних залізобетонних резервуарів.

Задачу можна спростити, якщо використати формули або складені на їх основі готові таблиці поправочних коефіцієнтів до виведених раніше значень пружних характеристик краю оболонки [8]. Іншим шляхом, спрощення задачі можна отримати використанням методу послідовних наближень.

Для резервуару, як довгої оболонки, визначаються:

а) коефіцієнт гнучкості $\alpha = \frac{1,31}{\sqrt{r\delta}}$

б) коефіцієнт постелі пружної основи $\beta = \frac{E\delta}{r^2}$

в) величина горизонтального зміщення ξ і кута повороту φ від двох одиничних станів: горизонтального розпору $H = 1$ і моменту $M = 1$ (рис. 1)

$$\xi_h = \frac{2\alpha}{\beta}; \varphi_h = \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta}; \varphi_m = \frac{4\alpha^3}{\beta}; \xi_h = \frac{2\alpha}{\beta}; \varphi_h = \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta}.$$

Для короткої оболонки за умови $\alpha h < 3$ зміщення в опорному вузлі визначаються з урахуванням поправочних коефіцієнтів [8].

1. Якщо протилежний край вільний:

$$\xi_h = \frac{2\alpha}{\beta} C_1^{(1)} \quad \varphi_h = \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta} C_2^{(1)} \quad \varphi_m = \frac{4\alpha^3}{\beta} C_3^{(1)}.$$

2. Якщо протилежний край шарнірно опертий:

$$\xi_h = \frac{2\alpha}{\beta} C_1^{(2)} \quad \varphi_h = \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta} C_2^{(2)} \quad \varphi_m = \frac{4\alpha^3}{\beta} C_3^{(2)}.$$

3. Якщо протилежний край зацмелений:

$$\xi_h = \frac{2\alpha}{\beta} C_1^{(3)} \quad \varphi_h = \xi_m = \frac{2\alpha^2}{\beta} C_2^{(3)} \quad \varphi_m = \frac{4\alpha^3}{\beta} C_3^{(3)}.$$

(індекси h і m означають, що переміщення викликані відповідно H і M).

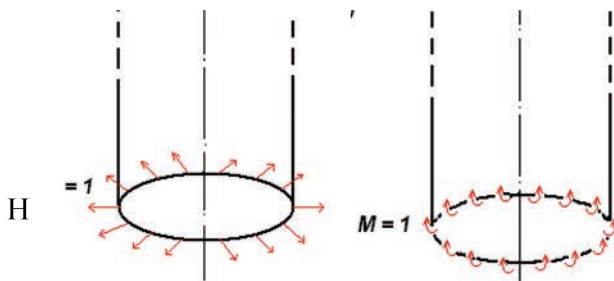


Рис. 1. Два одиничні стани довгої оболонки

Зміщення від навантаження розраховується за формулами:
від рівномірно розподіленого навантаження по верхньому краю p :

$$\xi_p = \frac{p}{\beta r} \mu; \varphi_p = 0;$$

від власної ваги:

$$\xi_p = \frac{gh}{\beta r} \mu; \varphi_p = \frac{g}{\beta r} \mu; \xi_p = \frac{gh}{\beta r} \mu; \varphi_p = \frac{g}{\beta r} \mu;$$

від гідростатичного навантаження:

$$\xi_p = \frac{\gamma h}{\beta}; \varphi_p = \frac{\gamma}{\beta}$$

Згинальний момент та розтягуюче зусилля визначаються за формулами:

$$\bar{M} = \frac{\Phi_h \xi_p - \xi_h \Phi_p}{\xi_h \Phi_m - \Phi_h^2}, \quad \bar{H} = \frac{\xi_m \Phi_p - \Phi_m \xi_p}{\xi_h \Phi_m - \Phi_h^2}$$

Похибка в розрахунках згинального моменту становить 13,8%, а розтягуючі навантаження – 79%. Це пояснюється впливом крайових умов в короткій оболонці, на відміну від довгої, в якій цей вплив не суттєвий [9–11].

На зміну величини зусиль у короткій оболонці, в порівнянні з довгою, істотний вплив роблять не тільки геометричні характеристики, а й вид навантаження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Практична неможливість проведення експериментальних досліджень реальних коротких залізобетонних циліндричних резервуарів призводить до необхідності експериментального вивчення відповідних їм моделей [12].

Виявлення в експерименті нових фактів може мати нелокальний характер лише в тому випадку, коли експериментальне дослідження супроводжується ретельно проведенням теоретичним аналізом.

Обраний для дослідження циліндричний бетонний короткий резервуар складається зі стінки постійної за висотою товщини, жорстко або шарнірно з'єднаної з днищем. В такому резервуарі слід враховувати характер роботи стінки споруди під навантаженням.

Для виконання експерименту було виготовлено 6 форм для приготування коротких бетонних циліндричних резервуарів, що відповідають умові коротких оболонок обертання $ah < 3$, де a – коефіцієнт гнучкості, h – висота стінки резервуара (рис.2,3).



Рис. 2. Виготовлення днища резервуару



Рис. 3. Зразки набирають міцність

Першим етапом у методиці досліджень є ідеалізація матеріалу конструкції, вірніше набору його фізико-механічних параметрів [13]. Найчастіше матеріал наділяється властивостями ідеальної пружності або пластичності. Значення параметрів, що характеризують властивості матеріалу (модуль пружності E , коефіцієнт Пуассона μ) приймаємо за довідковими значеннями і припускаємо однаковими по всьому спорудженню. Бетонну суміш для зразків підбираємо за ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони: Методи визначення міцності по контрольним зразкам.

Навантаження на резервуар є однією з найменш вивчених компонентів, мають велику мінливість в часі і просторі, і ті розрахункові моделі, якими оперує проектна практика, досить умовні. Деякі з моделей навантаження, які використовуємо при складанні розрахункової моделі (рівномірно розподілене навантаження та зосереджена сила), є сильними фізичними абстракціями, про що треба пам'ятати при аналізі результатів розрахунку.

Постановка експерименту. З урахуванням того, що експериментальне дослідження коротких циліндричних резервуарів в значній мірі відстає від досліджень інших видів конструкцій, і точне рішення задачі про напружений стан таких резервуарів пов'язано з використанням складного математичного апарату, головна роль в роботі приділяється фізичному експерименту.

Метою випробувань є визначення внутрішніх зусиль у небезпечному місці короткого резервуара, який визначає напружений стан резервуара, а також чисельна оцінка їх впливу на характер руйнування. Було обрано два напрями – дослідження на основі фізичного експерименту і дослідження на основі чисельних методів будівельної механіки.

Програма досліджень полягає в наступному:

1. Дослідження внутрішніх зусиль, що виникають в місці сполучення стінки і днища резервуара, при шарнірному закріпленні стінки і днища та при жорсткому закріпленні стінки з днищем при дії гідростатичного навантаження і власної ваги резервуара.

2. Дослідження внутрішніх зусиль, що виникають в місці сполучення стінки і днища резервуара, при шарнірному закріпленні стінки і днища та при жорсткому закріпленні стінки з днищем при дії гідростатичного навантаження і власної ваги резервуара при використанні зовнішньої кільцевої сталевий арматури.

Експериментальні дослідження проводилися в лабораторії з контролю виробництва ДП «Херсонський облавтодор», яка атестована на підставі Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність», відповідає критеріям атестації вимірювальних лабораторій відповідно до «Правил уповноваження та атестації у державній метрологічній системі».

В якості досліджуваних елементів були прийняті короткі бетонні циліндричні резервуари в кількості 6 шт. з однаковими розмірами (рис.4,5,6). Геометричні розміри резервуарів: висота резервуара – $h = 9$ см, діаметр резервуара – $d = 32$ см, товщина стінки резервуара – $\delta = 1$ см.

Зразки № 1, 2, 3 були виконані з шарнірним закріпленням стінки з днищем. Зразок № 2 випробовувався під дією тільки власної ваги, зразки № 1,3 – під дією власної ваги і гідростатичного тиску води.

Зразки № 4, 5, 6 були виконані з жорстким закріпленням стінок резервуара з днищем. Зразок № 4 випробовувався під дією тільки власної ваги, зразки № 5,6 – під дією власної ваги і гідростатичного тиску води.

Зразки № 1, 3, 6 випробовувалися з використанням зовнішньої кільцевої сталевий арматури у вигляді хомутів з розмірами прямокутного поперечного перерізу 1мм х 9мм, розташованих рівномірно по висоті резервуара. Крок для всіх хомутів приймався однаковим і рівним 2 см.

Для проведення випробувань коротких циліндричних бетонних зразків на стиск використовувався прес лабораторний випробувальний гідравлічний МС-1000 (рис. 7), призначений для випробувань зразків виробів будівельних матеріалів на стиск та перевірку стандартних зразків бетонів по ГОСТ 10180, цегли та інших будівельних матеріалів по ГОСТ 12801, ISO 9001, ASTM C 109, ASTM C 39, EN 196-1, DIN 18501, DIN 51200, DIN 51223 і ін.

Проведення випробувань. Зразок-резервуар встановлювався на плиту преса і центрувався з фізичною віссю. Плита преса повинна всією площиною примикати до поверхні днища зразка. Граничне (руйнівне) навантаження знімаємо за показання фіксуєючої стрілки. Момент руйнування зразка визначаємо по початку зворотного руху вказівної стрілки сило вимірювача при працюючому навантажувальному пристрої. Випробування зразків та характер їх руйнування показані на рис. 8-11.



Рис. 4. Зразок № 1 з шарнірним закріпленням стінки з днищем



Рис. 5. Зразок № 5 з жорстким закріпленням стінок резервуара з днищем



Рис. 6. Зразок № 6 з жорстким закріпленням стінки з днищем та з використанням зовнішньої кільцевої сталеві арматури



Рис. 7. Прес лабораторний випробувальний гідравлічний МС-1000



Рис. 8. Випробування зразка № 1



Рис. 9. Випробування зразка № 2 та характер руйнування



Рис. 10. Характер руйнування зразка № 4



Рис. 11. Випробування зразка № 5 під гідростатичним тиском

Обробка отриманих експериментальних результатів. Від внутрішнього гідростатичного тиску рідини стінки резервуара працюють на осьовий розтяг. Згинальні моменти виникають тільки в місцях сполучення стінки з днищем.

Гідростатичний тиск рідини на стінки круглого резервуара із збільшенням глибини зростає за лінійним законом та викликає в стінці кільцеве розтяжне зусилля H , значення якого визначається з умови рівноваги напівкільця. Стінка є осесиметричною циліндричною оболонкою і зусилля в ній можуть бути визначені за загальними формулами розрахунку тонкостінних циліндричних оболонок.

З достатньою точністю зусилля M , H в перетинах стінки можна визначити, якщо розглянути умовно вирізану з оболонки вертикальну смугу шириною 1 м, защемлену внизу, завантажену гідростатичним тиском і підперту по всій довжині пружними силами – радіальними складовими кільцевого зусилля H . Прогин цієї смуги пропорційний пружному опору. У розрахунковій схемі таку смугу можна представити як балку на пружній основі (рис.12).

З рішень диференціальних рівнянь згину балки на пружній основі із защемленим кінцем, виходять формули для визначення розрахункових зусиль.

$$\bar{M} = \frac{r(-1 + h\alpha)\gamma - q\mu + (P + hq)\alpha\mu}{2r\alpha^3}$$

$$\bar{H} = \frac{r(\gamma - 2h\alpha\gamma) + (q - 2(P + hq)\alpha)\mu}{2r\alpha^2}$$

де: β – коефіцієнт постели пружної основи, кг/см²; α – коефіцієнт гнучкості, см⁻¹; q – питома вага бетону, $q=20 \cdot 10^{-4}$ кг/см²; P – руйнівне навантаження; γ – питома вага води, $\gamma=10^{-3}$ кг/см³; E – модуль пружності бетону, $E=2,1 \cdot 10^5$ кг/см²; μ – коефіцієнт Пуассона, $\mu=0,16$ для бетону.

Порівняння отриманих експериментальних результатів з теоретичними. У даній роботі експеримент є засобом перевірки теоретичного рішення задачі про напружений стан коротких циліндричних залізобетонних резервуарів при дії гідростатичного навантаження. Результати обробки експерименту занесені в таблиці 1.

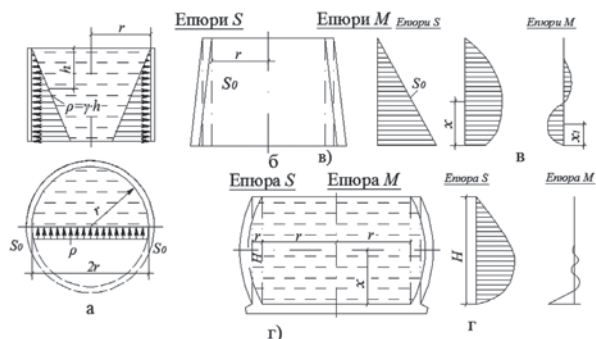


Рис. 12. До розрахунків циліндричних резервуарів:

а – визначення кільцевих розтягуючих зусиль у циліндричній стінці; б – переміщення стінки, не пов'язаної з днищем, від гідростатичного тиску рідини; в – епюра кільцевих зусиль і згинальних моментів у стінці, шарнірно пов'язаною з днищем, при урахуванні сил тертя; г – переміщення стінки, жорстко пов'язаної з днищем; епюри кільцевих зусиль S і згинальних моментів M у стінці.

Таблиця 1

Результати обробки експерименту

№ зразка	Умова закріплення	Навантаження	Руйнівне навантаження, кг	Зусилля в момент руйнування	Експериментальні значення M , кгсм/см, N кг/см
1	Шарнірне обпирання (підкріплена хомутами)	гідростатичне, власна вага	1400	М	+66,27
				Н	-43,23
2	Шарнірне обпирання	власна вага	250	М	+11,83
				Н	-7,72
3	Шарнірне обпирання (підкріплена хомутами)	гідростатичне, власна вага	1800	М	+85,20
				Н	-55,60
4	Жорстке закріплення	власна вага	750	М	+35,49
				Н	-23,15
5	Жорстке закріплення	гідростатичне, власна вага	400	М	+18,95
				Н	-12,34
6	Жорстке закріплення (підкріплена хомутами)	гідростатичне, власна вага	2400	М	+113,59
				Н	-74,10

Відсоток розбіжності результатів, отриманих експериментальним шляхом, з теоретичними знаходяться в межах від 2,21% до 2,58%, що менше допустимих 5%. Це пояснюється деякою ідеалізацією розрахункової схеми при теоретичних розрахунках, а також межами допустимої похибки вимірювання навантаження і підтримки швидкості навантаження до руйнівного навантаження зразка при випробуваннях. Результати порівняння експериментальних даних з теоретичними наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняння експериментальних результатів з теоретичними

№ зразка	Умова закріплення	Навантаження	Руйнівне навантаження кг	Зусилля в момент руйнування	Експериментальні значення М кгсм/см, Н кг/см	Теоретичні значення М кгсм/см, Н кг/см	% похибки
1	Шарнірне обпирання (підкріплена хомутами)	гідростатичне, власна вага	1400	М	+66,27	+64,63	2,39
				Н	-43,23	-42,16	2,41
2	Шарнірне обпирання	власна вага	250	М	+11,83	+11,54	2,44
				Н	-7,72	-7,52	2,58
3	Шарнірне обпирання (підкріплена хомутами)	гідростатичне, власна вага	1800	М	+85,2	83,09	2,38
				Н	-55,6	-54,2	2,51
4	Жорстке закріплення	власна вага	750	М	+35,49	+34,61	2,21
				Н	-23,15	-22,57	2,50
5	Жорстке закріплення	гідростатичне, власна вага	400	М	+18,95	+18,48	2,42
				Н	-12,34	-12,06	2,58
6	Жорстке закріплення (підкріплена хомутами)	гідростатичне, власна вага	2400	М	+113,59	+110,77	2,46
				Н	-74,10	-72,26	2,48

Для зразка № 5 під дією гідростатичного навантаження та власної ваги при жорсткому закріпленню стінок з днищем виконувалося порівняння експериментальних даних з результатами теоретичних розрахунків за методом послідовних наближень (табл. 3).

Похибка між експериментальними значеннями внутрішніх зусиль та значеннями, отриманими за методом послідовних наближень, склала приблизно 1,3%, що значно менше допустимих 5%. Це підтверджує можливість використання зазначеного методу при розрахунку коротких циліндричних резервуарів.

Ця невідповідність також посилюється особливостями поведінки бетону під навантаженням. Такі явища, як силова анізотропія, зміцнення бетону і істотна відмінність в міцності на стиск і розтяг не дозволяють розробити єдиного коректного критерію міцності для всіх напружених станів таких конструкцій.

Однозначно, використання зовнішньої кільцевої сталевий арматури є дуже доцільним. Так наприклад, за отриманими результатами згинальний момент

в місцях сполучення стінок із днищем при жорсткому їх затисканні підвищується на 78%, а окружне розтяжне зусилля – на 83%. Це значно знижує тріщиностійкість стінок і зменшує витрати бетону за рахунок використання високоміцних матеріалів.

Таблиця 3

Порівняння експериментальних даних з результатами теоретичних розрахунків за методом послідовних наближень

№ зразка	Руйнівне навантаження, кг	Зусилля в момент руйнування	Експериментальні значення, М кгсм/см, Н кг/см	Теоретичні значення М кгсм/см, Н кг/см	Значення за методом послідовних наближень	% похибки
5	400	М	+18,95	+18,48	+18,73	1,2
		Н	-12,34	-12,06	-12,15	1,5

Висновки і пропозиції. Проведені випробування дозволяють зробити наступні висновки. При жорсткому защемленні стінки з днищем за відсутності гідростатичного навантаження величина моменту підвищується на 60%, значення внутрішнього кільцевого зусилля – на 63% порівняно з шарнірним обпиранням стінки з днищем. При дії гідростатичного навантаження в резервуарі з жорстким закріпленням значення моменту знизилося на 46%, а значення внутрішнього кільцевого зусилля – на 40%. Похибка в межах допустимих 5% між експериментальними значеннями внутрішніх зусиль та значеннями, отриманими за методом послідовних наближень підтверджує можливість використання зазначеного методу при розрахунку коротких циліндричних резервуарів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бессонов В.С. Вертикальный резервуар большой емкости. *Известия ВУЗов. Строительство и архитектура*. 1983. № 2. С. 5–8.
2. Кондаков Г.П. Проблемы отечественного резервуаростроения и возможные пути их решения. *Промышленное и гражданское строительство*. 1988. № 5. С. 24–26.
3. Кулахметьев Р.Р. Предельные состояния и срок службы резервуаров. *Промышленное и гражданское строительство*. 2003. № 6. С. 28–30.
4. Овечкин А.М. Расчет железобетонных осесимметричных конструкций (оболочек). Москва : Госстройиздат. 1961.
5. Соболев Ю.В., Купрейшвили С.М. Проектирование металлических вертикальных цилиндрических резервуаров минимальной массы. *Строительная механика и расчет сооружений*. 1986. № 1. С. 17–20.
6. Кабриц С.А., Михайловский Е.И., Товстик П.Е., Черных К.Ф., Шамина В.А. Общая нелинейная теория упругих оболочек / Под ред. Черных К.Ф., Кабрица С.А. Санкт-Петербург : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2002. 388 с.
7. Байков В.Н. Проектирование железобетонных тонкостенных пространственных конструкций. Москва : Стройиздат. 1990. 230 с.
8. Никиреев В.М., Шадурский В.Л. Практические методы расчета оболочек. Москва : Издательство литературы по строительству. 1966. 270 с.
9. Грудев И.Д. Нелинейный краевой эффект в вертикальном цилиндрическом резервуаре. *Промышленное и гражданское строительство*. 1999. № 5. С. 23–24.
10. Нехаев Г.А. К вопросу о расчете сопряжения стенки с днищем вертикального цилиндрического резервуара. *Известия Тульского государственного*

университета. Серия «Технология, механика и долговечность строительных материалов, конструкций и сооружений». 2002. № 3. С. 127–131.

11. Соболев Ю.В. К расчету узла сопряжения стенки с дном металлического цилиндрического резервуара. *Известия ВУЗов. Строительство и архитектура*. 1986. № 1. С. 13–18.

12. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможности их анализа. Киев : Изд-во «Сталь». 2002. 600 с.

13. ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетони : Методи визначення міцності по контрольним зразкам. 2010.

REFERENCES:

1. Bessonov V.S. (1983) Vertikal'nyy rezervuar bol'shoy yemkosti. *Izvestiya VUZov. Stroitel'stvo i arkhitektura*. № 2. P. 5–8.

2. Kondakov G.P. (1988) Problemy otechestvennogo rezervuarostroyeniya i vozmozhnyye puti ikh resheniya. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. № 5. P. 24–26.

3. Kulakhmet'yev R.R. (2003) Predel'nyye sostoyaniya i srok sluzhby rezervuarov. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. №6. P. 28–30.

4. Ovechkin A.M. (1961) Raschet zhelezobetonnykh osesimmetrichnykh konstruksiy (obolochek). Moscow : Gosstroyizdat.

5. Sobolev YU.V., Kupreyshvili S.M. (1986) Proyektirovaniye metallicheskh vertikal'nykh tsilindricheskikh rezervuarov minimal'noy massy. *Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzheniy*. № 1. P. 17–20.

6. Kabrits S.A., Mikhaylovskiy Ye.I., Tovstik P.Ye., Chernykh K.F., Shamina V.A. (2002) Obshchaya nelineynaya teoriya uprugikh obolochek / Pod red. Chernykha K. F., Kabritsa S. A. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 388 s.

7. Baykov V.N. (1990) Proyektirovaniye zhelezobetonnykh tonkostennykh prostranstvennykh konstruksiy. Moscow : Stroyizdat. 230 s.

8. Nikireyev V.M., Shadurskiy V.L. (1966) Prakticheskiye metody rascheta obolochek. Moscow : Izdatel'stvo literatury po stroitel'stvu. 270 s.

9. Grudev I.D. (1999) Nelineynyy krayevoy effekt v vertikal'nom tsilindricheskom rezervuare. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. № 5. P. 23–24.

10. Nekhayev G.A. (2002) K voprosu o raschete sopryazheniya stenki s dnishchem vertikal'nogo tsilindricheskogo rezervuara. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Tekhnologiya, mekhanika i dolgovechnost' stroitel'nykh materialov, konstruksiy i sooruzheniy"*. № 3. P. 127–131.

11. Sobolev YU.V. (1986) K raschetu uzla sopryazheniya stenki s dnishchem metallicheskogo tsilindricheskogo rezervuara. *Izvestiya VUZov. Stroitel'stvo i arkhitektura*. № 1. P. 13–18.

12. Perel'muter A. V., Slivker V. I. (2002) Raschetnyye modeli sooruzheniy i vozmozhnosti ikh analiza. Kiyev: Izd-vo "Stal'". 600 s. [in Ukrainian]

13. DSTU B V.2.7-214:2009. (2010) Betony : Metody vyznachennya mitsnosti po kontrol'nym zrazkam [in Ukrainian].

УДК 514.181.22

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.8>

ДЕЯКІ ГЕОМЕТРИЧНІ ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ КРИВИХ ПОВЕРХОНЬ В АРХІТЕКТУРІ

Петрова А.Т. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-1482-2868

У статті представлено методи прикладної математики, а саме прикладної геометрії, які застосовуються в процесі проектування складних інженерно-технічних форм в інженерії та в будівництві при архітектурному проектуванні складних кривих поверхонь. В усі часи архітектори, художники та проектувальники намагались зробити свої архітектурні, художні та будівельні витвори не тільки технологічними та міцними, а ще й художньо-естетичними та візуально – вразливими.

З цієї причини архітектори та художники з глибокої давнини почали використовувати геометричні криві лінії, розташовані на площині та просторові, вивчення деяких з них та їх побудова графічними креслярськими методами була відома ще до виникнення аналітичних методів в математиці. З'ясувалось, що найбільш вивченими та найпростішими в аналітичному вираженні являються криві лінії другого порядку.

Всі криві лінії другого порядку являються перерізами повної кругової конічної поверхні площинами, розташованими під різними кутами до кругової основи конуса. В наш час в архітектурному проектуванні можуть застосовуватись також привабливі криві лінії більш високих порядків.

Ключові слова архітектура, проектування, прикладна геометрія, крива другого порядку, крива поверхня, поверхня другого порядку, конструювання, формоутворення, будівництво, моделювання.

Petrova A.T. Some geometric fundamentals of construction of curved surfaces in architecture

The article presents the methods of the applied mathematics are presented in the article, namely the applied geometry, that are used in the process of planning of difficult technical forms in engineering and in building at the architectural planning of the difficult crooked surface. In all times architects and designers tried to do the building creations not only technological and strong, and impression vulnerable.

On this account architects on this account architects from a deep remoteness began to use the vulnerable geometrical crooked lines. It turned out that most studied and simplest there are the curve lines of the second order in analytical expression. All crooked lines of the second order are the cuts of complete circular conical surface by the planes located under different corners to circular basis of cone. The attractive lines of higher orders can be used in the architectural planning also. Keywords are architecture, planning, the applied geometry, curve of the second order, crooked surface, and surface of the second order.

On this account architects and artists from a deep remoteness began to use the geometrical curve lines studies of that and their construction by graphic drawing methods was known yet to the origin of analytical methods in mathematics. It turned out that most studied and simplest there are the crooked lines of the second order in analytical expression. All crooked lines of the second order are the cuts of complete circular conical surface by the planes located under different corners to circular basis of cone. In our time the attractive lines of higher orders can be used in the architectural planning also.

Key words: architecture, planning, applied geometry, curve lines, crooked surface, building, constructing, mathematician, impression.

«Прошли века, но роль геометрии не изменилась, она
по-прежнему остается грамматикой архитектора»
Ле Карбюзье

Постановка проблеми. Вигляд кожного міста створюють архітектурні споруди, які можуть складатися з окремих деталей, кожна із яких будується на базі

певних геометричних фігур та їх різноманітної комбінації. Геометрія в широкому значенні цього терміна дає можливість знаходити раціональні та естетичні просторові відношення розмірів та форми споруд, тому являється фундаментом архітектури. В усі часи архітектори та художники намагались зробити свої архітектурні витвори більш виразними, надати їм пишності, помпезності, або навпаки, надати будівлям відчуття легкості та повітряності. Ця проблема актуальна в будівництві та архітектурі і в наші дні.

Однією з галузей прикладної математики являється прикладна геометрія поверхонь, яка охоплює широке коло проблем, пов'язаних з удосконаленням способів та методів конструювання складних поверхонь, в тому числі кривих поверхонь, які застосовуються в архітектурі будівель та споруд. Криві поверхні влучно використовуються в будівництві та архітектурі різних споруд з давніх часів до наших днів.

Викладання основного матеріалу дослідження. Значення такого спрямування прикладної геометрії обумовлено зростаючими вимогами до проектування складних поверхонь в промисловості, будівництві та архітектурі. Зростання якості виробів промисловості та естетично привабливого вигляду будівельних споруд пов'язано з безперервним удосконаленням методів їх проектування та технології виготовлення на виробництві. Сучасне моделювання, проектування, та інженерний розрахунок архітектурних об'єктів та складних інженерно-технічних форм ведеться методами передових сучасних інформаційних технологій та комп'ютерними методами розрахунку міцності з урахуванням максимальної кількості технічних, експлуатаційних, технологічних, естетичних, екологічних, візуальних та інших наперед заданих чинників [1].

Застосування математичних можливостей сучасного комп'ютерного програмного забезпечення значно розширює коло інженерних задач, пов'язаних з моделюванням та аналітичним завданням складних поверхонь, особливо кривих поверхонь в архітектурі та будівництві, їх конструювання графоаналітичними методами [2].

В сучасній практиці архітектурного проектування велике значення мають способи та методи конструювання кривих поверхонь аналітичними та креслярськими засобами при застосуванні кривих ліній другого порядку в якості основних формоутворюючих елементів споруди.

До числа геометричних поверхонь, багатих за естетичною формою і порівняно нескладних за способами побудови графоаналітичними методами відносяться алгебраїчні поверхні 2, 3 та 4-го порядку. Такі поверхні аналітично описуються порівняно нескладними рівняннями в декартовій системі координат. Криві поверхні другого порядку, а саме циліндр, конус та сфера відомі математикам, художникам, та архітекторам дуже давно завдяки геометрам [3]. Застосування цих кривих при моделюванні в архітектурі сучасними геометричними методами являє собою потужний спосіб надати архітектурним об'єктам виразних та яскравих акцентів.

Серед кривих ліній 3-го порядку, які використовуються при архітектурному проектуванні, найбільш привабливими являються циссоїда Дюклеса, верз'єра, декартів лист, парабола Нейля, 4-го порядку – конхоида Нікомеда, 6-го порядку – овал Мюнгера та деякі інші. Всі зазначені криві широко використовують в якості утворюючої лінії при конструюванні поверхонь каркасно – кінематичним способом, тобто при переміщенні кривої по направляючій лінії. Особливо це стосується формоутворення оболонок, від форми яких залежить характер їх роботи, інженерні розрахунки, умови будівництва, естетичний вигляд та багато інших критеріїв.

Криві поверхні другого порядку достатньо широко вивчені та використовуються в практиці архітектурного проектування. Геометричне формоутворення,

яким займається прикладна геометрія кривих ліній і поверхонь, використовує значний запас вже вивчених форм, а ще більше має перспективу утворення нових візуально вражаючих форм. В умовах архітектурного проектування спеціалісти прикладної геометрії дають в доступній формі «граматику» конструювання складних архітектурних поверхонь, наприклад, оболонки двоякої кривизни, складчастості, волнистості або іншої яскравої естетичності.

Крім візуального естетичного враження архітектурні витвори на основі кривих поверхонь обов'язково повинні задовольняти наперед заданим умовам, які задають інженери-фахівці з розрахунку міцності, освітлення, акустики, опалення, технології виготовлення, будівельних матеріалів та багато інших.

Серед великої кількості художньо-естетичних кривих поверхонь частіше всього в архітектурному проектуванні розглядаються алгебраїчні криві лінії та криві поверхні, які застосовуються при проектуванні для різних варіантах геометричної форми плану споруди, з конкретним граничним контуром, з естетично привабливим виглядом з різних точок зору, з якісними світлотіньовими характеристиками.

Крива лінія другого порядку, розташована на горизонтальній площині в межах ортогональної (прямокутної), декартової координатної системи, в загальному випадку має такий вигляд аналітичного рівняння:

$$Ax^2 + 2Bxy + Cy^2 + 2Dx + 2Ey + F = 0, \quad (1)$$

де x, y – координати точок кривої лінії на горизонтальній площині, в декартовій прямокутній системі координат,

A, B, C, D, E, F – шість постійних коефіцієнтів її рівняння.

Якщо всі коефіцієнти рівняння (1) пропорційно збільшити, або зменшити, то крива лінія не зміниться, це означає, що незалежних коефіцієнтів буде лише п'ять, тому положення кривої лінії другого порядку визначається п'ятьма геометричними параметрами. Параметрами, які графічно задають криву, можуть бути: п'ять точок, які не належать одній прямій, п'ять дотичних прямих, або інше сполучення точок та дотичних прямих, кількість яких в сумі дорівнює п'яти.

Наприклад: п'ять точок на площині, три з яких не належать одній прямій, однозначно визначають єдину криву лінію 2-го порядку. Щоб написати її рівняння, тобто знайти коефіцієнти A, B, C, D, E треба в рівняння (1) підставити значення координат п'яти заданих точок. Отримаємо п'ять лінійних рівнянь, вирішив які, знайдемо значення п'яти невідомих коефіцієнтів при значенні коефіцієнта $F=1$.

Криві лінії 2-го порядку можна побудувати графічними креслярськими методами, якщо зробити перерізи прямої кругової повної конічної поверхні площинами, розташованими під різними кутами до кругової основи конічної поверхні. Це, так звані, конічні перерізи, які були попередньо вивчені та описані ще до н.е. в трактаті «Конічні перерізи» (Tractatus de Seclionibus conicis), Аполлоном Пергським.

Теорія конічних перерізів багаторазово доповнювались новими математичними дослідженнями багатьох відомих вчених математиків та фізиків на протязі всього періоду розвитку математики.

Якщо січна площина не проходить через вершину конуса, то в перерізі отримаємо криві лінії – коло, еліпс, параболу та гіперболу. Розглянемо методику графічної побудови еліпса за даними параметрами, використовуючи методи проективної геометрії [4].

На площині задаються координати трьох точок, A, B, C , які не належать одній прямій, та дві дотичні до еліпса лінії під заданим кутом α (рис. 1) Графічний

алгоритм побудови еліпса, дискретно по точкам, використовує методику перспективної відповідності пучком прямих з центром в конкретній точці P . З центрами в точках A, C задаємо два проєктивних пучка прямих.

Прямі лінії обох проєктивних пучків прямих перетинаються іншим пучком прямих з центром в точці P у відповідних точках F , які і являються проміжними дискретними точками конкретного еліпса.

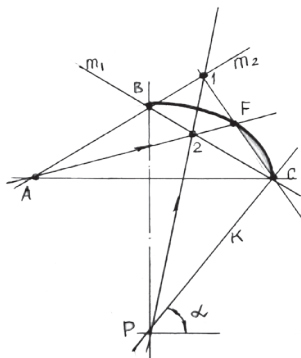


Рис. 1. Графічний алгоритм побудови точок еліпса

Представлений алгоритм легко програмується для знаходження необхідної та достатньої кількості точок контура еліпса з заданим шагом, який вираховується з технологічних умов та умов розрахунку на міцність оболонки.

Висновки. Прикладна геометрія поверхонь як окрема галузь математики розраховує потужними методами і способами конструювання та моделювання складних інженерно-технічних форм та архітектурних споруд і будівель.

Завдяки геометричним графо-аналітичним методикам формоутворення складних каркасно-кінематичних поверхонь за участю геометрії різноманітних кривих ліній, архітектори мають великі можливості математичного моделювання та реального проєктування будівель та споруд не тільки візуально привабливих і художньо вразливих, а й високотехнологічних та відповідаючих всім необхідним інженерним умовам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ванін В.В., Вірченко Г.А. Визначення та основні положення структурно-параметричного геометричного моделювання. *Геометричне та комп'ютерне моделювання*. Харків: ХДУХТ, 2009. Вип. 23. С. 42-48.
2. Михайленко В.Є., Обухова В.С., Подгорний А.Л. Формообразование оболочек в архитектуре. Київ, 1972. Вид-во «Будівельник» <https://www.twirpx.com/file/121>.
3. Математика XIX века. Геометрия. Б.Л. Лаптев и др. «Наука» 1981.
4. Четверухин Н.Ф. Проективная геометрия. Москва, 1961.

REFERENCES:

1. Vanin V.V., Virthenco G.A. (2009) Geometrshhne ta komputerne modeluvanna. Harkiv: HDUHT Vup. 23. P. 42–48.
2. Mihailenko V.E., Obuhova V.S., Podgorny A.L. (1972). Formoobrazovanie obolothek v arhitekturi, Kiev, izd-vo "Budivelnik"
3. Matematika XIX veka. Geometria. (1981) D.L. Laptev i dr. "Nauka"
4. Thetveruhin N. F. Proektivna geometria. (1961), Moscow.

УДК 624.01

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.9>

ПРОЄКТУВАННЯ МОНОЛІТНОГО ЗАЛІЗОБЕТОННОГО ПЕРЕКРИТТЯ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЛІ

Романенко С.М. – старший викладач кафедри будівництва

Херсонського державного аграрно-економічного університету

ORCID ID: 0000-0002-0443-3896

Реконструкція житлових будинків і житлової забудови в цілому дозволяє вирішувати наступні завдання:

- підвищення комфортності проживання за рахунок зміни планування і модернізації інженерного обладнання будівлі;

- підвищення кількості проживаючих (збільшення щільності забудови) за допомогою надбудови поверхів, прибудови додаткових обсягів.

При проведенні реконструкцій старих житлових і цивільних будівель зазвичай проводяться переобладнання внутрішніх приміщень. Часто потрібне збільшення корисної площі будинку за рахунок здійснення будівельно-монтажних робіт, які передбачають додавання прибудов або надбудов; також може бути зведений мансардний поверх. Нерідко виникає необхідність в зміцненні несучих конструкцій, відновлення цегляної кладки.

В останні роки в Україні все більше уваги приділяється використанню монолітного залізобетону. Це зумовлено рядом переваг: будівлі може бути надана виразна архітектурна форма, підвищена жорсткість, монолітне з'єднання елементів, підвищена стійкість до агресивних впливів навколишнього середовища, використання матеріалів та обладнання з урахуванням можливостей будівельної організації, зменшення вартості у порівнянні із збірними конструкціями, можливість улаштовувати перекриття без вантажопідйомних механізмів, що важливо під час виконання робіт в малогабаритних місцях і стиснутих умовах будівництва (зокрема, в районах щільної забудови, під час реконструкції будівель), можливість використання у будівлях складної конфігурації в плані, зокрема під час реконструкції будівель старої забудови і зведенні сучасних будівель складних архітектурних форм, висока вогнестійкість.

У статті наведено результати візуального технічного обстеження будівлі на можливість реконструкції її шляхом прибудови споруди, конструкції якої опираються на існуючі стіни сходового маршу підвалу.

Виконано розрахунок монолітної залізобетонної плити перекриття із застосуванням класичних розрахунків будівельної механіки і методів комп'ютерного моделюючого експерименту в програмному комплексі «Ліра САПР 2013».

Проектування ребристого монолітного перекриття здійснюють у такій послідовності:

1. Збір необхідних даних для розрахунку (навантаження, конструктивні розміри).
2. Виконання компоновки перекриття.
3. Розрахунок елементів перекриття: плита, головні балки.
4. Розробка робочих креслення розрахованої конструкції.

Результати проведених досліджень використані при розробці проектно-кошторисної документації.

Ключові слова: реконструкція, обстеження, навантаження, плита перекриття.

Romanenko S.M. Design of monolithic reinforced concrete floor during reconstruction

Reconstruction of residential buildings and housing in general allows to solve the following tasks:

- increasing the comfort of living by changing the planning and modernization of engineering equipment of the building;

- increasing the number of residents (increasing the density of buildings) by adding floors, adding additional volumes.

When carrying out reconstructions of old residential and civil buildings, re-equipment of internal premises is usually carried out. It is often necessary to increase the usable area of the house through the implementation of construction and installation work, which involves the addition of extensions or superstructures; the attic floor can also be erected. Often there is a need to strengthen the load-bearing structures, the restoration of brickwork.

In recent years, more and more attention in Ukraine is paid to the use of monolithic reinforced concrete. This is due to a number of advantages: the building can be given a distinct architectural form,

increased rigidity, monolithic connection of elements, increased resistance to aggressive environmental influences, use of materials and equipment taking into account the capabilities of the construction organization, reduced cost compared to prefabricated structures, flooring without lifting mechanisms, which is important when performing work in small spaces and cramped construction conditions (in particular, in densely built-up areas, during the reconstruction of buildings), the possibility of using complex configurations in the plan, in particular during the reconstruction of old buildings and construction modern buildings of complex architectural forms, high fire resistance.

The article presents the results of a visual technical inspection of the building for the possibility of its reconstruction by adding a structure, the structures of which rest on the existing walls of the stairwell of the basement.

The calculation of a monolithic reinforced concrete slab with the use of classical calculations of structural mechanics and methods of computer modeling experiment in the software package "Lira CAD 2013".

The design of the ribbed monolithic floor is carried out in the following sequence:

- 1. Collection of necessary data for calculation (load, design dimensions).*
- 2. Execution of the layout of the floor.*
- 3. Calculation of floor elements: slab, main beams.*
- 4. Development of working drawings of the calculated design.*

The results of the research were used in the development of design and estimate documentation.

Key words: *reconstruction, inspection, loading, floor slab.*

Постановка проблеми. Сучасна практика архітектурного проектування і будівництва цивільних будівель більшою мірою пов'язана з реконструкцією існуючого фонду і модернізацією різних громадських будівель. Реконструкція стала останнім часом магістральним напрямом в області капітального будівництва в історично сформованих містах. Її обсяги настільки зросли, що випереджають темпи розвитку новозбудованих будинків.

Щоб правильно виконати проект реконструкції необхідно дуже ретельне обстеження технічного стану всіх деталей і вузлів конструктивного рішення основ і фундаментів, стін, перекриття, покриттів покрівель споруди, а також роботу всіх інженерних систем. Виявлення дефектів дозволяє визначити індивідуальні підходи у вирішенні проблем їх посилення і розробки нових конструктивних рішень.

В даний час існує безліч найрізноманітніших за своїм спрямуванням і за своїми можливостями обчислювальних комплексів, що реалізують метод кінцевих елементів. З числа комплексів, які використовуються при виконанні розрахунків, які супроводжують будівельне проектування, можна відзначити ANSYS, COSMOS-M, Ліра, SCAD, STAAD Pro, FEM models, PLAXIS, Robot Millennium, SOFISTIK.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На теперішній час широко розповсюджені в будівництві безбалкові, безкапітельні та безригельні конструкції перекриття які забезпечують можливість спорудження будівель довільної конфігурації в плані з різними об'ємно-планувальними рішеннями.

Плити розраховують на міцність за нормальними і похилими перерізами згідно прийнятих в Україні нормативних документів. На даний час розрахунок залізобетонних конструкцій здійснюється за деформаційною схемою згідно ДБН і ДСТУ [1, 2, 3], при цьому значний вклад в розробці цієї теорії внесли вітчизняні вчені Т.Н. Азізов, Є.М. Бабич, А.М. Бамбура, А.Я. Барашиков, В.С. Дорофеев [4], А.М. Павліков, С.І. Роговий, О.Ф. Яременко. Розробці сучасних методів розрахунку залізобетонних конструкцій передавали глибокі теоретичні й експериментальні дослідження таких учених як А.А. Гвоздев, Ю.В. Зайцев, А.С. Залесов, Н.И. Карпенко, та багато інших вітчизняних та зарубіжних вчених. Залізобетонні конструкції перекриттів активно досліджуються й будуються за кордоном, про що свідчать праці [5, 6, 7, 8].

Постановка завдання. Метою дослідження є обстеження будівлі для визначення несучої здатності несучих конструкцій з урахуванням можливості

будівництва прибудови, пропозиції щодо підсилення конструкцій та розрахунків монолітної залізобетонної плити перекриття. Дослідження виконано із застосуванням класичних розрахунків будівельної механіки та методів комп'ютерного моделюючого експерименту в програмному комплексі «Ліра САПР 2013», який алгоритмічно базується на методі кінцевих елементів.

Задачі дослідження:

- виконати аналіз конструкцій існуючої будівлі та розробити рекомендації з відновлення несучої здатності конструкцій;
- проаналізувати результати, отримані після перевірочних розрахунків;
- виконати розрахунок монолітної залізобетонної плити перекриття першого поверху;
- розробка ефективного проектно – конструкторського рішення залізобетонної плити перекриття за рахунок раціонального її армування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Візуальне обстеження технічного стану будівельних конструкцій будинку по вул. Преображенська, 22А в м. Херсон виконано для визначення експлуатаційної надійності будівлі в цілому, а також для розробки проектної документації для будівництва прибудови зі сторони внутрішнього дворику [9, 10]. Такий вид будівництва відноситься до реконструкції згідно ДБН А.2.2-3: 2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво».[11]

Будинок, що обстежуються, розташований в центральній частині міста Херсона по вул. Преображенська, будинок 22-А і розміщений в зоні історичного ареалу, в комплексній охоронній зоні. Відстані від об'єкта реконструкції до червоних ліній, ліній регулювання забудови, існуючих будинків та споруд на змінюється.

Існуюча будівля це двоповерховий будинок багатокутної форми в плані з підвалом в частині будівлі та виходом по сходах во внутрішній двір (рис. 1).

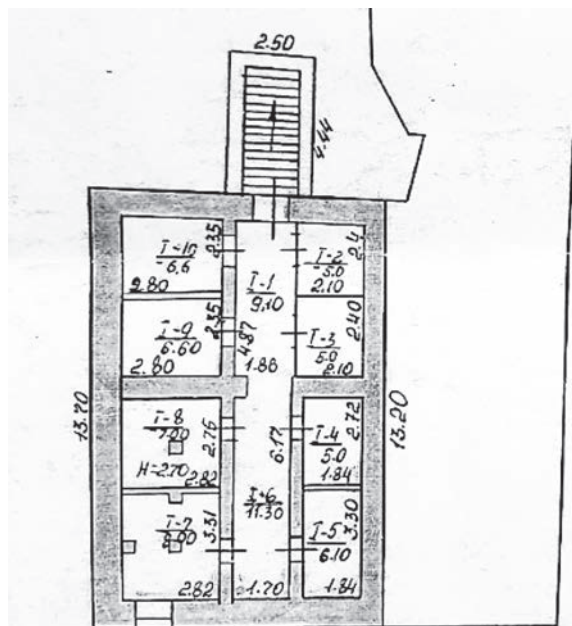


Рис. 1. План підвалу на відм.-3.300

Функціональне призначення приміщень будівлі: підвал – складські; перший поверх – офісні приміщення; другий поверх – житлові приміщення.

Конструктивна схема будівлі – стінова з поперечними та повздовжніми зовнішніми та внутрішніми несучими стінами з жорсткою конструктивною схемою.

Будівля відноситься III ступеня вогнестійкості згідно ДБН В.1.1-7-2016 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Висота приміщень житлової будівлі від підлоги до стелі становить 3,7 м, а висота підвального поверху становить 3,3 м.

Зовнішні стіни існуючої житлової будівлі виконані з використанням бутової кладки з вапняку та каменю черепашник. Товщина несучих зовнішніх стін другого поверху зі сторони головного фасаду складає 700 мм, а зі сторони внутрішнього дворику 650 мм. Товщина внутрішньої несучої стіни 450 мм.

Фундаменти під кам'яні стіни виконані стрічкові із бутової кладки з вапняку. Глибина закладення фундаменту (відстань від рівня чистої підлоги першого поверху до підлоги підвалу складає 3,9 м.

Вимощення зі сторони головного фасаду та зі сторони дворового фасаду будинку виконано з тротуарної плитки, а з інших сторін – асфальтобетонне покриття.

Цоколь виконаний із бутової кладки з вапняку та оздоблений керамічною морозостійкою плиткою.

Горищне перекриття виконане по дерев'яним, металевим балкам. Горищне перекриття другого поверху утеплено базальтовими мінераловатними плитами.

Внутрішні сходи виконані по металевим косоурам. По косоурам укладанні залізобетонні офактурені ступені.

Дах житлового будинку двосхилий з організованим водостоком. Покрівля виконана з по об'ємне кроквяній системі. Матеріал покриття – азбестоцементні хвилясті листи.

Віконні блоки – металопластикові.

Дверні блоки – внутрішні квартирні фільончасті по ДСТУ Б В. 2.6-23:2009, а вхідні дверні блоки до будівлі – металопластикові і металеві дверні блоки вхідні до квартир.

Після обстеження прийняте рішення про можливість використання існуючих конструкцій у подальшому після виконаних перевірочних розрахунків [12, 13, 14] та виконання реконструкції будівлі. Розрахунки виконують на підставі і з урахуванням уточнених обстеженням:

- геометричних параметрів будівлі і його конструктивних елементів – прольотів, висот, розмірів розрахункових перетинів несучих конструкцій;
- фактичних опирань і сполучень несучих конструкцій, їх реальної розрахункової схеми;
- розрахункових опорів матеріалів, з яких виконані конструкції;
- дефектів і пошкоджень, що впливають на несучу здатність конструкцій;
- фактичних навантажень, впливів і умов експлуатації будівлі або споруди.

Виклад основного матеріалу дослідження. Реконструкція будівлі передбачає будівництво двоповерхової прибудови, конструкції якої опираються на існуючі стіни сходового маршу підвалу, з ребристим монолітним залізобетонним перекриттям першого поверху.

На рисунках 2, 3, 4 представлено план першого поверху на відм. +3.400, повздовжній розріз 1-1, план перекриття та переріз по монолітному залізобетонному перекриттю.

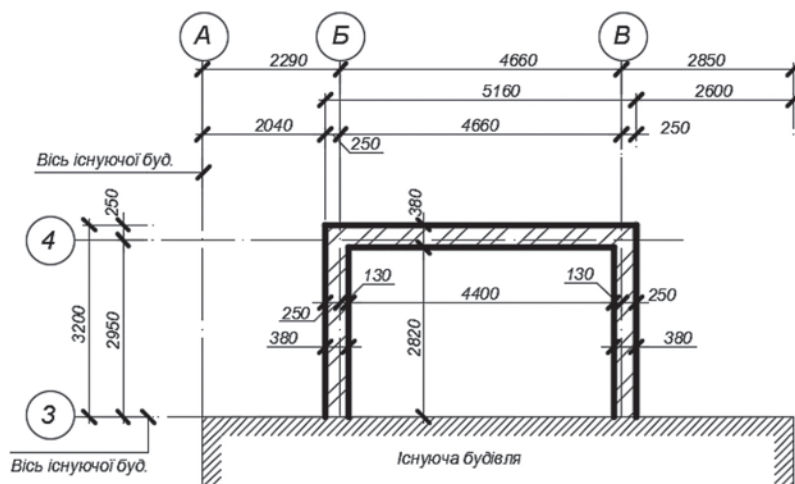


Рис. 2. План першого поверху на відм +3.400

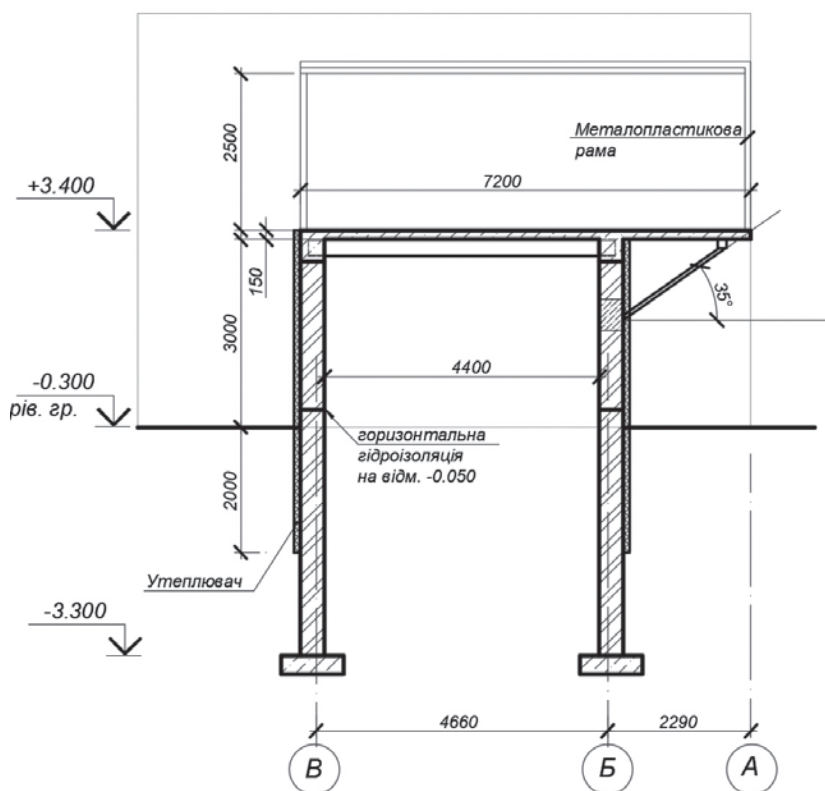


Рис. 3. Розріз прибудови I-I

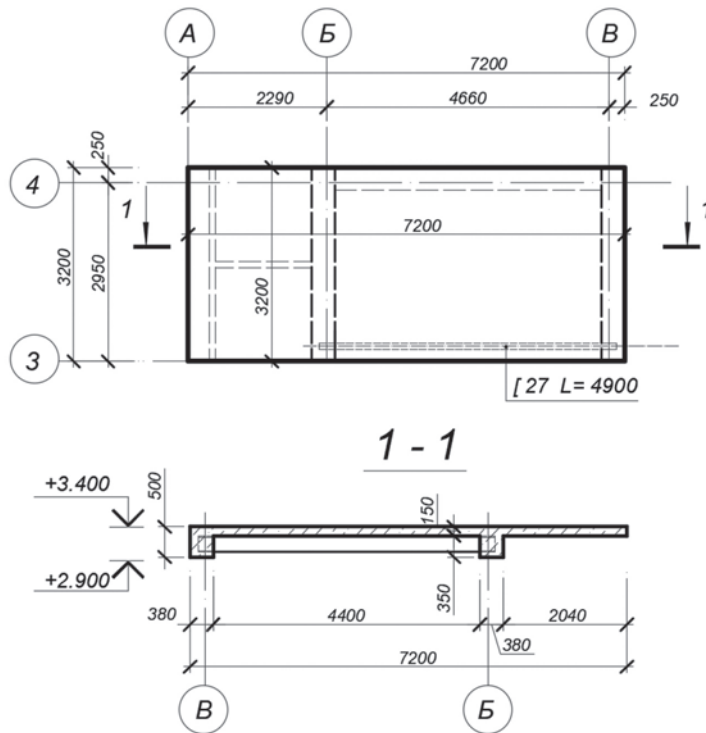


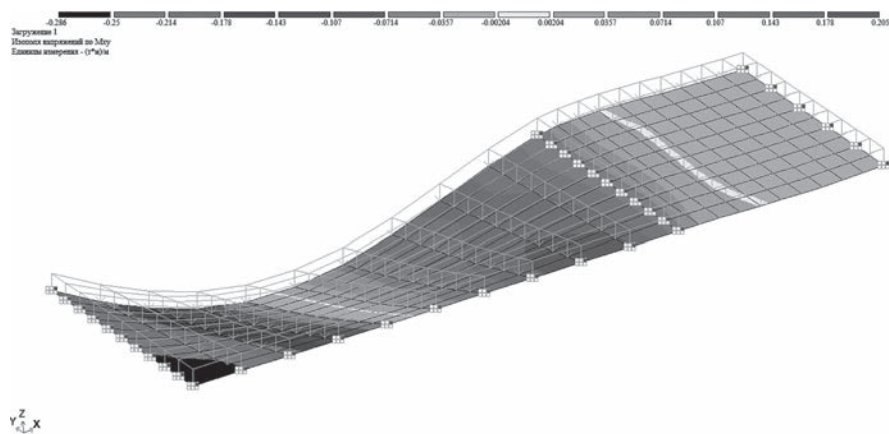
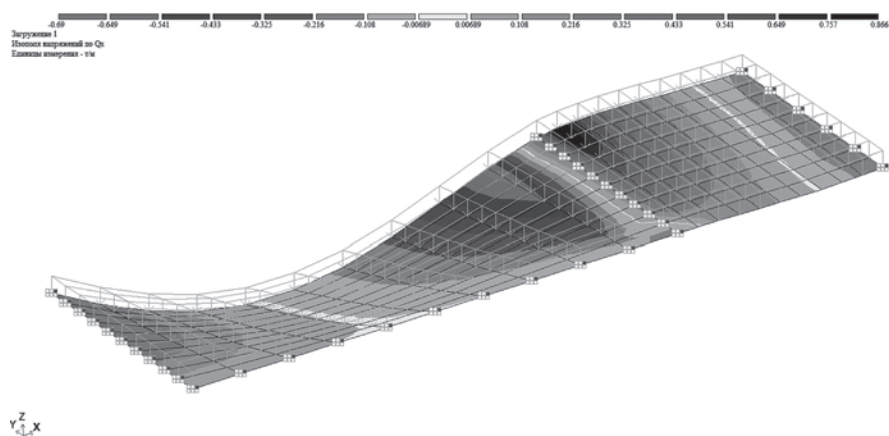
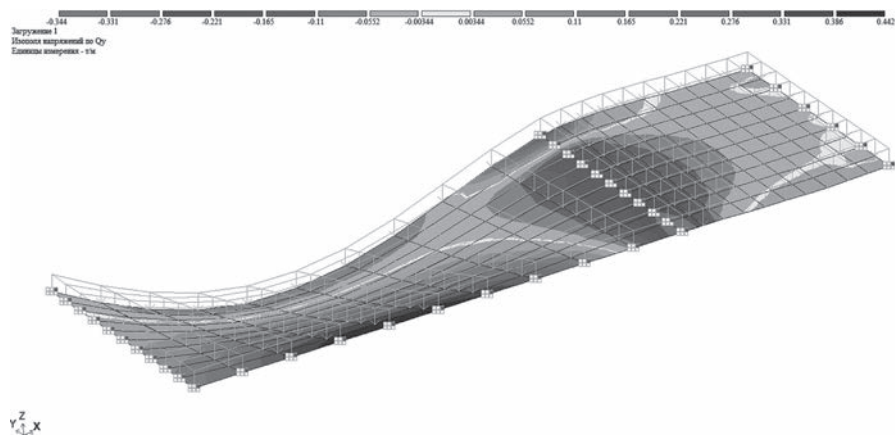
Рис. 4. План перекриття на відм. +3.400 та переріз 1-1 плити перекриття

Монолітна ребриста плита перекриття має головні балки, які розташовані в поперечному напрямку прибудови і опираються на цегляні стіни сходового маршу, що завдяки розташуванню підвищують загальну жорсткість прибудови.

Розрахункова схема плити – є нерозрізна балка з консоллю (рис. 4), яка завантажена рівномірно розподіленим навантаженням. Навантаження складає власна вага плити, конструкція підлоги та тимчасове корисне навантаження. При визначенні розрахункових навантажень враховувалось коефіцієнти надійності за навантаженням згідно з [15]. Всі характеристики бетону і арматури визначають за [1, 2, 3]. Всі розрахункові формули відповідають [1, 2, 3], які також наведені в навчальній [16, 17] та довідковій літературі. В навчальних цілях монолітну плиту в цивільних будинках армують окремими стержнями, а в промислових – зварними сітками.

Розрахунок монолітної плити перекриття виконувався в такій послідовності:

- визначення навантаження на плиту;
- складання розрахункової схеми;
- обчислення зусиль, які виникають в плиті від дії зовнішнього навантаження;
- визначення арматури в прольотах і на опорах (розрахунок міцності Розрахунок залізобетонної плити перекриття виконано у програмному комплексі «Ліра САПР 2013» [18], яка призначена для чисельного дослідження міцності і стійкості конструкцій, а також для автоматизованого виконання ряду процесів конструювання. На рис. 5, 6, 7 представлені результати розрахунку максимальних значень напруження у вигляді ізополей. За допомогою програмного комплексу також було визначено діаметр елементів армування плити перекриття.

Рис. 5. Ізополя напружень по M_{xy} Рис. 6. Ізополя напружень по Q_x Рис. 7. Ізополя напружень по Q_y

Висновки і пропозиції. В результаті розрахунку було отримано наступний результат: для армування залізобетонного ребристого перекриття необхідна робоча арматура Ø10 мм по осі X у нижній і верхній грані; арматура Ø8 мм по осі Y в верхній та нижній грані. З чого можна зробити висновок, що розрахунок в ПК «Ліра САПР 2013» є не тільки більш точним, ніж аналітичний метод розрахунку, але також дозволяє використовувати арматури меншого діаметра, що відразу ж зменшує вартість виготовлення даного типу перекриття.

Результати проведених досліджень використані при розробці проектно-кошторисної документації на реконструкції будівлі у м. Херсон по вул. Преображенська, 22-А.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Введено в дію з 1 липня 2011 р. зі скасуванням в Україні СНиП 2.03.01-84*] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 70 с.
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Чинний з 1 червня 2011 р.] Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 115 с.
3. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. [Чинний з 1 січня 2007 р.]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006. 14 с.
4. Дорофеев В. С. Результаты численных исследований фрагментов монолитных безбалочных безкапитальных перекрытий. В.С. Дорофеев, Д.О. Бондаренко. *Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наук. праць, НБІБК*, Вип. 74. Київ, НДІБК, 2011. С. 563–570.
5. Bhatt, P. Reinforced Concrete Design to Eurocodes: Design Theory and Examples / Prab Bhatt, T. J. MacGinley, Ban Seng Choo. Spon Press, 2006. 720 p.
6. El-Reedy, M. A. Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structures / Mohamed A. El-Reedy. CRC Press, 2009. 327 p.
7. McCormac, J. C. Design of Reinforced Concrete / McCormac J. C., Brown R.H. Wiley, 2008. 720 p. 238. Mehta, P. Concrete : Microstructure, Properties, and Materials / P. Mehta, Paulo J. M. Monteiro. [3 edition]. McGraw-Hill Professional, 2005. 659 p
8. Mindess, S. Concrete / Mindess S., Young J. F., Darwin D. [2 edition] Prentice Hall, 2002. 644 p. 243. Reichel, A. Building with Steel: Details, Principles, Examples (Detail Practice) / Alexander Reichel, Peter Ackermann, Alexander Hentschel, Anette Hochberg. [1 edition] – Birkhäuser Architecture, 2007. 112 p. 256. Wight, J. K. Reinforced Concrete: Mechanics and Design / James K. Wight, James G. MacGregor. [6th edition] – Prentice Hall, 2011. 1176 p
9. ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінки їх технічного стану. [Чинний з 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 32 с.
10. Гладишев Д.Г., Гладишев Г.М. Дослідження технічного стану будівель, споруд та їхніх елементів: монографія. Нац. ун-т «Львів. політехніка». Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2012. 303 с. ISBN: 978-617-607-201-0
11. Савйовський В.В. Реконструкція будівель і споруд: навч. посіб. Київ : Видавництво Ліра-К, 2019. 320 с. ISBN 978-617-7507-70-2
12. ДСТУ БВ. 3.1-2:2016 Ремонт і підсилення несучих і огорожувальних будівельних конструкцій та основ будівель та споруд. [чинний з 2017-04-01] Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2017. 67 с.
13. ДБН В. 1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель та споруд. [Чинний з 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 29 с.
14. ДБН В.1.2-9-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації. [Чинний з 2008-10-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. 21с.

15. ДБН В.1.2.-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний з 1 січня 2007 р.]. Вид. офіц. Київ : Мінбуд України, 2006. 78 с.
16. Кирпа І.І., Тищенко О.А. Монолітне залізобетонне перекриття [Текст]: навч. посіб., Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна., Дніпропетровськ, 2015. 88 с.
17. Городецкий Д.А., Барабаш М.С., Водопьянов Р.Ю., Титок В.П., Артамонова А.Е. Учебное пособие программный комплекс Лира-Сапр 2013: учебное пособие. Москва : Электронное издание, 2013. 376 с.

REFERENCES

1. DBN V.2.6-98:2009 Konstrukciyi budy'nkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstrukciyi. Osnovni polozhennya. [Vvedeno v diyu z 1 ly'pnya 2011 r. zi skasuvannyam v Ukrayini SNy'P 2.03.01-84*] Vy'd. oficz. Ky'yiv : Minregionbud Ukrayiny', 2011. 70 s.
2. DSTU B V.2.6-156:2010 Konstrukciyi budy'nkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstrukciyi z vazhkogo betonu. Pravy'la proektuvannya. [Chy'nny'j z 1 chervnya 2011 r.] Vy'd. oficz. Ky'yiv : Minregionbud Ukrayiny', 2011. 115 s.
3. DSTU B V.1.2-3:2006 Sy'stema zabezpechennya nadijnosti ta bezpeky' budivel'ny'x ob'yektiv. Progy'ny' i peremishhennya. Vy'mogy' proektuvannya. [Chy'nny'j z 1 sichnya 2007 r.]. Vy'd. oficz. Ky'yiv : Minbud Ukrayiny', 2006. 14 s.
4. Dorofeev V. S. Rezul'taty chy'slennyy' y'ssledovany'j fragmentov monoly'tnyy'x bezbalochny'x bezkapy'tel'ny'x perkrity'j V.S.Dorofeev, D.O.Bondarenko // Budivel'ni konstrukciyi: Mizhvidomchy'j naukovu-texnichny'j zbirny'k nauk. pracz', NBIBK, Vy'p. 74 – Ky'yiv, NDIBK, 2011. S. 563-570.
5. Bhatt, P. Reinforced Concrete Design to Eurocodes: Design Theory and Examples / Prab Bhatt, T. J. MacGinley, Ban Seng Choo. Spon Press, 2006. 720 p.
6. El-Reedy, M. A. Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structures / Mohamed A. El-Reedy. CRC Press, 2009. 327 p.
7. McCormac, J. C. Design of Reinforced Concrete / McCormac J. C., Brown R.H. Wiley, 2008. 720 p. 238. Mehta, P. Concrete: Microstructure, Properties, and Materials / P. Mehta, Paulo J. M. Monteiro. [3 edition]. McGraw-Hill Professional, 2005. 659 p.
8. Mindess, S. Concrete / Mindess S., Young J. F., Darwin D. [2 edition] – Prentice Hall, 2002. 644 p. 243. Reichel, A. Building with Steel: Details, Principles, Examples (Detail Practice) / Alexander Reichel, Peter Ackermann, Alexander Hentschel, Anette Hochberg. [1 edition] – Birkhäuser Architecture, 2007. 112 p. 256. Wight, J. K. Reinforced Concrete: Mechanics and Design / James K. Wight, James G. MacGregor. [6th edition] – Prentice Hall, 2011. 1176 p.
9. DSTU-N B V.1.2-18:2016. Nastanova shhodo obstezhennya budivel' i sporud dlya vy'znachennya ta ocinky' yix texnichnogo stanu. [Chy'nny'j z 2017-04-01]. Vy'd. oficz. Ky'yiv : DP "UkrNDNCz", 2017. 32 s.
10. Glady'shev D.G., Glady'shev G.M. Doslidzhennya texnichnogo stanu budivel', sporud ta yixnix elementiv: monografiya. Nacz. un-t „L'viv. Politehnika”. Leningrad : Vy'd-vo L'viv. politexniki', 2012. 303 s. ISBN: 978-617-607-201-0
11. Savjovs'ky'j V.V. Rekonstrukciya budivel' i sporud: navch. posib. Ky'yiv : Vy'davny'ctvo Lira-K, 2019. 320 s. ISBN 978-617-7507-70-2.
12. DSTU B V.3.1-2:2016 Remont i pidsylennya nesuchy'x i ogorodzhuval'ny'x budivel'ny'x konstrukcij ta osnov budivel' ta sporud. [chy'nny'j z 2017-04-01] Vy'd. oficz. Ky'yiv : DP „UkrNDNCz”, 2017. 67 s.
13. DBN V. 1.2-14-2018. Zagal'ni pry'ncy'py' zabezpechennya nadijnosti ta konstruktyvnoyi bezpeky' budivel' ta sporud. [Chy'nny'j z 2019-01-01]. Vy'd. oficz. Ky'yiv : Minregionbud Ukrayiny', 2018. 29 s.

14. DBN V.1.2-9-2008. Sy'stema zabezpechennya nadijnosti ta bezpeky' budivel'ny'x ob'yektiv. Osnovni vy'mogy' do budivel' i sporud. Bezpeka ekspluataciyi. [Chy'nny'j z 2008-10-01]. Vy'd. oficiz. Ky'yiv: Minregionbud Ukrayiny', 2008. 21 s.
 15. DBN V.1.2.-2:2006 Navantazhennya i vply'vy'. Normy' proektuvannya. [Chy'nny'j z 1 sichnya 2007 r.]. Vy'd. oficiz. Ky'yiv : Minbud Ukrayiny', 2006. 78 s.
 16. Ky'rpa I. I., Ty'shhenko O. A. Monolitne zalizobetonne perekry'ttya [Tekst]: navch. posib., Dnipropetr. nacz. un-t zalizn. transp. im. akad. V. Lazaryana., Dnipropetrovs'k, 2015. 88 s.
 17. Gorodeczky'j D.A., Barabash M.S., Vodop'yanov R.Yu., Ty'tok V.P., Artamonova A.E. Uchebnoe posoby'e programnyj kompleks Ly'ra-Sapr 2013: uchebnoe posoby'e. Moskva : Elektronnoe y'zdany'e, 2013. 376 s.
-

УДК 624.01

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.10>

ОПТИМІЗАЦІЯ ПІДБОРУ ПОЗАЦЕНТРОВО-СТИСНУТИХ СУЦІЛЬНИХ СТАЛЕВИХ КОЛОН ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМІЗАЦІЇ ВИТРАТ СТАЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ

Чеканович М.Г. – кандидат технічних наук, професор кафедри будівництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-9110-4109

Scopus-Author ID: 57192938389

Янін О.Є. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівництва
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0230-8669

Scopus-Author ID: 57219482395

У статті наведені результати теоретичного дослідження, присвяченого вдосконаленню підбору розмірів поперечного перерізу позацинтрово-стиснутої сталеві колони у вигляді зварного симетричного двотавру виходячи із забезпечення загальної та місцевої стійкості при дотриманні вимог будівельних норм і мінімізації витрат сталі. Проведений аналіз нормативних умов стійкості колони показав, що оптимізованими розмірами поперечного перерізу доцільно прийняти ширину і товщину полиць. Припускається, що розміри стінки є відомими і визначаються при компонуванні будівлі у цілому. Розглянута можливість проектування колони з нестійкою стінкою. Умови місцевої і загальної стійкості у двох головних площинах розглядаються як функціональні залежності товщини полиці від її ширини, задані у неявному вигляді. Показано, що графіки таких неявних функцій на координатній площині обмежують певні області, у яких забезпечується відповідна умова загальної або місцевої стійкості. Задачу запропоновано вирішувати за допомогою комп'ютерної програми у середовищі MathCAD, оскільки отримання аналітичних формул, які б виражали явно функцію через аргумент пов'язано зі значними математичними труднощами. Розроблена методика встановлення відповідності між числовими значеннями товщини і ширини полиць шляхом застосування інструментарію середовища MathCAD. На підставі аналізу побудованих графіків функціональних залежностей товщини полиці від її ширини розроблена методика оптимізації поперечного перерізу колони за критерієм мінімальних витрат сталі. Ця методика обґрунтована теоретичним аналізом отриманих залежностей, який мав на меті довести ефективність запропонованого рішення задачі підбору раціонального поперечного перерізу колони.

Ключові слова: сталева суцільна колона, числовий експеримент, оптимізація, критерій мінімізації, загальна та місцева стійкість.

Chekanovych M.G., Yanin O.Ye. Optimization of selection of eccentrically compressed continuous steel columns according to the criterion of minimizing steel consumption using computer programs

The article presents the results of a theoretical study devoted to improving the selection of the cross-sectional dimensions of an eccentrically compressed steel column in the form of a welded symmetric I-beam based on ensuring general and local stability while meeting the requirements of building codes and minimizing steel consumption. The analysis of the standard conditions for the stability of the column showed that it is advisable to take the width and thickness of the shelves as unknown cross-sectional dimensions. It is assumed that the dimensions of the wall are known and are determined during the layout of the building as a whole. The possibility of designing a column with an unstable wall is considered. The conditions of local and general stability in two main planes are considered as functional dependences of the shelf thickness on its width, given implicitly. It is shown that the graphs of such implicit functions on the coordinate plane limit certain areas in which the corresponding condition of general or local stability is ensured. It is proposed to solve the problem using a computer program in the MathCAD environment, since obtaining analytical formulas that would explicitly express a function through an argument is associated with significant mathematical difficulties. The

method has been developed for establishing a correspondence between the numerical values of the thickness and width of the shelves by using the tools of the MathCAD environment. Based on the analysis of the constructed graphs of the functional dependences of the shelf thickness on its width, a method for optimizing the cross section of the column was developed according to the criterion of minimum steel costs. This technique is substantiated by a theoretical analysis of the obtained dependencies, which was aimed at proving the effectiveness of the proposed solution to the problem of selecting a rational column cross-section.

Key words: solid steel column, numerical experiment, optimization, criterion of minimization, general and local stability.

Постановка завдання. На сучасному етапі економічного розвитку України представляється важливим завданням будівельної галузі відновлення, реконструкція не тільки житлових будівників, а й виробничих будівель і інженерних споруд, де проблема підбору поперечного перерізу позацентрово-стиснутої сталевий колони за критеріями загальної та місцевої стійкості з точки зору економії витрат є актуальною.

Відомо, що стержень суцільних сталевих колон, утворюється з одного або декількох елементів (прокатних профілів, листів), які з'єднані зварюванням або болтами. Типи перерізів суцільних колон можуть бути відкритими або замкненими. Колони замкнутого перерізу мають близьку чи рівну загальну стійкість у всіх напрямках, кращий зовнішній вигляд та є більш економічними за витратами сталі порівняно з відкритими. Але вузли обпирання конструкцій, що примикають до таких колон складніші, їхні внутрішні поверхні недоступні для огляду і захисту від корозії. Тому для запобігання корозії необхідно герметизувати внутрішній об'єм таких колон, що потребує додаткових витрат [1–3].

Найбільшого поширення набули двотаврові перерізи з прокатних профілів, що пояснюється високою технологічністю виготовлення таких колон і простотою утворення вузлів з'єднання конструкцій. Але через обмеженість сортаменту вони мають відносно невелику несучу здатність. Сталеві колони виконують зі спеціальних двотаврів колонного типу, висота яких практично дорівнює ширини полиці. При великих навантаженнях і малих розрахункових довжинах, для збільшення площі перерізу застосовують складені перерізи з прокатних профілів та хрестові, з окремих листів, зварених між собою [1–5].

Найпростішими та більш економічними є зварні двотаври, які виготовляють на потокових високо механізованих та автоматизованих лініях (рис. 1).

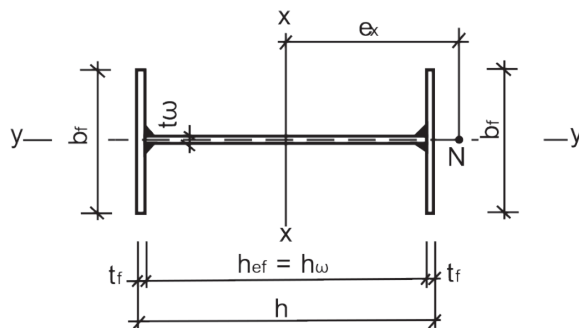


Рис. 1. Поперечний переріз колони

Згідно з діючими нормами [1] визначення розмірів поперечного перерізу позацентрово-стиснутої суцільної колони виконують виходячи із умов

- загальної стійкості у площині дії згинального моменту;
- загальної стійкості з площини дії згинального моменту;
- місцевої стійкості стінки та полиць.

Умови загальної стійкості колони у площині та з площини дії згинаючого моменту та місцевої стійкості полиць відповідно мають вигляд [1]:

$$\frac{N}{\phi_e A R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (1)$$

$$\frac{N}{c \phi_y A R_y \gamma_c} \leq 1; \quad (2)$$

$$\frac{b_f - t_w}{2t_f} \leq \lambda_{fu}, \quad (3)$$

де N – розрахункова стискаюча сила;

ϕ_e – коефіцієнт зниження розрахункового опору сталі R_y при позакентровому стиску (коефіцієнт стійкості при позакентровому стиску);

γ_c – коефіцієнт умов роботи;

A – площа перерізу колони;

c – коефіцієнт, що враховує вплив згинального моменту M_x у площині стінки;

t_w , b_f і t_f – геометричні розміри поперечного перерізу колони (див рис.1);

λ_{fu} – граничне відношення розрахункової ширини звису полиці до її товщини.

Відношення розрахункової висоти стінки $h_{ef} = h_w$ до її товщини t_w може перевищувати встановлене граничне значення. Тобто, місцева стійкість стінки може бути не забезпечена. Це означає, що середня за висотою перерізу нестійка частина стінки не приймає участі у роботі, але колона як стержень не втрачає несучої здатності. У цьому випадку, в умову стійкості (1) треба підставляти площу працюючої частини перерізу A_{red} [1-5]. Вона складається з полиць та двох крайніх стійких ділянок стінки, що примикають до них. Колона може мати як стійку так і нестійку стінку.

Зазвичай підбір розмірів поперечного перерізу колони вирішується методом послідовних наближень [2-8]. В умові стійкості у площині згинального моменту (1) від розмірів перерізу залежать площа A і коефіцієнт ϕ_e . Задавшись приблизним значенням ϕ_e , з цієї умови знаходять

$$A = \frac{N}{\phi_e R_y \gamma_c}. \quad (4)$$

При відомих висоті поперечного перерізу h_b (див.рис.1) і площі A визначають решту розмірів перерізу (b_f ; t_f ; t_w). Після цього виконують перевірку загальної стійкості колони у обох площинах а також місцевої стійкості полиць. У випадку необхідності розміри корегують [9-12].

Описаний вище шлях рішення задачі може виявитись достатньо трудомістким і переріз колони може бути економічно не вигідним. Тому виникає необхідність використання комп'ютерної програми для оптимізації конструктивного рішення колони, та скорочення часу на розрахунки.

Постановка проблеми. Мета дослідження – вдосконалення підбору раціональних розмірів поперечного перерізу позакентрово-стиснутої сталеві колони за критеріями загальної та місцевої стійкості та, як наслідок, отримання оптимального економічно вигідного поперечного перерізу сталеві колони відповідно до вимог будівельних норм з врахуванням специфіки їх виготовлення та монтажу.

Виклад основного матеріалу дослідження. У кожному нормативну умову (див формули (1)-(3)), входять величини, що залежать від розмірів поперечного перерізу колони h_b , t_ω , b_f і t_f . Розмір h_b визначається при загальному компонуванні поперечної рами будівлі або споруди, у склад якої входить колона. Це означає, що він є відомою величиною. Товщину стінки t_ω треба задати на початку розрахунку. Її можна прийняти, традиційно, у межах від 6 до 12 мм, і якщо місцева стійкість стінки не забезпечена, колона буде розрахована з нестійкою стінкою.

Невідомими розмірами поперечного перерізу залишаються тільки b_f і t_f .

Умови загальної і місцевої стійкості (1)-(3) у випадку знаку рівності у них мають вигляд:

$$\frac{N}{\phi_e AR_y \gamma_c} = 1; \quad (5)$$

$$\frac{N}{c\phi_y AR_y \gamma_c} = 1; \quad (6)$$

$$\frac{b_f - t_\omega}{2t_f} = \lambda_{fu}. \quad (7)$$

Усі рівняння мають дві невідомі величини: b_f і t_f . З цього випливає, що їх можна розглядати як функції товщини полиці t_f від її ширини b_f , задані у неявній формі. Графіки таких неявних функцій на координатній площині обмежать певні області, у яких забезпечується відповідна умова загальної або місцевої стійкості. Отримання аналітичних формул, які б виражали явно t_f через b_f у відповідності з рівностями (5) – (7), пов'язано зі значними математичними труднощами. Тому задачу можна вирішувати за допомогою комп'ютерної програми у середовищі *MathCAD*. Для цього доцільно задати ряд значень аргументу b_f у визначеному діапазоні. Для кожного значення b_f треба розв'язати відповідне рівняння ((5), (6) або (7)) та визначити t_f . Таким чином можна сформувати функцію $t_f(b_f)$ при певних значеннях аргументу.

Позначимо через $t_{f1}(b_f)$; $t_{f2}(b_f)$; $t_{f3}(b_f)$ функції, які сформовані відповідно із рівностей (5), (6) і (7). При заданому b_f якщо прийняте значення товщини полиці $t_f > t_{fi}(b_f)$ ($i=1;2$ або 3), то відповідна умова стійкості ((1), (2) або (3)) буде виконана. Тому області, у яких виконується умова загальної або місцевої стійкості знаходяться вище відповідних графіків (рис. 2). Область координатної площини, що лежить вище усіх трьох графіків функцій, відповідає парам значень b_f і t_f для яких виконані відповідні умови (1) – (3).

Після вибору будь якої пари значень b_f і t_f з цієї області при дотриманні вимог уніфікації, технології зварювання і конструктивних вимог, задача підбору розмірів перерізу колони буде розв'язана. При обраних значеннях b_f і t_f загальна стійкість колони у двох площинах, а також місцева стійкість полиць будуть забезпечені.

Графіки функцій (5) і (6) є низхідними, оскільки при збільшенні ширини b_f потрібна товщина полиці t_f із умови забезпечення загальної стійкості у двох площинах повинна зменшуватись. Графік функції (7) є зростаючим, оскільки при збільшенні b_f потрібна товщина полиці t_f для забезпечення її місцевої стійкості повинна збільшуватись (рис.2).

Це означає, що при певному заданому значенні t_f ширина полиці b_f повинна бути:

1) не менше мінімального значення ($b_{f,min}$) з умови загальної стійкості колони у площині або з площини дії згинального моменту;

2) не більше максимального значення ($b_{f,max}$) з умови місцевої стійкості полиць.

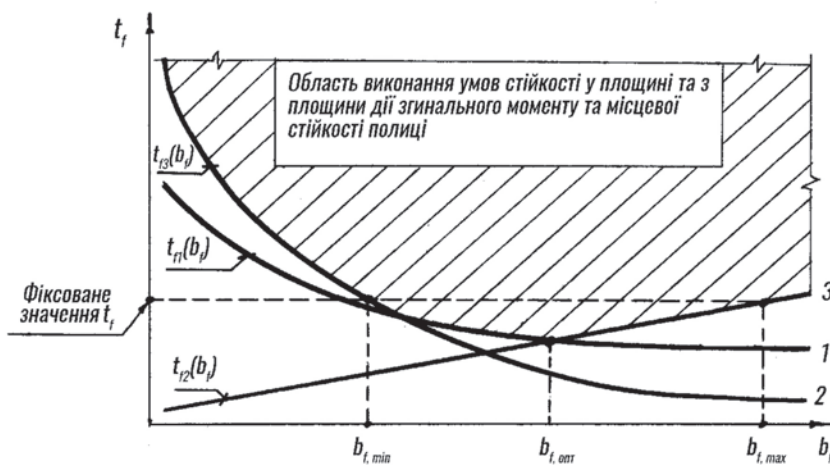


Рис. 2. Графіки функцій, побудовані згідно з формулами (5)-(7)

1 – графік загальної стійкості у площині дії згинального моменту M_x згідно з формулою (5);

2 – графік загальної стійкості з площини дії згинального моменту M_x згідно з формулою (6);

3 – графік місцевої стійкості полиці згідно з формулою (7)

При зростанні ширини b_f загальна стійкість колони з площини дії згинального моменту збільшується швидше, ніж у площині дії згинального моменту. Отже, потрібна товщина полиці t_f при великих b_f буде менше виходячи із умови загальної стійкості з площини дії згинального моменту. З цього випливає, що графік функції (6) буде більш крутий, ніж графік функції (5).

З графічного зображення на рис. 2 можна зробити висновок, що є такі значення товщини полиці t_f , при яких умови (1) – (3) одночасно не можуть бути забезпечені. Отже, при таких t_f колону спроектувати не можна.

Два значення b_f і t_f доцільно прийняти таким чином, щоб при забезпеченні несучої здатності, витрати сталі на колону були зведені до мінімуму. Для цього у заштрихованій на рис.2 області необхідно обрати точку зі значеннями b_f і t_f , для яких площа перерізу колони

$$A = 2b_f t_f + h_b t_w = 2b_f t_f + (h_b - 2t_f) t_w \quad (8)$$

була б мінімальною. Це пов'язано з тим, що витрати сталі на колону прямо пропорційні величині її площі A .

За допомогою комп'ютерної програми у середовищі *MathCAD* можна побудувати графіки залежності A від b_f , що відповідають рівностям (5) – (7). Для цього в формулу (8) замість t_f треба підставити відповідну функціональну залежність $t_f(b_f)$. Графіки функцій

$$A_{1(b_f)} = 2b_f t_{f1(b_f)} + (h_b - 2t_{f1(b_f)}) t_w \quad (9)$$

$$A_{3(b_f)} = 2b_f t_{f3(b_f)} + (h_b - 2t_{f3(b_f)}) t_w \quad (10)$$

$$A_{2(b_f)} = 2b_f t_{f2(b_f)} + (h_b - 2t_{f2(b_f)}) t_w, \quad (11)$$

які відповідають формулам (5), (6) і (7), наведені на рис. 3.

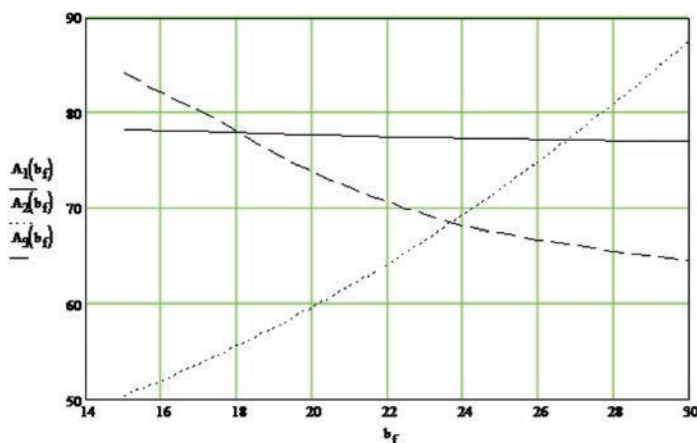


Рис. 3. Графіки залежності площі поперечного перерізу колони A (см²) від ширини полиці b_f (см) при контрольних вихідних даних

Якщо точка на координатній площині, що відповідає площі A знаходиться не нижче певного i -того графіка функції, то для нього при певному значенні b_f буде виконана умова

$$\begin{aligned} A &= 2b_ft_f + h_\omega t_\omega = 2b_ft_f + (h_b - 2t_f)t_\omega \geq \\ &\geq A_{i(b_f)} = 2b_ft_{fi(b_f)} + (h_b - 2t_{fi(b_f)})t_\omega, \end{aligned} \quad (12)$$

де $i=1; 2; 3$.

Якщо прийняти, що висота перерізу колони h_b набагато більше ніж $2t_f$, то можна записати таку наближену рівність:

$$h_b - 2t_f \approx h_b. \quad (13)$$

У цьому випадку з умови (12) випливає:

$$\begin{aligned} 2b_ft_f + h_bt_\omega &\geq 2b_ft_{fi(b_f)} + h_bt_\omega; \\ t_f &\geq t_{fi(b_f)}. \end{aligned} \quad (14)$$

Тоді, відповідна значенню “ i ” умова (1),(2) або (3) буде забезпечена.

Отже, задача оптимізації за критерієм мінімуму витрат сталі зводиться до пошуку точки на координатній площині (див. рис.3), яка має найменшу координату по вертикальній осі та знаходиться не нижче усіх трьох графіків функцій (9) – (11).

На підставі аналізу графічного зображення на рис.3 можна дійти висновку, що така точка знаходиться на перетині графіка функцій $A_2(b_f)$ з графіком функцій $A_3(b_f)$ або $A_1(b_f)$. Абсциса цієї точки відповідає значенню $b_f = b_{f,om}$, при якому витрати сталі на колону будуть мінімальними при забезпеченні несучої здатності.

Абсциса точки перетину двох графіків $A_i(b_f)$ та $A_k(b_f)$ визначається з рішення наступного рівняння

$$A_{i(b_f)} = A_{k(b_f)}. \quad (15)$$

Отже (див. формули (9)-(11))

$$2b_ft_{fi(b_f)} + (h_b - 2t_{fi(b_f)})t_\omega = 2b_ft_{fk(b_f)} + (h_b - 2t_{fk(b_f)})t_\omega.$$

З урахуванням наближеної формули (13) будемо мати

$$2b_f t_{fj(b_f)} + h_b t_\omega = 2b_f t_{fk(b_f)} + h_b t_\omega ;$$

$$t_{fj(b_f)} = t_{fk(b_f)} . \quad (16)$$

На підставі рішення останнього рівняння можна визначити точку перетину графіків $t_{fj}(b_f)$ та $t_{fk}(b_f)$ на рис.2. Це означає, що абсциса точки перетину графіків $A_f(b_f)$ і $A_k(b_f)$ практично співпадає з абсцисою точки перетину графіків $t_{fj}(b_f)$ і $t_{fk}(b_f)$. Отже, абсциса точки перетину графіка $t_{fj}(b_f)$ з графіком $t_{fk}(b_f)$ або $t_{fj}(b_f)$ відповідає значенню $b_{f,опт}$.

Такий висновок випливає із наступних загальних міркувань. При збільшенні b_f гнучкість колони стає меншою при фіксованій A . Тоді при діючому навантаженні на колону, потрібна площа поперечного перерізу A із умови загальної стійкості зменшується. З іншого боку значення b_f можна збільшувати з метою зменшення витрат сталі (тобто A) до тих пір, поки виконана умова місцевої стійкості полиці. Отже, переміщуватись уздовж графіка функції $t_{fj}(b_f)$ або $t_{fk}(b_f)$ (див. рис.2) у бік збільшення аргументу b_f треба до перетину з графіком функції $t_{fk}(b_f)$. Точка перетину відповідає значенню $b_f = b_{f,опт}$ (при відповідному t_f), для якого витрати сталі будуть найменшими. При подальшому переміщенні уздовж графіка функції $t_{fj}(b_f)$, то b_f, t_f витрати сталі будуть зростати.

Висновки і пропозиції:

1. Розроблено методику підбору розмірів поперечного перерізу сталевих колон, що відкрила можливість проаналізувати критерії оптимізації на основі побудови графічного зображення результатів та, як наслідок, автоматизувати проектування конструкції.

2. Використання комп'ютерного середовища Mathcad дозволило виконати оптимізацію позакентрово-стиснутої сталевих колон за критерієм мінімізації витрат сталі і, при цьому, значно скоротити витрати часу на розрахунок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- ДБН В.2.6-163:2010. Сталеві конструкції / Норми проектування, виготовлення і монтажу / Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. Київ, 2011. 202 с.
- Мандриков А.П. Примеры расчета металлических конструкций: Учеб пособие для техникумов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Стройиздат, 1991. 431 с.
- Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Е.И. Беленя, В.А. Балдин, Г.С. Ведеников и др. ; Под. общ. ред. Е.И. Беленя. 6-е изд., перераб. и доп. Москва : Стройиздат, 1986. 560 с., ил.
- Зорин З.Я. Стальные конструкции. Проектирование на стадии КМД / З.Я. Зорин, А.А. Новицкий. Киев : Сталь, 2015. 268 с.
- ДСТУ Б В.2.6-199-2014 Конструкції сталеві будівельні. Вимоги до виготовлення. Київ : ДП «Укрархбудінформ», 2015. 59 с.
- Будівельні конструкції, будівлі та споруди третього тисячоліття»: Збірник матеріалів Науково-практичної інтернет-конференції. Херсон : ДВНЗ ХДАУ, 2017. 132 с.
- Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського / Під загальною редакцією заслуженого діяча науки і техніки України, члена-кореспондента НАН України, д.т.н., професора О. В. Шимановського. Київ : Вид-во «Сталь», 2014. Вип. 14. 152 с.
- Клименко Ф.Є., Барабаш В.М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції: Підручник. Львів : Світ, 2002. 312 с.
- Лугченко О.І. Конспект лекцій з курсів «Будівельні конструкції» та «Будівельні конструкції. Металеві конструкції» / О. І. Лугченко; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2013. 158 с.

10. Марк Лоусон, Артем Билык. Стальные конструкции в архитектуре. К. : ООО «НПП «Интерсервис», 2014. 135 с.

11. Металлические конструкции: Общий курс: Учебник для студентов высших учебных заведений / Ю.И. Кудишин, Е.И. Беленя, В.С. Игнатьева и др. / под ред. Ю.И. Кудишина. Москва : Изд. центр Академия», 2008. 688 с.

12. Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В., Білик С.І., Лавріненко Л.І., Белов І.Д., Володимирський В.О. Металеві конструкції: Загальний курс: Підручник для вищих навчальних закладів. Видання 2-е, перероблене і доповнене / Під загальною редакцією О.О. Нілова та О.В. Шимановського. Київ : Видавництво «Сталь», 2010. 869 с.

REFERENCES:

1. DBN V.2.6-163:2010. Staleví konstruksíí / Normi proyektuvannya, vigotovlennyya í montazhu / Mínistertvo regional'nogo rozvitku ta budívnitstva Ukraíni. Kiív, 2011. 202s.

2. Mandrikov A.P. Primery rascheta metallicheskih konstruksiy: Ucheb posobiye dlya tekhnikumov. 2-ye izd., pererab. i dop. Moscow : Stroyizdat, 1991. 431s.

3. Metallicheskiye konstruksii. Obshchiy kurs: Uchebnik dlya vuzov / Ye.I. Belenya, V.A. Baldin, G.S. Vedenikov i dr.; Pod. obshch. red. Ye.I. Belenya. 6-ye izd., pererab. i dop. M.: Stroyizdat, 1986. 560 s., il.

4. Zorin Z.YA. Stal'nyye konstruksii. Proyektirovaniye na stadii KMD / Z.YA. Zorin, A.A. Novitskiy. Kiyev: Stal', 2015. 268 s.

5. DSTUB V.2.6-199-2014 Konstruksíí staleví budível'ní. Vimogi do vigotovlennyya. Kyiv : DP "Ukrarkhbudinform", 2015. 59 s.

6. Budível'ní konstruksíí, budívlí ta sporudi tret'ogo tisyacholíttya»: Zbírnik materialív Naukovo-praktichnoí ínternet-konferentsíí. Kherson : DVNZ KHDAU, 2017. 132 s.

7. Zbírnik naukovikh prats' Ukraíns'kogo ínstytutu stalevikh konstruksíy ímení V. M. Shimanovs'kogo / Píd zagal'noyu redaktsíeyu zasluženogo díyacha nauki í tekhníki Ukraíni, chlena-korespondenta NAN Ukraíni, d.t.n., profesora O. V. Shimanovs'kogo. Kyiv : Vid-vo «Stal'», 2014. Vip. 14. 152 s.

8. Klimenko F.É., Barabash V. M., Storozhenko L.Í. Metaleví konstruksíí: Pídruchnik. L'viv : Svít, 2002. 312 s.

9. Lugchenko O.Í. Konspekt lektsíy z kúrsív «Budível'ní konstruksíí» ta «Budível'ní konstruksíí. Metaleví konstruksíí» / O. Í. Lugchenko; Khark. nats. un-t mís'k. gosp-va ím. O.M. Beketova. KH. : KHNUG, 2013. 158 s.

10. Mark Louson, Artem Bilyk. Stal'nyye konstruksii v arkhitekture. K. ООО "NPP «Interservis», 2014. 135 s.

11. Metallicheskiye konstruksii: Obshchiy kurs: Uchebnik dlya studentov vysshikh uchebnykh zavedeniy / YU.I. Kudishin, Ye.I. Belenya, V.S.Ignat'yeva i dr. / pod red. YU.I. Kudishina Moscow : Izd. tsentr Akademiya», 2008. 688 s.

12. Нілов О.О., Пермяков В.О., Шимановський О.В., Білик С.І., Лавріненко Л.І., Бєлов І.Д., Володимирський В.О. Металеві конструкції: Загальний курс: Підручник для вищих навчальних закладів. Видання 2-е, перероблене і доповнене / Під загальну редакцію О.О.Нілова та О.В. Шимановського. Київ: Видавництво «Сталь», 2010. 869 с.

ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

HYDRAULIC CONSTRUCTION,
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 631.674.5

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.11>

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ВИСОКОНАПІРНИХ ДОЩУВАЛЬНИХ МАШИН «ФРЕГАТ»

Волошин М.М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0003-0467-1963

У статті запропоновано техніко-економічне обґрунтування з удосконалення та модернізації існуючої дощувальної техніки з метою зменшення енергозатрат при вирощуванні сільськогосподарських культур. Наведені проблеми, які потребують розв'язання. Наведена мета дослідження питання стосовно можливості та доцільності модернізації існуючих застарілих високонапірних дощувальних машин «Фрегат» у низьконапірні модифікації з одночасною модернізацією насосного обладнання. Пропонується переобладнання існуючих високонапірних дощувальних машин «Фрегат» в модифікацію низьконапірних, що в свою чергу вплине на покращення ґрунтового покриття. Наведено характеристики та параметри запропонованих сучасних дощувачів. Приведено як приклад розрахунку економічної ефективності реконструкції системи зрошення, розглянуті питання впровадження енергозберігаючих технологій на зрошувальній системі, а саме: переобладнання дощувальних машин типу «Фрегат» марки ДМУ Б – 394-80 на модифікацію машини «Фрегат», марки ДМУ Бм – 394-45, шляхом заміни високоінтенсивних дощувачів на сучасні низькоінтенсивні та гідроциліндри; модернізація насосної станції, а саме насосів марки 200 Д 90 (200 Д 60) на насоси 200 Д 90 (200 Д 60 б). Визначені основні техніко-економічні показники до модернізації та після. Встановлено доцільність та ефективність використання капіталовкладень та їх швидку окупність для модернізації високонапірних дощувальних машин «Фрегат».

Ключові слова: техніко-економічне обґрунтування, модернізація, дощувальна машина «Фрегат», дощувач, параметри дощувачів, насосне обладнання.

Voloshin M.M. Technical and economic rationale for modernization of high pressure sprinkling machines "Frigate"

The article offers a feasibility study for the improvement and modernization of existing sprinklers in order to reduce energy consumption in the cultivation of crops. Here are some issues that need to be addressed. The purpose of the research on the possibility and expediency

of modernization of existing obsolete high-pressure sprinklers "Frigate" in low-pressure modifications with simultaneous modernization of pumping equipment. It is proposed to re-equip the existing high-pressure sprinklers "Frigate" in the modification of low-pressure, which in turn will affect the improvement of soil cover. The characteristics and parameters of the proposed modern sprinklers are given. The example of calculation of economic efficiency of reconstruction of irrigation system is given, questions of introduction of energy saving technologies on irrigation system are considered, namely: re-equipment of sprinklers like "Frigate" of DMU B – 394–80 brand on modification of "Frigate" machine, DMU Bnm – 394-45, by replacing high-intensity sprinklers with modern low-intensity and hydraulic cylinders; modernization of the pumping station, namely pumps of the brand 200 D 90 (200 D 60) on pumps 200 D 90 (200 D 60 b). The main technical and economic indicators before and after modernization are determined. The expediency and efficiency of the use of capital investments and their quick payback for the modernization of high-pressure sprinklers "Frigate" have been established.

Key words: feasibility study, modernization, frigate sprinkler, sprinkler, sprinkler parameters, pumping equipment.

Постановка проблеми. В сучасних умовах ведення зрошувального землеробства важливим напрямком розвитку є удосконалення та модернізація існуючої дощувальної техніки з метою зменшення енергозатрат при вирощуванні сільськогосподарських культур [1].

Проблемами, які потребують розв'язання, є:

- неспроможність зрошувальних систем виконувати функції з ресурсного забезпечення в роки з несприятливими погодними умовами через вкрай низький рівень використання наявного потенціалу;

- недосконалість законодавства з питань управління водними ресурсами та меліорації земель, внаслідок чого залишаються неврегульованими питання, що визначають умови та можливості сталого функціонування на засадах децентралізації шляхом залучення до управління та експлуатації водокористувачів як основи поступового переведення зрошення на самофінансування;

- недосконалість системи управління водними ресурсами та меліорацією земель, для якої притаманні високий ступінь централізації, практично повна відстороненість водокористувачів від управління та формування тарифів на послуги з подачі води, недостатній рівень фінансування через відсутність коштів у державному бюджеті за одночасної неможливості залучення інвестицій на здійснення заходів з модернізації, реконструкції наявної інфраструктури та розширення площ поливу [1].

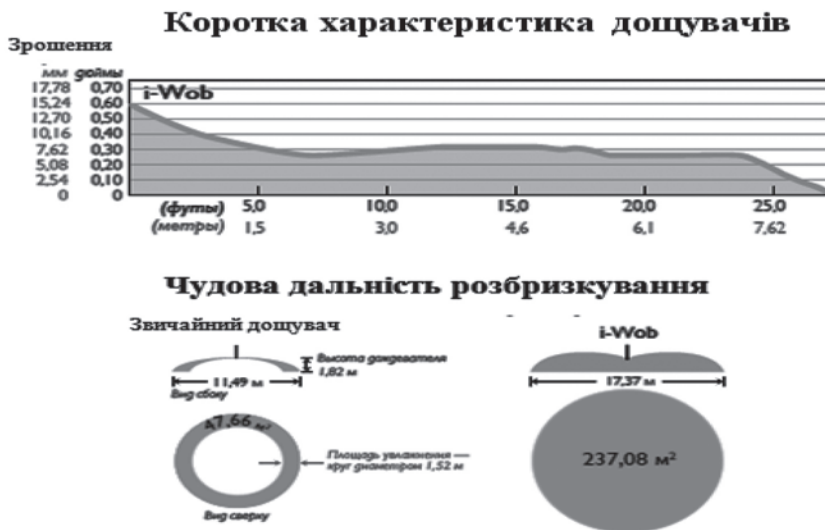
Постановка завдання. Метою дослідження є вивчення питання стосовно можливості та доцільності модернізації існуючих застарілих високонапірних дощувальних машин «Фрегат» у низьконапірні модифікації з одночасною модернізацією насосного обладнання. Використання необхідних комплектуючих при заміні елементів дощувальної техніки, вплив на ґрунтовий покрив та систему зрошення в цілому.

Виклад основного матеріалу дослідження. За останні 30 років в Україні більше ніж у 3 рази скоротилась кількість дощувальних машин. В поточному 2020 році аграрники мають у користуванні 10,6 тис. одиниць техніки. В 2001 році ця цифра складала 12,87 тис. одиниць, в 1995 році – 28,9 тис. одиниць, 1990 рік – 33,1 тис. одиниць [2]. Із загальної кількості дощувальних машин в 2020 році – на дощувальні машини «Фрегат» в Херсонській області припадає 2521 шт., із них більше 60% це високонапірні дощувальні машини.

Для вирішення питання зниження енергоємності зрошення пропонується переобладнання існуючих високонапірних дощувальних машин «Фрегат» в модифікацію низьконапірних, що в свою чергу вплине на покращення ґрунтового покриття.

Наведемо приклад одного із варіантів модернізації дощувальних машин «Фрегат». На ділянці, що розглядається були запроєктовані високо напірні дощувальні машини «Фрегат». Але у зв'язку із зростаючою ціною електроенергії пропонується переобладнання їх під модифікацію низьконапірних дощувальних машин. Це можливо досягти шляхом заміни дощувачів та гідроциліндрів на машини.

Наведемо коротку характеристику сучасних дощувачів. Дощувач Senninger i-Wob [3] є найпрогресивнішим з пропонованих для систем зрошування кругового і лінійного типа. Використовувана в конструкції унікальна оберտальна дія разом з геометрією канавок забезпечує постійний розмір крапель і виняткову рівномірність зрошування на великій площі обхвату. Така конструкція має очевидну перевагу завдяки запобіганню знесення крапель вітром і м'якому, як при звичайному дощі, дії крапель на ґрунт. На відміну від тих, що інших дошують i-Wob не руйнує структуру ґрунту і не допускає надлишкового поливу. Рівномірність зрошування є важливим чинником при зниженні інтенсивності зрошення. Деякі струменеві дощувачі розсіюють воду таким чином, що вона концентрується по периметру кільця довкола зовнішнього діаметру площі обхвату. Такий нерівномірний розподіл води може наводити до негативної дії на поверхню ґрунту. Дощувач i-Wob забезпечує м'якше, однорідніше зрошення. i-Wob забезпечує максимальну площу миттєвого покриття при нижчому тиску, ніж будь-який інший пристрій на ринку, таким чином мінімально впливаючи на поверхню ґрунту і посіви. Чим більше площа поверхні ґрунту, над яким в будь-якій момент часу розсіюється вода, тим менший вплив надає вода, що розбризкується, що дозволяє ґрунту зберегти здатність вбирати воду (рис. 1).



У даному прикладі дощувач *i-Wob* і звичайний струменевий дощувач розбризкують рівний об'єм води, при цьому площа, що охоплює *i-Wob*, в п'ять разів більша (обидва дощувачі працюють при тиску 1,38 бар, на висоті 1,83 м, із діаметром носика 11/32 дюйма [8,73 мм], при витраті води 3 241 л/г, в умовах повного безвітря).

Рис. 1. Порівняння дощувачів

Окрім того, збільшення площі миттєвого покриття знижує швидкість з якою ґрунт повинен вбирати воду. При збереженні швидкості вбирання і збільшенні часу вбирання значно зменшується вірогідність стоку зрошувальної води, і на ґрунті залишаються менш глибокі відбитки коліс. Дощувачі фірми Senninger для кругових і лінійних зрошувальних систем розроблені для досягнення пікової продуктивності при наднизькому тиску 0,69-1,04 бар і максимальному тиску, що рекомендується 1,38 барів. Робота при низькому тиску зменшує вимоги до потужності і знижує витрату електроенергії. Низьке робочий тиск дозволяє в багатьох випадках понизити загальні витрати перекачування води [3].

Розглянемо блок – схему переваги зрошення із низькою інтенсивністю подачі води (рис. 2).



Рис. 2. Блок-схема переваги зрошення із низькою інтенсивністю подачі води

Дощувач Senninger i-Wob пропонується з чотирма різними розсікачами (рис. 3). Це дозволяє регулювати розмір крапель і траєкторію поливу, оптимальним чином враховуючи конфігурацію системи, умови ґрунту і специфіку культури. Також пропонується у комплектації з штуцерним з'єднанням.

Для збереження нормальної роботи добувачів потрібно дотримуватись параметрів, вказаних в приведеній нижче таблиці 1.

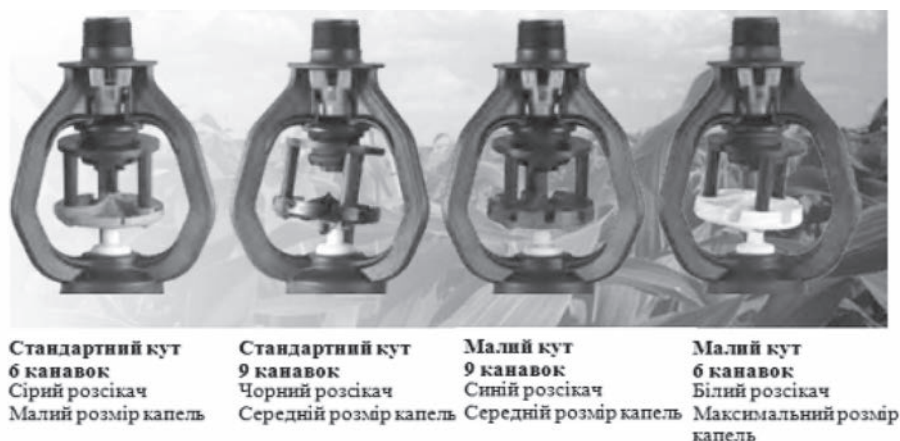


Рис. 3. Моделі дощувачів

Таблиця 1

Параметри дощувачів

Параметри	SA6G	SA9G	LA9G	LA6G
Розмір носика				
Мінімум	№ 10 – 3,57 мм	№ 6 – 2,38 мм	№ 6 – 2,38 мм	№ 12 – 4,76 мм
Максимум	№ 26 – 10,32 мм	№ 26 – 10,32 мм	№ 26 – 10,32 мм	№ 26 – 10,32 мм
Витрата				
Мінімум	509 л/г	182 л/г	182 л/г	736 л/г
Максимум	4811 л/г	4811 л/г	4811 л/г	4811 л/г
Відстань між шлангами- підвісами при відстані від землі 1,8 м	5,5 м	6,1 м	5,5 м	4,6 м
Робочий тиск носика				
Мінімум	0,69 бар	0,69 бар	0,69 бар	0,69 бар
Максимум	1,38 бар	1,38 бар	1,38 бар	1,38 бар

Приведемо важливі умови нормальної роботи дощувачів:

1. Зважаючи на використання в системі i-Wob обертальної дії із зсувом від центру необхідно, щоб вона була оснащена армованим гнучким шлангом завдовжки не менше 0,6 м, встановлюваним над дощувачем.

2. При використанні важка The One ні у якому випадку не встановлюють над ним інший дощувач.

3. При установці над дощувачем i-Wob традиційного важка використовують лише різьбовий важок вагою не менше 0,7 кг завдовжки не більше 0,31 м. Використання навісного важка не допускається, оскільки це може привести до передчасного виходу з ладу дощувальної установки [3].

Наведемо схеми зборки та монтажні компоненти на рисунку 4.



Рис. 4. Схема зборки та монтажні компоненти

Наведемо як приклад розрахунок економічної доцільності модернізації високонапірних дощувальних машин «Фрегат» в модифікацію низьконапірних.

В розрахунку наведена економічна ефективність реконструкції системи зрошення розглянуті питання впровадження енергозберігаючих технологій на зрошувальній системі, а саме:

- переобладнання дощувальних машин типу «Фрегат» марки ДМУ Б – 394-80 на модифікацію машини «Фрегат», марки ДМУ Бнм – 394-45, шляхом заміни високо інтенсивних дощувачів на сучасні низько інтенсивні та гідроциліндри;

- модернізація насосної станції, а саме насосів марки 200 Д 90 (200 Д 60) на насоси 200 Д 90 (200 Д 60 б) [4, 5].

Визначимо необхідні капіталовкладення по формулі:

$$KB = \sum V\phi + \sum V_n, \text{ грн.} \quad (1)$$

де $\sum V\phi$ – сумарні витрати на переобладнання високонапірних дощувальних машин «Фрегат» на модифікацію низьконапірних;

$\sum V_n$ – сумарні витрати на переобладнання насосів на насосній станції.

Сумарні витрати на переобладнання високонапірних дощувальних машин «Фрегат» на модифікацію низьконапірних визначаються по формулі:

$$\sum V\phi = V_d * K_d * K_\phi, \text{ грн.} \quad (2)$$

де V_d – вартість одного переобладнання на сучасний низько інтенсивний дощувач, 700 грн;

K_d – кількість дощувачів на одному Фрегаті, 145 шт;

K_ϕ – кількість Фрегатів для модернізації, 12 шт.

Сумарні витрати на переобладнання насосів на насосній станції визначаються по формулі:

$$\sum V_n = K_n * V_n, \text{ грн.} \quad (3)$$

де K_n – кількість насосів для переобладнання, 6 шт;

V_n – вартість переобладнання одного насоса, 24000 грн.

Визначимо об'єми використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період до і після модернізації насосів.

Об'єми використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період до модернізації визначимо по формулі:

$$W_{ел.д.м.} = K_n * N_{н.д.м.} * T_n, \text{ кВт} \quad (4)$$

де K_n – одночасно працюючі насоси на насосній станції, 4 шт;

$N_{н.д.м.}$ – потужність одного електродвигуна, 250 кВт;

T_n – період роботи насосної станції, 24 години * 90 днів.

Об'єми використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період після модернізації визначимо по формулі:

$$W_{ел.п.м.} = K_n * N_{н.п.м.} * T_n, \text{ кВт} \quad (5)$$

де K_n – одночасно працюючі насоси на насосній станції, 4 шт;

$N_{н.п.м.}$ – потужність одного електродвигуна, 190 кВт;

T_n – період роботи насосної станції, 24 години * 90 днів.

Визначимо економію об'ємів використаної електроенергії насосної станції за формулою:

$$\Delta W_{ел.} = W_{ел.д.м.} - W_{ел.п.м.}, \text{ кВт} \quad (6)$$

Наведемо графік економії об'ємів використаної електроенергії (рис. 5).

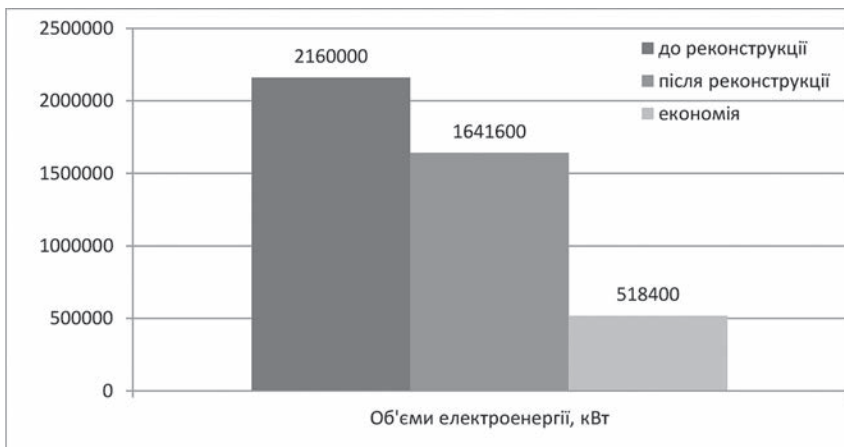


Рис. 5. Графік економії об'ємів використаної електроенергії насосної станції

Визначимо економію використаної електроенергії насосної станції у грошовому виразі за формулою:

$$\Delta E_{ел.} = T_{ел.} * \Delta W_{ел.}, \text{ грн.} \quad (7)$$

де $T_{ел.}$ – тариф на електроенергію, 2,8 грн/кВт*год.

Термін відшкодувань капітальних витрат визначаємо:

$$T = \frac{KB}{\Delta E_{ел.}}, \text{ грн.}, \quad (8)$$

Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень розраховується:

$$K_{эф.вк.} = \frac{1}{T}, \quad (9)$$

Рівень рентабельності капітальних витрат вказує який річний прибуток на 1 гривню вкладень:

$$Рк.в. = \frac{\Delta E_{ел.}}{KB} * 100, \% \quad (10)$$

Визначимо рівень капіталовкладень на 1 га по формулі:

$$Рк.в.на1га = \frac{KB}{F}, \text{ грн./га} \quad (11)$$

де F – площа зрошувальної ділянки, – 1200 га.

Визначимо рівень економії на 1 га по формулі:

$$Ре.на1га = \frac{\Delta E_{ел.}}{F}, \text{ грн./га} \quad (12)$$

Всі розрахунки економічної ефективності від модернізації зрошення зводимо до таблиці 2.

Таблиця 2

Зведенні основні техніко-економічні показники

Показники	До модернізації		Після модернізації	
	грн./га	грн.	грн./га	грн.
1. Капіталовкладення, KB:			1135	1362000
– сумарні витрати на переобладнання високонапірних дощувальних машин «Фрегат» на низьконапірні модифікації, $\Sigma Вф.$, грн.			1015	1218000
– сумарні витрати на переобладнання насосів на насосні станції, $\Sigma Вн.$, грн.			120	144000
2. Об'єми використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період, $W_{ел.}$, кВт.	1800	2160000	1368	1641600
3. Економія об'ємів використаної електроенергії насосної станції, $\Delta W_{ел.}$, кВт.			432	518400
4. Економія використаної електроенергії насосної станції у грошовому виразі, $\Delta E_{ел.}$, грн.			1209,6	1451520
5. Термін відшкодувань капітальних витрат, T, років				0,94
6. Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $K.еф.вк.$				1,06
7. Рівень рентабельності капітальних витрат, $Рк.в.$, %				106

Висновки і пропозиції. Таким чином після порівняння двох варіантів техніко-економічних показників до модернізації на сівозмінній ділянці і після встановлено:

1. Капіталовкладення в модернізацію склали 1362000 грн.
2. Об'єм використаної електроенергії насосної станції за вегетаційний період знизився із 2160000 до 1641600 кВт.
3. Економія об'ємів використаної електроенергії насосної станції 1451520 кВт.
4. Термін відшкодувань капітальних витрат склав 0,94 роки.
5. Рівень рентабельності капітальних витрат становить 106 %.

Розрахунки свідчать про доцільність використання модернізації високонапірних дощувальних машин «Фрегат».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року від 14 серпня 2019 р. № 688-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text>.
2. Волошин М.М. Аналіз та використання сучасної дощувальної техніки. *Таврійський науковий вісник*. 2008. № 57. С. 28–32.
3. «Фрегат – комплект». URL: <http://www.fregat.agro-24.com/category/iwob/>.
4. Каталог насосов применяемых в мелиорации. Республиканский проектно технологический трест «Росоргтехводостой». Москва, 1998. 226 с.
5. Каталог. Насосы центробежные двустороннего входа типа Д и агрегаты электронасосные на их основе. Руководство по эксплуатации. URL: https://mir-nasosov.com.ua/catalog/centrobezhnye-nasosy?gclid=Cj0KCQiAs5eCBhCBARIsAEhk4r75Uhs7obN-PrPJ4oZVYZ_2yHmEE29H0h0vImQSmDzmGcChiqrLlnsaAvnfEALw_wcB

REFERENCES:

1. Irrigation and drainage strategy in Ukraine for the period up to 2030. (2019) from August 14, 2019 № 688-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80#Text>.
2. Voloshin M.M. (2008) Analysis and use of modern sprinkler technology. *Taurian Scientific Bulletin*. № 57. Pp. 28–32.
3. “Frigate – set”. URL: <http://www.fregat.agro-24.com/category/iwob/>
4. Catalog of pumps used in land reclamation. (1998) Republican design and technology trust “Rosorgtechvodostoy”. Moscow. 226 p.
5. Catalog. Centrifugal pumps of a bilateral entrance of type D and units electric pumps on their basis. Operation manual. URL: https://mir-nasosov.com.ua/catalog/centrobezhnye-nasosy?gclid=Cj0KCQiAs5eCBhCBARIsAEhk4r75Uhs7obN-PrPJ4oZVYZ_2yHmEE29H0h0vImQSmDzmGcChiqrLlnsaAvnfEALw_wcB

УДК 626.83:621.311

DOI <https://doi.org/10.32851/tnv-tech.2021.1.12>

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ПРАКТИЧНЕ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ІЗ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА ГОЛОВНІЙ НАСОСНІЙ СТАНЦІЇ ІНГУЛЕЦЬКОЇ ЗРОШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Козленко Є.В. – кандидат сільськогосподарських наук, докторант
Інституту зрошуваного землеробства
Національної академії аграрних наук України
ORCID ID: 0000-0003-3001-8220

Морозов О.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор,
професор кафедри гідротехнічного будівництва,
водної інженерії та водних технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-5617-0813

Морозов В.В. – кандидат сільськогосподарських наук, професор
кафедри гідротехнічного будівництва,
водної інженерії та водних технологій
Херсонського державного аграрно-економічного університету
ORCID ID: 0000-0002-2594-883X

При забезпеченні стабільної якості води в джерелі зрошення – річці Інгулець, технічно обґрунтована можливість здійснювати економію коштів на оплату електроенергії за рахунок застосування багатотарифного обліку електроенергії. Облік електроенергії на Головній насосній станції здійснюється за допомогою багатотарифних лічильників, де тарифи на електроенергію впродовж доби значно відрізняються: різниця в тарифах «пік» та «нічний» така, що майже у 5 разів нижче тариф «нічний».

Забезпечення економії оплати за електроенергію можна досягнути, «маневруючи» роботою насосно-силових агрегатів Головної насосної станції, тобто, перекачувати в нічний час більші обсяги води, ніж вдень. Наприклад, один насосно-силовий агрегат Головної насосної станції залишається у роботі постійно, а в часи з пільговим тарифом на оплату електроенергії (з 000 до 700 години ранку) додатково долучаються до роботи ще один, або, за необхідністю, два-три агрегати. При цьому, слід використовувати, як регулюючі ємкості Інгулецький магістральний канал, Явкінський магістральний канал, Любінське водосховище, рибогосподарські пруди та пруди цукрового заводу.

Економічний ефект від впровадження багатотарифного обліку електроенергії (зменшення витрат державних коштів на оплату електроенергії для перекачки води за рахунок використання багатотарифного обліку електроенергії впродовж всього поливного періоду) від додаткового включення тільки одного агрегату у нічний час за добу буде складати: 68 135,76 грн.

За рахунок коштів спеціального фонду (коштів, отриманих за надання послуг з подачі води) на всіх електродвигунах встановлені системи плавного пуску (2013 р. – 3 агрегати, 2016 р. – 5 агрегатів, 2017 р. – 4 агрегатів). Завдяки переходу з 2011 року на новий режим формування якості води, який забезпечив стабільну якість води в Інгулецькому магістральному каналі незалежно від кількості працюючих агрегатів (на відміну від регламенту «антирічка», який застосовувався раніше), з'явилася можливість оперативного корегування режиму роботи Головної насосної станції як єдиної технічної системи із впровадженням багатотарифного обліку електроенергії дає можливість заощаджувати значні кошти на оплату електроенергії.

В 2018 році досягнута найбільша за всі роки досліджень роботи Головної насосної станції щорічна економія бюджетних коштів на оплату електроенергії, яка використовується для перекачування води, 36,8 млн. гривень. Науково обґрунтована та підтверджена на практиці економія значних обсягів бюджетних коштів при застосуванні

багатотарифного обліку електроенергії на Головній насосній станції Інгулецької зрошувальної системи. З урахуванням тенденції відновлення зрошення в сучасних умовах необхідно повернути багатотарифний облік електроенергії, який було скасовано у 2019 році.

Ключові слова: зрошення, багатотарифний облік електроенергії, енергозбереження, насосно – силове обладнання, техніко – економічне обґрунтування, ефективність.

Kozlenko Ye.V., Morozov O.V., Morozov V.V. Feasibility study and practical implementation of energy saving measures at the Main Pumping Station of the Ingulets Irrigation System

While ensuring stable water quality in the source of irrigation – the river Ingulets, technically justified the ability to save money to pay for electricity through the use of multi-tariff metering. Electricity metering at the Main Pumping Station is carried out using multi-tariff meters, where electricity tariffs differ significantly during the day: the difference between “peak” and “night” tariffs is such that it is almost 5 times lower than the “night” tariff.

Ensuring savings on electricity bills can be achieved by “maneuvering” the operation of the pumping units of the Main Pumping Station, ie, to pump more water at night than during the day. For example, one pump-power unit of the Main Pumping Station remains in operation permanently, and in times with a preferential tariff for electricity payment (from 0⁰⁰ to 7⁰⁰ o'clock in the morning) another, or, if necessary, two or three units are additionally connected to work. At the same time, the Ingulets main canal, Yavkinsky main canal, Lyubynsky reservoir, fish ponds and ponds of the sugar factory should be used as regulating tanks.

The economic effect of the introduction of multi-tariff electricity metering (reduction of public funds to pay for electricity for water pumping through the use of multi-tariff electricity metering throughout the irrigation period) from the additional inclusion of only one unit at night will be: 68 135,76 UAH.

At the expense of the special fund (funds received for the provision of water supply services) on all electric motors installed smooth start systems (2013 y – 3 units, 2016 y – 5 units, 2017 y – 4 units). Due to the transition from 2011 y to a new regime of water quality formation, which ensured stable water quality in the Ingulets main canal regardless of the number of operating units (unlike the anti-river regulation, which was used earlier), it became possible to quickly adjust the operation of the Main Pump station as a single technical system with the introduction of multi-tariff electricity metering allows you to save significant funds to pay for electricity.

In 2018 y, the largest annual savings of budget funds for the payment of electricity used for pumping water; 36.8 million hryvnias, was achieved in the years of research of the Main Pumping Station. Scientifically substantiated and confirmed in practice savings of significant amounts of budget funds in the application of multi-tariff metering of electricity at the Main Pumping Station of the Ingulets Irrigation System. Taking into account the trend of resumption of irrigation in modern conditions, it is necessary to return the multi-tariff metering of electricity, which was abolished in 2019 y.

Key words: irrigation, multi-tariff metering of electricity, energy saving, pumping and power equipment, feasibility study, efficiency.

Постановка проблеми. Інгулецька зрошувальна система (далі – ІЗС) – одна з перших в Україні. Зрошення на Інгулецькому зрошуваному масиві розпочалося у 1957 році і здійснюється по нинішній час. Забір води для зрошення здійснюється з русла р. Інгулець, в районі села Ново-Василівка Снігурівського району за допомогою Інгулецької та Явкинської Головних насосних станцій з подальшою подачею її на висоту 60 м в магістральний канал [1, 2].

Загальна протяжність магістрального каналу 53,5 км. Інгулецька зрошувальна система забезпечує самоплинний спосіб подачі води із магістрального міжгосподарського каналу до розподільчих. Міжгосподарська розподільна мережа представлена 11-ма розподільчими каналами (від Р-1 до Р-11), загальна протяжність – 343 км, кількість гідротехнічних споруд – 621 од. Насосні станції працюють як єдиний інженерно-технічний комплекс, їх робота здійснюється у вегетаційний період року – з квітня по жовтень [1, 2].

На Інгулецькій Головній насосній станції встановлено і працюють сім вертикальних відцентрових насосів марки 1200-6,3/63 (попередня маркіровка – 52В-17). Продуктивністю кожного насоса складає 5,2 м³/с. Привід насосів здійснюється вертикальними синхронними двигунами МС 325-10/1613, потужністю 4,8 тис. кВт кожний. Загальна потужність насосної станції – 33,6 тис. кВт.

Напірні трубопроводи від кожного насосу діаметром 1400 мм з'єднані у дві нитки металевого водоводу діаметром 2800 мм, довжиною 600 м.

Явкинська Головна насосна станція обладнана п'ятьма вертикальними відцентровими насосами марки 1200В-6,3/63, продуктивністю – 5,2 м³/с кожний. Загальна потужність насосної станції становить 25 тис. кВт. Напірні трубопроводи від кожного насоса металеві діаметром 1400 мм з'єднані у дві нитки металевого водоводу діаметром 2500 мм, довжиною 750 м.

На даний час наявність зрошуваних земель по Інгулецькій зрошувальній системі – 60,8 тис. га, в т.ч. 18,2 тис. га – Херсонська область, 42,6 тис. га – Миколаївська область.

Крім цього, з Інгулецького магістрального каналу вода подається на Явкинську і Спаську зрошувальні системи (площі зрошення: 50,2 тис. га і 10,4 тис. га відповідно) та на поповнення Жовтневого водосховища (для господарсько – технічних потреб міста Миколаєва).

При забезпеченні постійної якості води в джерелі зрошення – річки Інгулець, технічно обґрунтована можливість здійснювати економію коштів на оплату електроенергії за рахунок застосування багатотарифного обліку електроенергії.

Облік електроенергії на Головній насосній станції здійснюється за допомогою багатотарифних лічильників, тарифи на електроенергію, впродовж доби значно відрізняються: різниця в тарифах «пік» та «нічний» така – майже у 5 разів тариф «нічний» нижче. Оскільки вартість електричної енергії залежить від затрат на її виробництво і передачу, моменту попиту (пори року, днів тижня і години доби), величини заявленої потужності та часу споживання потужності, то собівартість її є різною для кожної години року. Тому перехід до тарифів реального часу дозволяє вийти на дійсну ціну електричної енергії та оптимізувати виробництво, постачання і споживання електричної енергії. Це можливо лише при удосконаленні існуючої системи обліку [3].

Забезпечення економії оплати за електроенергію можна досягнути, «маневруючи» роботою Головної насосної станції, тобто перекачувати в нічний час більші обсяги води, ніж вдень. Наприклад, один насосно-силовий агрегат Головної насосної станції залишається у роботі постійно, а в часи з пільговим тарифом на оплату електроенергії (з 0⁰⁰ до 7⁰⁰ години ранку) додатково долучаються до роботи ще один, або, за необхідністю, два-три агрегати. При цьому, слід використовувати, як регулюючу ємкість Інгулецький магістральний канал, Явкінський магістральний канал, Любинське водосховище, рибогосподарські пруди та пруди цукрового заводу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науково – технічне обґрунтування ефективної роботи Інгулецької зрошувальної системи в сучасних умовах господарювання висвітлені в наукових працях В.О. Ушкаренка, Р.А. Вожегової, В.В. Морозова, Є.В. Козленка, О.В. Морозова, Є.В. Волочнюка та інших вітчизняних вчених [1; 2; 4; 5].

Мета дослідження – розробити техніко-економічне обґрунтування та впровадити практичні заходи із енергозбереження на Головній насосній станції Інгулецької зрошувальної системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Керівництвом Управління каналів Інгулецької зрошувальної системи технічно обґрунтовано та з 2007 р. впроваджено на Головній насосній станції багатотарифний облік електроенергії.

При застосуванні на Інгулецькій зрошувальній системі регламенту формування якості води «промивка – 30 діб + «антирічка» (який діяв до 2011 року) робота Головної насосної станції складається з трьох періодів. Перший період – здійснення промивки русла р. Інгулець впродовж 30 діб та час добігання всієї промивної води до Головної насосної станції (кінець квітня – III декада червня). Початок другого періоду – підхід по руслу Інгульця зверху до Головної насосної станції слідом за промивною високомінералізованою водою (III декада червня). Відлік третього періоду – з моменту, коли дніпровська вода вже підтягнута низу руслом Інгульця «антирічкою» до створу ГНС (I декада серпня) до зупинки ГНС (III декада жовтня – I декада листопада).

Але, при застосуванні проектного регламенту формування якості води «антирічка» (II варіант), вищеописаний варіант економії можливий тільки у перший період роботи (кінець квітня – травень) Головної насосної станції (до підходу зверху по руслу р. Інгульця високомінералізованої води вслід за промивною).

У проектному режимі, при сучасних обсягах водорозбору, це робити немає сенсу, тому що у II та III періодах роботи Головної насосної станції при 3-х працюючих насосно – силових агрегатах вся вода не розбирається, значну її частину доведеться перекачувати на скид.

Якщо кожну добу долучати до роботи один насосно-силовий агрегат Головної насосної станції у нічний час, можливо розрахувати економію коштів на оплату електроенергії для перекачки води:

1. Загальний тариф на оплату електроенергії (станом на 01.09. 2018 р.) – 2,8694 грн за 1 кВт-год.

2. Тариф на оплату електроенергії у нічний час з 0 до 7 години (станом на 01.09.2018 р.) – 0,6246 грн за 1 кВт-год;

3. Розрахункова питома витрата Головної насосної станції – 0,219 кВт-год/м³;

4. Вартість подачі 1 м³ води Головної насосної станції за загальним тарифом складає:

$0,219 \text{ кВт-год/м}^3 * 2,8694 \text{ грн./кВт-год} = 0,6284 \text{ грн.};$

5. Вартість подачі 1 м³ води за пільговим (нічним) тарифом складає:

$0,219 \text{ кВт-год/м}^3 * 0,6246 \text{ грн./кВт-год} = 0,1368 \text{ грн.};$

6. За 7 годин (тривалість пільгового нічного тарифу на добу) один агрегат Головної насосної станції перекачує:

$138600 \text{ м}^3 : 5,5 \text{ м}^3/\text{с (витрати)} \times 3600 \text{ (кількість секунд у годині)} \times 7 \text{ (кількість годин)}.$

При цьому витрачається 18 960,48 грн. ($138600 \text{ м}^3 \times 0,1368 \text{ грн.}$).

При подачі вищевизначеного обсягу води за загальним тарифом буде витрачено: 87 096,24 грн ($138600 \text{ м}^3 \times 0,6284 \text{ грн.}$).

Тобто економія від додаткового включення одного насосно-силового агрегату Головної насосної станції у нічний час (7 годин) з пільговим тарифом на оплату електроенергії складає 68 135,76 грн.

$87\,096,24 \text{ грн} - 18\,960,48 \text{ грн} = 68\,135,76 \text{ грн.}$

При застосуванні нового регламенту формування якості води «промивка зверху на весь поливний період» з'являється можливість кожну ніч включати додатково від одного до п'яти насосно-силових агрегатів Головної насосної станції (в залежності від потреби у водоподачі та регулюючого об'єму).

Якщо взяти до розрахунку тільки II та III періоди роботи Головної насосної станції (20 червня – 10 вересня), щорічна економія державних коштів на оплату

електроенергії від додаткового включення тільки одного насосно-силового агрегату у нічний час буде складати:

$$68\,135,76 \text{ грн} \times 86 = 5\,859\,675,36 \text{ грн},$$

де 86 – середня кількість діб II та III періодів роботи Головної насосної станції.

Тобто, економічний ефект від засосування багатотарифного обліку електроенергії (зменшення витрат державних коштів на оплату електроенергії для перекачки води впродовж всього поливного періоду) від додаткового включення тільки одного агрегату у нічний час буде складати: 5 859 675,36 грн (за період 20 червня – 10 вересня).

За рахунок коштів спеціального фонду (коштів, отриманих за надання послуг з подачі води) на всіх електродвигунах насосно-силових агрегатів поступово встановлені системи плавного пуску (2013 р. – 3 агрегати, 2016 р. – 5 агрегатів, 2017 р. – 4 агрегатів). Пристрій плавного пуску насосно – силових агрегатів – це складний електронний пристрій, головна функція якого – зменшення пускового струму в момент пуску електричних двигунів та зменшення динамічних зусиль на обмотці статора, що має велике значення для збереження обладнання, яке працює в умовах частих включень-відключень з метою економії коштів на оплату електроенергії за рахунок багатотарифного обліку електроенергії.

При впровадженні на Головній насосній станції системи плавного пуску насосно – силового обладнання забезпечується зниження кратності пускового струму, та, відповідно зменшення електромагнітних зусиль, що прикладаються до обмоток електродвигунів, в два рази (рис. 1).

На Головній насосній станції Інгулецької зрошувальної системи за 2012-2018 рр. було встановлено 6 сучасних тиристорних збуджувачів вітчизняного виробництва (які більш економічні та надійні) взамін застарілих, виконано заміну 18 застарілих масляних вимикачів силових агрегатів ГНС на сучасні вакуумні ВВ/ТЕЛ 10-20-630, які на даний момент є одними з найсучасніших та надійних вимикачів на ринку України (рис. 2).

Завдяки комплексу інженерно-технічних заходів була досягнута значна економія електричної енергії та забезпечується надійна і безаварійна робота всього комплексу енергетично-механічного обладнання Головної насосної станції Інгулецької зрошувальної системи.

Таким чином, в результаті науково-виробничих досліджень було досягнуто більш економічне ставлення до електродвигунів за умови графіку роботи великою кількістю насосних агрегатів у нічний час за пільговим тарифом на оплату електричної енергії. Тобто було досягнута можливість роботи агрегатів в режимі частих включень. А завдяки переходу з 2011 року на новий регламент формування якості води в р. Інгулець, який забезпечив стабільну якість води в Головному Інгулецькому магістральному каналі, незалежно від кількості працюючих агрегатів (на відміну від регламенту «антирічка», який застосовувався раніше), з'явилася можливість оперативного корегування режиму роботи Головної насосної станції, як єдиної системи. А при застосуванні багатотарифного обліку електроенергії дає можливість заощаджувати значні кошти на оплату електроенергії. В 2018 році досягнута найбільша за всі роки науково – виробничих досліджень щорічна економія бюджетних коштів на оплату електроенергії, яка використовується для перекачування води, 36,8 мільйонів гривень (рис. 3).

На жаль, запровадження в Україні з 2019 року ринку електричної енергії скасувало можливість здійснювати вищезазначену економію коштів, тому що багатотарифний облік електроенергії, який є ефективним для водогосподарських організацій, було скасовано.



Рис. 1. Система плавного пуску електродвигунів
Головної насосної станції Інгулецької зрошувальної системи



Рис. 2. Сучасні вакуумні вимикачі BB/TEL 10-20-630, що встановлені
на Головній насосній станції Інгулецької зрошувальної системи

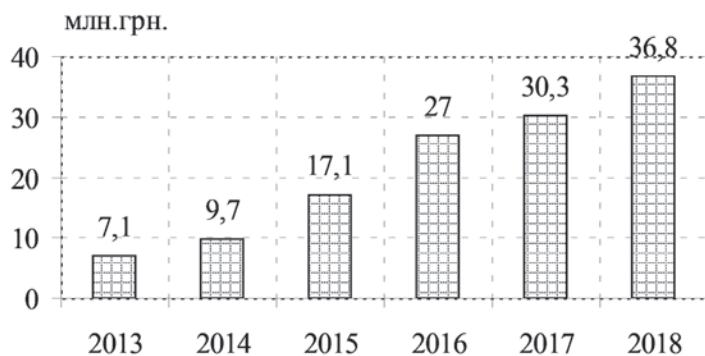


Рис. 3. Динаміка щорічної економії бюджетних коштів на оплату електричної енергії
в Управлінні каналів Інгулецької зрошувальної системи за 2013-2018 рр., млн. грн.

Висновки і пропозиції.

1. Одним із шляхів підвищення ефективності функціонування Інгулецької зрошувальної системи є скорочення витрат на оплату за електроенергію на Головній насосній станції.

2. Застосування багатотарифного обліку електроенергії разом із злагодженою роботою Головної насосної станції та диспетчерської служби водорозподілу надає можливість здійснювати економію значних обсягів бюджетних коштів, які використовуються для функціонування Головної насосної станції. В 2018 році досягнута найбільша за всі роки щорічна економія бюджетних коштів на оплату електроенергії, яка використовується для перекачування води – 36,8 млн. гривень.

3. Впровадження комплексу інженерно-технічних заходів (системи плавного пуску насосно-силового обладнання, сучасні тиристорні збуджувані, вакуумні вимикачі та ін.) забезпечують надійну і безаварійну роботу всього комплексу енергетично-механічного обладнання Головної насосної станції Інгулецької зрошувальної системи.

4. Науково обґрунтована та підтверджена на практиці економія значних обсягів бюджетних коштів при застосуванні багатотарифного обліку електроенергії на Головній насосній станції Інгулецької зрошувальної системи. З урахуванням тенденції відновлення зрошення в сучасних умовах вважаємо за необхідне повернутися до багато тарифного обліку електроенергії, який було скасовано у 2019 році.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Козленко Є.В. Вплив умов формування якості поливної води на еколого-агродіоретивний стан ґрунтів Інгулецького зрошувального масиву: дис. ... канд. с.-г. наук: 06.01.02. Херсон, 2013. 203 с.

2. Морозов В.В., Козленко Є.В. Інгулецька зрошувальна система: покращення якості поливної води : монографія. Херсон : ПП «ЛТ-Офіс», 2015. 210 с.

3. Наказ Міністерства енергетики, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду, Держпромполітики від 17.04.2000, N 32/28/28/276/75/54 «Про затвердження Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринок».

4. Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Інгулецька зрошувальна система: стан, проблеми та перспективи розвитку : монографія [за ред. д.с.-г.н., професора О.В. Морозова]. Херсон : Айлант, 2020. 321 с.

5. Землі Інгулецької зрошувальної системи: стан та ефективне використання / За наук. ред. В.О. Ушкаренка, Р.А. Вожегової. Київ : Аграрна наука, 2010. 352 с.

REFERENCES:

1. Kozlenko Ye.V. Vplyv umov formuvannia yakosti polyvnoi vody na ekoloho-ahromelioratyvnyi stan gruntiv Inhuletskoho zroshuvanoho masyvu: dys. ... kand. s.-h. nauk: 06.01.02. Kherson, 2013. 203 s.

2. Morozov V.V., Kozlenko Ye.V. Inhuletska zroshualna systema: pokrashchennia yakosti polyvnoi vody: monohrafiia. Kherson: PP "LT-Ofis", 2015. 210 s.

3. Nakaz Minpalyvenerho, NKRE, Derzhkomenerhozbezrehennia, Derzhstandartu, Derzhbudu, Derzhprompolityky vid 17.04.2000, N 32/28/28/276/75/54 "Pro zatverdzhennia Kontseptsii pobudovy avtomatyzovanykh system obliku elektroenerhii v umovakh enerhorynku".

4. Kozlenko Ye.V., Morozov O.V., Morozov V.V. Inhuletska zroshualna systema: stan, problemy ta perspektyvy rozvytku. Monohrafiia [za red. d.s.-h.n., profesora O.V. Morozova]. Kherson : Ailant, 2020. 204 s.

5. Zemli Inhuletskoi zroshualnoi systemy: stan ta efektyvne vykorystannia / Za nauk. red. V.O. Ushkarenka, R.A. Vozhehovoii. Kyiv : Ahrarna nauka, 2010. 352 s.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

Вогнівенко Л.П.	10	Морозов В.В.	84
Воєвода Н.В.	16	Морозов О.В.	84
Волошин М.М.	75	Новікова Н.В.	30
Дзюндзя О.В.	22	Петрова А.Т.	53
Ємел'янова Т.А.	42	Романенко С.М.	57
Звагольська К.М.	22	Ряполова І.О.	36
Козленко Є.В.	84	Третьяков О.В.	16
Лобанова Т.Ю.	42	Чеканович М.Г.	67
Лобода О.М.	3	Шинкарук М.В.	10
Микулінська Д.А.	36	Янін О.Є.	67

ЗМІСТ

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ.....	3
Лобода О.М. Уосконалення методики розрахунку виробничих функцій у тваринництві за допомогою системного підходу.....	3
ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ.....	10
Вогнівенко Л.П., Шинкарук М.В. Методичні засади викладання біохімії, фундаментальної загально-біологічної дисципліни – спеціальності 181 «Харчові технології»	10
Восвода Н.В., Третяков О.В. Передумови розробки вегетаріанських ковбас в Україні та шляхи реалізації нових технологічних рішень	16
Дзюндзя О.В., Звагольська К.М. Аналіз нетрадиційної борошняної сировини для виробництва хлібобулочних виробів.....	22
Новікова Н.В. Товарознавча оцінка пельменів функціонального призначення	30
Ряполова І.О., Микулінська Д.А. Досвід застосування нетрадиційної сировини функціонального призначення у борошняних кондитерських виробах	36
БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ.....	42
Ємел'янова Т.А., Лобанова Т.Ю. Експериментальне дослідження параметрів напруженого стану коротких циліндричних залізобетонних резервуарів.....	42
Петрова А.Т. Деякі геометричні основи конструювання кривих поверхонь в архітектурі.....	53
Романенко С.М. Проектування монолітного залізобетонного перекриття під час реконструкції будівлі	57
Чеканович М.Г., Янін О.Є. Оптимізація підбору позацентрово-стиснутих суцільних сталевих колон за критерієм мінімізації витрат сталі з використанням комп'ютерної програми	67
ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ	75
Волошин М.М. Техніко-економічне обґрунтування модернізації високонапірних дошувальних машин «Фрегат»	75
Козленко Є.В., Морозов О.В., Морозов В.В. Техніко-економічне обґрунтування та практичне впровадження заходів із енергозбереження на Головній насосній станції Інгuleцької зрошувальної системи.....	84

CONTENTS

SYSTEM ANALYSIS	3
Loboda O.M. Improving the methodology for calculating production functions in animal husbandry using a systematic approach	3
FOOD TECHNOLOGY	10
Vognivenko L.P., Shinkaruk M.V. Methodological principles of teaching biochemistry, fundamental general-biological discipline – specialties 181 “Food Technologies”	10
Voievoda N.V., Tretyakov O.V. Prerequisites for the development of vegetarian sausages in Ukraine and ways of new technological solutions implementation	16
Dzyundzha O.V., Zvaholska K.M. Analysis of non-traditional flour raw materials for the production of bakery products	22
Novikova N.V. Trade analysis of functional pelmeni.....	30
Ryapolova I.O., Mykulinska D.A. Experience of application of non-traditional raw materials for functional purpose in flour confectionery.....	36
CONSTRUCTION AND CIVIL ENGINEERING	42
Yemelianova T.A., Lobanova T.Yu. Experimental study of stress state parameters of short cylindrical reinforced concrete tank	42
Petrova A.T. Some geometric fundamentals of construction of curved surfaces in architecture.....	53
Romanenko S.M. Design of monolithic reinforced concrete floor during reconstruction.....	57
Chekanovych M.G., Yanin O.Ye. Optimization of selection of eccentrically compressed continuous steel columns according to the criterion of minimizing steel consumption using computer programs	67
HYDRAULIC CONSTRUCTION, WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES	75
Voloshin M.M. Technical and economic rationale for modernization of high pressure sprinkling machines “Frigate”.....	75
Kozlenko Ye.V., Morozov O.V., Morozov V.V. Feasibility study and practical implementation of energy saving measures at the Main Pumping Station of the Ingulets Irrigation System.....	84

Таврійський науковий вісник

Випуск 1

Технічні науки

Підписано до друку 01.04.2021 р.

Формат 70×100/16. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. 10,93.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
73021, м. Херсон, вул. Паровозна, 46-а
Телефони: +38 (0552) 39-95-80, +38 (095) 934-48-28, +38 (097) 723-06-08
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.