



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-1

УДК 631.362

О. В. Богомоллов, д.т.н., проф. ORCID: 0000-0002-1531-7030  
В. М. Михайлов, д.т.н., проф. ORCID: 0000-0003-4335-1751  
О. І. Завгородній, д.т.н., проф. ORCID: 0000-0003-2510-9160  
В. І. Ірклієнко, к.т.н. ORCID: 0000-0002-4701-099X  
О. О. Богомоллов, асп.  
С. Г. Іващенко, к.т.н., доц. ORCID: 0000-0001-8234-1682  
*Державний біотехнологічний університет*  
e-mail: ivashenko\_oipxv@ukr.net, тел.: (099)3722709

## ДО ПИТАННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСІВ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

*Анотація* Розглянуті питання надмірного, невиправданого та необґрунтованого на даний час використання енергії в сільському господарстві, а саме в переробній галузі агропромислового комплексу при сепарації зернових сумішей. Обґрунтовано необхідність очищення зерна від домішок, правильне використання якої забезпечує покращення умов зберігання, зниження вартості транспортування, зменшення зараженості зерна шкідниками і отримання за рахунок цього якісної сировини для харчової промисловості. Наведено аналіз використання енергії при сепарації зернових сумішей з використанням сучасних зерноочисних машин. Розглянуті питання сепарації зерна, що ґрунтуються на відмінностях основних фізико механічних властивостей зерна та підняті питання вибору способів сепарації з урахуванням мінімізації витрат енергії на процес сепарації. Обґрунтована енергоефективність використання зернових сепараторів, в яких під час поділу використовується сепарація за сукупністю фізико механічних властивостей на одному робочому органі. Запропоновано напрями мінімізації витрат енергії при сепарації зерна на сучасних зерноочисних машинах.

*Ключові слова:* зерно, процес, сепарація, енергоемність, обладнання.

*Постановка проблеми.* Екологічна безпека населення залежить від багатьох складових. Однією з цих складових і мабуть найважливішою є надмірне, часто невиправдане та необґрунтоване споживання енергії, що призводить до забруднення атмосфери, водних, земельних ресурсів



та інших негативних наслідків.

Значна кількість енергії споживається на процеси виробництва та переробки сільськогосподарської продукції. У переробній галузі найбільше її витрачається на процеси сушіння. Друге місце у цьому ряду займають процеси сепарації при очищенні зерна від домішків з урахуванням енерговитрат на процес сепарації. Питанням зниження енергоємності при переробці та зберіганні зерна присвячені роботи багатьох вчених. У більшості цих робіт розглядаються питання зниження енергоємності при сушінні, зберіганні та подрібненні зерна, а також при переміщенні повітряних потоків у зернопереробних виробництвах.

Питання зниження енергоємності процесів та обладнання для сепарації зернових сумішей практично не вивчалися. Традиційно на перше місце ставили питання продуктивності та якості сепарації зернової суміші незалежно від питомої витрати енергії. Тому задача зниження енергоємності при сепарації зерна є безперечно актуальною.

*Формулювання мети статті.* Аналіз енергоємності процесів сепарації зерна та обґрунтування напрямів її зниження.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженнями процесів при переробці та зберіганні зерна займалися і продовжують займатися вчені багатьох країн. Особливо багато наукових робіт вчених було опубліковано в другій половині минулого сторіччя. В більшості цих робіт розглядалися питання пов'язані з підвищенням продуктивності, удосконаленням процесів та конструкцій машин, при чому питання зниження енергоємності при цьому, як правило не розглядалися. В останні роки опубліковано багато робіт вчених, присвячених питанням енергоефективності при переробці і зберіганні зерна. Але більшість цих робіт присвячені питанням зниження енергоємності під час сушіння, здрібнення та зберігання зерна [1-9]. При цьому питання енергоефективності процесів поставлені в небагатьох роботах [10-15].

Питанням зниження енергоємності процесів при сепарації зернових сумішей при цьому приділялось недостатньо уваги тому, що на перший план ставилися задачі підвищення продуктивності та якості сепарації зернових сумішей. І лише в останні роки з'явилися роботи присвячені зниженню енергоємності процесів сепарації зернових сумішей [16-19]. Аналіз та визначення напрямів зниження енергоємності процесів сепарації зернових сумішей є безперечно актуальним завданням.

*Основна частина.* Україна завдяки природно-кліматичним умовам була і є великим виробником практично всіх зернових, зернобобових і круп'яних культур. Насіння цих культур є найважливішою сировиною для харчової промисловості. В останні роки все більшого поширення в агропромисловому комплексі України набули такі культури, як ріпак,



просо, соя, гірчиця, нут та коноплі, насіння яких широко використовується в переробній та харчовій промисловості.

Зерно і насіння після збирання та попереднього очищення містять деяку кількість насіння бур'янів, зернин інших культур, органічних та мінеральних домішок, а також пошкоджених, дефектних та дрібних зернин основної культури. Наявність у зерні чи насінні цих домішок погіршує їх якість, тому одна з основних умов забезпечення кількісно-якісного зберігання зерна – це своєчасне його очищення. Метою очищення є: забезпечення необхідної якості зерна, а, отже, якості борошна та крупи, оскільки в деяких випадках, через наявність у зерні насіння отруйних бур'янів, воно стає непридатним для використання; покращення умов зберігання зерна; звільнення транспортних засобів від перевезення частини сміття та, отже, зниження вартості транспортування зерна; зменшення зараженості зерна, шкідниками хлібних запасів; створення сприятливіших умов сушіння зерна; підвищення якості насінневого матеріалу.

Зерно завдяки здатності зберігати протягом тривалого часу свої поживні властивості, а при різних технологічних обробках набувати гарних смакових якостей є унікальною сировиною для виробництва високоякісних продуктів харчування та повноцінних кормів.

Принципи поділу зернових сумішей ґрунтуються на відмінності фізико-механічних властивостей частинок суміші. Основні фізико-механічні властивості: довжина, ширина, товщина, форма, аеродинамічні властивості, пружність, коефіцієнт тертя, шорсткість, питома вага, електрофізичні властивості. При виборі способу поділу суміші в першу чергу враховують ознаки, за якими забезпечується найбільш повний поділ вихідної суміші на фракції із заданими показниками якості. [7,8]

Конструкції сепараторів для розподілу сипких матеріалів можна розділити на три групи.

Перша група – це сепаратори, в яких використовується одна ознака поділу, наприклад, сепаратори, робочим органом яких є решета з круглими отворами, трієри та ін.

Друга група – це сепаратори, у яких поділ здійснюється послідовно за двома та більше ознаками.

Сепарацію сумішей у сепараторах, які використовують ознаки, поділу послідовно можна назвати сепарацією за комплексом фізико-механічних властивостей. Сепарація по комплексу фізико-механічних властивостей здійснюється, наприклад, у повітряно-решітно-трієрних машинах.

Третя група – сепаратори, у яких під час поділу використовується комбінація властивостей одночасно на одному робочому органі - сепарація за сукупністю фізико-механічних властивостей. До таких



сепараторів можна віднести, наприклад, вібраційні сепаратори з фрикційними неперфорованими поверхнями, падді-машини та інші.

Зрозуміло, що очищення сипких сумішей використовуються сепаратори всіх трьох груп. Але більшість зерноочисних машин, що випускаються промисловістю, традиційно мають решітно-трієрні робочі органи, один з них, або комбінацію, залежно від призначення машини.

Поділ сумішей, які мають близькі характеристики розмірів та аеродинамічних властивостей, на таких машинах виконати практично неможливо. Для сепарації важкороздільних сумішей застосовують сепаратори, що розділяють суміші з іншими властивостями: фрикційними, пружними, формою, питомою вагою, щільністю, кольором та іншими. Найчастіше використовуючи їх у сукупності. Лише при поділі по щільності, шорсткості та кольору не використовується сукупність ознак.

Необхідно відзначити, що не всі фізико-механічні властивості достатньо вивчені, інші, можливо, ще й не розкриті.

Для зменшення енергоємності процесів сепарації розглядалася доцільність коливань не решітного робочого органу сепаратора, а зерна на решеті за рахунок пульсуючого повітряного потоку, за допомогою якого зерно струшується на нерухомому решеті. Ідея зниження енергоємності сепарації шляхом надання коливань тільки зерну безперечно заслуговує на увагу, але роботи в цьому напрямку не проводяться і для створення пульсуючого повітряного потоку теж потрібна енергія, тож можливо, що енергоємність пристрою для надання руху зерну повітряним потоком не нижча ніж на коливальному решеті. Очевидно, що ідея струшувати лише зерно на решеті може дозволити знизити енергоємність процесу сепарації, якщо підкидання зерна на решеті буде здійснюватися не енерговитратним пульсуючим повітряним потоком, а можливо, наприклад, за допомогою електростатичного поля.

Для зниження енергоємності процесу сепарації пропонувалось використовувати резонанс. Очевидно, що цей метод зниження енергоємності процесу сепарації та обладнання для його здійснення є перспективним, проте не застосовується у розробці конструкцій зерноочисних машин в основному через розбіжність режимів, що забезпечують низьку енергоємність процесу та якісне очищення зерна.

Більшістю дослідників питання енергоємності процесу сепарації не вивчалися через незначну масу зерна, що знаходиться в робочому органі сепаратора, порівняно з масою робочого органу, тому що дійсно основна витрата енергії йде на привід в рух самого робочого органу, без якого процес у більшості сепараторів неможливий.

Нами з використанням системного підходу проаналізовано



продуктивність, потужність та питомі витрати енергії сучасних зерноочисних машин.

Енергоємність сучасних зерноочисних машин знаходиться від 0,1 до 0,3 кВт ч/т. Найбільшою вона є у спеціальних зерноочисних машин-від 1,3 до 7,5 кВт·ч/т.

Тобто енергоємність процесів сепарації на існуючому устаткуванні є досить високою. У середньому вона становить близько 1 кВт·ч/т. При виробництві зерна в Україні в середньому за останні роки не менше 50 млн.т. витрати електроенергії тільки на попереднє та первинне очищення становитимуть не менше 100 млн. кВт·год.

Особливо висока енергоємність машин спеціального призначення для сепарації важкороздільних зернових сумішей. У багатьох випадках через відсутність коштів для сепарації важкороздільних зернових сумішей на виробництві використовують багаторазові перепустки сумішей через робочі органи існуючих машин, що призводить, крім збільшення енергоємності, до зниження якості зерна та втрат зерна у відходи.

При виборі способу сепарації в першу чергу треба враховувати ознаки, за якими здійснюється найбільш повний поділ суміші. При цьому бажано враховувати кореляцію ознак та енергоємність процесу сепарації

З використанням сучасних засобів сепарації застосування кореляційних ознак можливо при виборі першого решета, тобто поділу за товщиною або шириною. І все ж таки з зору мінімізації енерговитрат на процес сепарації послідовність проведення сепарації необхідно здійснювати таким чином: сепарацію за розмірами слід починати з використанням решіт з продовгуватими отворами, тобто за товщиною насіння. Це можна пояснити тим, що інтенсивність коливань решітного стану при сепарації на решетах з продовгуватими отворами може бути нижча за інтенсивність коливань при сепарації на решетах з круглими отворами, так як для проходження частинки крізь продовгуватий отвір їй достатньо повернутися на бік.

Тобто в першому випадку зерно підкидається на половину його ширини, у другому на половину довжини. Зрозуміло, що інтенсивність коливань у другому випадку має бути більшою, а отже, на цей процес більше й енерговитрати. Як правило, потім необхідно використовувати сепарацію за товщиною та шириною одночасно з сепарацією за аеродинамічними властивостями на комбінованих машинах. Потім сепарацію за довжиною (трієри) і далі аеродинамічними властивостями та щільністю - кам'яновідбірні машини та пневматичні сортувальні столи. І на кінець можливе застосування спеціальних зерноочисних машин, що здійснюють сепарацію за кольором насіння, але енерго витрати при застосуванні високі.



*Висновки.* Однією з найважливіших складових екологічної безпеки населення є надмірне, невиправдане і необґрунтоване споживання енергії. У переробній галузі сільськогосподарського виробництва найбільше її споживання витрачається на сушіння та очищення зерна. Розглянуті напрями зниження енергоємності процесів сепарації зернових сумішей із застосуванням сучасних способів та засобів сепарації. Запропоновано алгоритм мінімізації енерговитрат при сепарації зерна на сучасних зерноочисних машинах.

Список використаних джерел.

1. Атаназевич. В. Енергоекономна все таки схема сушіння зерна вдень та охолодження вночі. *Зерно і хліб*. 2006. №1. С. 54.
2. Бурдо. О. Проаналізуємо питомі витрати і невиправдані втрати тепла при сушінні збіжжя. *Зерно і хліб*. 2006. №1. С. 52–54.
3. Shevchenko I. A., Aliev E. B. Study of the process of calibration confectionery sunflower seeds. *Food Science and Technology*. Volume 12 Issue 4. 2018. P. 135–142.
4. Panasiewicz M., Sobczak P., Mazur J., Zawislak K., Andrejko D. The technique and analysis of the process of separation and cleaning grain materials. *Journal of Food Engineering*, 2012. P. 603–608.
5. Gunaji Ashok Sawant, V. Murali Mohan, Sandip Ashok Savant. Study and Analysis of Deck inclination angle on Efficiency of Vibration Screen. *International Journal of Engineering Development and Research*. Volume 4. Issue 1. 2016. P. 631–635.
6. Zhanfu Li. Xin Tong. A study of particles penetration in sieving process on a linear vibration screen. *Int J Coal Sci Technol*. No. 2(4). 2015. P. 299–305.
7. Mohammad Saeid Emami Naeini. Discrete Element Modeling of Granular Flows in Vibrationally – Fluidized Beds. A thesis of Doctor of Philosophy. *Industrial Engineering University of Toronto*. 2011. 130 p.
8. Aliev E. B., Bandura V. M., Pryshliak V. M., Yaropud V. M., Trukhanska O. O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. *INMATEN – Agricultural Engineering*. Vol.54, No. 1. 2018. P. 95–104.
9. Aliev E. B., Yaropud V. M., Dudin V. Yr., Pryshliak V. M., Pryshliak N. V., Ivlev V. V. Research on sunflower seeds separation by airflow. *INMATEN – Agricultural Engineering*. Vol.56, No. 3. 2018. P. 119–128.
10. Campbell G.t M., Sharp C., Wall K., Fernán M.-S., Gubatz S., Huttly A., Shewry P. Modelling wheat breakage during roller milling using the Double Normalised Kumaraswamy Breakage Function: Effects of kernel shape and hardness Author links open overlay panel. *Journal of Cereal Science* Volume 55, Issue 3, May 2012, Pp. 415–425.



11. Gheorghe Voicu, Tudor Casandroiu, Constantin Tarcolea. Testing Stochastic Models for Simulating the Seeds Separation Process on the Sieves of a Cleaning System, and a Comparison with Experimental Data. *Agric. conspec. sci.* Vol. 73. No. 2. 2008. P. 95–10.

12. Andres F.Doblado-Maldonado Oscar A.PikebJess C.Sweleya Devin J.Rose Key issues and challenges in whole wheat flour milling and storage. *Journal of Cereal Science.* Volume 56, Issue 2, September 2012, Pages 106 C. 38–41.

13. Dariusz Dziki. Effect of preliminary grinding of the wheat grain on the pulverizing process. *Journal of Food Engineering.* Volume 104, Issue 4 June 2011. Pages 585–591.

14. Богомолов А.В., Цымбал Б.М. Снижение потребления энергоресурсов сепараторов для предварительной очистки зерна. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка.* Харків, 2010. Вип. 106 С. 38–41.

15. Гурський П.В., Токолов Ю.І., Іващенко С.Г., Домніч М.І. Дослідження енерговитратності технологічного процесу помелу зерна. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка.* 2014. Вип. 152. С. 59–64.

16. Богомолов О. В., Брагінець М. В., Богомолов О. О. Энергозберігаючий процес сепарації насіння ріпаку. Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції «Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності». Харків–Мелітополь–Кирилівка, Україна. 2019. С. 17–19.

17. Богомолов О.В., Лук'янов І. М., Кісь Л. В., Богомолов О. О. Підвищення ефективності роботи зернових норій. Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції: *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарства і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність.* Харків, ХДУХТ. 2018. С. 309–310.

18. Бакум М. В., Кречот М. М., Абдуев М. М., Шептур О. А., Вотченко О. С., Могільний М. В. До обґрунтування ефективності використання пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом для попередньої сепарації насінневих сумішей петрушки. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка.* Харків, 2010. Вип.103 С. 267–274.

19. Ghosh Tathagata. Modeling of an air-based density separator. Theses and Dissertations Mining Engineering. University of Kentucky UKnowledge. 2013. 139 p.

Стаття надійшла до редакції 13.12.2022 р.



**O. V. Bogomolov, V. M. Mykhaylov, O. I. Zavhorodniy, V. I. Irklienko,  
O. O. Bogomolov, S. G. Ivashchenko,  
State Biotechnological University**

## **ON THE ISSUE OF ENERGY CONSUMPTION OF PROCESSES OF SEPARATION OF GRAIN MIXTURES**

### *Summary*

The issues of excessive, unjustified and currently unsubstantiated use of energy in agriculture, namely in the processing sector of the agro-industrial complex during the separation of grain mixtures, are considered. The need to clean grain from impurities is substantiated, the correct use of which ensures the improvement of storage conditions, the reduction of transportation costs, the reduction of contamination of grain by pests and, at the expense of this, obtaining quality raw materials for the food industry. An analysis of energy use during the separation of grain mixtures using modern grain cleaning machines is given. The issues of grain separation based on the differences in the basic physico-mechanical properties of the grain are considered and the issues of choosing methods of separation are raised, taking into account the minimization of energy costs for the separation process. The energy efficiency of the use of grain separators is substantiated, in which, during separation, separation is used based on a set of physical and mechanical properties on one working body. Directions for minimizing energy consumption during grain separation on modern grain cleaning machines are proposed.

At the same time, insufficient attention was paid to the issue of reducing the energy intensity of the processes during the separation of grain mixtures, because the tasks of increasing the productivity and quality of the separation of grain mixtures were prioritized. In recent years, works devoted to reducing the energy intensity of the processes of separation of grain mixtures have been carried out. Analysis and determination of directions for reducing the energy intensity of grain mixture separation processes is an unquestionably urgent task.

One of the most important components of environmental security of the population is excessive, unjustified and unjustified energy consumption. In the processing industry of agricultural production, most of its consumption is spent on drying and cleaning grain. The ways of reducing the energy intensity of the processes of separation of grain mixtures with the use of modern methods and means of separation are considered. An algorithm for minimizing energy consumption during grain separation on modern grain cleaning machines is proposed

**Key words:** grain, process, separation, energy intensity, equipment.





DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-2

УДК 664.8.375:634.7

С. В. Кюрчев, д.т.н, проф.,

ORCID: 0000-0001-6512-8118

В. О. Верхоланцева, к.т.н., доц.,

ORCID: 0000-0003-1961-2149

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: valentyana.verkholantseva@tsatu.edu.ua, тел.: (097)8285043

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ КАСКАДНОГО МОРОЗИЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД

*Анотація.* В статті розглянуто процес флюїдизації продукції при допомозі розробленого каскадного морозильного пристрою для заморожування ягід. За рахунок встановлення сітчастого порожнистого обертового барабану, та виконання сітчастого транспортуючого засобу у вигляді вібротранспортера з ексцентриковим механізмом та пружинами, дозволяє спростити конструкцію, зменшити енерговитрати, покращити стійкість зваженого шару продукту, який заморожується, підвищити інтенсивність теплообміну у псевдозрідженому шарі та продуктивність процесу заморожування в цілому. Ефект інтенсифікації розробленої технологічної дії дає можливість реалізувати обробку у безперервному режимі, та зберегти якість продукції.

*Ключові слова:* зберігання, процес, ягода, вдосконалення, заморожування, флюїдизація, вдосконалення, пристрій.

*Постановка проблеми.* Особливе місце серед продуктів харчування займають овочі і фрукти. Останніми роками у сфері матеріального виробництва постійно скорочується частка фізичної праці і, у зв'язку з цим, відбуваються зміни в раціоні харчування людини у бік споживання їжі зниженої калорійності, але з достатньо високою харчовою якістю [1, 2]. Плоди овочів і фруктів, що відповідають цим вимогам, набувають достатньо великого попиту у населення [3, 4].

В збереженні якості цих біологічно цінних продуктів харчування незаперечні переваги мають методи консервування їх холодом – охолодження і подальше зберігання в охолодженому стані в повітрі, охолодження і подальше зберігання в модифікованому чи регульованому газовому середовищі, заморожування і довгострокове зберігання в замороженому стані [5, 6].



Сьогодні споживач віддає перевагу якісному продукту, який не містить у своєму складі консервантів та шкідливих для організму добавок. Саме тому підприємства та дрібні фірми з виробництва та реалізації замороженої та охолодженої продукції застосовують у роботі високоточне обладнання для заморожування ягід, фруктів та овочів. Однак далеко не всі знають, як функціонують дані пристрої і які вони мають переваги.

*Аналіз останніх досліджень.* Під флюїдизацією розуміють перетворення твердого тіла у пороховидний стан з метою поліпшення його транспортування, подальшої технологічної обробки, зокрема, сушіння та іншого теплообмінного впливу [1, 4]. Рейнольдс у 1954 році дав поняття флюїдизації як процес швидкого пересування газу через шар розплаву для винесення певних його складових елементів та створення орієнтованого їх розташування. Видатний хімік Трішин у 2013 році відзначив про синонімічність понять псевдооживлення та флюїдизації [7, 8]. Спроба використати ці методи для заморожування харчових продуктів вперше була використана шведською фірмою “Фрігоскандія” у 1959 році, а перший флюїдизаційний тунельний апарат був приведений до дії у Хельсінборзі в 1962 році. М. Жиро і А. Лермузо запропонували модифікований флюїдизаційний метод заморожування, який оснований на тому, що процеси теплообміну між продуктами і зовнішнім середовищем інтенсифікується, коли в потік повітря зі швидкістю до 0,5 м/с вводять дрібнокристалічні тверді речовини зернистої структури із розмірами зерен 0,3-0,5 мм, зокрема кригу [9].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* На практиці забезпечити оптимальні умови для збереження свіжості, смаку, аромату та товарного вигляду ускладнюється через делікатність та примхливість продукції. Тому основне завдання у період зберігання – забезпечити оптимальні мікрокліматичні умови, щоб зберегти якість та зовнішній вигляд продукції для споживача. Зберігання ягід передбачає підтримку показників температури, вологості та насиченості киснем, інакше псування не уникнути. Заморожені за технологією ягоди використовують як для взимку в розмороженому вигляді, так і як сировину для кондитерського виробництва, приготування десертів і напоїв, а також для цілорічного виробництва конфітурів.

В економічному плані заморожування ягід - високорентабельний бізнес. Ціна готової продукції взимку перевищує у кілька разів її собівартість, включаючи всі витрати на холодильні установки для заморожування та зберігання заморожених продуктів. Також технологія заморозки дозволила налагодити експорт ягід, що швидко псуються, в будь-яку країну світу. Заморозка ягід дозволяє зберегти смачний літній урожай з повним набором вітамінів і мікроелементів



[10, 11].

Тому, для більш детального вивчення цього питання був розроблений каскадний морозильний пристрій для заморожування ягід.

*Основна частина.* У флюїдизаційних технологічних машинах газовидний потік переміщується знизу догори через перфорації у днищі жорсткого контейнера, всередині якого розміщений шар зернистого або гранульованого матеріалу.

На першому етапі процесу за порівняно невисоких швидкостях руху потоку газу протидія вказаних сил не призводить до зміни початкового стану продукції [1, 4, 12].

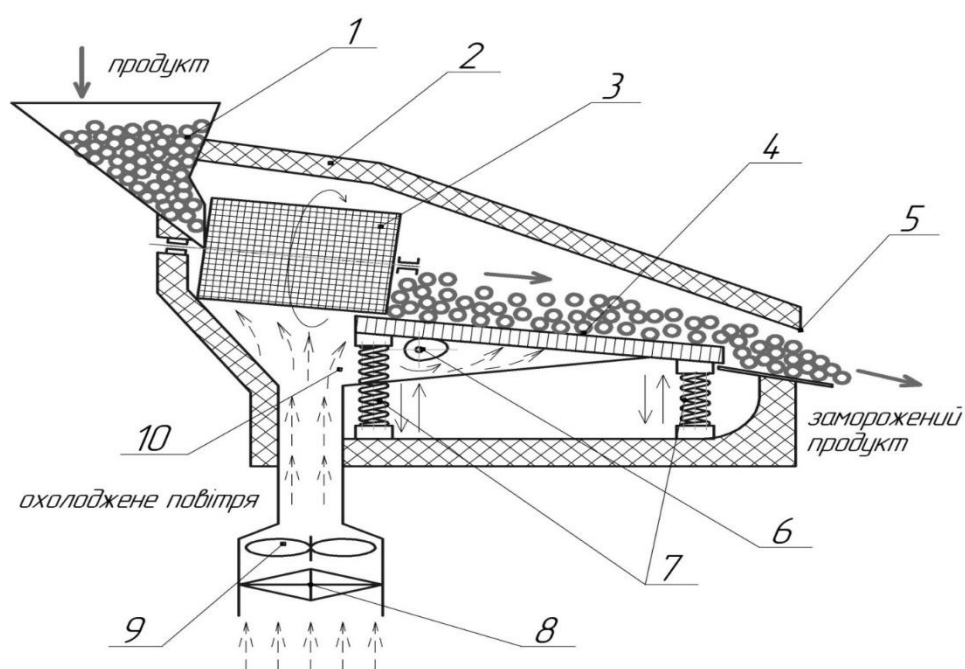
Псевдоожигений шар, який називають флюїдизаційним, за представлених умов набуває спеціальних властивостей, а саме, рухається подібно рідині або газу, тобто отримує певну текучість; займає об'єм та приймає форму ємкості, де знаходиться; поверхня сипкої маси залишається перпендикулярною до сил тяжіння [3,10].

Механізм процесу псевдоожигення дозволяє відзначити спеціальні режими флюїдизації. Барботування потоку газу через шар дрібнодисперсних твердих часток призводить до неупорядкованого руху останніх, розширення сипкого середовища та набуття властивості текучості [11]. Перехід до псевдоожигеного стану відбувається стрибкоподібно за відповідної критичної швидкості потоку. Такі властивості притаманні режиму спокійної або нетурбулентної флюїдизації [4, 9, 10].

Розроблений каскадний морозильний пристрій містить завантажувальний вузол 1(рис.1), теплоізольовану камеру 2, встановлений похило сітчастий порожнистий обертовий барабан 3, сітчастий транспортуючий засіб 4, вивантажувальне вікно 5, ексцентриковий механізм 6, пружини 7, випарник 8 холодильного агрегату, вентилятор 9, канали 10 розподілення низькотемпературного повітря. У цеху заморожування продукції монтується теплоізольована камера 2 для заморожування продуктів, на вході в камеру встановлюють завантажувальний вузол 1, в камері 2 похило встановлюють сітчастий порожнистий обертовий барабан 3, сітчастий транспортуючий засіб 4 з ексцентриковим механізмом 6, пружини 7, а на виході з камери 2 вивантажувальне вікно 5. Камеру 2 з'єднують з випарником 8 холодильного агрегату з каналами 10 розподілення низькотемпературного повітря та вентилятором 9 для подачі в камеру 2 низькотемпературного повітря [6, 7, 9, 13].

Продукт, який підлягає заморожуванню, безперервно подають завантажувальним вузлом 1 у сітчастий порожнистий обертовий барабан 3, одночасно включають вентилятор 9. Починається обертовий рух та вільне падіння продукту і енергійний теплообмін з низькотемпературним повітрям, що призводить до підмерзання

зовнішнього шару. Далі продукт зсипається на сітчастий транспортуючий засіб 4 де, під дією ексцентрикового механізму 6 та пружин 7, починається його вертикальне і горизонтальне переміщення та формується псевдозріджений шар. Вентилятор 9, який через випарник 8 холодильного агрегату з каналами 10 повітрярозподілення, подає охолоджене низькотемпературне повітря в камеру 2. Потік повітря, проходить через сітчастий транспортуючий засіб 4, і остаточне заморожування продукту безперервно відбувається в псевдозрідженому шарі. З сітчастого транспортуючого засобу 4 продукт зсипається через вивантажувальне вікно 5, звідки подається у пакувальну машину.



1 – завантажувальний вузол; 2 – теплоізолювана камера; 3 – сітчастий порожнистий обертовий барабан; 4 – сітчастий транспортуючий засіб; 5 – вивантажувальне вікно; 6 – ексцентриковий механізм; 7 – пружини; 8 – випарник холодильного агрегату; 9 – вентилятор; 10 – канали розподілення низькотемпературного повітря.

Рисунок 1. Схема розробленого каскадного флюїдизаційного апарату

Застосування каскадного морозильного пристрою запропонованої конструкції за рахунок встановлення сітчастого порожнистого обертового барабану, та виконання сітчастого транспортуючого засобу у вигляді вібротранспортера з ексцентриковим механізмом та пружинами, дозволяє спростити конструкцію, зменшити енерговитрати, покращити стійкість зваженого шару продукту, який



заморожується, підвищити інтенсивність теплообміну у псевдозрідженому шарі та продуктивність процесу заморожування в цілому.

Швидке заморожування свіжої харчової сировини дозволяє зберегти біологічну і вітамінну цінність. У разі застосування технології шокової заморозки, кристали льоду не стають занадто великими, зате відчутно зростає їхня щільність. Це сприяє збереженню структури продукції, що позитивно впливає на його якість після розморожування [9, 13].

Завдяки процесу заморожування припиняється активний розвиток мікрофлори та відбувається зупинення процесів розпаду білка. За рахунок великої швидкості заморожування скорочується період активності мікробів. Бактерії різних типів мають різні температурні межі життєдіяльності. При звичайній заморозці в продуктах з'являються сліди життєдіяльності багатьох типів бактерій, тоді як при шоківому заморожуванні багато хто з них просто не встигає розвинути. Тим самим термін зберігання швидкозаморожених продуктів вище, ніж продуктів заморожених у звичайних камерах.

*Висновки.* Дослідження процесів флюїдизації та можливості їх використання для зберігання рослинницької продукції виявили великий потенціал низькотемпературної обробки продукції в умовах флюїдизаційного або псевдозваженого шару порівняно із традиційними конвективними методами їх реалізації як за інтенсивністю технологічної дії внаслідок значного підвищення коефіцієнта теплопередачі, так і за енерговитратами на процес через істотне зменшення технологічного опору у розпушеній масі завантаження.

Розроблений метод дозволяє підвищити інтенсифікацію тепломасообміну шляхом застосування псевдозрідженого шару продукції, використання вібраційних і хвильових ефектів та поточної схеми розробленої конвеєрної установки, у вібрація не тільки знижує сили внутрішнього тертя при транспортуванні, але й утворює динамічну хвилю для забезпечення примусового переміщення продукції. Отже, запропонований каскадний морозильний пристрій для ягід допоможе зберегти якість продукції.

#### Список використаних джерел

1. Yanat, M.; Baysal, T. Effect of freezing rate and storage time on quality parameters of strawberry frozen in modified and home type freezer. *Croat. J. Food Technol. Biotechnol. Nutr.* 2018, 13, Pp. 154–158. [https://www.researchgate.net/publication/331946258\\_Effect\\_of\\_freezing\\_rate\\_and\\_storage\\_time\\_on\\_quality\\_parameters\\_of\\_strawberry\\_frozen\\_in\\_modified\\_and\\_home\\_type\\_freezer](https://www.researchgate.net/publication/331946258_Effect_of_freezing_rate_and_storage_time_on_quality_parameters_of_strawberry_frozen_in_modified_and_home_type_freezer)



2. Hertel A. G., Bischof R., Langval O., Mysterud A., Kindberg J., Swenson J. E., and Zedrosser A. Berry Production Drives Bottom-up Effects on Body Mass and Reproductive Success in an Omnivore. *Oikos* 127 (2). Pp. 197–207. <https://doi.org/10.1111/oik.04515>.
3. Andersson, J., H. Hellsmark, and B.A. Sandén. *Shaping Factors in the Emergence of Technological Innovations: The Case of Tidal Kite Technology*. *Technological Forecasting and Social Change* 132. Pp. 191–208. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.01.034>.
4. Šaponjac V.T., Cetkovi'c G. S., Staj'ci'c S. M., Vuli'c J. J., Canadanovi'c-Brunet J. M., Djilas S. M. Optimization of the bioactive compounds content in raspberry during freeze-drying using response surface method. *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.* 2015, 21, Pp. 53–61 <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21691401.2019.1603157>
5. Leong S. Y., Oey I. Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. *Food Chem.* 2012, 133, Pp. 1577–1587 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612002397>
6. Присс О. П., Малкіна В. М., Калитка В. В. Інтегральне оцінювання антиоксидантного статусу плодів овочів. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. Т. 5. №. 11. С. 38–41.
7. Оптимізація технології заморожування плодоовочевої продукції. В. Ф. Ялпачик та ін. Мелітополь: Видавничий будинок «ММД», 2018. 198 с.
8. Бандура, В., Цуркан, О., Паламарчук, В. Экспериментальное исследование технологических параметров процесса инфракрасной сушки движущегося шара сырья масличных культур. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 2015. Vol. 17, №4, 211–214
9. Kiurchev S., Verkholtantseva V., Yeremenko O., Faten Al-Nadzhar. Research and changes in berries using technology of freezing during storage. *Latvia University of Sciences and Technologies Faculty of Engineering*. Jelgava, May 2020. Pp. 997–1002.
10. Gonçalves G. A. S., Resende N. S., Carvalho E., de Resende J. V., Boas E. V. D. B. V. Effect of pasteurisation and freezing method on bioactive compounds and antioxidant activity of strawberry pulp. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2017, 68, Pp. 682–694 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28139162/>
11. Kopjar M., Tiban N. N., Pilizota V., Babic J. Stability of anthocyanins, phenols and free radical scavenging activity through sugar addition during frozen storage of blackberries. *J. Food Process. Preserv.* 2009, 33, Pp. 1–11. <https://www.bib.irb.hr/425908>
12. Ponder A., Swietlikowska K., Hallmann E. The qualitative evaluation of the fruit of individual cultivars *Rubus* taking into account their



usefulness to organic farming. J. Agric. Eng. Res. 2017, 62, 99–102. URL: [https://www.researchgate.net/publication/355826755\\_Preservation\\_of\\_Biologically\\_Active\\_Compounds\\_and\\_Nutritional\\_Potential\\_of\\_Quick-Frozen\\_Berry\\_Fruits\\_of\\_the\\_Genus\\_Rubus](https://www.researchgate.net/publication/355826755_Preservation_of_Biologically_Active_Compounds_and_Nutritional_Potential_of_Quick-Frozen_Berry_Fruits_of_the_Genus_Rubus)

13. Патент на корисну модель № 137137 Україна, F25D17/06(2006.01). Каскадний морозильний присьрій. Заявл. 01.03.2019, Опубл. 10.10.2019, Бюл. №19/2019.

Стаття надійшла до редакції 10.12.2022 р.

**S. Kiurchev, V. Verkholtantseva**  
**Dmytro Motornyi Tauria state agrotechnological university**

### **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF USING A CASCADE FREEZER DEVICE FOR FREEZING BERRIES**

#### **Summary**

The article is devoted to the problem of storing berries with the use of new equipment. Today, in a market economy and international trade, the success of individual enterprises and sectors of the economy in foreign and domestic markets depends entirely on the extent to which their products or services meet quality standards. Therefore, the problem of ensuring and improving product quality is relevant for all countries and enterprises. The success and efficiency of the national economy largely depend on its solution. It should be borne in mind that improving product quality is a long-term and continuous task. The main advantage of freezing is the preservation of high product quality. Berries are delicate foods with a lot of moisture inside. Therefore, when they are cold treated, they are often collected in lumps, which can spoil their presentation and taste. The storage of products requires the use of special technology. One of the most effective technologies for storing berries is fast-speed freezing, which is a special method of preserving them. This way of processing during storage allows you to keep the nutritional value and taste of the product at a sufficiently high level. Due to the high speed of the process, the formation of the smallest ice crystals is ensured, prevents the loss of moisture by the berries. Quick freezing allows you to preserve the original taste of the product and its appearance. During the freezing process, water molecules form crystals. During normal freezing, macrocrystals are formed, which destroy the cellular structure of the product, badly affect its organoleptic qualities. Due to the fact that the process of shock freezing occurs quickly, water molecules form microcrystals and products retain their taste and aroma. None of the freezing methods available today can give manufacturers such a result. After defrosting, there will be no loss of liquid, the product retains its shape, aroma and taste. In the defrosted state, they should have a taste and smell characteristic of the given berries, without foreign tastes and odors, the consistency should be slightly softened, close to the consistency of fresh berries that have retained their shape.

**Key words:** storage, process, berry, improvement, freezing, fluidization, improvement, device.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-3

УДК 631.171

О. Г. Скляр, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0456-2479

Р. В. Скляр, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

Б. В. Болтянський, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2072-4025

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: radmila.skliar@tsatu.edu.ua

## АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ УТРИМАННЯ ВИРОБНИЧОЇ ПТИЦІ

*Анотація.* В статті наводиться аналіз сучасних технологій та обладнання для утримання виробничої птиці. На продуктивність птиці впливають годування, методи утримання, тривалість світлового дня та інтенсивність освітлення, температура, вологість, газовий склад і швидкість руху повітря, щільність посадки тощо. Застосування на птахівничих підприємствах сучасного обладнання є важливою складовою комплексної механізації та автоматизації виробництва. Різні типи обладнання застосовуються для забезпечення всіх технологічних операцій і дотримання нормативів при вирощуванні та утриманні птиці, що дозволяє більш повно використовувати генетично обумовлений потенціал продуктивності птиці. Традиційні системи вентиляції у пташниках не дозволяють компенсувати негативний вплив високих температур на птицю. Правильно обрана система збору яєць є на сьогоднішній день важливою складовою технологічного обладнання для утримання курей-несучок, а також підлогового або кліткового утримання батьківського стада.

*Ключові слова:* птиця, мікроклімат, система, вентиляція, обігрів, яйцезбір, обладнання, параметри.

*Постановка проблеми.* Продуктивність птиці залежить від багатьох факторів. На неї впливають годування, методи утримання, тривалість світлового дня та інтенсивність освітлення, температура, вологість, газовий склад і швидкість руху повітря, щільність посадки тощо [1, 2]. Технологічні фактори теж в значній мірі впливають на рівень продуктивних якостей птиці, що вимагає дотримання встановлених параметрів ведення технологічного процесу та подальше вивчення їх впливу на організм птиці. Необхідно дбати про розвиток технічного оснащення для створення оптимальних санітарно-





гігієнічних умов утримання птиці. Установка системи вентиляції в пташнику необхідна та важлива умова під час його будівництва. З усіх тварин для птиці особливо значущим є забезпечення приміщення, де вони будуть утримуватися, значним обсягом збагаченого киснем повітря, вільного від різних забруднень. Так само не мало важливим є і підтримання в пташнику оптимальної вологості та температури, що значно знижує їхню захворюваність [1, 3]. Правильно обрана система збору яєць є на сьогоднішній день важливою складовою технологічного обладнання для утримання курей-несучок, а також підлогового або кліткового утримання батьківського стада. Це зумовлено такими трьома чинниками: скорочення праці та тимчасових витрат, найвища якість яйця: чисте яйце; мінімальний ризик розбивання яйця; гранично точний облік знесених яєць по ярусу, ряду чи корпусу [3]. Продуктивність системи яйцезбору повинна відповідати потужності яйцесортувальної та пакувальної машин.

*Аналіз останніх досліджень.* За кордоном [4, 5], як альтернатива традиційному утриманню, використовується спосіб утримання промислового стада на багатоярусній (2-3 яруси) сітчастій або планчастій підлозі, що відповідає вимогам суспільства і законам цих країн відносно умов утримання птиці. Виробляється відповідне обладнання, яке включає кормові бункери, транспортери для транспортування кормів, кормороздавачі, напувалки, гнізда, засоби механізованого збору яєць, послідовидалення [5, 6], батареї багатоярусної підлоги. Комплекти обладнання забезпечують основні технологічні параметри утримання птиці, необхідні параметри мікроклімату [7].

*Формулювання мети статті.* Метою даної статті є теоретичний аналіз сучасних технологій та обладнання для утримання птиці.

*Основна частина.* Застосування на птахівничих підприємствах сучасного обладнання є важливою складовою комплексної механізації та автоматизації виробництва. Різні типи обладнання застосовуються для забезпечення всіх технологічних операцій і дотримання нормативів при вирощуванні та утриманні птиці, що дозволяє більш повно використовувати генетично обумовлений потенціал продуктивності птиці. Технологічне обладнання призначене для освітлення приміщення, забезпечення мікроклімату, подачі та роздавання кормів, напування птиці, збору та транспортування яєць, видалення посліду [8, 9].

*Кліткові батареї для батьківського поголів'я.* Півників і курей утримують спільно в клітках, які призначені для природного спарювання. При використанні штучного осіменіння півень утримується в індивідуальних клітках, а кури – по 2–4 гол. в клітці. Фірма «Біг Дачмен» виробляє кліткові батареї «Євровент Перентс» для



сумісного утримання дорослих півників і курей при природному спарюванні. Аналогічне обладнання виробляє і фірма «Техна» (Україна) [10].

У кліткових батареях для дорослої птиці батьківського стада при природному спарюванні утримується залежно від типу батареї 24–32 куриці та 3–4 півня в кожній клітці. В нижній частині похилого полика клітки встановлюють потім гнізда зі шторками для знесення яєць, які здатні знизити число яєць із забрудненою і пошкодженою шкарлупою.

Кліткові батареї для дорослої птиці оснащені одно- або двоярусними поличками з кутом нахилу  $6^\circ$  для скочування яєць на стрічки їхнього збору. Висота клітки з боку фасаду в батареї «Євровент Перентс» – 680 мм, мінімальна висота всередині клітки – 600 мм, а в середині клітки – 625 мм. Цю батарею фірма виробляє у 2-, 3-, 4-, 5- або 6-ярусному виконанні. При багатоярусному виконанні в проході між суміжними батареями монтують підлогу для обслуговування птиці на рівні третього ярусу [10].

Відмінними особливостями батареї «Євровент Перентс» є: наявність спеціального поздовжнього сідала в середині кожного ярусу, пристрої для витіснення курей з гнізд після знесення яйця, плоскої рейки для скорочення пошкоджень шкаралупи яєць при скочуванні на стрічку яйцезбору, запобігання розкльовуванню яєць птицею і попадання посліду в нижчерозташовану клітку, а також системи підсушування посліду [8].

*Кліткові батареї для промислового стада.* Курей-несучок промислового стада, які призначені для виробництва харчових яєць, утримують без півнів. Кількість курей у клітці (величина спільноти) коливається від 3 до 10 гол. залежно від типу батареї. Висота клітки більша, ніж для вирощування молодняка, але значно менша в порівнянні з клітками для батьківських форм і становить від 470 мм (висота фасаду) до 335 мм (мінімальна висота всередині клітки).

У багатоярусних кліткових батареях кількість ярусів може бути від 2 до 10, багато з них мають свої технічні особливості. Компанія «Спект» (Німеччина) додатково оснащує обладнання системами обліку роздавання корму та збирання яєць. У кліткових батареях «Цукамі» (Іспанія) у клітці Z 610 встановлюють бункер для зберігання кормів, дозатор та механічні ваги, електропастух для запобігання розкльовуванню яєць курями на стрічці яйцезбору; система Egg-saver призначена для зупинки яєць, що скочуються.

Фірма «Салмет» (Німеччина) оснащує бункери кормороздавача спеціальними пилозбірниками для очищення годівниць. Компанія «Меллер» (Німеччина) [10] комплектує кліткові батареї спеціальними вентиляторами для видалення пилу зі стрічок збору яєць. «Валлі» (Італія) використовує електронну систему контролю напування птиці з



підключенням до звукового або візуального пристрою. Виробниче об'єднання «Техна» (Україна) у клітках ТБК встановлює екран із оцинкованої сталі, який захищає яйця від розкльовування.

У клітках «Універсент» та «Євроверсент» («Біг Дачмен») передбачена система підігріву свіжого повітря в спеціальному повітрозмішувачі перед подачею в пташник з наступним надходженням його в кліткові батареї по повітроводах. Подача з них повітря здійснюється через спеціальні отвори безпосередньо в зону розташування птиці і на сміттєзбірну стрічку для підсушування посліду [10].

У комплект цієї батареї входять системи: зберігання та подачі корму з бункером ємністю 12,2 м<sup>3</sup> з оцинкованої сталі з похилими та горизонтальними шнеками; поздовжнього та поперечного яйцезбору; підготовки та подачі води з медікатром; мікроклімату з комп'ютерним керуванням (припливно-витяжна вентиляція, опалення газовими теплогенераторами, зволоження повітря); підсушування посліду, поперечного послідовидалення з похилим транспортером для відвантаження посліду.

У країнах Європейського Союзу популярними є вдосконалені кліткові батареї, які призначені для Welfare-технології (із забезпеченням благополуччя курей), що відповідають вимогам біоетики утримання тварин. Батареї типу «Авіплюс» (фірма «Біг Дачмен») та «Веранда лайер» («Венкоматік») оснащені додатковими елементами обладнання, які дозволяють птиці реалізовувати елементи природної поведінки: гніздами для знесення яєць, ваннами з пісочно-зольним наповнювачем для «купання» у цьому субстраті, сідалами для відпочинку.

Вентиляція – це один із невід'ємних компонентів контролю та підтримки оптимального мікроклімату в пташнику [11, 12]. Залежно від кліматичної зони, де вирощується птиця, та системи вентиляції, що використовується, всі пташники можна умовно розділити на відкритого і закритого типу. Останні, залежно від розташування припливно-витяжного обладнання, можна класифікувати на: дахову, поперечну (стінну), поздовжню (торцеву), тунельну та системи з інтегрованою системою сушіння посліду [6].

*Природна вентиляція.* Закриті пташники із системою природної вентиляції обладнані системою жалюзі, штор або припливних вікон у бокових стінах та відкритими вентиляційними шахтами у даху. Ці пристрої можуть працювати як у ручному, так і автоматичному режимі [11].

Схема роботи такої системи ґрунтується на здатності легкого теплого повітря підніматися вгору, а важкого холодного – опускатися вниз. Тепле повітря, що залишає пташник через дахові шахти, створює в приміщенні розрідження, яке засмоктує через стінні жалюзі холодне



зовнішнє повітря. Крім того, через відкриті стінні жалюзі в пташник може безперешкодно потрапляти вітер із вулиці, створюючи природний протяг. Природна вентиляція має кілька переваг: низькі енерговитрати, відсутність залежності від перебоїв з подачею електроенергії, нижча собівартість порівняно з системою примусової вентиляції. Але є й недоліки: повна залежність від зовнішньої погоди, неможливість точно регулювати рівень вентиляції, залежність від ухилу даху, швидкості та напрямки вітру, різниці між зовнішньою та внутрішньою температурою.

Тому перевагу варто віддати пташникам відкритого або закритого типу з примусовою системою вентиляції та охолодження.

*Механічна вентиляція.* При природній вентиляції необхідного повітрообміну або зміни температури не завжди достатньо. Набагато точніше і легко це можна регулювати за допомогою штучної вентиляції [11]. Вентилятори забезпечують набагато більшу впевненість у кількості повітрообміну. При механічній вентиляції повітря може витягуватись вентиляторами, вдуватися або поєднання обох способів. Механічна вентиляція пташників доступна у різних формах. Нижче наведено короткий опис деяких поширених систем: конькової вентиляції, витяжної вентиляції, тунельної вентиляції та поперечної вентиляції. Також можливі комбінації цих систем, наприклад, витяжна та конькова вентиляція або довга та тунельна вентиляція.

*Конькова вентиляція.* При коньковій вентиляції вентилятори встановлюються у повітроводах, які розміщуються у даху. Потім повітрозбірники вбудовані у бічні стінки. Конькова вентиляція зазвичай використовується лише для мінімальної вентиляції.

*Поздовжня вентиляція.* При поздовжній вентиляції вентилятори перебувають у торцевій стіні, а повітрозбірники – у бічних стінках. Шляхом подальшого збільшення чи зменшення швидкості обертання вентиляторів та відкриття чи закриття повітрозбірників можливий широкий діапазон повітрообміну [11].

*Тунельна вентиляція.* В умовах високих літніх температур висока щільність посадки негативно позначається на фізіологічному стані птиці, що виражається у зниженні яєчної продуктивності, підвищенні вибракування та відходу курей. Традиційні системи вентиляції у пташниках не дозволяють компенсувати негативний вплив високих температур на птицю. Однак при використанні тунельної вентиляції швидкість руху повітря в приміщенні може легко регулюватися, завдяки чому вдається досягти комфортних температур для птиці навіть у спеку. Застосування тунельної системи вентиляції в приміщеннях з клітковим утриманням птиці дозволяє уникнути так званих зон «застою» повітря, де швидкість руху потоку нижча за гранично допустиму норму. Установка витяжних вентиляторів



проводиться між рядами кліткових батарей у потрібній кількості. Приплив здійснюється через припливні штори, що встановлюються у протилежному кінці будівлі [11].

Для опалення приміщення на багатьох підприємствах застосовують газові нагрівачі потужністю від 30 до 250 кВт. Для підтримки необхідних параметрів (температури, вологості тощо) мікроклімату в приміщенні управління всім обладнанням здійснюється за допомогою автоматичної станції з частотним або тиристорним регулюванням швидкості обертання вентиляторів. Станції управління дозволяють підтримувати необхідні параметри мікроклімату впродовж всього зростання птиці.

*Поперечна вентиляція.* Для поперечної вентиляції вентилятори розміщуються у бічній стіні. Вхідні патрубки розташовані на протилежній бічній стінці. Оскільки відстань від входу до вентилятора невелика, стає можливим обмін повітря у приміщенні з дуже низькою швидкістю. Ця система підходить для переміщення як невеликої, так і великої кількості повітря [11].

*Комбінація вентиляційної системи з сушінням посліду* була розроблена спеціально для пташників з клітковим утриманням яєчної птиці або для пташників для утримання бройлерів з підлогою, що вентилується. Це допомагає зменшити різкість неприємного запаху, виділення аміаку, поширення мух та витрати на транспортування посліду.

*Змішана схема вентиляції пташника.* Ця схема вентиляції особливо потрібна на птахофабриках, розташованих у регіонах зі значним перепадом температур впродовж року. В цьому випадку неможлива побудова системи тунельного типу, а також на підприємствах, де під пташники зайняті нестандартні приміщення і неможлива установка необхідного обладнання тільки в стінні отвори вздовж розташування кліток, або ланцюга роздавання корму при утриманні птиці на підлозі. Застосування такого типу створення мікроклімату дозволяє збільшити, якщо звичайно дозволяє висота приміщення, до 5-6 ярусів побудову кліткових батарей, що відповідно збільшує продуктивність самого пташника [11].

Змішана система вентиляції набула широкого поширення у приміщеннях підприємств з високою щільністю посадки птиці, внаслідок чого потрібен значний повітрообмін у пташнику. Приплив здійснюється як через дах, де встановлюються дахові вентилятори, так і через припливні клапани, які встановлюються, по можливості, в торці будівлі. Витяжні вентилятори монтується в стінні отвори, витяжні вентилятори високої продуктивності монтується в торці будівлі протилежно місцю установки припливних шахт.

В умовах високих літніх температур висока щільність посадки



негативно позначається на фізіологічному стані птиці, що виражається у зниженні яєчної продуктивності, підвищенні вибракування та відходу курей [11, 12]. Традиційні системи вентиляції у пташниках не дозволяють компенсувати негативний вплив високих температур на птицю. Однак при використанні тунельної вентиляції швидкість руху повітря в приміщенні може легко регулюватися, завдяки чому вдається досягти комфортних температур для птиці навіть у спеку. Застосування тунельної системи вентиляції в приміщеннях з клітинним вмістом птиці дозволяє уникнути так званих зон «застою» повітря, де швидкість руху потоку нижча за гранично допустиму норму. Установка витяжних вентиляторів проводиться між рядами клітинних батарей у потрібній кількості.

Система підтримки оптимальних умов утримання птиці не обмежується лише припливно-витяжною вентиляцією [13]. Вона включає такі невід'ємні складові, як обладнання для обігріву (опалення) в холодну пору року та охолодження в спеку, а також електронні контролери, що дозволяють автоматизувати роботу всього обладнання, що знаходиться в пташнику.

До систем збору яєць висувуються наступні вимоги: обережне транспортування яйця, висока функціональна надійність, простота обслуговування. Існують три основні системи збору яєць: поверхнева, елеваторна та ліфтова [14].

*Поверхнева система* складається з (рис. 1): приводних передніх стійок яйцезбору (по одній на кожену батарею), повздовжніх конвеєрів збору яєць, що забезпечують вихід яйця на торці передніх стійок батарей; поліпропіленових стрічок яйцезбору з перемичками, які запобігають скатуванню яєць та їх зіткненню (стрічки під нахилом встановлюються на рівні 1 і 3 ярусів, із середнього ярусу на стіл яйце подається стрічками повздовжнього яйцезбору); триповерхового (або двоповерхового) стола яйцезбору; приводів стрічок яйцезбору, які встановлені на кожному ярусі на передніх стійках батарей, що дозволяє збирати яйце одночасно і окремо поярусно; пультів керування на кожній батареї [14].

На торцях батарей розташовані поверхові столи для складання та сортування яєць. Звідси яйця збирають та сортують вручну, що дає можливість провести видалення нестандартних за формою та масою, а також забруднених яєць. Таким чином, яйця просуваються лише стрічкою повздовжнього транспортера, що скорочує шлях просування їх від кліток до місця сортування та упаковки. Це сприяє кращій збереженості яйця та мінімізує можливість насічки і розбивання.

*Елеваторна система* дозволяє здійснювати збір яєць одночасно з усіх ярусів кліткових батарей (рис. 2) [14]. Яйцезборні стрічки повздовжніх транспортерів і ланцюги елеваторів рухаються одним

мотором. За допомогою дозуючого колеса яйця з поздовжнього транспортера подаються на ланцюг елеватора, який подає їх униз. У нижньому коробі робиться поворот.



Рисунок 1. Поверхнева система збору яєць

Передача яєць з поздовжнього транспортера на поперечний може проводитися на будь-якій висоті, проте переважно – на рівні 2,1 м [14]. При використанні столу для ручного складання, сортування та пакування яєць у торці кліткової батареї та за відсутності поперечного транспортера висота передачі повинна бути на рівні 80 см.

*Ліфтова система* складається з приводних станцій поздовжнього збирання на кожній батареї; поздовжніх стрічкових транспортерів, що просувають яйця до торців батарей; поперечного транспортера, розташованого лише на рівні одного з ярусів всіх кліткових батарей пташника, де відбувається збирання яєць. Система включає підйомний механізм яйцезборного ліфта, що пересуває поперечний транспортер з одного ярусу на наступний похилого транспортера, що подає яйця з будь-якого ярусу всіх кліткових батарей на загальний стіл для сортування та упаковки. При використанні ліфтового яйцезбору збір яйця проводиться поярусно одночасно з усіх рядів кліткових батарей [14]. Характерна риса цієї системи полягає в тому, що поперечний транспортер яйцезбору піднімається на кожен ярус окремо. По завершенні роботи - транспортер повертається в паркувальну позицію на верхній ділянці системи. Дана система є вигідним і водночас зручним рішенням насамперед для ферм з невеликим поголів'ям птиці, окремих корпусів або при проведенні «непостадного» збору яєць. Високий рівень безпеки яйця в процесі його транспортування забезпечується за рахунок того, що яйце має лише один перехід із поздовжнього на поперечний транспортер яйцезбору (рис. 3) [14].

*Фірма «Біг Дачмен»* пропонує для систем яйцезбору

використовувати гребінчастий вал для передачі яєць на поперечний транспортер (стрічковий або прутковий). Цей пристрій складається з міцного пластикового валика і м'якого наставленого гребінки з поліуретану.



Рисунок 2. Елеваторна система збору яєць



Рисунок 3. Ліфтова система збору яєць «Анаконда»

Гребінчастий вал (еластичний гребінець) знижує швидкість скочування яєць, при тому що яйця з різних потоків не стикаються. Ширина поздовжніх транспортерів з перфорованими яйцезборними стрічками із тканого пропілену або джуту коливається від 100 до 250 мм. Найбільш ефективною системою збирання яєць є система «Мультитир», яку призначено для великого поголів'я курей з різних кліткових батареї з одним етапом передачі яєць. Пруткові конвеєри зроблені з металевих прутів, що гнуться, кожен з яких знаходиться в пластиковій трубці, що забезпечує акуратне транспортування яєць не тільки між клітинними батареями всередині пташника, але і між пташниками (рис. 4) [14].

За допомогою таких конвеєрів здійснюється гнучка система транспортування яєць між пташниками з централізованою подачею на яйцесклад або в цех сортування та пакування яєць. При цьому на різних ділянках система транспортування яєць може включати похилі конвеєри, що забезпечують підйом або спуск з нахилом 20...35°, із застосуванням прямо- і криволінійних конвеєрів.

У комплект систем збору яєць можуть входити щітки, що обертаються, для чищення стрічки від бруду і пилу, автоматичний лічильник яєць, оснащений інфрачервоними сенсорними датчиками, і керований фотодатчиками вузол автоматичного регулювання швидкості транспортерів збору яєць в залежності від завантаженості приймаючого столу на яйцескладі. Застосування автоматичного



лічильника дозволяє порахувати кількість яєць, зібраних в одному та (або) у всіх ярусах.

*Система збору яєць «Водоспад» «Гюрес Текноложи»* (рис. 5). Яйця, які беруться з кошика, розташованого в передній частині клітки перед птицею, доставляються до вихідної точки механізму збору яєць «Водоспад» [14], потім проходять по сортувальному конвеєру, розташованому перед збирачем, і за допомогою спеціальної конструкції ложок переміщуються на конвеєр збору яєць.



Рисунок 4. Пруткові конвеєри для транспортування яєць



Рисунок 5. Система збору яєць «Водоспад» «Гюрес Текноложи»

Завдяки сортувальному конвеєру, який встановлений до вузла ложкового механізму, із загальної маси яєць витягуються яйця в мембрані, ніж запобігає попаданню яєць без шкаралупи на ложку. За рахунок того, що дана система збору передбачає одночасний збір яєць з усіх осередків на всіх ярусах кліток, значно скорочуються тимчасові витрати [14]. Завдяки спеціальній конструкції конвеєр для транспортування яєць може без переривання процесу переміщення здійснювати поворот практично на 90°, тим самим забезпечуючи доставку яєць в будь-який центр збору. Переміщення яєць по суцільній лінії, що не переривається, усуває ризик пошкодження їх цілісності і розбивання.

*Висновки.* Аналіз сучасних технологій та обладнання для утримання виробничої птиці дозволив визначити їх переваги та недоліки. Так, система підтримки оптимальних умов утримання птиці не обмежується лише припливно-витяжною вентиляцією. Вона включає такі невід'ємні складові, як обладнання для обігріву (опалення) в холодну пору року та охолодження в спеку, а також електронні контролери, що дозволяють автоматизувати роботу всього обладнання, що знаходиться в пташнику. Також, при виборі тієї чи іншої системи яйцезбору слід враховувати такі моменти: наявність чи відсутність відмінностей у висоті біля ферми, зміщене розташування корпусів



щодо один одного, потужність пакувальної чи сортувальної машин, одночасний чи постійний збір яйця.

#### Список використаних джерел

1. Скляр Р. В. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня ВО закладів вищої освіти. К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. 608 с.

2. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві / Б.В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

3. Zhuravel D. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. Multidisciplinary academic research. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands 2021. Pp. 83–86.

4. Skliar R., Sklar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. Current issues of science and education: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. Rome. 2021. Pp. 171–176.

5. Войтов В. А. Аналіз технологій утилізації відходів птахівництва за кордоном. Праці ТДАУ. Мелітополь, 2019. Вип. 19. Т. 4. С. 100–109.

6. Григоренко С. М. Технічні рішення щодо сушіння пташиного посліду. Науковий вісник ТДАУ. Мелітополь, 2020. Вип. 10. том. 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>.

7. Комар А. С. Сучасні запатентовані способи переробки посліду птахів. Науковий вісник ТДАУ. Мелітополь, 2021. Вип. 11. Т. 2. №15. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2021-vypusk-11-tom-2.pdf>

8. Giełżecki J., Grigorenko S. Analysis of technologies for processing poultry waste by granulation and drying. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції. Мелітополь: ТДАУ, 2021. С. 43–47.

9. Болтянський Б. В. Аналіз систем годування та напування птиці. Матеріали «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв». Харків: ДБТУ, 2022 року. С. 216–219.

10. Скляр О. Г., Скляр Р. В. Огляд сучасних конструкцій кліткових батарей для дорослого поголів'я птиці. Матеріали «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв». Харків: ДБТУ, 2022 року. С. 189–192.

11. Болтянський Б. В. Порівняльний аналіз систем вентиляції в птахівництві. Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, НУБІП України, Житомирський



агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022. С. 123–126.

12. Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. «Multidisciplinary research». Bilbao, Spain 2020. Pp. 431–433.

13. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. Engineering of nature management. 2021. №1(19). pp. 7–12.

14. Дмитрів В. Т. Аналіз сучасних систем збору яєць. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі». Запоріжжя, ТДАУ. 2022. С. 22–26.

Стаття надійшла до редакції 13.12.2022 р.

**O. Skliar, R. Skliar, B. Boltianskyi,  
Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University**

#### **ANALYSIS OF MODERN TECHNOLOGIES AND EQUIPMENT FOR KEEPING PRODUCTION POULTRY**

##### *Summary*

The article provides an analysis of modern technologies and equipment for keeping production poultry. Poultry productivity is affected by feeding, housing methods, length of daylight and light intensity, temperature, humidity, gas composition and air movement speed, stocking density, etc. The use of modern equipment at poultry enterprises is an important component of complex mechanization and automation of production. Various types of equipment are used to ensure all technological operations and compliance with standards in the breeding and maintenance of poultry, which allows to more fully use the genetically determined potential of poultry productivity. Traditional ventilation systems in poultry houses do not allow to compensate for the negative impact of high temperatures on the bird. However, when using tunnel ventilation, the speed of air movement in the room can be easily adjusted, thanks to which it is possible to achieve comfortable temperatures for the bird even in the heat. The system for maintaining optimal conditions for keeping poultry is not limited to supply-exhaust ventilation. It includes such integral components as equipment for heating in the cold season and cooling in the heat, as well as electronic controllers that allow automating the operation of all equipment in the poultry house. When choosing one or another egg collection system, the following points should be taken into account: the presence or absence of differences in height near the farm, the shifted location of the housings relative to each other, the capacity of the packing or sorting machines, simultaneous or continuous egg collection. A correctly selected egg collection system is currently an important component of technological equipment for keeping laying hens, as well as floor or cage keeping of the parent flock. This is due to the following three factors: reduction of labor and time costs, the highest egg quality: clean egg; minimal risk of breaking the egg; extremely accurate accounting of laid eggs by tier, row or case.

**Key words:** poultry, microclimate, system, ventilation, heating, egg collection, equipment, parameters.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-4

УДК 631.1.016:330

В. М. Тебенко, к.е.н.,

ORCID: 0000-0002-0459-2555

Г. М. Завадских, к.е.н.

ORCID: 0000-0002-3240-3870

О. І Лисак, к.е.н.

ORCID: 0000-0002-6744-1471

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: vita.tebenko@tsatu.edu.ua, тел.: (098)7972674

## ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ

*Анотація.* У статті досліджено основні тенденції сучасного етапу інноваційного розвитку економіки України. Розглянуто зміни у складових інноваційного потенціалу України за останні роки. Встановлено, що протягом цього періоду майже всі складові мали тенденцію до зменшення, а саме – наукова, кадрова та фінансова. Визначено основні чинники, що стримують інноваційний розвиток. Здійснено аналіз інноваційної активності підприємств та фінансового забезпечення інноваційної діяльності. Визначено пріоритетні напрями інноваційної діяльності. Аграрні підприємства продовжують вирішувати багато економічних та соціальних задач шляхом оперативного реагування на зміни що відбуваються. Але низька платоспроможність сільськогосподарських товаровиробників та недостатня інформованість їх щодо новітніх досягнень вітчизняної сільськогосподарської науки стримує оновлення аграрного виробництва новими сортами, технікою, технологіями.

*Ключові слова:* модернізація, інновація, інноваційний розвиток, ефективність, технологія, трансфер, інвестиції, наукоємність.

*Постановка проблеми.* Сільське господарство України – провідна галузь та найбільш перспективний напрямок її розвитку. Аграрний сектор України забезпечує в середньому 10 % ВВП і близько 40 % експортних надходжень. Вартість ВВП виробленого в сільському, лісовому та рибному господарстві з 2010 по 2020 рік збільшилася майже в 5 разів. Аграрні підприємства продовжують вирішувати багато економічних та соціальних задач шляхом оперативного реагування на зміни що відбуваються. Вітчизняна аграрна галузь має значний земельний та трудовий потенціал, але його ефективного використання не можливе без зміцнення та оновлення матеріально-технічної бази, заміни діючих технологій на сучасні.



*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженням питань інновацій та інноваційного розвитку займалися такі вчені, як П. Саблук, О. Дацій, А. Загородній, О. Кот, Н. Сіренко, Н. Уколова, І. Федун, О. Шпикуляк, Й. Шумпетер та інші. Але питання інноваційного розвитку аграрної сфери виявилися недостатньо розробленими. Водночас існує необхідність комплексно розглянути основні тенденції інноваційного розвитку в аграрному секторі України у поєднанні з оцінкою їх впливу на діяльність суб'єктів господарювання.

*Формулювання мети статті.* Мета статті – дослідження особливостей інноваційного розвитку аграрного сектору економіки на сучасному етапі та обґрунтування заходів щодо стабілізації та закріплення позитивної динаміки розвитку галузі.

*Основна частина.* Аграрна галузь є однією з найбільш важливих галузей економіки країни, яка включає різні види економічної діяльності щодо виробництва сільськогосподарської продукції, продуктів харчування, а також доставки їх до кінцевого споживача.

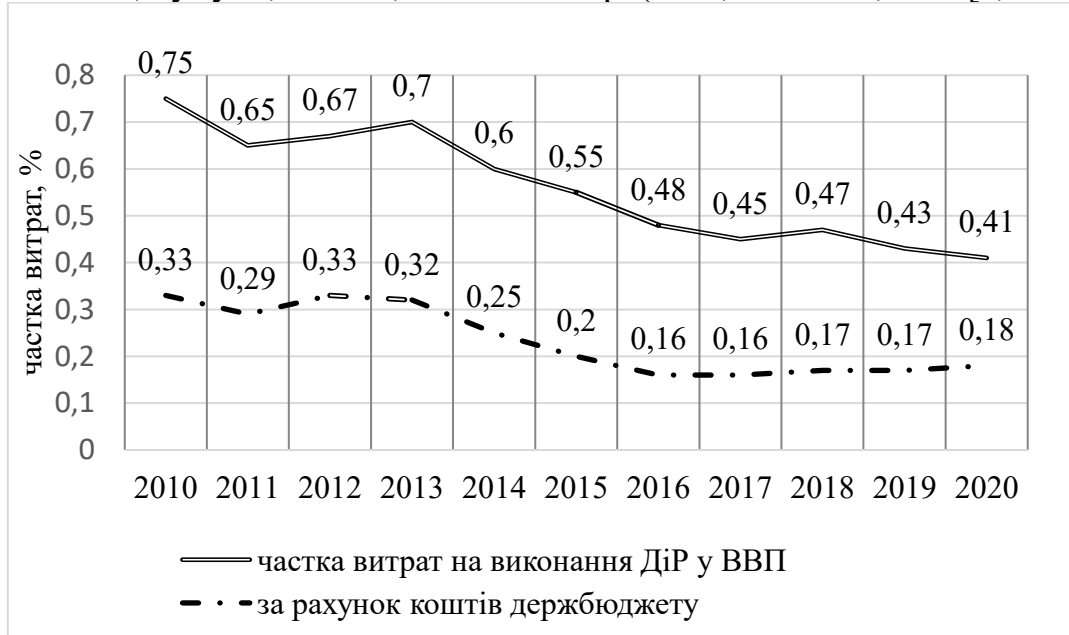
Забезпечити конкурентоспроможність країни можливо лише шляхом створення умов для випереджаючого економічного та соціального розвитку, побудови інноваційно-орієнтованої моделі економіки. Розвиток місцевого самоврядування, передача значних повноважень та бюджетів від центральної влади органам місцевого самоврядування в рамках реформи децентралізації передбачає зміщення питань щодо інноваційного розвитку в регіони. Від розуміння ролі інноваційної діяльності в соціально-економічному розвитку регіонів залежить в тому числі обсяг фінансування інноваційної діяльності [1, с.492].

Інноваційний розвиток аграрного виробництва України на даний час відбувається головним чином за рахунок внутрішньої мотивації суб'єктів господарювання, де основним джерелом фінансування інноваційної діяльності виступають власні кошти підприємств. Умови сьогодення орієнтують товаровиробників аграрного сектору на самостійне подолання кризових явищ та вирішення проблем, винятково шляхом підвищення економічної ефективності виробництва. Економічний розвиток в цих умовах відбувається не стільки завдяки кількості витрачених факторів виробництва, скільки підвищенням їхньої якості.

Сучасний стан інноваційної активності в країні, в тому числі в аграрній сфері економіки, за висновками багатьох вчених вважається незадовільним, підставою так вважати є негативні зміни деяких показників.

Наукоємність валового внутрішнього продукту неухильно зменшується – з 0,75 % у 2013 р. до критичного значення – 0,41 % у 2020 р. (рис. 1). За оцінками фахівців, при наукоємності менше 0,9 %

ВВП наука виконує лише пізнавальну функцію. Частка обсягу витрат на дослідження та розробки у ВВП у країнах ЄС–27 (за даними 2019 р.) у середньому становила 2,2 %. Більшою за середню вона була у Швеції – 3,4 %, Австрії – 3,19 %, Німеччині – 3,18 %, Данії – 2,96 %, Бельгії – 2,89 %, Фінляндії – 2,79 %, Франції – 2,19 %; меншою – у Північній Македонії, Румунії, Мальті, Латвії та Кіпрі (від 0,37 % до 0,64 % [2, с.17].



\*Побудовано за Науково-аналітичними даними «Стан науково-інноваційної діяльності в Україні у 2020 році»

Рисунок 1. Динаміка наукоємності ВВП в Україні, %\*

За наведеними аналітичними даними складається так, що вітчизняна наукоємність ВВП в зіставленні із середнім показником по країнам ЄС є вп'ятеро меншою.

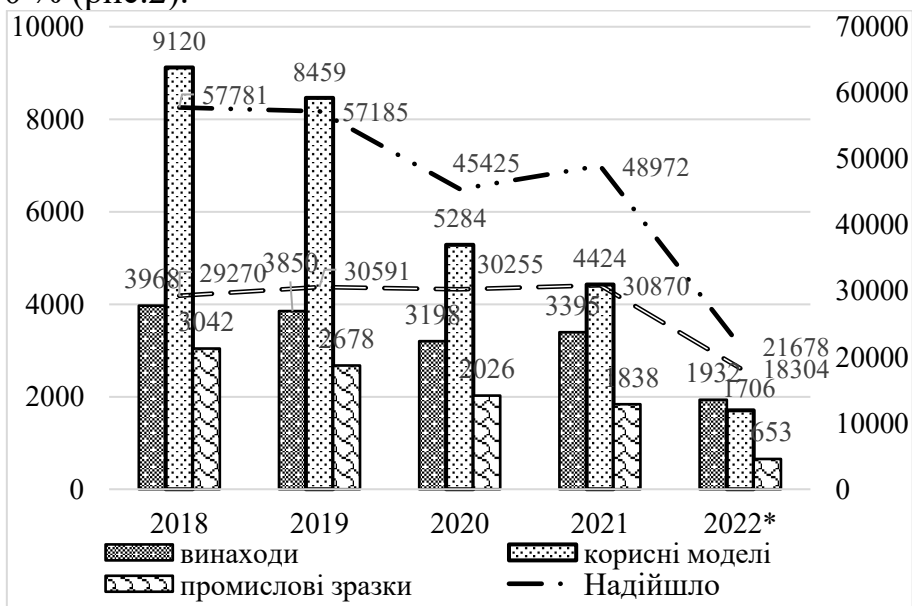
Розвиток наукової сфери країни характеризується таким важливим показником як – чисельність наукових кадрів. Саме рівень професійної кваліфікації та творчої активності наукових кадрів характеризує їх як індикатор стану науки та інтелектуального потенціалу суспільства. Але, на превеликий жаль, в країні зберігається тенденція скорочення чисельності дослідників, що поступово призводить до зниження наукового потенціалу. Якщо в 2010 році кількість дослідників в країні становила 133,7 тис осіб, в 2015 – 90,2 тис осіб, в 2020 – 51,4 тис. осіб. Більше половини дослідників України працюють в наукових установах і закладах вищої освіти Києва, Харківської, Дніпропетровської та Львівської області. Кількість дослідників в розрахунку на 1000 осіб зайнятого населення в Україні за 2020 рік становила - 3,2 особи, то в Норвегії – 23, Португалії – 21,7, Латвії – 8,5 [2, с.13].

Загальна кількість патентів сільськогосподарської сфери у базі даних Derwent Innovation у 2011-2018 рр. становить 874160 од., заявок

на патенти – 789332 од. Кількість заявок після 2017 р. має спадну динаміку, що свідчить про насичення ринку патентів. Спостерігається тенденція зростання заявок на промислові зразки і корисні моделі проти подання заявок на винаходи. Найвищі темпи зростання кількості патентів у 2018 р. у порівнянні з 2014 р. (%) припадають на такі топ-10 сільськогосподарських технологічних напрямів: «Безпілотні літальні апарати», «Сільськогосподарський Інтернет речей», «Технологія смарт землеробства», «Технологія дистанційного керування», «Технологія дистанційного зондування», «GPS», «Вертикальне землеробство», «Робототехніка» [3, с.19].

Цікавим є факт, що за кількістю зареєстрованих патентів на винаходи у сфері АПК домінують іноземці. Згідно з даними Українського інституту науково-технічної експертизи та інформації, за кількістю патентів за напрямом «Сільське господарство» у 2011-2018 рр. найбільшу кількість патентів мають наступні країни: Китай (693971 од.), США (119085 од.), Німеччина (26901 од.), Японія (22489 од.), Велика Британія (12570 од.), Франція (12301 од.). Україна ж посідає 49 місце за кількістю патентів.

Уже понад 9 місяців як Україна протистоїть російській агресії. Війна, яку Росія розв'язала проти України, призводить не лише до людських жертв, але й до значних економічних втрат, що продовжує негативно впливати на відновлення активності в поданні заявок на всі об'єкти промислової власності (ОПВ). За підсумками 9 місяців 2022 року порівняно з відповідним періодом 2021 року загальна кількість заявок на реєстрацію об'єктів промислової власності зменшилася більш як на 40 % (рис.2).



\*Побудовано за даними Українського інституту інтелектуальної власності

Рисунок 2. Динаміка надходження заявок та реєстрації об'єктів промислової власності\*



Кількість заявок на винаходи, корисні моделі та промислові зразки зменшилася на 20,4 %, 44,9 % та 55,9 % відповідно. Кількість заявок на торговельні марки за національною процедурою зменшилася на 48,8 %, за міжнародною процедурою – на 7,8 % [4, с.19]. В 2021 році кількість поданих заявок зменшилася по відношенню до 2018 року на 5809, але кількість зареєстрованих за цей же період збільшилася на 1600 заявок. На рисунку 2 можна помітити значне розходження в 2018 році між кількістю поданих заявок та зареєстрованих, та поступовим скороченням між ними в наступні роки.

Серед об'єктів промислової власності більш 70 % заяв в 2018 році та 80 % у 2021 році це заяви на реєстрацію торгових марок. Друге місце по кількості заяв займають корисні моделі – близько 9%, потім винаходи та промислові зразки. Не можна не помітити значне скорочення заяв на корисні моделі. По відношенню до 2018 року їх кількість зменшилася в 2021 році на 4696 заяв, а відповідно кількість зареєстрованих охоронних документів на ці моделі скоротилася з 8620 до 4363.

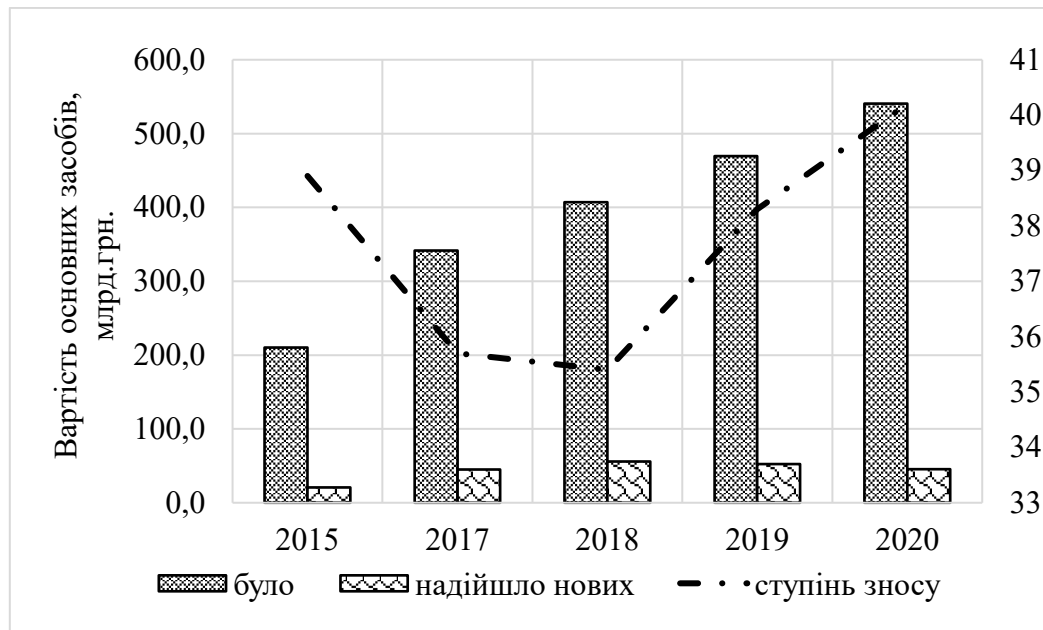
Найбільш активними серед національних заявників юридичних осіб були організації, які працюють у Галузях «Освіта (66,2 %), «Наукові дослідження та розробки» (20,7 %). Протягом 9 місяців 2022 року заявниками МОН подано 749, що складає 56,1 % від загальної кількості заявок юридичних осіб). Але цей показник менший за показник попереднього року на 41,3 %.

Серед вищих навчальних закладів підпорядкованих МОН України винахідницькою активністю в 2022 році відізначилися НУ «Львівська політехніка» (57 заявок на винаходи та корисні моделі), НТУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» (36), Криворізький національний університет (35), Національний університет біоресурсів і природокористування України (34), Уманський національний університет садівництва (32).

Матеріально-технічний потенціал інноваційного розвитку підприємств аграрної сфери утворює сукупність земельних та матеріально-технічних ресурсів підприємств (будинки, споруди, системи енергопостачання, машини, обладнання, устаткування, насіння, добрива, корми тощо), форм їх поєднання, які є необхідними для впровадження інновацій у сільськогосподарських підприємствах та виробництва інноваційної продукції. В умовах, які склалися лише технологічна модернізація зможе забезпечити формування ефективного, ресурсозберігаючого, екологічнобезпечного сільського господарства, яке здатне не лише задовольнити потреби внутрішнього ринку, але і вивести країну на провідні позиції на зовнішніх аграрних ринках.

Вартість основних засобів в сільському, лісовому та рибному господарстві в динаміці представлена на рисунку 3.





\*Побудовано за статистичними даними «Статистичний щорічник України за 2021 рік»

Рисунок 3. Динаміка вартості основних засобів в сільському, лісовому та рибному господарстві та вартість нових основних засобів, що надійшли за рік, млн.грн.\*

За період дослідження вартість основних засобів в сільському, лісовому та рибному господарстві України збільшилася на 330 млрд.грн. або на 157 %. Поряд з цим, вартість нових основних засобів, що надійшли за рік збільшилася на 24,6 млрд. грн., або на 118%. Найбільша вартість придбаних нових основних засобів була в 2018 році, і складала 55,79 млрд.грн. Ступінь зносу збільшилася по основним засобам на 1,3 в.п., найменше значення цього показника простежується в 2018 році - 35,4 %, найбільше в 2020 – 40,2 % [4, с.220].

Таким чином, можна стверджувати, що останніми роками відбувалося поступове оновлення основних засобів в аграрному секторі виробництва. Саме певне зростання вартості основних засобів, перевищення надходження основних засобів над їх вибуттям, зменшення коефіцієнту їх зносу відбувалося до 2018 року. Але обсяги оновлення основних засобів є недостатніми для переходу аграрних підприємств на інноваційну модель розвитку.

Вирішальною умовою модернізації є активізація інноваційної діяльності виробників. Наявність в країні великотоварних підприємств у сфері аграрного бізнесу, здатних проводити активну інноваційну діяльність, дає їм змогу розробляти та впроваджувати виробничі та техніко-технологічні інновації. В підсумку таких дій досягнення економічного ефекту за рахунок ресурсозбереження або підвищення продуктивності праці. З іншої сторони є значна кількість дрібніших



товаровиробників, які через брак коштів та дефіцит кваліфікованих кадрів не спроможні розробити, а іноді і придбати для використання сучасні інноваційні продукти.

Поступово в аграрному виробництві ми спостерігаємо зміни та появу вдосконалених технологій, засобів праці, сортів рослин та порід тварин, поліпшені заходи захисту рослин, нові форми організації праці та інші інновації – це вимога часу. Але низька платоспроможність сільськогосподарських товаровиробників та недостатня інформованість їх щодо новітніх досягнень вітчизняної сільськогосподарської науки стримує оновлення аграрного виробництва новими сортами, технікою, технологіями. Через велику різноманітність виробників, починаючи від дрібного селянського сектора до великих холдингових об'єднань, впровадження інноваційних технологій в аграрному секторі економіки має свої особливості. Всі ці організаційні структури, різних форм власності, працюють на землях орендованих у дрібних власників [6].

Сфера сільського господарства світу унаслідок еволюційного розвитку технологій на сьогодні перебуває на етапі 4.0 («Сільське господарство 4.0») та є орієнтованою на використання екологічно чистих природних ресурсів (сонце, морська вода), передових інноваційних технологій розумного, точного землеробства, зокрема генетичної модифікації, нанобіотехнологій, позагрунтового вирощення рослин і вертикального землеробства (на основі гідро- акво- і аеропоніки), а також складних технологічних систем супутникової навігації, роботів, безпілотних літальних апаратів/дронів, 3D та 4D друку продуктів харчування, Інтернету речей (IoT), блокчейну (blockchain) тощо. Прогнозується, що наступний етап еволюції «Сільське господарство 5.0» буде заснований на всебічній роботизації агропродовольчого виробництва із використанням різноманітних форм штучного інтелекту [3, с.4].

Постановою Кабінету Міністрів України від 28.12.2016 р. № 1056 був затверджено сім стратегічних пріоритетних напрямів інноваційної діяльності, 41 середньостроковий пріоритетний напрям інноваційної діяльності загальнодержавного рівня на 2017-2021 рр.

Одним із важливіших стратегічних пріоритетів є «Технологічне оновлення та розвиток агропромислового комплексу», за яким було затверджено сім середньострокових пріоритетів (рис. 4), які пов'язані з розробленням та впровадження технологій у різних секторах агропромислового комплексу, а саме:

1. Розроблення та впровадження технологій виробництва, збереження і переробки високоякісної рослинницької продукції.
2. Розроблення та впровадження технологій адаптивного ґрунтоохоронного землеробства.



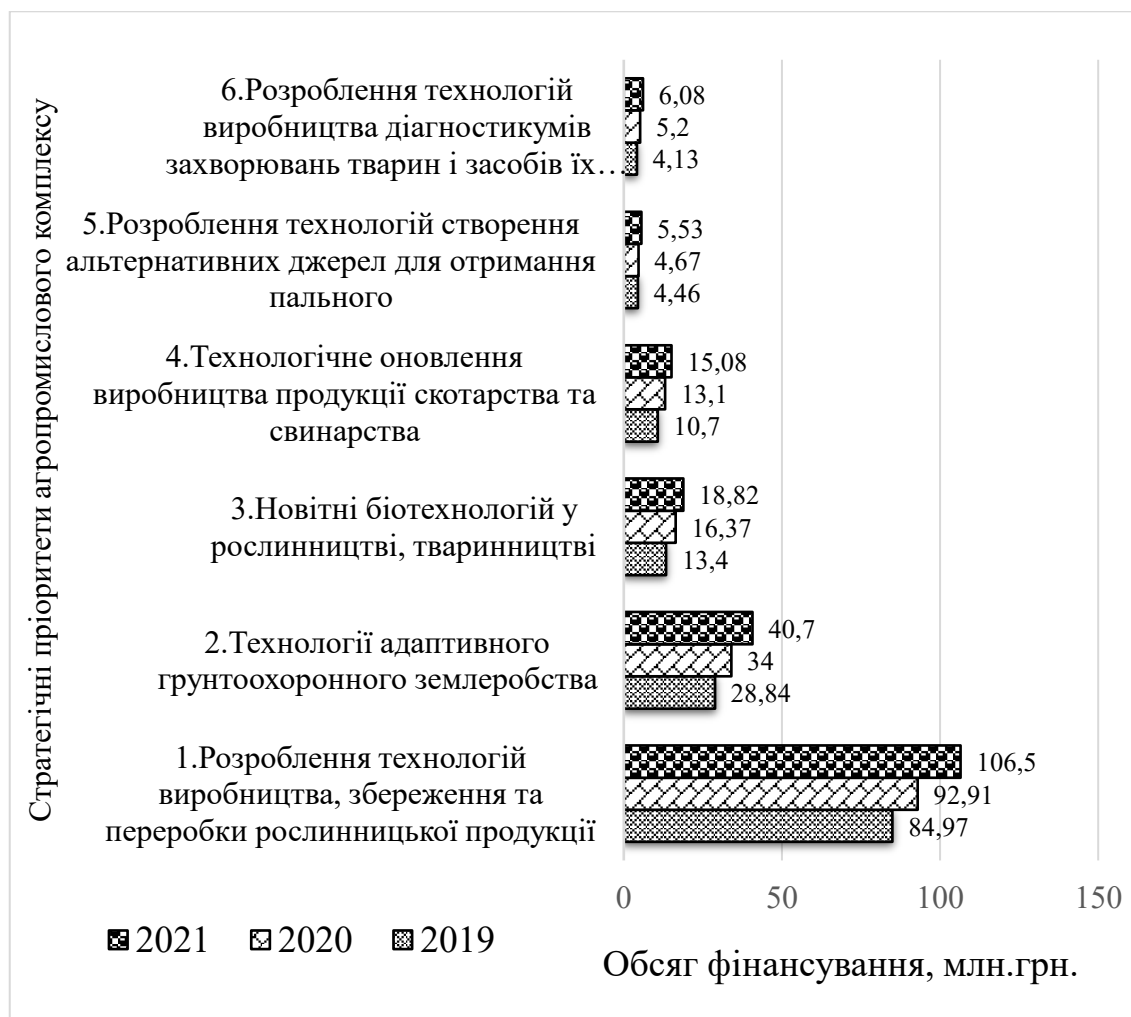
3. Розроблення та впровадження новітніх біотехнологій у рослинництві, тваринництві та ветеринарії.

4. Технологічне оновлення виробництва продукції скотарства та свинарства.

5. Розроблення та впровадження технологій створення високопродуктивних альтернативних джерел для отримання пального.

6. Розроблення та впровадження технологій виробництва діагностиків захворювань тварин і засобів їх захисту.

7. Розроблення та впровадження технологій виробництва діагностиків захворювань рослин.



\*Побудовано за даними аналітичної довідки «Реалізація середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня у 2021 році»

Рисунок 4. Обсяг фінансування середньострокових пріоритетів технологічного оновлення та розвитку агропромислового комплексу\*

У 2021 р. обсяг фінансування середньострокових пріоритетів становив в цілому 195,148 млн. грн або 93,0% від обсягу фінансування



стратегічного пріоритету та 115,7 % порівняно з 2020 р. Частка обсягу фінансування середньострокових пріоритетів даного стратегічного пріоритету в загальному обсязі фінансування середньострокових пріоритетів за 2021 р. традиційно є найбільшою (66,2 %), при цьому порівняно з 2020 р. (65,6 %) частка фінансування збільшилася на 0,6 в. п., зберігаючи при цьому лідерство. Зростання обсягів фінансування у 2021 р. порівняно з 2020 р. відбулося за шістьма середньостроковими пріоритетами, що свідчить про активізацію інноваційної діяльності за більшістю середньострокових пріоритетів та оптимізацією спрямування на них коштів залежно від актуальності та попиту на інноваційні продукти.

Сфера АПК зберігає лідируючу позицію за бюджетним фінансуванням загальнодержавних середньострокових пріоритетів інноваційної діяльності і має тенденцію до її збереження у подальшому. У 2021 р., як і в 2020 р., переважну частину коштів – 147,26 млн. грн або 75,5 % (у 2020 р. – 126,95 млн. грн. або 75,3 %) було спрямовано за двома середньостроковими пріоритетами:

1. Розроблення та впровадження технологій виробництва, збереження і переробки високоякісної рослинницької продукції – 106,5 млн. грн. та 92,91 млн. грн.

2. Розроблення та впровадження технологій адаптивного ґрунтоохоронного землеробства – 40,76 млн. грн. та 34,03 млн. грн.

У 2021 р. за стратегічним пріоритетом передано 646 технологій або 62,8% (найбільша частка) від їх загальної кількості за стратегічними пріоритетами, що менше на 10,5 % порівняно з 2020 р. (721 технологія або 55,6 % – також найбільша частка). Майже всі технології передано на внутрішньому ринку (643 од. або 99,5 %), з яких 161 або 25,0 % (2020 р. – 99 або 13,8 %) – промисловим підприємствам. При цьому передано 242 або 37,6 % (2020 р. – 281 або 39,0 %) технологій, які є новими для України, з яких 87 або 36,0 % – промисловим підприємствам.

Передачу технологій та інших об'єктів права інтелектуальної власності у 2020 році здійснювали ЗВО, установи, підприємства та організації, які підпорядковані Національній академії наук України – 5 установ, Національній академії медичних наук України – 2, Національній академії аграрних наук України – 26, Державній службі спеціального зв'язку та захисту інформації України – 2 (далі – Держспецзв'язку), Міністерству освіти і науки України – 26 ЗВО та 1 наукова установа, а також 2 установи Міністерства соціальної політики України (далі – Мінсоцполітики) [8, с.1].

У сільському господарстві більшість технологій та об'єктів права інтелектуальної власності (ОПВ) було передано за напрямками «Вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і



насіння олійних культур» та «Дослідження й експериментальні розробки у сфері інших природничих і технічних наук», тоді як у 2020 році більшість технологій та ОПВ було передано за напрямками «Тваринництво» та «Вирощування однорічних і дворічних культур». Лідерами з трансферу серед установ НААН у 2021 році є Національний науковий центр «Інститут землеробства НААН», Інститут зрошуваного землеробства НААН, Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Соколовського» та Інститут продовольчих ресурсів НААН.

*Висновки.* Основна складова успішного розвитку та функціонування підприємств аграрної сфери це інноваційний потенціал регіонів, який є ключовою характеристикою інноваційної діяльності. Встановлено, що більшість всіх інноваційних розробок в Україні припадає на столицю та Харківську, Дніпропетровську та Львівську області. Інноваційні перебудови суб'єктів господарювання в аграрному секторі на сучасному етапі розвитку можуть не лише забезпечити високі показники економічного розвитку, але й підвищити конкурентоспроможність цих підприємств, їх експортний потенціал допоможуть вирішити деякі екологічні та соціальні проблеми.

Серед причин, які останнім часом гальмують інноваційну діяльність в Україні, є систематичне недофінансування науки, яка є джерелом нових відкриттів та винаходів, що з часом трансформуються в інновації. Основними проблемами, що мають місце і стримують інноваційний розвиток аграрної сфери є недостатнє фінансування, низький рівень інноваційної активності підприємств, тривалий термін окупності нововведень, недостатній рівень стимулювання інноваційної активності.

#### Список використаних джерел

1. Лисак О.І. Інноваційна діяльність: регіональний аспект. The 3rd International scientific and practical conference “Modern directions of scientific research development” (September 1-3, 2021) VoScience Publisher, Chicago, USA. 2021. 491 p.
2. Писаренко Т.В., Куранда Т.К., Кваша Т.К та ін. Стан науково-інноваційної діяльності в Україні у 2020 році: науково-аналітична записка. К.: УкрІНТЕІ, 2021. 39 с
3. Березняк Н.В. Аналіз перспективних світових наукових та технологічних напрямів досліджень за Ціллю сталого розвитку № 2 щодо сільського господарства з використанням інструментів платформ «Web of Science» та «Derwent Innovation»: науково-аналітична записка. К.: УкрІНТЕІ, 2020. 30 с.
4. Показники надходження та розгляду заявок і реєстрації



охоронних документів. Державне підприємство «Український інститут інтелектуальної власності» Київ, 2022. 51с. URL: <https://ukrpatent.org/uk/articles/2021-year-expert> (дата звернення 10.11.2022)

5. Статистичний щорічник України за 2021 рік Державна служба статистики України. Державна служба статистики України, 2022. 440 с.

6. Тебенко В.М., Лисак О.І. Інноваційна складова підприємницької діяльності в аграрній сфері. *Збірник наукових праць ТДАТУ (економічні науки)*. 2020. № 2(42). С. 92–101.

7. Аналітична довідка «Реалізація середньострокових пріоритетних напрямів інноваційної діяльності загальнодержавного рівня у 2021 році». URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/nauka/informatsiyno-analitychni/2021/06/16/AD.Inn.Zah.Derzh.priorytety.2020.pdf> (дата звернення 10.11.2022)

8. Аналітичні матеріали у сфері трансферу технологій. URL: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/nauka/2022/Transefer.tekhnolohiy.2022/16.08.2022/Zvit.vplyv.na.finstan.u.2021.rotsi.sayt.MON-16.08.22.pdf> (дата звернення 15.11.2022)

9. Mosiychuk T.K., Petrova I.L. Globalization impact on problems of innovation and economic security of Ukraine. *Scientific journal The European Journal of Economics and Management*. 2015. № 2. С. 130–136.

10. Шквиря Н.О. Ринок інновацій у сільському господарстві. *Проблеми формування та розвитку інноваційної інфраструктури: виклики постіндустріальної економіки: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф.* Львів, 2017. С. 98–100.

11. Vlasiuk Y.O., Hrybova D.V., Biliaiev S.S. The influence of small business spreading on the dynamics of the labor costs share in value added generated by leading industries of Ukrainian economy. *Збірник наукових праць «Financial and credit activity: problems of theory and practice»* Vol 3, No 26 2018.

12. Завадських Г. М., Тебенко В. М. Інновації як фактор економічного зростання регіону. *Innovations and prospects of world science. Proceedings of the 6th International scientific and practical conference.* Perfect Publishing. Vancouver, Canada. 2022. P. 904–911.

13. The Global Competitiveness Index 4.0 Methodology and Technical Notes. *The Global Competitiveness Report 2020*. URL: <http://www3.weforum.org/docs/GCR2018/04Backmatter/3.%20Appendix%20C.pdf> (дата звернення: 20.10.2022)

14. Trusova, N. V., O. V. Hryvkivska, T. I. Yavorska, O. S. Prystemskyi, V. N. Kepko and Yu. A. Prus. 2020. Innovative development and competitiveness of agribusiness subjects in the system of ensuring of economic security of the regions of Ukraine. *Rivista di Studi sulla*



Sostenibilita, 2: 141–156. doi: 10.3280/RISS2020-002-S1011.

15. Yavorska T., Prus Y., Lysak O. and Zavadskykh H. Problems and Prospects for Development of Family Households in Ukraine. Modern Development Paths of Agricultural Production. Pp. 593–604

Стаття надійшла до редакції 14.12.2022 р.

**V. Tebenko, H. Zavadskykh, O. Lysak**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **PRIORITY DIRECTIONS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT**

### *Summary*

The article examines the main trends of the modern stage of innovative development of the agrarian sector of the Ukrainian economy. According to the conclusions of many scientists, the current state of innovative activity in the country, including in the agricultural sector of the economy, is considered unsatisfactory, the reason for this is negative changes in some indicators. The knowledge intensity of the gross domestic product, the level of which is steadily decreasing, was analyzed. According to the given data, the domestic scientific capacity compared to the average indicator for EU countries is five times lower. The question of the development of the scientific sphere of the country in terms of the number of scientific personnel was considered. It was established that the country has a tendency to reduce the number of researchers, which gradually leads to a decrease in scientific potential.

It is possible to ensure the country's competitiveness only by creating conditions for anticipatory economic and social development, building an innovation-oriented model of the economy. The domestic agricultural industry has significant land and labor potential, but its effective use is not possible without strengthening and updating the material and technical base, replacing existing technologies with modern ones. Agricultural enterprises continue to solve many economic and social problems by promptly responding to the changes taking place.

One of the most important strategic priority directions of the country's innovative activity is "Technological renewal and development of the agro-industrial complex". In this direction, seven medium-term priorities were approved, which are related to the development and implementation of technologies in various sectors of the agro-industrial complex.

Among the reasons that have recently inhibited innovative activity in Ukraine is the systematic underfunding of science, which is the source of new discoveries and inventions that eventually transform into innovations. The main problems that occur and hold back the innovative development of the agrarian sector are insufficient financing, a low level of innovative activity of enterprises, a long payback period for innovations, and an insufficient level of stimulation of innovative activity.

**Key words:** modernization, innovation, innovative development, efficiency, technology, transfer, investment, science.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-5

УДК. 631.3.004:621.892

Д. П. Журавель, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

А. М. Бондар, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4761-9084

Д. Ю. Філенко, здобувач СВО

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

e-mail: dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua, тел.: (096)68782453

## СТРУКТУРНИЙ АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА БІОПАЛЬНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛАХ

*Анотація.* в роботі розглянуто сільськогосподарську техніку як складну багатоопераційну систему. Складено граф стану сільськогосподарської техніки в період її експлуатації та визначено значення ймовірності знаходження в кожному з станів. Виявлено агрегати, через яких виникає найбільша ймовірність знаходження сільськогосподарської техніки в стані ремонту. В період експлуатації в межах заданого ресурсу розмічений граф не має тупикових станів, а ймовірності переходів сільськогосподарської техніки з одного в інше стабілізується в області фінальних своїх значень, які характеризують рівень надійності окремих агрегатів. Для зменшення кількості відмов необхідно провести комплекс заходів для адаптації сільськогосподарської техніки при експлуатації на біопально-мастильних матеріалах.

*Ключові слова:* біопально-мастильні матеріали, моделювання надійності, сільськогосподарська техніка, діагностування, ймовірність відмови, граф стану, структурний аналіз, прогнозування ресурсу.

*Постановка проблеми.* Підвищення цін на пально-мастильні матеріали (ПММ) викликане, головним чином, зменшенням нафти у надрах Землі, і залежністю України в нафтопродуктах за рахунок імпорту. Не останнє місце у цьому ряді існуючих проблем є і величезна кількість шкідливих викидів, що забруднюють навколишнє середовище. Ці факти спонукають до пошуку альтернативних видів ПММ, враховуючи кількість їх споживання.

Ефективність використання сільськогосподарської техніки визначається не тільки конструктивно-технологічними рішеннями, закладеними в процесі виготовлення, а й умовами її експлуатації,



технічного обслуговування і ремонту. Розвиток науково-технічного прогресу, інтенсифікація режимів експлуатації сільськогосподарської техніки обумовлює необхідність підвищення надійності технічних систем, особливо при використанні альтернативних пально-мастильних матеріалів біологічного походження. Вирішення цієї проблеми, це величезний резерв підвищення ефективності виробництва і продуктивності праці. З огляду змісту проблеми надійності машин слідує, що ця властивість характеризується в першу чергу здатністю виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах [1].

*Аналіз останніх досліджень.* Обмежений обсяг і суперечливі результати досліджень в області заміни нафтових паливних на біологічні, не дозволяють однозначно судити про вплив біопаливної композиції на енергетичні, паливно-економічні, екологічні та інші показники, що формують технічний рівень сільськогосподарської техніки [2-7]. Наявні опубліковані неповні статистичні дані про рівень надійності різних типів експлуатованих машин і систем в даний час у зв'язку з інтенсивним розвитком виробництва вже недостатньо повно відображають фактичний стан проблеми надійності [8-15], особливо на тлі використання альтернативних паливно-мастильних матеріалів біологічного походження [16-22].

*Формулювання мети статті.* Метою статті є структурний аналіз надійності сільськогосподарської техніки при експлуатації на біопально-мастильних матеріалах для подальшого прогнозування ресурсу вузлів і агрегатів та розробки комплексу заходів для адаптації сільськогосподарської техніки при експлуатації на біопально-мастильних матеріалах.

*Основна частина.* Статистичний аналіз по функціональним системам сільськогосподарської техніки дозволив визначити розподіл їх відмов (рис.1).

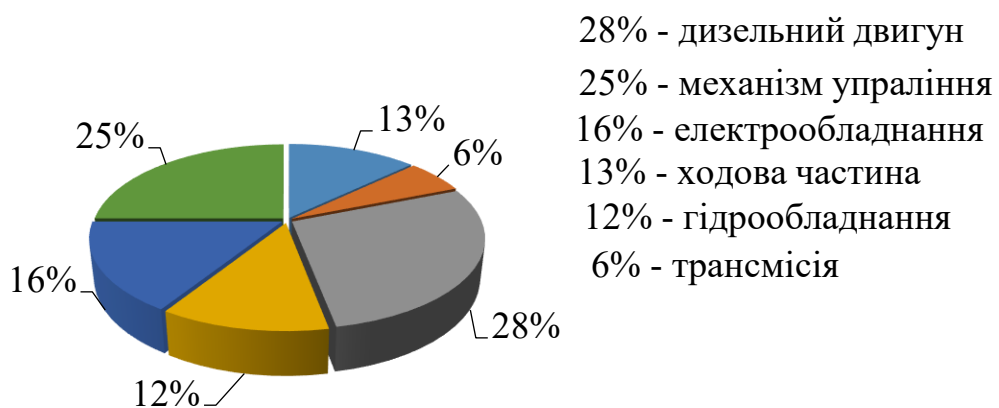
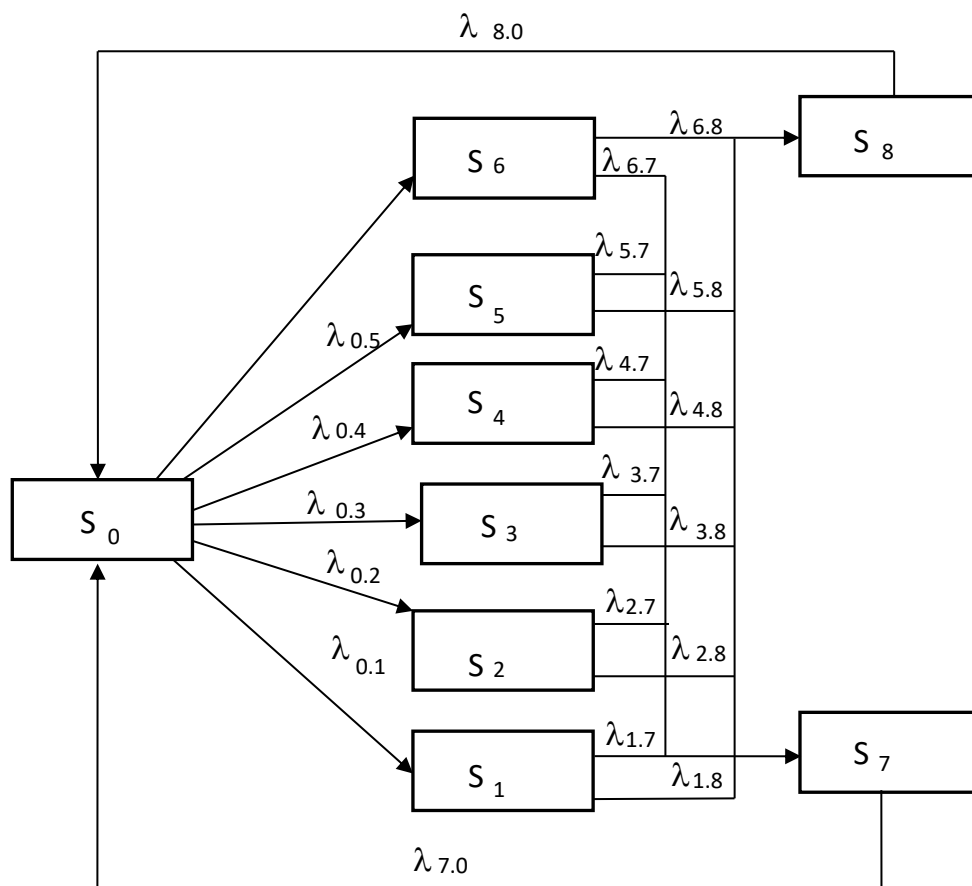


Рисунок 1. Розподіл відмов по функціональним системам сільськогосподарської техніки

Сільськогосподарську техніку можна представити у вигляді деякої системи яка складається з ряду окремих підсистем. До таких підсистем відносяться, перш за все: механізм керування, електрообладнання, гідрообладнання, дизельний двигун, трансмісія, ходова частина.

Ефективність роботи такої техніки залежить від працездатності кожної з підсистем. При цьому відмова в роботі будь-якої з підсистем веде до відмови всього одиниці техніки в цілому і припинення її нормального функціонування.

Кожен з агрегатів (підсистем) може знаходитися в двох фіксованих положеннях: робочому або неробочому, обумовленому відмовою в очікуванні або в стані ремонту. Знаходження підсистеми в тому чи іншому стані кількісно оцінюється відповідною ймовірністю.



$S_0$  – техніка знаходиться у справному стані;  $S_1$  – техніка не працює через відмову механізму керування;  $S_2$  – техніка не працює через відмову електрообладнання;  $S_3$  – техніка не працює через відмову гідрообладнання;  $S_4$  – техніка не працює через відмову дизельного двигуна;  $S_5$  – техніка не працює через відмову трансмісії;  $S_6$  – техніка не працює через відмову ходової частини;  $S_7$  – перша група складності відмов;  $S_8$  – друга група складності відмов.

Рисунок 2. Граф сатану функціональних систем сільськогосподарської техніки

Таким чином, переходи сільськогосподарської техніки, як складної системи, з одного стану в інші може розглядатися у вигляді процесу з фіксованими дискретними положеннями і безперервним часом переходів. При цьому, заздалегідь не можливо передбачити в який момент часу з агрегатами можуть відбуватися ті чи інші відмови, що вимагають діагностики і ремонтних робіт.

Такий випадковий процес переходів з точки зору математичного опису зручно розглядати як марківський і ілюструвати його відповідним графом станів. Для мобільної сільськогосподарської техніки розмічений граф станів наведений на рис. 2.

Передбачається, що потоки подій, пов'язані з переходами в різні стани є простими пуасонівськими, що володіють інтенсивностями  $\lambda_i$  [1].

Опис випадкового процесу переходу в різні стани може бути здійснено на основі визначення ймовірностей стану, які в загальному випадку є функціями часу  $P_0(t), P_1(t) \dots P_8(t)$ , або можна записати:  $P_i(t) = P\{S(t) = S_i\}$ ,

де  $P_i(t)$  - ймовірність того, що в момент часу  $t$  система  $S$  знаходиться в стані  $S_i$ .

Дотримуючись правила складання рівнянь Колмогорова, що використовується в системах блукаючих по безлічі станів, для розглянутої сільськогосподарської техніки можна записати:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_0(t)}{dt} = \lambda_{70}p_7(t) + \lambda_{80}p_8(t) - (\lambda_{01} + \lambda_{02} + \lambda_{03} + \lambda_{04} + \lambda_{05} + \lambda_{06})p_0(t); \\ \frac{dp_1(t)}{dt} = \lambda_{01}p_0(t) - \lambda_{17}p_1(t) - \lambda_{18}p_1(t); \\ \frac{dp_2(t)}{dt} = \lambda_{02}p_0(t) - \lambda_{27}p_2(t) - \lambda_{28}p_2(t); \\ \frac{dp_3(t)}{dt} = \lambda_{03}p_0(t) - \lambda_{37}p_3(t) - \lambda_{38}p_3(t); \\ \frac{dp_4(t)}{dt} = \lambda_{04}p_0(t) - \lambda_{47}p_4(t) - \lambda_{48}p_4(t); \\ \frac{dp_5(t)}{dt} = \lambda_{05}p_0(t) - \lambda_{57}p_5(t) - \lambda_{58}p_5(t); \\ \frac{dp_6(t)}{dt} = \lambda_{06}p_0(t) - \lambda_{67}p_6(t) - \lambda_{68}p_6(t); \\ \frac{dp_7(t)}{dt} = \lambda_{17}p_1(t) + \lambda_{27}p_2(t) + \lambda_{37}p_3(t) + \lambda_{47}p_4(t) + \lambda_{57}p_5(t) \\ \quad + \lambda_{67}p_6(t) - \lambda_{70}p_7(t); \\ \frac{dp_8(t)}{dt} = \lambda_{18}p_1(t) + \lambda_{28}p_2(t) + \lambda_{38}p_3(t) + \lambda_{48}p_4(t) + \lambda_{58}p_5(t) \\ \quad + \lambda_{68}p_6(t) - \lambda_{80}p_8(t) \end{array} \right. \quad (1)$$



Якщо врахувати, що можливі стани мобільної техніки статистично незалежні події, то для повної групи таких подій існує нормувальна умова в вигляді такої суми:

$$\sum_{i=0}^{i=8} P_0(t) = 1 \quad (2)$$

Щоб вирішити систему диференціальних рівнянь (1) відносно невідомих ймовірностей станів  $P(t)$ , задамося початковим розподілом ймовірностей в момент початку роботи при  $t = 0$ .

Правомірно допустити, що в початковий момент часу техніка знаходиться в працездатному стані і виконує свої функції. Тобто, система знаходиться в стані  $S_0$  з імовірністю  $P_0(0) = 1$ . Тоді, згідно з нормувальною умови, інші ймовірності станів рівні:

$$P_1(0) + P_2(0) + P_3(0) + P_4(0) + P_5(0) + P_6(0) + P_7(0) + P_8(0) = 0;$$

У сталому режимі експлуатації, коли перехідні процеси набувають деякий стаціонарний характер, ймовірності станів прагнуть до деяким своїм граничним (фінальним) значенням:  $P_i = \lim_{n \rightarrow \infty} P_i(t)$ .

Це характерно для стаціонарного режиму експлуатації. У такому режимі техніка переходить з одного стану в інший, але ймовірність знаходження в них залишаються постійними.

Кожна фінальна ймовірність набуває значення середнього відносного часу перебування техніки в тому чи іншому положенні. Якщо повернення в той чи інший стан можливий, то такий стан вважається істотним.

Для встановлення фінальних ймовірностей важливо (необхідно і досить), щоб з будь-якого істотного стану система (трактор) за якусь кількість кроків могла потрапити в інший будь-який суттєвий стан.

З графа станів мобільної сільськогосподарської техніки (Рис. 1) видно, що всі його стану істотні, бо після виконання кінцевої кількості кроків (переходів) завжди можливе повернення системи в будь-яке інше істотне. Це говорить про можливість досягнення встановлюючого режиму переходів, для якого виконується умова:  $P_i = \text{const}$ ,  $\lambda_{ij} = \text{const}$

В цьому випадку, виходячи з стаціонарності режиму, для сталого процесу буде справедлива рівність:

$$\frac{dp_i}{dt} = 0 \quad (3)$$



Тоді рішення системи диференціальних рівнянь може бути замінено рішенням системи лінійних алгебраїчних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \lambda_{70}P_7(t) + \lambda_{80}P_8(t) = (\lambda_{01} + \lambda_{02} + \lambda_{03} + \lambda_{04} + \lambda_{05} + \lambda_{06})P_0 \quad (4) \\ \lambda_{01}P_0 = \lambda_{17}P_1 + \lambda_{18}P_1; \quad (5) \\ \lambda_{02}P_0 = \lambda_{27}P_2 + \lambda_{28}P_2; \quad (6) \\ \lambda_{03}P_0 = \lambda_{37}P_3 + \lambda_{38}P_3; \quad (7) \\ \lambda_{04}P_0 = \lambda_{47}P_4 + \lambda_{48}P_4; \quad (8) \\ \lambda_{05}P_0 = \lambda_{57}P_5 + \lambda_{58}P_5; \quad (9) \\ \lambda_{06}P_0 = \lambda_{67}P_6 + \lambda_{68}P_6; \quad (10) \\ \lambda_{17}P_1 + \lambda_{27}P_2 + \lambda_{37}P_3 + \lambda_{47}P_4 + \lambda_{57}P_5 + \lambda_{67}P_6 = \lambda_{70}P_7; \quad (11) \\ \lambda_{18}P_1 + \lambda_{28}P_2 + \lambda_{38}P_3 + \lambda_{48}P_4 + \lambda_{58}P_5 + \lambda_{68}P_6 = \lambda_{80}P_8; \quad (12) \end{array} \right.$$

Таким чином, отримана система з дев'яти алгебраїчних рівнянь з дев'ятьма невідомими  $P_0 \dots P_8$ . Ці рівняння системи можуть бути доповнені нормувальною умовою (2).

Рішення системи виконаємо методом підстановок. Для цього необхідно замінити перше рівняння (4) нормувальною умовою (2). Із рівнянь (5 - 12) системи маємо:

$$\begin{aligned} P_1 &= P_0 \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}}; \quad P_2 = P_0 \frac{\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}}; \quad P_3 = P_0 \frac{\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}}; \quad (13) \\ P_4 &= P_0 \frac{\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}}; \quad P_5 = P_0 \frac{\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}}; \quad P_6 = P_0 \frac{\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}}; \\ P_7 &= P_0 \frac{\frac{\lambda_{17}\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}} + \frac{\lambda_{27}\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}} + \frac{\lambda_{37}\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}} + \frac{\lambda_{47}\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}} + \frac{\lambda_{57}\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}} + \frac{\lambda_{67}\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}}}{P_{70}}; \\ P_8 &= P_0 \frac{\frac{\lambda_{18}\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}} + \frac{\lambda_{28}\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}} + \frac{\lambda_{38}\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}} + \frac{\lambda_{48}\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}} + \frac{\lambda_{58}\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}} + \frac{\lambda_{68}\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}}}{P_{70}}; \end{aligned}$$

Вирішимо систему підставляючи в нормувальну умову значення всіх ймовірностей виражених через  $P_0$ :

$$\begin{aligned} &P_0 + P_0 \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}} + P_0 \frac{\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}} + P_0 \frac{\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}} + P_0 \frac{\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}} + P_0 \frac{\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}} + \\ &+ P_0 \frac{\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}} + P_0 \frac{\frac{\lambda_{17}\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}} + \frac{\lambda_{27}\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}} + \frac{\lambda_{37}\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}} + \frac{\lambda_{47}\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}} + \frac{\lambda_{57}\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}} + \frac{\lambda_{67}\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}}}{P_{70}} + \\ &+ P_0 \frac{\frac{\lambda_{18}\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}} + \frac{\lambda_{28}\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}} + \frac{\lambda_{38}\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}} + \frac{\lambda_{48}\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}} + \frac{\lambda_{58}\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}} + \frac{\lambda_{68}\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}}}{P_{80}} = 1 \end{aligned}$$

Вирішивши щодо  $P_0$  отримаємо:

$$P_0 = \left[ 1 + \frac{\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}} + \frac{\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}} + \frac{\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}} + \frac{\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}} + \frac{\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}} + \right.$$



$$\frac{\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}} + \frac{\frac{\lambda_{17}\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}} + \frac{\lambda_{27}\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}} + \frac{\lambda_{37}\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}} + \frac{\lambda_{47}\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}} + \frac{\lambda_{57}\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}} + \frac{\lambda_{67}\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}}}{P_{70}} + \frac{\frac{\lambda_{18}\lambda_{01}}{\lambda_{17} + \lambda_{18}} + \frac{\lambda_{28}\lambda_{02}}{\lambda_{27} + \lambda_{28}} + \frac{\lambda_{38}\lambda_{03}}{\lambda_{37} + \lambda_{38}} + \frac{\lambda_{48}\lambda_{04}}{\lambda_{47} + \lambda_{48}} + \frac{\lambda_{58}\lambda_{05}}{\lambda_{57} + \lambda_{58}} + \frac{\lambda_{68}\lambda_{06}}{\lambda_{67} + \lambda_{68}}}{P_{80}} \Big]^{-1}. \quad (14)$$

Відповідно маючи  $P_0$  за формулами (13) визначаються ймовірності  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8$ .

Для аналізу стану дослідженої техніки з точки зору її надійності представляє практичну цінність визначення впливу інтенсивностей потоків відмов і відновлень, що характеризують відокремлені підсистеми: механізм керування, електрообладнання, гідрообладнання, дизельний двигун, трансмісію і ходову частину.

У першому наближенні про інтенсивності подій, які переводять сільськогосподарську техніку з одного фіксованого стану в інше можна судити по середнім часам перебування її в тому чи іншому стані. Тому для розрахунків інтенсивностей переходів  $\lambda_{ij}$  використовується наступне співвідношення:

$$\lambda_{ij} = (T_i)^{-1}, \quad (15)$$

де  $T_i$  – середній час проведення  $i$ -тої операції.

При усуненні відмови, ремонтним виконавцям байдуже від якого трактора (агрегату) надходить відмова і який він за рахунком. Тому всі відмови умовно розділені на дві групи складності. Відмови першої групи усуваються ремонтом або заміною деталей, розташованих зовні вузлів і агрегатів, без їх розбирання, а також відмови, усунення яких вимагає позачергового проведення операцій ТО-1 і ТО-2. До першої групи належать нескладні відмови, усунення яких не вимагають глибокого розбирання агрегату (наприклад, розрив ремня генератора, роз'єднання троса управління роботою гідронасоса, підтікання оливи, зависання клапана і ін.) і, як правило, виконуються механізатором. Відмови другої групи усуваються ремонтом або заміною легкодоступних вузлів і агрегатів, а також ті, усунення яких вимагає розкриття внутрішніх порожнин основних агрегатів без їх розбирання або позачергового проведення операцій ТО-2. До другої групи відносяться більш складні відмови (наприклад, руйнування підшипника, заклинювання гідромотора, руйнування кільця в гідроциліндрі, руйнування шестерні та ін.).

Для аналізу системи в числовому вигляді, були використані результати власних експлуатаційних досліджень, а також експертні



оцінки фахівців з ремонту та обслуговуванню сільськогосподарської техніки по Запорізькій, Вінницькій та Хмельницькій областях. Результати наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Характеристика відмов агрегатів і систем сільськогосподарської техніки

Найменування вузлів та агрегатів	Середній наробіток на відмову, год.	Кількість відмов	
		Перша група	Друга група
S <sub>1</sub> , Механізм керування	761,6	15	25
S <sub>2</sub> , Електрообладнання	336,5	10	11
S <sub>3</sub> , Гідрообладнання	357,3	22	14
S <sub>4</sub> , Дизельний двигун	623,2	12	20
S <sub>5</sub> , Трансмісія	1042,6	4	9
S <sub>6</sub> , Ходова частина	858,6	7	12

Діагностування несправності (визначення групи складності відмови I чи II) і підготовка до ремонту в середньому займає час  $T_{i7} = 0,1$  год. і

Час проведення ремонту I групи складності становить  $T_{i7} = 0,3$  год, а для II групи складності  $T_{i8} = 0,5$  год, за умови наявності відповідної ремонтної бази і запасних частин.

$\lambda_{01} = 13,13 \cdot 10^{-4}$ ,  $\lambda_{02} = 29,71 \cdot 10^{-4}$ ,  $\lambda_{03} = 27,99 \cdot 10^{-4}$ ,  $\lambda_{04} = 16,05 \cdot 10^{-4}$ ,  $\lambda_{05} = 9,59 \cdot 10^{-4}$ ,  $\lambda_{06} = 11,64 \cdot 10^{-4}$ ,  $\lambda_{70} = 3,3$ ,  $\lambda_{80} = 2,0$ ,  $\lambda_{17} = 0,0197$ ,  $\lambda_{27} = 0,0298$ ,  $\lambda_{37} = 0,0615$ ,  $\lambda_{47} = 0,0193$ ,  $\lambda_{57} = 0,0038$ ,  $\lambda_{67} = 0,0081$ ,  $\lambda_{18} = 0,033$ ,  $\lambda_{28} = 0,0327$ ,  $\lambda_{38} = 0,0391$ ,  $\lambda_{48} = 0,0337$ ,  $\lambda_{58} = 0,0086$ ,  $\lambda_{68} = 0,0139$ .

Розраховуємо  $P_0$  за формулою (14):

$$P_0 = [1 + 0,262 + 0,0014 + 0,00306]^{-1} = 0,789$$

За формулами (13) знаходимо  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$ .

$$P_1 = 0,020, P_2 = 0,038, P_3 = 0,022, P_4 = 0,024, P_5 = 0,062, P_6 = 0,042.$$

**Висновки:** 1. Аналіз надійності сільськогосподарської техніки може бути проведений на основі побудови розміченого графа станів,



який функціонально об'єднує характерні істотні дисперсні положення підсистем: механізм керування; електрообладнання; гідрообладнання; дизельні двигуни; трансмісія; ходова частина.

2. В період експлуатації в межах заданого ресурсу розмічений граф не має тупикових станів, а ймовірності переходів сільськогосподарської техніки з одного в інше стабілізується в області фінальних своїх значень, які характеризують рівень надійності окремих агрегатів (підсистем).

3. Характеристика відмов агрегатів і систем сільськогосподарської техніки при експлуатації на біопально-мастильних матеріалах свідчить про значні показники щодо кількості відмов по групам складності. Для зменшення кількості відмов необхідно провести комплекс заходів для адаптації сільськогосподарської техніки при експлуатації на біопально-мастильних матеріалах.

#### Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Підвищення довговічності функціональних систем сільськогосподарської техніки при використанні біопаливно-мастильних матеріалів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2018. Вип. 282. С.279–292.

2. Журавель Д. П. Моделювання процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі. *Праці ТДАТУ*. Вип. 18.т.2. Мелітополь, 2018. С. 105–118.

3. Журавель Д.П. Підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних паливних. *Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання*. Вип.8. Т.2. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 91–107.

4. Журавель Д.П. Моделювання працездатності машино-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі. *Праці ТДАТУ*. Вип. 19.Т.3. Мелітополь, 2019. С.57–68.

5. Мілько Д. О. Методика складання раціону великої рогатої худоби на основі поживної цінності кормових компонентів. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник*. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 91–96.

6. Бондар А. М. Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки. *Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник*. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 125-131.

7. Galina Gritsaenko, Igor Gritsaenko, Andrei Bondar. Mechanism for the Maintenance of Investment in Agriculture. *Modern Development Paths*





*of Agricultural Production*. Springer Nature Switzerland AG., 2019. P.29–40.

8. Kyrylo Samoichuk, Olga Viunyk, Dmytro Milko, Andrii Bondar Research on milk homogenization in the stream homogenizer with separate cream feeding. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2020. Vol. 14. P. 142–148.

9. Dmitry Milko, Kyrylo Samoichuk, Yulia Postol Revealing new patterns in resourcesaving processing of chromium-containing ore raw materials by solidphase reduction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020. Vol. 1/12(103). P. 24–29.

10. Dmytro Milko., Oleksandr Sclyar., Radmila Sclyar., Ganna Pedchenko. Results of the nutritional preservation research of the alfalfa laying on storage with two-phase compaction. *INMATEH - Agricultural Engineering*. National Institute Of Research-Development For Machines And Installations Designed To Agriculture And Food Industry - INMA Bucharest, Vol. 60, no.1 / 2020. P. 269–274.

11. Kyrylo Samoichuk, Nadiya Palyanichka, Vadim Oleksienko, Serhii Petrychenko. Improving the quality of milk dispersion in a counter-jet homogenizer. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2020. Vol. 14. P. 633–640.

12. Struchaiev N., Postol Y., Stopin Y., Zhuravel D., Hulevskiy V. Ways to impro the efficiency of pipelines heat insulation. *Problems of the Regional Energetics*, 2 (46) 2020. P. 43–52.

13. Korobka S., Syrotyuk S., Boltianskyi B., Boltianska L. Solar dryer with integrated energy Unit. *Problems of the Regional Energetics*, 2 (50) 2021. P. 60–75.

14. Бондар А.М. Покращення та оцінка якісних показників відпрацьованих автотракторних олив для сільськогосподарської техніки. *Науковий вісник ТДАТУ: електронне наукове фахове видання*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 15 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-6.

15. Бондар А.М. Прогнозування ресурсу трибосистем при використанні сумішевих олив. *Науковий вісник ТДАТУ: електронне наукове фахове видання*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 19 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-10.

16. Nadikto V., Chebanov A., Verechaga O. Improving the efficiency of pressing the male of castor seeds in the screw press. *Norwegian Journal of development of the International Science*, vol.1. No 59/2021. P. 48–53.

17. Бондар А.М., Дашивець Г.І., Паніна В.В. Обґрунтування швидкісних параметрів роботи машино-тракторного агрегату. *Науковий вісник ТДАТУ: електронне наукове фахове видання*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. С. 85–97. 13 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-16.



18. Dmytro Zhuravel. Research of lubricant properties of used tractor motor oils. *Науковий вісник ТДАУ: електронне наукове фахове видання*. Мелітополь: ТДАУ, 2021. Вип. 11, том 2. 18 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-5.

19. Kuznetsov, M., Lysenko, O., Chebanov, A. (2021). Ensuring power balance in a hybrid power system with a backup generator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (114)), 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245557>.

20. Бондар А. М., Дашивець Г. І., Паніна В. В. Методика обробки емпіричних даних якісних показників роботи колісної машини. *Науковий вісник ТДАУ: електронне наукове фахове видання*. Гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев., Мелітополь: ТДАУ, 2022. Вип. 12, том 2. 13 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-2.

21. Samoichuk, K.; Petrychenko, S.; Bondar, A.; Hutsol, T.; Kubo' n, M.; Niemiec, M.; Mykhailova, L.; Gródek-Szostak, Z.; Sorokin, D. Modeling of Diesel Engine Fuel Systems Reliability When Operating on Biofuels. *Energies*, 2022, 15, 1795. <https://doi.org/10.3390/en15051795>.

22. Каплан, М.; Klimek, K.; Maj, G.; Bondar, A.; Lemeshchenko-Lagoda, V.; Boltianskyi, B.; Boltianska, L.; Syrotyuk, H.; Syrotyuk, S.; et al. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies*, 2022, 15, 3416. <https://doi.org/10.3390/en15093416>.

Стаття надійшла до редакції 05.11.2022 р.

**D. Zhuravel, A. Bondar, D. Filenko**  
**Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university**

**STRUCTURAL ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF  
AGRICULTURAL MACHINERY IN OPERATION  
ON BIOGRAPHY AND LUBRICANTS**

***Summary***

The paper considers agricultural machinery as a complex multi - operational system. The limited volume and contradictory results of research in the field of replacement of petroleum fuels with biological ones do not allow to unambiguously judge the impact of biofuel composition on energy, fuel and economic, environmental and other indicators that form the technical level of agricultural machinery. The available published incomplete statistics on the level of reliability of different types of operated machines and systems at present due to the intensive development of production do not fully reflect the actual state of the problem, especially against the background of the use of alternative fuels and lubricants of biological origin. Analysis of the system in numerical form, the results of own operational researches, and also expert estimations of experts in repair and service of agricultural machinery were used. Graphs of the state of agricultural machinery during its operation are made and the value of the probability of being in each of the states is determined. Units were identified, due to which there is the greatest probability of



agricultural machinery being in a state of repair. During the period of operation within the given resource the marked graph has no deadlocks, and the probability of transitions of agricultural machinery from one to another is stabilized in the area of its final values, which characterize the level of reliability of individual units. The characteristics of failures of units and systems of agricultural machinery during operation on biofuel and lubricants indicate significant indicators of the number of failures by groups of complexity. To reduce the number of failures, it is necessary to carry out a set of measures for the adaptation of agricultural machinery during operation on biofuels and lubricants.

**Keywords:** biofuels, reliability modeling, agricultural machinery, diagnostics, failure probability, state graph, structural analysis, resource forecasting.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-6

УДК 637.134

К. О. Самойчук, д.т.н, проф.,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

О. О. Ковальов, к.т.н., ст. викл.,

ORCID: 0000-0002-4974-5201

Н. О. Фучаджи, к.т.н., ст. викл.

ORCID: 0000-0001-9433-6282

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: oleksandr\_kovalov@tsatu.edu.ua, тел.: (096)3205531

## МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПРОМИСЛОВОГО ЗРАЗКА СТРУМИННО-ЩІЛИННОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА

*Анотація.* В статті було приведено вихідні дані для розрахунку основних конструктивних, гідравлічних, технологічних параметрів промислового зразку гомогенізатора в їх зв'язку з середнім діаметром жирових кульок після диспергування, потужністю приводів насосів та питомими енергетичними витратами процесу гомогенізації. Була розроблена методика розрахунку основних параметрів струминно-щілинного гомогенізатора молока в їх зв'язку з показниками якості та енерговитратами диспергування. Розраховані основні конструктивні параметри обладнання для продуктивності 1000, 2500, 5000 та 10000 кг/год. Отримані результати дозволять розробити промисловий зразок, скласти технічну документацію та передати її виробнику для впровадження в технологічні процеси переробки молока.

*Ключові слова:* продуктивність, промисловий зразок, струминно-щілинний гомогенізатор, енергоефективність, гомогенізація, розрахунок.

*Постановка проблеми.* Диспергування широко використовується в молокопереробній промисловості для отримання однорідних емульсій. В ході її проведення середній діаметр жирових кульок в молоці зменшується з початкових 3–4 мкм до 0,8–1,2 мкм, що обумовлюється технологічними вимогами виробництва [1]. Операція проводиться в складі більшості технологічних процесів з переробки молочної продукції для збільшення терміну зберігання, підвищення поживної цінності виробів, зменшення показнику втрат молочного жиру з тарою [2]. Разом з цим характерною рисою гомогенізації є надмірно високі значення питомих витрат енергії, які для найбільш поширених в промисловості клапанних машин складають понад 8

кВт·год/т готового продукту, що за показником питомих витрат енергії наближується до питомих енерговитрат процесу подрібнення зерна в молоткових дробарках (9–16 кВт·год/т) [1, 3].

Підвищення енергоефективності диспергування молочних продуктів являє собою актуальну задачу, оскільки на переробку однієї тони продукту витрачається понад 8 кВт·год/т електричної енергії. Дослідження, спрямовані на підвищення енергоефективності процесу гомогенізації ускладнюються відсутністю загальної теорії, яка б вичерпно пояснювала сутність процесів, які відбуваються в зоні клапанної щілини [4]. Це пов'язано з мікроскопічним розміром досліджуваних часток, середній діаметр яких складає менше 1 мкм та високою швидкістю руху рідини, величина якої перевищує 100 м/с. Відомо близько 7 гіпотез процесу диспергування, на базі яких створено понад 10 конструкцій гомогенізаторів, кожна з яких або має високі енерговитрати, або не забезпечує технологічно заданої якості кінцевого продукту [3,5].

*Аналіз останніх досліджень.* Перспективні дослідження провідних вчених свідчать, що досягти суттєвого зниження енергетичних витрат при забезпеченні середнього діаметра жирових кульок на рівні технологічно обумовлених вимог можливо шляхом впровадження конструкцій, принцип дії яких засновано на створенні максимальної різниці між швидкостями дисперсійної та дисперсної фаз продукту [4]. Однією з таких конструкцій є струминно-щілинний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків, лабораторний зразок якого було розроблено на базі кафедри ОПХВ імені професора Ф. Ю. Ялпачика (ТДАТУ імені Дмитра Моторного), конструктивну схему якого наведено на рис.1 [4,6].

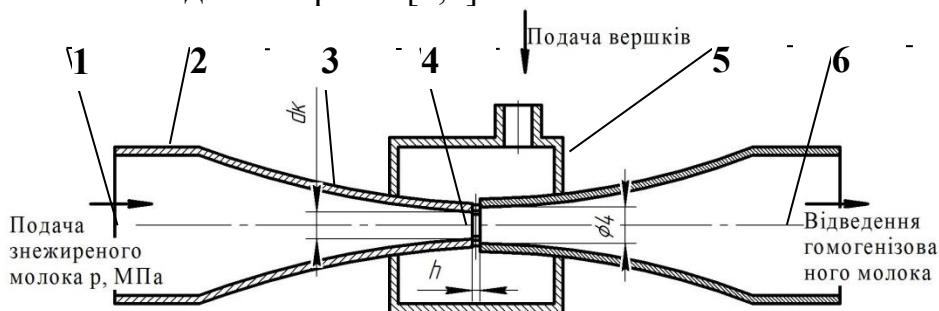


Рисунок 1. Схема струминно-щілинного гомогенізатора молока

Струминно-щілинний гомогенізатор молока складається з гомогенізуючого вузлу 2, до якого знежирене молоко після попереднього проходження сепарації під тиском подається крізь патрубок 1. Проходячи за довжиною конфузору 3 знежирене молоко досягає місця найбільшого звуження 4, розміром  $d_k$ , де до нього з ємності з вершками 5 крізь щілину шириною  $h$  подається необхідна



кількість вершків [4, 6]. Необхідний об'єм вершків розраховується згідно рівняння матеріального балансу в залежності від необхідної жирності кінцевого продукту та жирності вершків, що використовуються при нормалізації. Таким чином використання струминного гомогенізатора молока щілинного типу дозволяє одночасно проводити диспергування та нормалізацію. Гомогенізоване молоко відводиться крізь патрубков 6.

Аналітичні та експериментальні дослідження процесу диспергування в струминно-щілинному гомогенізаторі молока щілинного типу дозволяють стверджувати, що при середньому діаметрі жирових кульок 0,8 мкм енергетичні витрати для забезпечення роботи машини складають 0,7–0,75 кВт·год/т гомогенізованого молока [7].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Для практичної реалізації отриманих результатів та впровадження струминно-щілинного диспергатора в виробництво необхідно розробити методику розрахунку параметрів промислового зразка гомогенізатора. Отже метою даної статті є розробка послідовності розрахунків для впровадження розробленого гомогенізатора в промислового виробництві. Для створення методики розрахунку промислового зразка струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків використовувались аналітичні залежності та результати обробки експериментальних досліджень. Для досягнення поставленої мети вирішувалось наступні задачі:

- визначались вихідні технологічні дані для розробки промислового зразку струминно-щілинного диспергатора;
- виконувався підбір обладнання, а саме двигунів, видів передач та насосів для подачі дисперсійної (знежирене молоко) та дисперсної (вершки) фаз продукту;
- встановлювалась послідовність проведення розрахунку та проводилось обчислення конструктивних, гідравлічних та технологічних параметрів в зв'язку з показниками якості (середнім діаметром жирових кульок після гомогенізації), потужністю та питомими енергетичними витратами процесу.

*Основна частина.* Вихідними технологічними даними для розрахунку струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею жирової фази з використанням нормалізації за жирністю є:

- необхідний середній діаметр жирових кульок молока  $d_{cp}$  після гомогенізації [7,8];
- загальна продуктивність струминно-щілинного гомогенізатора  $Q_g$ , мінімальні значення якої для промислового зразку складають 1000 кг/год [8], або  $2,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$ ;
- жирність знежиреного молока, що відповідно до нормативних вимог для процесів нормалізації знаходиться на рівні 0,05% [7,9];



– жирність вершків, що задана технологічними вимогами проведення процесу та згідно результатів аналітичних та експериментальних досліджень для отримання високого ступеню дисперсності має дорівнювати 40–50% [6].

Максимальний ступінь дисперсності ( $d_{cp}=0,8$  мкм) серед відомих машин, що використовуються у молокопереробній галузі забезпечують клапанні гомогенізатори [10]. При цьому відбувається зменшення середнього розміру жирових кульок у 4 рази. Це є достатнім показником з точки зору технологічних процесів з виробництва молочних продуктів, які використовують гомогенізацію, що дає змогу прийняти його в якості розрахункового параметру промислової установки.

В технологічних лініях виробництва молочних продуктів, у більшості випадків, диспергатор встановлюють після пастеризації [1,3]. При одночасному проведенні нормалізації і гомогенізації, їх проведенню передують операції сепарації, що доцільно проводити при 65–70 °С. Раціональні значення температури молока, дорівнюють 60...65 °С [3, 9].

Більшість технологічних інструкцій, що регламентують виробництво молочної продукції для отримання заданої дисперсності готового продукту визначаються значенням тиску диспергування клапанного гомогенізатора [7,11]. При цьому розрахувати середній діаметр жирових кульок після гомогенізації можливо за формулою, запропонованою Барановським [3].

Для визначення продуктивності по знежиреному молоку та вершках, з рівняння матеріального балансу визначаємо подачу компонентів емульсії [1,12]

$$Q_2 = \frac{Q_{zn} (J_v - J_{zn})}{\rho_m (J_v - J_n)}, \quad (1)$$

$$Q_2 = \frac{Q_v (J_v - J_{zn})}{J_n - J_{zn}}, \quad (2)$$

де  $Q_v$ ,  $Q_{zn}$ ,  $Q_2$  – подача нормалізованого за жирністю молока, подача знежиреного молока та вершків, м<sup>3</sup>/с;

$\rho_{пл}$  – густина молочної плазми, кг/м<sup>3</sup>;

$J_n$ ,  $J_{zn}$ ,  $J_v$  – жирність відповідно нормалізованого, знежиреного молока та вершків, %.

Якщо жирність жирової фази не задана вимогами, з метою отримання жирових кульок, з меншим середнім діаметром кожної частки рекомендовано використовувати найбільшу жирність, обумовлену технологією виробництва продукту [4,11]. Для розрахунку приймаємо  $J_v=40\%$ ,  $J_{zn}=0,05\%$ ,  $J_n=3,2\%$ .

Необхідну швидкість знежиреного молока для отримання



продукту з заданим середнім розміром жирових часток знаходимо з формули (3) [6]

$$v_{zn} = \sqrt{\frac{We_k \cdot \sigma_{ж-п}}{2\rho_{пл} \cdot d_{cp} \cdot k_{щ}^2}}, \quad (3)$$

де  $We_k$  – критичне значення критерію Вебера;

$k_{щ}$  – коефіцієнт струминно–щілинного гомогенізатора;

$\sigma_{ж-п}$  – поверхневий натяг на межі розділу жиру та плазми, Н/м.

Для розрахунку приймаємо  $We_k=28$ ,  $k_{щ}=0,8$ .

Параметри камери гомогенізації в місці найбільшого звуження струминного гомогенізатора при використанні камери, що має циліндричну форму визначимо з формули (4)

$$v_{zn} = \frac{Q_{zn}}{\varepsilon_k \cdot S}, \quad (4)$$

де  $\varepsilon_k$  – коефіцієнт стиснення для центральної частини камери, який залежить від форми камери та дорівнює 1 для внутрішніх поверхонь, що мають циліндричну форму;

$S$  – площа перетину камери струминно–щілинного диспергатора в місці найбільшого звуження, м<sup>2</sup>.

$$S = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4}. \quad (5)$$

З формули (4) з врахуванням (5) визначимо діаметр камери в місці найбільшого звуження як

$$d_{кам} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{zn}}{\varepsilon_k \cdot \pi \cdot v_{zn}}}, \quad (6)$$

де  $v_{zn}$  – швидкість подачі знежиреного молока, м/с;

Для розрахунків ширину кільцевої щілини для подачі вершків прийемо  $h=0,6-0,8$  мм, тобто значення, які були визначені при проведенні оптимізації експериментальних даних [11].

Швидкість подачі вершків у місці їх включення до потоку знежиреного молока можна знайти зі співвідношення

$$v_6 = \frac{Q_6}{\pi \cdot d_k \cdot h}. \quad (7)$$

Для гарантованого забезпечення подачі знежиреного молока та вершків, слід обирати насоси об'ємного типу дії, надлишкові тиски для підбору яких після перетворень визначаються зі співвідношень (8) і (9) [12,13]

$$\Delta p_{zn} = \frac{8 \cdot Q_{zn}^2 \cdot \rho_{zn}}{\mu_k^2 \cdot \pi^2 \cdot d_k^4}, \quad (8)$$

$$\Delta p_6 = \frac{Q_6^2 \cdot \rho_6}{2\mu_6^2 \cdot \pi^2 \cdot d_k^2 \cdot h^2}, \quad (9)$$





де  $\Delta p_{zn}$ ,  $\Delta p_v$  – тиск подачі знежиреного молока та вершків, МПа.

$\rho_{zn}$ ,  $\rho_v$  – густина молочної плазми та вершків, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_k$  – коефіцієнт витрат для внутрішніх поверхонь циліндричної камери в місці найбільшого звуження складає 0,82;

$\mu_v$  – коефіцієнт витрат для внутрішніх поверхонь конфузора та дифузора на початковій ділянці в місці всмоктування вершків до щілинного каналу, приймався рівним 0,8.

Потужності насосів, що використовуються для приводу насосів подачі знежиреного молока  $P_{zn}$  та вершків  $P_v$  можна визначити з залежностей

$$P_v = \frac{Q_v \cdot \Delta p_v}{\eta_v}, \quad (10)$$

$$P_{zn} = \frac{Q_{zn} \cdot \Delta p_{zn}}{\eta_{zn} \eta_{пзн}}, \quad (11)$$

де  $\eta_{nv}$ ,  $\eta_{nzn}$  – відповідно коефіцієнти корисної дії насоса подачі вершків і знежиреного молока;

$\eta_{пзн}$  – коефіцієнт корисної дії редуктора і передачі між насосом подачі дисперсійної фази та відповідним електродвигуном.

Для подавання вершків в промисловому зразку пропонується використовувати насос ВЕ-G20 НР 0.6, коефіцієнт корисної дії якого складає 0,8. Для приводу насоса використовується асинхронний електричний двигун АИРЕ 71 L-2 потужністю 0,55 кВт з коефіцієнтом корисної дії, що дорівнює 0,71. Для подавання знежиреного молока використовується насос НШП-10, що має максимальну продуктивність на рівні 10 м<sup>3</sup>/год при тиску 2,4 МПа та коефіцієнті корисної дії 0,81. Між ним та двигуном встановлюється циліндричний редуктор 1ЦУ-160 з передаточним відношенням 2...2,5 та коефіцієнтом корисної дії 0,98 [1,12]. Для приводу харчового насоса подачі знежиреного молока використовується електричний двигун 3000 с<sup>-1</sup> АИРС 112 М2 потужністю 7,5 кВт та з коефіцієнтом корисної дії 0,84 [12,14].

Загальна потужність струминного гомогенізатора визначається з формули

$$P = \frac{P_{zn} + P_v}{\eta_{двв} \eta_{двз}}. \quad (12)$$

де  $\eta_{двв}$ ,  $\eta_{двз}$  – коефіцієнти корисної дії двигунів приводу насосів подачі вершків та знежиреного молока.

Питомі витрати енергії струминно-щілинного гомогенізатора молока можна визначити як



$$E_{num} = \frac{P}{Q_2}. \quad (13)$$

Основні конструктивні, технологічні та енергетичні показники для типового ряду гомогенізаторів за показником продуктивності зведені до табл.1.

Таблиця 1

Розрахункові дані типорозмірів струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільним подаванням вершків

Продуктивність, $Q_r$ , т/год	Діаметр камери, $d_k$ , мм	Ширина щілини, $h$ , мм	Потужність насосу вершків, $P_v$ , кВт	Потужність насосу знежир. молока, $P_{zn}$ , кВт	Сумарна потужність, $P$ , кВт	Питоме енергоспоживання, $E_{пит}$ кВт·год/т
1,0	2,60	0,60	0,128	0,616	0,744	0,74
2,5	4,00	0,70	0,128	1,719	1,847	0,74
5,0	5,65	0,75	0,241	3,455	3,696	0,74
10,0	8,00	0,80	0,528	6,876	7,404	0,74

Аналіз отриманих результатів (табл. 1) дає змогу встановити, що однакові потужності для приводу насосів подачі вершків для продуктивності 1 та 2,5 т/год досягаються за рахунок збільшення величини кільцевої щілини на 0,1 мм. В подальшому за умови збільшення ширини щілини на 0,05 мм необхідні потужності приводу насосів подачі вершків збільшуються вдвічі при 5 та 10 т/год. Збільшення ширини кільцевої щілини необхідно для забезпечення заданої продуктивності промислового зразка, при цьому швидкість подачі вершків збільшується з 4,3 м/с для продуктивності 1 т/год до 10,5 м/с при продуктивності 10 т/год, що забезпечує технологічно обумовлену для отримання необхідного середнього діаметра жирових кульок різницю швидкостей дисперсійної (44–53 м/с) та дисперсної (4,3–10,5 м/с) фаз.

Майже 10 разове зростання необхідної потужності для приводу насосу подачі знежиреного молока прямо корелює з зростанням продуктивності з 1 до 10 т/год при зростанні потужності з 0,616 кВт до 6,876 кВт. Менш виразне зростання потужності насосу подачі вершків з 0,128 кВт при 1 та 2,5 т/год до 0,528 кВт при продуктивності 10 т/год



пояснюється поступовим збільшенням ширини кільцевої щілини. Отримані дані свідчать про 10 разове зниження питомих енерговитрат процесу диспергування порівняно з найбільш поширеними в промисловості клапанними диспергаторами та зниження енерговитрат на 20% порівняно з їх показником для протитечійно-струминного гомогенізатора. Цей ефект досягається за рахунок зниження робочого тиску процесу та швидкості подачі знежиреного молока і вершків при подачі вершків в місці найбільшого звуження, а отже й максимальної різниці швидкостей фаз.

*Висновки.* З метою зниження енергетичних витрат, що витрачаються на процес гомогенізації при впровадженні в виробництво струминно-щілинного гомогенізатора молока, була розроблена методика розрахунку промислового зразку, яка дозволила розрахувати основні параметри струминно-щілинного гомогенізатора для продуктивності 1–10 т/год. Наведено методику розрахунку продуктивності по знежиреному молоку та вершках, швидкості подачі та тиску знежиреного молока, швидкості та тиску подачі вершків, діаметра камери в місці найбільшого звуження, потужності для приводу насосів подачі знежиреного молока та вершків і питомі енергетичні витрати процесу для промислових гомогенізаторів вказаного діапазону продуктивності.

Встановлено, що потужність, необхідна для приводу насоса для подачі знежиреного молока перевищує потужність насоса, що використовується для подачі вершків у 4,8 рази при продуктивності 1 т/год та в 14,3 рази при продуктивності 5 т/год. Зростання потужності для приводу насоса подачі знежиреного молока має пряму кореляцію з ростом продуктивності струминно-щілинного гомогенізатора. Менш виразне зростання потужності насоса для подачі вершків (4,12 рази) при збільшенні продуктивності забезпечується за рахунок збільшення ширини кільцевої щілини в межах значень параметру, визначеного при проведенні оптимізації.

В ході подальших досліджень планується розробка промислового зразку, передача документації виробнику та подальша оцінка економічної ефективності від впровадження струминно-щілинного гомогенізатора молока.

#### Список використаних джерел

1. Walstra P., Wouters J. T. M. and Geurts T. J. Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Boca Raton London New York. 2006, 279. p.
2. Liao, Y. X., Lucas, D. A literature review of theoretical models for drop and bubble breakup in turbulent dispersions. *Chem. Eng. Sci.*, 2009. 64, Pp 3389–3406.



3. Нужин Е. В., Гладушняк А. К. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография. Одесса: Печатный дом. 2007. 264 с.
4. Ковальов О. О. Обґрунтування параметрів струминно-щільного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11. ТДАТУ. Мелітополь, 2021. -20 с.
5. Huppertz T. Homogenization of Milk Other Types of Homogenizer (High-Speed Mixing, Ultrasonics, Microfluidizers, Membrane Emulsification). *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd Edition, 2011. pp 761–764.
6. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Борохов І. В., Паляничка Н. О. Аналітичні дослідження енергетичних показників і параметрів якості струминно-щільного гомогенізатора молока. *Праці ТДАТУ*. ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 1. С. 3–18.
7. Samoichuk K., Kovalyov A., Oleksienko V., Palianychka N., Dmytrevskiy D., Chervonyi V., Horielkov D., Zolotukhina I., Slashcheva A. Determination of fat milk dispersion quality in the jet-slot type milk homogenizer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 5/11 (107). Pp 16–24.
8. Håkansson, A., Fuchs, L., Innings, F., Revstedt, J., Trägårdh, C., Bergenståhl, B. Velocity measurements of turbulent two-phase flow in a high-pressure homogenizer model. *Chemical Engineering Communications*, 200, 2013. Pp. 93–114.
9. Jiang, B., Shi, Y., Lin, G., Kong, D., Du, J. Nanoemulsion prepared by homogenizer : The CFD model research. *Journal of Food Engineering*, 2019. 241, Pp. 105–115.
10. Dhankhar P. Homogenization fundamentals. *IOSR Journal of Engineering*, 4(5), 2014. Pp.1–8.
11. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Колодій О. С., Серий І. О. Оптимізація експериментальних параметрів та визначення експериментального значення критерію Вебера струминно-щільного гомогенізатора молока. *Праці ТДАТУ*, Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип.19. Том3. С 78–85.
12. Дідур В.А., Савченко О.Д., Журавель Д.П., Мовчан С.І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. Підручник. К: Аграрна освіта. 2008. 577 с.
13. Ward K., Fan Z. H. Mixing in microfluidic devices and enhancement methods. *Journal of Micromechanics and Microengineering* 25, (2015).
14. Walstra P, Wouters J T M and Geurts T J. Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Second Edn. Taylor & Francis Group, LLC. Boca Raton London New York. 2006, 279 p.



Стаття надійшла до редакції 12.12.2022 р.

**K. Samoichuk, A. Kovalov, N. Fuchadzhy**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **METHOD OF CALCULATING THE PARAMETERS OF THE INDUSTRIAL SAMPLE OF THE FLOW-SLOT MILK HOMOGENIZER**

### **Summary**

Increasing the energy efficiency of the process of dispersing dairy products is an urgent task, since more than 8 kWh/t of electrical energy is spent on the processing of one ton of product. The results of prospective studies allow us to state that a significant reduction in energy costs for homogenization can be achieved through the development and implementation of designs in production, the principle of operation of which is based on creating the maximum difference between the speeds of the dispersed (skimmed milk) and dispersed (cream) phases of the product.

For the implementation of the developed structures and the practical implementation of the obtained results in the conditions of real production, it is necessary to develop a methodology for calculating the industrial model of the jet-slit milk homogenizer. To achieve this goal, the article provided initial data for calculating the main structural, hydraulic, and technological parameters of an industrial model of a jet-slit homogenizer in relation to the average diameter of fat balls after dispersion, the power of pump drives, and the specific energy consumption of the homogenization process.

Among the parameters determined by the sequence of calculation should be mentioned the productivity of skimmed milk and cream, the speed of skim milk, the diameter of the chamber at the point of the largest narrowing, the speed of the cream, the excess pressures of the pumps supplying the dispersion and dispersed phase, the power of the pumps and the specific energy consumption of the process. The article provides data on selected pumps, electric motors and gears used to supply skimmed milk and cream. The main design parameters of the equipment are calculated for the productivity of 1000, 2500, 5000 and 10000 kg/h.

The obtained results will make it possible to develop an industrial model, draw up technical documentation and hand it over to the manufacturer for implementation in the technological processes of milk processing and to calculate, based on the obtained data, the economic efficiency indicators of the introduction of an industrial model of a jet-slit milk homogenizer with separate cream supply.

**Keywords:** productivity, industrial model, jet-slit homogenizer, energy efficiency, homogenization, calculation.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-7

UDC 631.86:631.15

A. S. Komar, engineer

ORCID: 0000-0001-7037-8402

Dmitry Motorny Tavria state agrotechnological university

e-mail: artem.komar@tsatu.edu.ua

## MODERN TECHNOLOGIES FOR PROCESSING LIVESTOCK MANURE AND POULTRY LITTER INTO HIGH-QUALITY FERTILIZERS

*Summary.* The article analyzes the state of modern technologies for processing manure from livestock enterprises and poultry manure into concentrated fertilizers. It was revealed that in most cases there are no systems for the accumulation and processing of excrement in the poultry and livestock farms of the Zaporizhzhia region. The purpose of the research work was an in-depth review of modern technologies for processing various fractions of manure from livestock enterprises and poultry manure into concentrated fertilizers. The advantages of technologies for accelerated composting of various manure fractions into concentrated organic compost with the addition of a biologically active  $\alpha$ -additive and the use of straw are determined. The technical methods of implementing excrement processing technologies are considered. The most modern technologies for the production of concentrated fertilizers from poultry manure, acceptable for use in the Zaporizhzhia region, are vacuum drying and granulation.

*Key words:* technology, solid manure, liquid manure, poultry litter, concentrated fertilizer, vacuum drying, granulation.

*Formulation of the problem.* In connection with the growth of crisis phenomena in the world, the catalysts of which were the unstable political situation, the state must first of all address the issues of food security. The basic structure of Ukraine for food production is the agro-industrial complex, because its infrastructure ensures the production and processing of grain, meat, milk, eggs, etc. [1, 2].

The protracted reorganization of the agro-industrial complex does not contribute to the positive development of the sectors of crop production, animal husbandry and agriculture in general. The lack of balance in the structures of the agro-industrial complex in animal husbandry and crop production has created two main problems: a decrease in soil fertility associated with insufficient application of organic fertilizers and environmental pollution by large-scale dumps of organic waste from animal



husbandry and poultry farming (animal excrement, droppings, urine, and manure) [3, 4].

Zaporizhzhia region has an area of arable land of more than 1903 thousand hectares, an area treated with organic fertilizers for agricultural crops in 2021 amounted to 79,7 thousand hectares, which is only 4,2 % of the total area [5]. Shortage of the required amount of organic fertilizers in crop production is one of the most important reasons for the decline in soil fertility.

The reason for the introduction of small doses of organic fertilizers is their high price on the market, the complexity of the operation, not always satisfactory quality, the lack of effective technologies for processing livestock manure and poultry litter into high-quality concentrated fertilizers and technical means for their sale [6].

The solution of this problem will allow not only to process the manure of livestock enterprises and poultry litter into high-quality concentrated fertilizers, but also to increase the profitability of growing crops. The introduction of organic fertilizer into the soil can significantly increase the amount of the crop.

*Analysis of previous research.* The scientific works of many foreign scientists are devoted to the improvement of existing and the development of fundamentally new technologies for processing livestock manure and poultry litter (Wilson D. G., Malofeev V. I., Sommer S. G. [7], Shafeeva A. F., Christensen M. L. [7], Mogilevtsev V. I., Whiting D. [8], Bryukhanov A. Yu., Maksimov D. A., Vasiliev E. V., Mazur Z. [9], Afanasyev A. V., Golubev I. G., Shvanska I. A., Mishurov N. P. [10], Kachanova L. S. [4, 11]) , as well as Ukrainian scientists (Linnyk M. K., Senchuk M. M., Zakharenko M. O., Yaremchuk O. S., Shevchenko L. V., Polyakovsky V. M., Zhuravel S. V., Kravchuk M. M., Kropyvnytskyi R. B. [12, 13]). According to experts, the main requirement for an organic fertilizer prepared for use is the absence of invasive pathogens, infectious diseases, and viable weed seeds [14]. Today, the methods of processing livestock manure and poultry litter, which disrupt the normal course of physiological processes in microorganisms due to various biological, physical, or chemical influences, have received the greatest development [11, 13, 15]. The main factors determining the guaranteed decontamination of manure are the temperature and exposure time [3, 4]. At the same time, modern technologies for preparing poultry litter and livestock manure for use are currently being actively used in practice, which, in addition to maintaining the required temperature regime, provide a reduction in the processing time (express composting, vacuum drying etc.)

*Formulation of the aim of work.* The purpose of the research is to analyze innovative technologies for processing liquid, semi-liquid and solid manure and poultry litter into high-quality concentrated fertilizers of

livestock farms in the Zaporizhzhia region.

*The main part.* An analysis of the state of animal husbandry in the Zaporizhzhia region showed a significant decrease in the number of cattle and pigs (Fig. 1, 2).

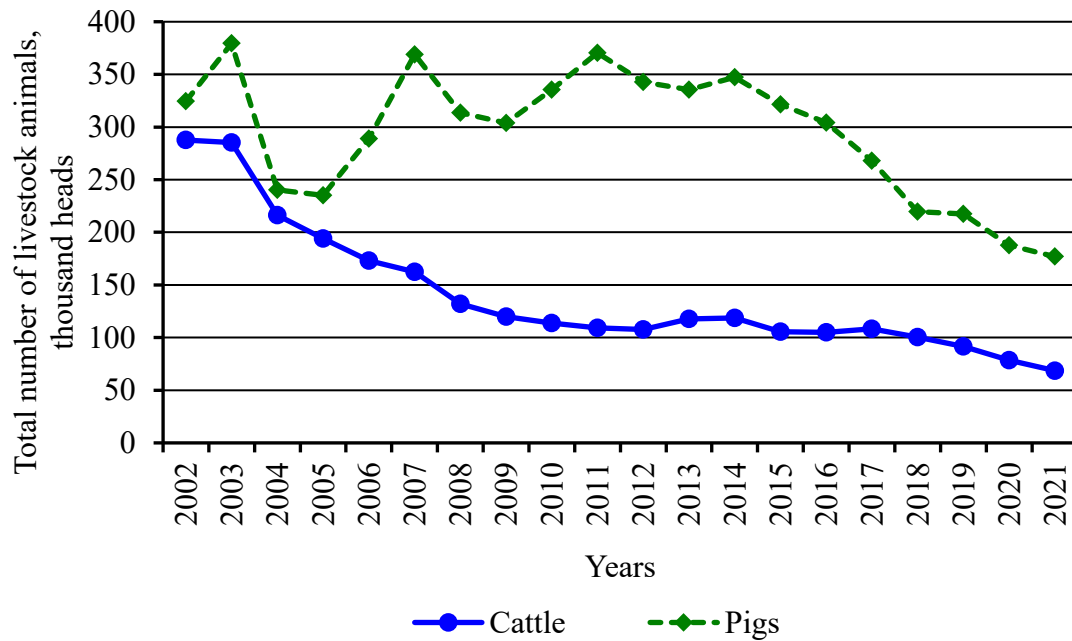


Figure 1. Dynamics of changes in the number of livestock animals in the Zaporizhzhia region from 2002 to 2021

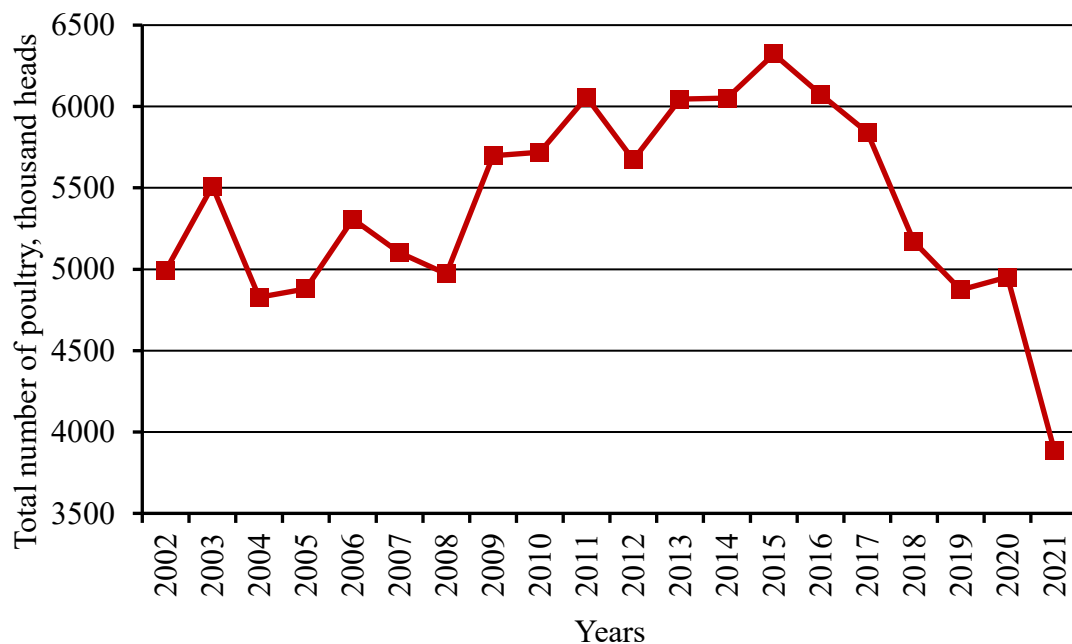


Figure 2. Dynamics of changes in the number of poultry in the Zaporizhzhia region from 2002 to 2021

From the data presented, it can be seen that the rate of decline in the





number of cattle has noticeably decreased, and in order to restore and increase the number of livestock, it is necessary to revise the infrastructure of the herd and increase its profitability. The pig breeding industry in the Zaporizhzhia region remains more stable with some reduction in livestock at large agricultural facilities. The drop in livestock is associated with an epidemic (swine flu, African swine fever, etc.). Poultry breeding looks more stable against the background of animal husbandry.

Livestock enterprises produce liquid manure, semi-liquid and solid manure. In 2020, the volume of manure production in the Zaporizhzhia region amounted to more than 64,12 thousand tons, approximately in the following proportions: liquid manure – 28 %, semi-liquid manure – 30 % and solid manure – 42 % [16]. The main producers of liquid and semi-liquid manure are pig and poultry enterprises, and solid (litter) manure – cattle farms and dairy farms.

Today, 90 % of livestock enterprises in the Zaporizhzhia region do not have systems for the accumulation and processing of manure that meet the methodological recommendations for the technological design of systems for the removal and preparation for use of livestock manure and poultry litter [3, 17].

The inconsistencies are as follows. Sites for storage of solid manure (field storage) are, as a rule, not buried, have earth embankments and a complete absence of a solid waterproofing coating. For the storage of semi-liquid and liquid manure, semi-recessed sectional-type manure storages with an earthen collapse without a solid waterproofing coating are used. At some cattle and pig farms, attempts to lay waterproofing films lead to their swelling due to the accumulation of ammonia under them, which poses a danger to service personnel and significantly reduces the amount of manure. There is no control and management of the processes of its disinfection during the storage of manure of any consistency, which is dangerous for the environment in places of its accumulation.

Fertilization of land should be carried out with organic fertilizers made on the basis of livestock manure and poultry litter in order to increase crop yields and improve soil fertility. The value of organic fertilizers is determined by their nutrient content. The application rates and timing of organic fertilizers are usually set based on the amount of nutrients they contain and depend on soil conditions; adopted crop rotations; crop patterns; planned crop yields.

The application of organic fertilizers in Ukraine is somewhat different from the standards of European countries. The use of organic fertilizers in Belgium is closely related to the quality of groundwater, which satisfies more than 67 % of drinking water needs in the country [8, 9]. The task is to have a concentration of nitrates within 25 mg/l, phosphorus – 0,4 mg/l.

There are no special laws on the use of organic fertilizers in the UK,



and their application is subject to the general requirements of the following laws: on the fight against pollution (Control of pollution); about water (water law); on environmental protection [8, 9]. The use of organic fertilizers in France is subject to the requirements of the law on environmental protection (Installations classes pour la protection de L'Environnement). Manure storages should be located no closer than 50 m from wells, streams and other sources of water. The volumes of manure storages should be large enough to accommodate manure from the farm for at least 6 months [8, 9].

An analysis of the processing of liquid and semi-liquid manure at livestock enterprises in the Zaporizhzhia region showed that its distribution into fractions is practically not used anywhere, and technologies for composting manure with straw are also quite often used. At the same time, semi-liquid manure, after natural removal of moisture, is loaded into vehicles and applied to the nearest (with a radius of 1-10 km) fields by machines for applying solid organic fertilizers at a dosage of 40-60 t/ha with a low quality of distribution over the field. Liquid manure from the manure storage is loaded by pumps into machines of the MZhT type (for applying liquid organic fertilizers), which apply it to the field with doses of 70-90 m<sup>3</sup> / ha, or are fed through pipelines to the fields with doses up to 200-300 m<sup>3</sup> / ha.

Figure 3 shows the technologies for the production of high-quality concentrated organic fertilizers [18]. The technology for processing solid and semi-liquid manure with a lower moisture limit (up to 90 %) by accelerated composting into solid concentrated fertilizers is as follows.

A biologically active additive ( $\alpha$ -additive) in the amount of 5 % of the processed manure mass is supplied to the manure of a given humidity, formed into a pile. As a result of active mixing, the additive is evenly distributed over the volume of manure and activates the process of heating it, resulting in biothermal disinfection of the pus mixture, and after 7-10 days (depending on the ambient temperature), the resulting solid concentrated fertilizer is ready for use. The concentrated fertilizer has a structure in the form of lumps, density – 0,6-0,8 t/m<sup>3</sup>, humidity – 50-60 %.

The main machine in this technology is the self-propelled compost turner. When applying this technology, a German-made Backhus 16.30 compost turner was used. It is convenient to use such a machine both in open and closed areas (Fig. 4). The mixing interval of the  $\alpha$ -additive from manure is after 8-12 hours. within 3-4 days (in summer) [4, 18].

The technology for processing semi-liquid manure with an upper limiting moisture content of more than 90 % and liquid manure into liquid concentrated organic fertilizer is as follows. Semi-liquid and liquid manure or liquid fraction after mechanical separation by pumps are fed into the solution unit, which is storage tanks with fecal pumps and systems for supplying  $\alpha$ -additives, a system for hydraulic mixing of the mixture and its subsequent unloading into a transport and technological machine.

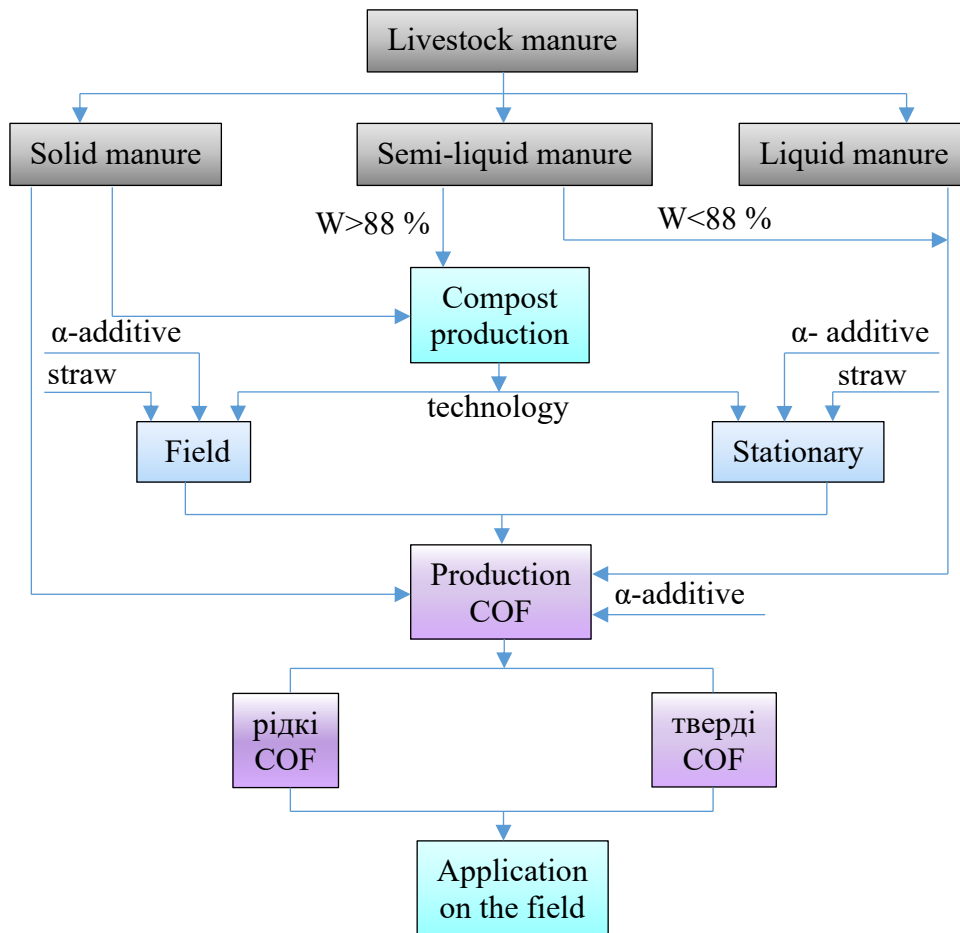


Figure 3. Production technologies of high-quality concentrated organic fertilizers (COF)



a) open space



b) indoor playground

Figure 4. The production process of solid concentrated organic fertilizers

An  $\alpha$ -additive (in liquid or solid form) in the amount of 5% of the incoming manure is fed into a container filled with 2/3 of the volume with manure. These components are mixed hydraulically for 40 min, forming a liquid concentrated fertilizer [4]. The liquid concentrated organic fertilizer is



pumped to the transport-technological machine and then taken out to the field.

The technology for the production of concentrated organic compost based on liquid and semi-liquid manure, straw with the addition of an  $\alpha$ -additive is one of the modern technologies for the production of high-quality concentrated fertilizers [18, 19]. Additional use in the process of preparation of the non-grain part of crops (straw) is the main advantage of this technology. It allows you to increase the volume of the resulting concentrated compost by 25 % and improve the ecological situation in the places of accumulation of manure through its processing and the use of straw as an alternative to burning.

The technological process for the production of concentrated organic compost proceeds in the following way. Liquid concentrated fertilizer is loaded by pumps into the transport-technological machine and fed to manure composting.

A transport and technological machine of a special design, made on the basis of liquid organic fertilizer spreaders of the RZhT type, an excellent feature of which is the presence of an unloading auger, a metering valve and a rotary type spreading device. Body capacity of 8 m<sup>3</sup> is aggregated with a tractor of the 3rd class, the power consumption of the drive of the working bodies is up to 33 kW.

Usually, the composting site is located in the field near the stack of straw. A mobile mixer of compost components of an improved design is located on the site, based on body spreaders of solid organic fertilizers of the PRT type [18, 19].

The pile of compost on the site is periodically, after about 12 hours, mixed with a pile turner Backhus 16.30 (Fig. 4), which contributes to its accelerated composting.

The above technologies were implemented in dairy farms with a livestock of 1,25 thousand heads, an annual yield of semi-liquid manure of more than 17,4 thousand tons and bedding manure of more than 6,8 thousand tons [4].

The profitability of barley processing with the use of solid concentrated organic fertilizers increased by 2,49 % compared to the support technology and amounted to 58,10 %, the profitability of barley processing using liquid concentrated fertilizers against the support technology increased by 22,72 % and amounted to 78,33 %. [4]. The feasibility of wheat cultivation using solid concentrated organic fertilizers increased by 20,03 % compared to the reference technology and amounted to 54,51 %, the profitability of wheat cultivation using liquid concentrated fertilizers increased by 57,51 % compared to the reference technology and amounted to 91. 99 % [4].

Modern technologies for processing manure into concentrated fertilizers can be implemented in the following farms of the Zaporizhzhia



region: OJSC «Plemzavod "Stepnoy"» – 2,5 thousand head of cattle (Zapovitne village, Vasylivsky District); Agricultural Production Cooperative «Rosiya» – up to 600 head of cattle (Velika Bilozerka village, Vasylivsky District); LLC «Tatex-SPF» – up to 500 head of cattle (Myrne village, Orihiv District); SFG «Leader» – up to 100 head of cattle (Novopetrivka village, Zaporizhzhia district); Private Enterprise «Moguchiy» – up to 100 heads of cattle (Yasne village, Melitopol district), because the listed farms are characterized by plant and animal direction of development.

With the cage keeping of poultry, poultry litter comes from poultry houses. The concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in such poultry litter is three times higher than that of cattle manure. Poultry farms are not allowed to accumulate poultry litter in the fields in accordance with sanitary and environmental requirements [17, 19].

However, for various objective and subjective reasons, many poultry farms often face a dangerous environmental situation due to the lack of simple technologies that would include the preparation of poultry litter for use as a concentrated organic fertilizer to improve soil fertility.

Today, poultry litter, as a valuable organic raw material, have not lost their importance for improving soil fertility and increasing crop yields. We have to admit that the poultry litter coming from the poultry houses to the storage facilities has a high humidity. 80-96 %, and it becomes technologically impossible and economically unprofitable to use it as an organic component in the production of composts [13].

Among the numerous proposals with various economic justifications for processing poultry litter into biogas, electricity, fuel briquettes, feed additives, cultivation of California worms, incineration, fertilizer production, etc., the most acceptable for implementation is the production of concentrated fertilizers.

The production of concentrated fertilizers can be implemented using several modern technologies, each of which is equipped with appropriate machines, units and other technological equipment. There are the following methods for the production of concentrated poultry litter based fertilizers.

Passive composting is one of the simplest methods, including obtaining organic mixtures (poultry litter + poultry litter with bedding, poultry litter + peat, poultry litter + sawdust, poultry litter + other local organic waste). The organic mixture is formed in a stack a little over 2,5 meters high. After 6–8 months of storage on field sites, the mixture matures, creating favorable conditions for the growth and development of mesophilic and thermophilic microorganisms, resulting in the formation of compost [3].

Intensive composting is used when the finished concentrated organic fertilizer is planned to be sold through retail. The essence of this method is to load the organic mixture into special fermenters, in which the maturation



process takes 6–7 days, because air is injected into their lower part, which sharply intensifies the growth and development of mesophilic and thermophilic microorganisms [8].

Granulation of poultry litter is a fairly common technology for processing bird waste products [20]. As a result of the process, a compressed granule is obtained, which contains macro and microelements in the optimal amount. Granulation consists in forcing a paste-like mass of low-moisture poultry litter through the perforated holes of the matrix with their subsequent cooling (and possibly drying) of the granules [20]. This technology uses modern granulators with a ring die type OGM-1,5 (capacity 2000 kg/h, power 70 kW) and flat dies: GRAND 400 (capacity 450 kg/h, power 37 kW), OGP 260 (capacity 300 kg /h, power 11 kW), Pelletnik-260 (capacity 250 kg/h, power 15 kW). Such valuable concentrated fertilizers are used for any kind of plants and soil. The granules are readily soluble and contain many nutrients that are well absorbed by plants [20].

Thermal drying of poultry litter in special installations can be implemented in poultry farms where birds are kept in cage batteries, on large farms, when there is a shortage of a constant supply of organic components for composting: peat, sawdust, etc. [10, 21].

Vacuum drying for poultry farms is a new modern technology for processing poultry litter into concentrated fertilizers. The technology can be used to eliminate long-term accumulations of poultry litter in the production of dry poultry litter coming from cell batteries [10, 22]. The cost of obtaining dry litter will be the lower, the lower the moisture content of the litter mass.

The drying line for this technology includes the use of the principle of multi-stage processing of poultry litter: mechanical separation of the liquid from the droppings (centrifugation, filtration, squeezing, and so on), evaporation and spraying. It should be noted that the production of vacuum dryers is based on a continuous, environmentally friendly one-stage technological process of drying in vacuum, which makes it possible to process poultry litter at economical temperatures with the preservation of useful fertilizer chemical elements in organic fertilizer [10].

The initial product for processing enters the vacuum dryer through the receiving hopper (Fig. 5). The product is supplied by the loading system in volumes that are strictly coordinated with the productivity of the equipment [22].

During the drying process, poultry litter move through the heat exchangers with the help of conveyors. When the processed raw material is heated, it boils in the temperature range from 40 to 90 °C and pressure from 30 to 250 mm Hg. Art. and separation into 3 components (dry matter, condensate, gas). After processing liquid poultry litter, a dry powder is obtained, and waste water (condensate) is sent to treatment facilities for cleaning and disinfection. Further, dry poultry litter enters the collection of

finished products. After that, the finished product is unloaded in a continuous mode by a screw conveyor and fed to the granulation line. After granulation, the concentrated fertilizer is fed to the packaging line, where it is packaged in bags with a capacity of 50 L [10]. The production workshop for vacuum drying of poultry litter must be located in the industrial area.



Figure 5. Vacuum Dryer VacuumEcoDry

Vacuum drying equipment with a capacity of 300 kW is capable of processing up to 100 tons of poultry litter with a maximum moisture content of up to 99 % per day, as a result of which the mass of poultry litter is reduced to 17,6 tons and a moisture content of about 14 %. The operating temperature of the vacuum drying process is 50–90°C [10].

Qualitative indicators of poultry litter obtained after vacuum drying prove that the new type of product at a moisture content of 19,31 % contains organic matter 60,73 %, nitrogen – 4,30 %, phosphorus – 2,18 %, potassium – 1,09 %. The results obtained indicate the high quality of the contained organic fertilizer [22].

A comprehensive assessment of the production technological line for vacuum drying of poultry litter showed that this method of industrial processing of poultry litter can be used in poultry farms of the Zaporizhzhia region of egg and meat directions of different capacities. Vacuum drying is recommended for implementation by poultry farms with poultry cages.

*Conclusions.* The use of technologies for processing manure from livestock enterprises by the method of accelerated composting makes it possible to obtain high-quality solid and liquid concentrated fertilizers. Modern drying and granulation of poultry litter makes it possible to obtain a powdered and structured concentrated fertilizer, which is three times higher than that of cattle manure. Of course, when these technologies are launched, the farms will incur the material, technical and financial costs necessary to organize production for the processing of organic raw materials into concentrated fertilizers. But in addition to the real economic effect, reliable



environmental well-being will be ensured on farms due to the absence of a source of environmental pollution, and crop farms will be able to increase crop yields by increasing soil fertility. The use of concentrated organic fertilizers is expedient, it helps to increase productivity and reduce the cost of cultivating crops at an accelerated pace.

#### Reference

1. Boltianska N., Skliar R., Komar A. Definition of priority tasks for agricultural development. Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference. «*Multidisciplinary research*». Bilbao, Spain 2020. Pp. 431–433.

2. Sklar O., Boltianska N., Skliar R. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference. *Bordeaux «Social function of science, teaching and learning»*. Bordeaux, France. 2020. Pp. 478–480.

3. Дереза О. О., Дереза С. В. Утилізація відходів тваринницьких підприємств і їх вплив на екологію навколишнього середовища. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції*. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. С. 204–207.

4. Бондаренко А. М., Качанова Л. С. Перспективные технологии переработки навоза в концентрированные органические удобрения. *Агроинженерия*, № 1 (71), 2016, С. 20–28.

5. Внесення органічних добрив під урожай сільськогосподарських культур 2021 року. *Сільське, лісове та рибне господарство*. Статистичні матеріали Головного управління статистики у Запорізькій області. URL: <https://www.zp.ukrstat.gov.ua/index.php/statystychna-informatsiia>

6. Леженкін О. М., Болтянський Б. В. Дослідження застосування рідкої і твердої фракцій ферментованих (компостованих) органічних добрив для покращення родючості ґрунтів і технологічного обладнання. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Київ. Ukraine. Редкол. : В. С. Ловейкін (голов. ред.) та ін. Київ. 2020. Вип. 11. № 2. С.125–129.

7. Sven G. Sommer, Morten L. Christensen, Thomas Schmidt, Lars S. Jensen *Animal Manure Recycling: Treatment and Management*. John Wiley & Sons Ltd. 2013. 372 p.

8. Whiting David, Wilson Carl, Moravec Catherine, Reeder Jean. *Soils, Fertilizers, and Soil Amendments curriculum developed by*. Revised by Eric Hammond and Dan Goldhammer, CSU Extension, Revised October 2016.

9. Mazur Z., Mazur T. Effects of Long-Term Organic and Mineral Fertilizer *Applications on Soil Nitrogen Content*. Polish Journal of Environmental Studies, vol. 24, no. 5, 2015, Pp. 2073–2078.





doi:10.15244/pjoes/42297.

10. Мишуров Н. П. Инновационные технологии подготовки птичьего помета к использованию. *Техника и технологии в животноводстве*. № 4 (20), 2015. С. 106–114.

11. Kachanova L. S., Bondarenko A. M. Technical and economic effectiveness of the development and application of concentrated organic fertilizers. *Applied and Fundamental Studies: Proceedings of the 6th International Academic Conference*. August 30-31, 2014, St. Louis, Missouri, USA. Publishing House Science and Innovation Center. Ltd., 2014. P. 55–62.

12. Комар А. С. Сучасні запатентовані способи переробки посліду птахів. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. №15. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-15. URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/issue/view/20> (дата звернення: 20.11.22)

13. Григоренко С. М., Скляр Р. В. Адаптивні методи утилізації відходів птахівництва. *Науковий вісник ТДАТУ*: Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-18. URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/issue/view/19> (дата звернення: 25.11.22)

14. Komar A. Recycling of poultry waste to obtain alternative energy and fertilizers. *Молодь і технічний прогрес в АПК*: Мат. Міжнародної науково-практичної конференції. Том 2. Інноваційні розробки в аграрній сфері (17-18 травня 2021 р.) Харків: ХНТУСГ. 2021. С. 222–225.

15. Skliar O., Grigorenko S., Boltyanska N. Technical means for mechanization of technological processes on livestock farms. *Theory, practice and science*. Abstracts of V International Scientific and Practical Conference. Tokyo, Japan 2021. Pp. 255-257.

16. Утворення та поводження з відходами I-IV класів небезпеки за категоріями матеріалів у 2020 році. *Сільське, лісове та рибне господарство*. Статистичні матеріали Головного управління статистики у Запорізькій області. URL: <https://www.zp.ukrstat.gov.ua/index.php/statystychna-informatsiia>

17. Комар А. С. Утилізація відходів птахівництва в Україні. *Інноваційні технології в АПК*: матер. VII Всеукраїнської науково-практичної конференції (20-21 травня 2021 р.) Луцьк: Луцький НТУ. 2021. С. 62–64.

18. Качанова Л. С., Бондаренко А. М. Технико-экономическое обоснование систем производства и применения удобрений в условиях ЮФО: Монография. Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт, 2014. 221 с.

19. Комар А. С. Сучасні методи переробки пташиного посліду.



*Обуховські читання*: Зб. тез XVI Міжнародної науково-практичної конференції (30 березня 2021 р.) К.: НУБіП України, 2021. С. 104–108.

20. Комар А. С. Перепелиний послід в гранулах – ефективне органічне добриво. *Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві*: Мат. X-ї Міжнародної науково-технічної конференції (04-23 жовтня 2021 року) Глеваха-Київ. 2021. С. 35–38.

21. Antonov A., Ivanov G., Pastukhova N. Quail Droppings Utilization System. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*. 2021. 666. 022073. 10.1088/1755-1315/666/2/022073.

22. Скляр О. Г., Скляр Р. В., Григоренко С. М. Технічні рішення щодо сушіння пташиного посліду. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-14. URL: <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/issue/view/15> (дата звернення: 25.11.22)

Стаття надійшла до редакції 29.11.2022 р.

**А. С. Комар**

**Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного**

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ ГНОЮ ТА ПОСЛІДУ В КОНЦЕНТРОВАНІ ДОБРИВА**

### ***Анотація***

У статті проведено аналіз стану сучасних технологій переробки гною тваринницьких підприємств та посліду птахофабрик в концентровані добрива. Виявлено, що на тваринницьких та птахівницьких господарствах Запорізької області здебільшого відсутні системи накопичення та переробки екскрементів, що відповідають нормам проектування систем видалення і підготовки до використання гною та посліду. Метою досліджень став поглиблений огляд технологій переробки різних фракцій гною тваринницьких підприємств і посліду птахофабрик у концентровані добрива сучасними методами. Розглянуті технічні засоби реалізації технологій переробки екскрементів. Прибутковість обробітку ячменю із застосуванням твердих концентрованих органічних добрив у порівнянні з опорною технологією підвищилась на 2,49 %, із застосуванням рідких концентрованих добрив – на 22,72 %. Доцільність обробітку пшениці із застосуванням твердих концентрованих органічних добрив у порівнянні з опорною технологією зросла на 20,03 %, із застосуванням рідких концентрованих добрив – на 57,51 %. Технологія виробництва концентрованого компосту дозволяє збільшити обсяги отриманого добрива на 25 % та покращити екологічну обстановку в місцях накопичення гною за рахунок його переробки із застосуванням соломи. Завдяки гранулюванню продуктів життєдіяльності птахів, при їх клітковому утриманні, отримуємо гранули з оптимальною концентрацією кількості поживних речовин для рослин. Гранульоване концентроване добриво абсолютно нетоксичне, легко розчиняється у воді, а також зберігає корисні хімічні властивості навіть при тривалому контакті з повітрям і не втрачає своєї первісної форми протягом усього терміну зберігання.



Обладнання для вакуумного сушіння пташиного посліду здатне обробити до 100 т сировини вологістю 99 % на добу, в результаті чого маса посліду зменшиться майже в шість разів від початкової.

**Ключові слова:** технологія, твердий гній, рідкий гній, послід, концентроване добриво, вакуумне сушіння, гранулювання.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-8

УДК 338

Л. О. Болтянська, к.е.н., доц.

ORCID: 0000-0002-6314-4429

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: larysa.boltianska@tsatu.edu.ua

## ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ В ДОМОГОСПОДАРСТВАХ НАСЕЛЕННЯ

*Анотація.* В статті висвітлені основні аспекти теоретичних понять «енергозбереження» та «енергоефективність».

Енергоефективність – це галузь знань, що знаходиться на стику інженерії, економіки, юриспруденції та соціології. Термін розкриває розумне вживання енергетичних ресурсів, досягнення економічно ефективності використання наявних паливно-енергетичних ресурсів при відповідному рівні розвитку техніки та технології з дотриманням вимог до навколишнього середовища. «Енергозбереження» як будь-яке «збереження або заощадження» є процесом заощадження енергії, у ході якого скорочується потреба в енергетичних ресурсах. Результатом цього процесу є економія енергоресурсів за нормальних режимів будь якої діяльності. Вітчизняні домогосподарства залишаються найбільшими споживачами енергоносіїв. Проте, постійне зростання цін на енергоресурси спричиняє зниження платоспроможності суб'єктів господарювання, призводить до енергетичної бідності. Найбільш ефективний спосіб зниження витрат на електроенергію для споживача – це зниження рівня її споживання, або використання альтернативних джерел енергії. Для економії на опаленні доконче потрібно правильне комбінування і управління джерелами тепла, що дозволить істотно скоротити витрати на опалення приватного будинку, забезпечити господарські потреби та отримати додаткове джерело поповнення родинного бюджету.

*Ключові слова:* енергозбереження, енергоефективність, домогосподарства, енергетична бідність, джерела фінансових ресурсів домогосподарств, альтернативні джерела опалення, сонячні технології, пелети.

*Постановка проблеми.* Постійне зростання попиту та цін на енергоресурси спричиняє впровадження енергоефективних інноваційних технологій, які на сучасний момент є шляхом не тільки



забезпечення ефективного функціонування всіх суб'єктів господарювання країни, а й вирішенням проблем енергетичної безпеки та автономії. Традиційно найбільшого використання зазнають невідновлювальні викопні енергетичні ресурси (природний газ, нафта і вугілля), що складають до 60 % енергетичного балансу України [1]. У цей час, попит на розробку та впровадження новітніх енергоефективних технологій, наявність світових екологічних трендів, споживання інших ресурсів енергії поступово зростає.

Для підприємства, як і для будь якого суб'єкта господарювання країни вагомим чинником при прийнятті рішень стосовно енергозбереження є ринкові фактори, зокрема співвідношення цін на енергетичні носії та вартість впровадження енергоощадних інноваційних технологій. При умові якщо питомі витрати на економію одиниці енергії перевищують вартість її придбання, відповідно такі інвестиційні вкладання є економічно не доцільними. У випадку якщо питомі витрати на придбання енергетичних ресурсів перевищують витрати на економію, тож такі енергозберігаючі заходи стають ефективними та рекомендованими до впровадження. Таким чином, вартість ресурсів виступає потужним засобом мотивації будь яких суб'єктів господарювання при прийнятті рішень стосовно енергозбереження та відповідно енергоефективності. Оскільки тенденція зростання цін на паливо-енергетичні ресурси буде зберігатись і в майбутньому.

*Аналіз останніх досліджень.* У своїх дослідженнях, в напрямку проблем забезпечення енергозбереження та підвищення енергоефективності, вітчизняні науковці приділяють увагу різним аспектам вирішення цих проблеми на рівні країни та її суб'єктів. Зокрема, такими вченими в цій області є О. С. Гордієнко, М. В. Гнідий, Е. Г. Гашо, В. В. Джеджула, К. І. Докуніна, І. Я. Іпполітова, М. О. Кизим, В. В. Микитенко, М. Р. Маслікевич, О. Є. Перфілос, О. М. Суходоля, Т. І. Салашенко, Р. В. Севастьянова. Проте, існуючі нормативно-правові акти не відображають чітко трактування цих понять та показників, що характеризують їх рівень. Тому, дефіцит досліджень в цьому напрямі потребує необхідності систематизування понятійного та термінологічного апарату.

Багато видатних науковців займаються дослідженням питань енергоефективності та оцінки її показників на різних рівнях, зокрема на рівнях країни, регіону, підприємств та інших суб'єктів організаційних форм господарювання присвячені роботи таких вітчизняних науковців, як В. О. Бараннік, В. І. Вороненко, І. Мазур, Г. П. Окаряченко, В. О. Самборський, а також публікації закордонних дослідників С. Шафії (Sahar Shafiei) і Р. А. Саліма (Ruhul A. Salim), В. Моутінью (Victor Moutinho) та М. Робайна (Margarita Robaina).



Одночасно. у вивчення проблем вітчизняних домогосподарств зробили вагомий внесок вітчизняні науковці, зокрема І. Бланк, В. Ворошило, Н. Геронін, С. Каламбет, Т. Кізима, П. Левчаєв, Г. Поляк, С. Салига, В. Федосов, С. Юрій, О. Янін. Наразі аналіз цих праць наводить на думку, що їх дослідження охоплювали переважно формулювання сутності, місця й ролі домогосподарств, їх доходів, заощаджень та функцій. При широкому різноманітті цих досліджень та вагомих результатів в цій області, все ж таки залишається недостатньо висвітлені аспекти життєдіяльності домогосподарств як суб'єктів споживання енергоресурсів. Не достатньо відображені дослідження в напрямку питань процесу енергоефективності в домогосподарствах країни та шляхи використання альтернативних видів енергоресурсів задля енергонезалежності вітчизняних суб'єктів організаційних форм господарювання.

*Формулювання цілей статті.* Метою статті є узагальнення теоретичних аспектів понять енергозбереження та енергоефективності. Визначення організаційно-економічних напрямів та практичних рекомендацій щодо вирішення проблем енергоефективності в домогосподарствах населення країни, їх джерел фінансування та структури.

*Основна частина.* Історія оприлюднення поняття енергоефективність починається з початку 90-х років. З того часу безліч міжнародних проектів Європейської комісії, Програмами Tasis, Thermie, USAID приділяють багато уваги розповсюдженню цього поняття. В економічно розвинутих країнах конкурентоспроможними компаніями вважають тих, які розглядають енергоефективність, економію енергоресурсів як безумовну умову своєї діяльності. Підвищення енергоефективності дозволяє країнам уникнути залежності від енергоресурсів, вирішати питання ненадійності енергопостачання, паритету цін і рахунків за енергоресурси. Підприємці та менеджери розуміють, що енергоефективність — це ключ до конкурентоспроможності компанії на відкритому ринку. Наразі зрозуміло, що ефективне використання енергоресурсів є найбільш важливим і економічно доцільним, водночас виступає способом підвищення рівня та умов життя.

Сучасні нормативно-правові акти й наукові літературні джерела енергетичної та економічної сфер містять різні підходи щодо визначення й трактування понять «енергозбереження» та «енергоефективність». Так, Згідно Закону України «Про енергозбереження» цей термін означає «діяльність (організаційну, наукову, практичну, інформаційну), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів в національному



господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів» [2].

Енергоефективність – це галузь знань, що знаходиться на стику інженерії, економіки, юриспруденції та соціології. Даний термін розкриває розумне вживання енергетичних ресурсів, досягнення економічної ефективності використання наявних паливно-енергетичних ресурсів при відповідному рівні розвитку техніки та технології з дотриманням вимог до навколишнього середовища. Поняття «енергоефективність» розкривається через здобуток певного результату, зокрема, опалення будинку, з використанням меншої кількості енергії, ніж потрібно зазвичай.

Поняття «енергоефективність» та «енергозбереження» в цілому часто використовуються як рівнозначні. Втім енергоефективність є одним з аспектів енергозбереження. Водночас енергозбереження (збереження енергії) направлене на зменшення споживання енергії, а енергоефективність (користь енергоспоживання) – це корисна, ефективна витрата енергії.

Кажучи «енергоефективність» мається на увазі не лише «енергозбереження», як економія енергії у буденному житті, зокрема раціональне та свідоме використання енергетичних ресурсів. Енергозбереження включає ефективне використання енергії призводить до її економії, скорочення витрат на комунальні послуги і, як наслідок, зменшується споживання енергоресурсів.

Існує схожий погляд на розпізнання термінів. «Енергозбереження» як будь-яке «збереження або заощадження» є процесом заощадження енергії, у ході якого скорочується потреба в енергетичних ресурсах. Воно пов'язане із екстенсивним споживанням енергії в умовах впровадження режиму економії енергоресурсів, що описує кількісні характеристики. Результатом цього процесу є економія енергоресурсів за нормальних режимах роботи підприємства. У цей час «енергоефективність» пов'язана із інтенсивним споживанням енергії у разі впровадження новітньої техніки та сучасних інноваційних технологій, що описує його якісні характеристики. Очікуваним результатом від цього процесу є не сама економія енергоресурсів, а досягнення найбільших економічних ефектів (наприклад, обсягу виробництва чи прибутку) за найменших витрат енергії в умовах росту чи спаду. Така стратегія включає заходи, які можуть не надавати прямої економії енергоресурсів, але впливають на техніко-економічні показники функціонування підприємства у цілому [1]

Вітчизняні домогосподарства залишаються найбільшими споживачами енергоносіїв. Проте постійне зростання цін на енергоресурси спричиняє зниження платоспроможності суб'єктів господарювання, призводить до енергетичної бідності.



Господарська діяльність домогосподарства починається з формування фінансових ресурсів, які спрямовані на задоволення життєвих потреб, ведення підприємницької діяльності та нагромадження отриманих доходів.

Функції домогосподарств здійснюються на ринку через реалізацію ресурсів, якими вони володіють. Такими ресурсами виступають: праця, земля, капітал і підприємницькі здібності. В процесі обміну на ринку власники домогосподарств отримують сукупний дохід, який створюється з наступних джерел фінансових ресурсів: заробітна плата разом з нарахуваннями та доплатами, доходи від здійснення підприємницької діяльності, доходи від власності, грошові накопичення у фінансово-кредитній сфері, доходи у формі соціальних та страхових виплат.

В дослідженні визначено [3], що характер співвідношення ціни на електроенергію і середньої величини фінансових доходів, відображає стан соціально-економічного розвитку країни та вплив вартості електроенергії на рівень добробуту населення. У зв'язку з цим, набувають актуальності питання, що спрямовані на забезпечення недискримінаційності всіх учасників енергетичного ринку, а саме:

1) чинне законодавство – забезпечення інтересів та прав споживачів енергоринку;

2) законодавче закріплення заходів щодо захисту прав споживачів, а також роль і обов'язки в цьому процесі регулюючих органів;

3) захист соціально і фізично вразливих категорій споживачів при реформуванні енергоринку;

4) підходи до вирішення питань захисту споживачів;

5) приналежність до верств вразливих споживачів - визначається відповідно до чинних критеріїв, які встановлюються на національному рівні з огляду на місцеві реалії та стан доходів;

6) енергетична бідність – вартість енергії становить значну частку витрат, що може змусити побутових споживачів переходити на нездорові стосовно навколишнього середовища альтернативи, або економити на їжі, турботі про здоров'я чи інвестиціях у людський капітал [4].

На рівень енергетичної бідності мають вплив економічні показники та кліматичні умови країни або регіону. Основним критерієм рівня енергетичної бідності виступає граничне значення – максимально мислима частка доходу домогосподарства, що витрачається на оплату енергоспоживання. Найбільш ефективний засіб зниження витрат на електроенергію для споживача – це зниження рівня її споживання.

Для наочного порівняння рівня енергоспоживання та енергоефективності Польщі та Україні були проведені розрахунки фінансових витрат країн на основі аналітичних даних використання





енергії для опалення домашніми господарствами України та Польщі. З офіційних сайтів статистики обох країн і власних розрахунків отримано наступні показники [5]:

- в Україні на одну особу для опалення домашні господарства використали 0,213 т. н. е. (тон нафтового еквіваленту: 1 т.н.е.=1231м<sup>3</sup>), а у Польщі – 0,102 т. н. е.

- в Україні на одну особу населення спожили на 0,111 т. н. е. більше, ніж у Польщі.

Відповідно до отриманих результатів умовні фінансові втрати України досягли 40,2 млн. грн.

В напрямку здешевлення тарифів енергоносіїв для окремих категорій споживачів в країні існує практика субсидіювання. Основними функціями є використання в напрямках: відтворювальний – штучне зниження цін на енергетичні ресурси для визначених верств населення; міжгалузевий – зниження цін на енергоносії для окремих галузей абр сфер економіки; структурний – підтримка цін на енергоносії внутрішнього виробництва на рівні нижчим зі світовий [6]:

Проте, даний інструмент підтримки платоспроможності спожитої вартості енергоносіїв відображається на бюджетному навантаженні, не раціональному розподілі державних ресурсів та підтримки неефективних виробництв. Крім того, субсидіювання таких підприємств, а також домогосподарств - пільговиків дестимулює щодо використання енергозберігаючих та енергоощадних технологій. Усунення субсидій в сучасних умовах у суб'єктів, що в край потребують державної підтримки, нажаль, не можливо, проте реформи в цьому напрямку відбуваються через впровадження різноманітних державних програм кредитування в напрямку енергозбереження.

Вагомою статтею витрат бюджету фінансових ресурсів домогосподарств населення є оплата опалення та енергоносіїв для забезпечення життєдіяльності та ведення підприємницької діяльності.

Традиційно для обігріву будівлі використовується газ, проте зростання тарифів вимагає наявність альтернативного джерела енергії - одночасно доцільно мати будь-який опалювальний прилад, який працює не на газі, та виступить резервним джерелом тепла.

Для економії на опаленні доконче потрібно правильне комбінування й управління джерелами тепла, що дозволить істотно скоротити ці витрати. Існують наступні види альтернативних джерел опалення в приватному будинку:

1. Теплові насоси – можуть використовуватися в якості єдиного джерела тепла – ґрунтові, та як доповнення до газового котла – повітряні. Є повноцінною заміною газового котла і мають високу продуктивність в будь-який час доби і за будь-яких вуличних температур. При цьому у них є кілька недоліків: висока початкова



вартість і довгий період окупності (може бути більше 10 років), потрібні дорогі земляні роботи і ділянка землі для монтажу.

Повітряні теплові насоси дешевше і простіше встановлюються, але використовуються в основному в якості доповнення до газового котла, так як при мінусових температурах їх продуктивність падає. А це збільшує витрату електроенергії і витрати на опалення, що робить використання повітряного насоса економічно не вигідним.

2. Твердопаливні та пелетні котли. Використовують різні види палива, зокрема дрова, паливні брикети або пелети. Може повністю забезпечити потребу будинку у теплі незалежно від часу доби і вуличної температури. Однак при їх використанні важливо передбачити наступні моменти:

- потрібен постійний контроль подачі палива – один, два рази на добу;

- потреба в якісному твердому паливі. Не в усіх регіонах розвинена деревообробка, тому потрібне транспортування з сусідніх областей, що збільшує їх вартість. Отже перед установкою котла на твердому паливі варто заздалегідь вибрати для себе кілька місць, де можна купити тверде паливо. Потрібно також приміщення для складування, яке збереже їх енергетичну цінність;

3. Сонячні колектори для опалення та фотоелектричні сонячні панелі переважно для нагріву води - спосіб скоротити витрату газу і отримувати додаткове тепло за рахунок сонця. Використання є ефективним в південних регіонах країни. Достатньо широко використовують в галузях, що потребують створення необхідного мікроклімату (овочівництві, тваринництві тощо). Однак важливо розуміти, що використовуються вони в основному для підтримки опалення. Взимку їх ефективність буде мінімальною, оскільки короткий світовий день. Найбільш доцільно їх використовувати в міжсезоння та влітку, коли їх ефективність досить висока.

4. Кондиціонери - один з найбільш доступних і простих альтернативних джерел опалення будинку, встановлюють як в кожному приміщенні, так і один на весь поверх. В залежності від потужності. Найоптимальніший варіант використання кондиціонера – пізньою весною або ранньою осінню, коли газовий котел не має сенсу запускати. Зрештою такий підхід дозволить скоротити витрату газу за рахунок електрики і зменшити витрати на опалення. Опалення електрикою не дешевше опалення газом, тому не варто повністю переключатися на обігрів кондиціонерами;

5. Інші джерела тепла – можна також використовувати печі, булер'яни та інші опалювальні прилади, які дозволять опалювати будівлю без газу [7].

Найбільшу популярність, останнім часом, набуває використання



сонячних колекторів та твердопаливних котлів при опаленні. Деякі власники використовують ці джерела комбінуючи з газовим котлом.

Використання сонячної енергії на сучасний момент є світовим трендом. Початковими лідерами за обсягами генерації були Німеччина, США і Великобританія. Починаючи з 2015 року Японія і Китай вийшли на перше місце за обсягами, а вже останні п'ять років Індія стала другою у світі. Активно розвивається сонячна енергетика в Мексиці, Чилі, Австралії, Бразилії, Пакистані.

Такий значний «ривок» у розвитку сонячних технологій Китаю пояснюється значними інвестиційними вливаннями у будівництво сонячних електростанцій, лише всього за одну п'ятирічку в продовж до 2020 року Китай інвестує близько 145 млрд доларів, це дає можливість ввести в експлуатацію близько 1000 потужних сонячних електростанцій. Щорічний приріст потужностей сонячних електростанцій становить близько 40-50 % .

Сьогодні українська сонячна енергетика відрізняється низьким рівнем внутрішньодержавного розвитку. Галузь зосереджується на імпорті, монтажу та продажу сонячного енергетичного обладнання. Проте достатньо актуальним залишається впровадження сонячної енергетики саме в приватних домогосподарствах населення.

Науковці виділили ключові причини [8], які стали перепонами на шляху розвитку вітчизняної галузі сонячної енергетики, а саме:

1. Низький технологічний рівень інфраструктури, яка першочергово була адаптована під традиційні джерела електроенергії.
2. В Україні відсутні пілотні проекти, націлені на відпрацювання техніки, досвіду, виробничих процедур, залучення безлічі компетентних співробітників в галузь (наприклад, Німеччина з її програмою - «100 тисяч дахів»).
3. Висока вартість сонячних батарей і устаткування (інвертори, прилади обліку і т. д.).
4. Відсутність середнього класу, на який розрахована галузь і який є в розвинених країнах двигуном процесу. Інвестори, які залучаються до справи, мають фінансові ресурси, але не мають уявлення про сутність геліоенергетики та її можливості.
5. Низькі доходи населення, нестабільна банківська система, високий відсоток за позикою в комерційних банках (25 % і вище), відсутність пільгового кредитування.

Зауважимо, що останні чинники виступають основними факторами, що перешкоджають українським родинам скористатися благами «зеленого» тарифу. Простий термін окупності сонячної електростанції складе 9,1 років. Нормативний термін служби сонячних батарей – 25 років. Застосування даного показника може бути виправданим, якщо власник домогосподарств інвестує у проект власні



кошти. В іншому випадку, великі інвестиційні вкладення у будівництво приватних електростанцій та висока вартість кредитних ресурсів спричиняють тривалі строки окупності, що часто перевищує тривалість життєвого циклу проектів, роблячи їх нерентабельними. У порівнянні з кредитними ставками в американських банках вони є занадто високими і тому українські родини змушені відмовлятися від вітчизняних банківських кредитів через нерентабельність таких вкладень. За розрахунками, максимальною кредитною ставкою за проектами будівництва соняшних електростанцій, ґрунтуючись на даних досліджуваного домогосподарства, є 9,9 % при строках кредитування щонайменше 25 років. У цьому випадку проект виходить на точку беззбитковості в межах свого життєвого циклу, але за умови, що станція застосовується протягом всього життєвого циклу проекту. Оскільки отримати кредит на таких умовах в банках України неможливо без здійснення вагомого власного внеску, дані інвестиційні механізми потребують державної підтримки. Занадто високі кредитні ставки утримують населення від вкладення коштів [9]. Втім використання власної сонячної електростанції є виправданим, якщо є можливість встановити за власний рахунок. Для невеликого будинку вистачить батареї з потужністю у 2–3 кВт, яка може бути розміщена на даху, оскільки така конструкція займає всього 20–30 м<sup>2</sup>. Залежно від місця розміщення батарея вироблятиме протягом року 2200–2800 або 3300–4200 кВт/год електрики відповідно, що може задовольнити енергетичні потреби сім'ї із 3–4 людей (без урахування теплопостачання) [10].

Але, незважаючи на негативні передумови для розвитку приватної сонячної енергетики за останні три роки в Україні 3010 приватних домогосподарств встановили сонячні електростанції загальною потужністю 51 МВт. Близько 2 тисяч домогосподарств щорічно встановлюють на своїх будинках сонячні електростанції, що в два рази більше, ніж показник за п'ять років тому.

В Україні згідно Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2035 року сонячна енергетика має досягти 5 ГВт (проти 2,35 ГВт в 2020 році) відповідно до проекту Енергостратегії. На скільки реально досягти планові показники залежить, в першу чергу, від державних гарантій щодо стимулювання сектору та інвестиційного клімату в країні.

Діюча в Україні державна програма «Зелений тариф» ставить собі за мету стимулювати суб'єкти господарювання усіх форм власності використовувати поновлювані джерела енергії. Програму розроблено у тісній співпраці з такими міжнародними інституціями, як МВФ, ГЕФ, ФЧТ, підтримується інвестиціями по лінії МБРР, ЄБРР, ЄІБ (програми UZELF, UKEEP) і базується на гарантії держави Україна про



незмінність законодавчого поля до 2030 року[8].

Альтернативне використання поряд з газовим котлом - твердопаливного, останнім часом є досить популярним у вітчизняних домогосподарствах. Твердим паливом для використання в цих котлах може бути гранули дерев'яні (пелети) та гранули з соломи. Застосовують пелети для опалення житлових будинків шляхом спалювання в пічах, камінах та котлах, а також для забезпечення теплом та електроенергією об'єктів та невеликих населених пунктів.

Особливо ефективним є використання при опаленні домогосподарств пелет власного виробництва. При наявності садової ділянки, орендованих площ, на яких здійснюється фермерська діяльність, необхідного обладнання для виробництва пелет (яке є універсальним не залежно від сировини) - ефективність використання даного палива зростає, оскільки вартість ресурсу достатньо низька. Тому, попит на це альтернативне паливо та обладнання для його виробництва та спалювання постійно зростає.

Пелети – сучасний універсальний вид біопалива, за ефективністю застосування рівноцінний кам'яному вугіллю.

Таблиця 1

Порівняльні характеристики видів палива

Вид палива	Теплота згоряння, МДж/кг	% сірки	% золи	Вуглекислий газ, кг/ГДж
Кам'яне вугілля	15 - 25	1-3	10 - 35	60
Дизельне паливо	42,5	0,2	1	78
Мазут	42	1,2	1,5	78
Тріска дерев'яна	10	0	2	0
Гранули дерев'яні	17,5	0,1	1	0
Гранули торф'яні	10	0	20	70
Гранули із соломи	14,5	0,2	4	0
Природний газ	35–38 МДж/м <sup>3</sup>	0	0	57

Пелети (паливні гранули) - це пресована під високим тиском натуральна сировина рослинного походження у формі циліндричних гранул стандартного розміру. Сировиною для їх виробництва є кора, тирса, тріска та інші відходи лісозаготівлі та відходи сільського господарства (лушпиння соняшника, солома, некондиційний льон та



ін), а також органічні пакувальні матеріали, картонна тара тощо.

Процес виробництва пелет складається з етапів: дроблення, сушіння та грануляції. Сировина подрібнюється до стану борошна, потім ретельно висушується та стискається у гранули стандартного розміру за допомогою спеціального обладнання – гранулятора. Під час грануляції, що супроводжується підвищенням температури матеріалу, полімер лігнін, що міститься в ньому, міститься в клітинах рослинної сировини, щільно склеює подрібнені частинки. Хімічні сполучні домішки не використовуються. Гранулятор преса надає пелет форму.

В результаті виходить легке, недороге, зручне зберігання та абсолютно безпечне паливо, альтернативне традиційним видам палива (вугілля, торф, дрова, природний газ).

Отримують пелети шляхом: переробки кругляка твердих та м'яких порід дерев; переробки соломи; переробки соняшникового лушпиння; переробки качанів і стебла кукурудзи; торф'яні.

Даний вид твердого палива володіє наступними перевагами при використанні:

- екологічно чисте, відповідне зеленої технології паливо, виготовлене з нешкідливих для людини та навколишнього середовища матеріалів, що підлягають утилізації: у 10-50 разів нижче емісія вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>) у навколишнє середовище, у 15-20 разів менше утворення золи, ніж при спалюванні вугілля;

- необмежене виробництво, у т.ч. із деревини низької якості,
- менша вартість, порівняно з ціною вугілля, рідкого палива чи дров,

- зручність транспортування, як у фасованих пакетах, так і розсипом, та розвантаження через рукави з можливістю автоматизації процесу;

- не вимагають великих складських приміщень і можуть зберігатися на відкритому повітрі, не розбухаючи, без гниття,

- при зберіганні не самоспалахуює,
- не вимагає додаткової обробки перед застосуванням, не гірше за газ чи вугілля.

- більша теплотворна здатність, ніж тирса і тріска, в 1,5 разів більша, ніж у дров,

- при сторанні 1,9 т пелет виділяється приблизно така ж кількість тепла, що при спалюванні 1т мазуту, за вартістю пелет на внутрішньому ринку в 3 рази дешевше, тобто обігрів пелетами на 40% дешевше за мазут;

- майже повне згоряння з мінімальною кількістю шлаків, що знижує частоту чищення котла, яку можна проводити набагато рідше,

- можлива автоматизація завантаження у топку в промислових умовах,



- регулювання побутових нагрівальних пристроїв, що працюють на пелетах в автоматичному режимі,
- котли на пелетах працюють довше, потребують меншого обслуговування та більш економічні.

Для оснащення власного виробництва пелет та їх використання на господарські потреби потрібно певний перелік обладнання, зокрема необхідним є придбання подрібнювача деревини або соломи, сушарка та гранулятор. За вартістю придбання даного обладнання на сучасний момент сума коштів становитиме в межах 65-80 тис. грн. Зауважимо, що розмір інвестицій не є достатньо високим, строк окупності інвестиційних вкладень становитиме 3-5 років. Це при умові використання даного палива на власні потреби. Продуктивність обладнання може забезпечити також додаткове виробництво та реалізацію пелет стороннім приватним особам та навіть невеликим організаціям. А це вже є додатковим джерелом фінансових ресурсів вітчизняних домогосподарств.

*Висновки.* На даний час, з врахуванням складних умов, в яких опинились більшість населення України, необхідно усвідомити, що добробут домогосподарства залежить від самостійності та активності господаря, не сподіваючись на сторонню допомогу, зокрема допомогу держави. Безперечно, важливо також усвідомлювати, що використання інших джерел тепла на власні потреби – не єдиний спосіб економити газ і усунути залежність від нього. Варто забезпечувати зростання загальної енергоефективності будівлі: виявити і усунути усі витоки тепла, більш раціонально використовувати тепло і мінімізувати тепловтрати будівлі.

В межах країни в цілому, розвиток ринку «зеленого» енерговиробництва приватними домогосподарствами позитивно впливає на енергозабезпечення держави, підвищує екологічність та знижує обсяги використання викопаних палив.

#### Список використаних джерел

1. Яровенко Т. С., Шевцова О. Й. Економічні проблеми енергозбереження та енергоефективності на підприємствах. *Ефективна економіка*. 2018. № 7. URL: <http://www.economy.nauka.com.ua/?op=1&z=7237>
2. Про енергозбереження: Закон України від 01.07.1994 р. № 74/94-ВР. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/lawc/show/74/94-%D0%B2%D1%80>
3. Україна на межі енергетичної бідності : як захистити вразливі соціальні групи? URL: [http://old.icpc.com.ua/filec/articlec/76/34/Energy\\_draft\\_2602.pdf](http://old.icpc.com.ua/filec/articlec/76/34/Energy_draft_2602.pdf)
4. Самойленко І. О. Енергоефективність: шлях до вирішення



проблеми енергетичної бідності. *Економічні студії* Науково-практичний журнал, 2019. №4 (26). С.157-162

5. Зеленко В. А., Ференчак Я. І., Зеленко Н. М. Проблема енергоефективності у моделі сталого розвитку України: досвід ЕС. *Соціально-економічні проблеми сучасного періоду України*. 2019. Вип. 1. С. 18–23. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/серсру\\_2019\\_1\\_6](http://nbuv.gov.ua/UJRN/серсру_2019_1_6)

6. Пономарьов С.В. Вади ринкового середовища енергозбереження. *Вісник Хмельницького національного університету (економічні науки)*. 2012 №4. Т.3 С. 139–142 [http://journalc.khnu.km.ua/vectnik/pdf/ekon/2012\\_4\\_3/139-142.pdf](http://journalc.khnu.km.ua/vectnik/pdf/ekon/2012_4_3/139-142.pdf)

7. Альтернативні джерела опалення приватного будинку. URL: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/7721/>

8. Савчук Є. В. Проблеми розвитку сонячної енергетики в приватних домогосподарствах України. Міжнародна науково-практична конференція Світова наука. РОСТ, 2018. Т. 2. №. 5. С.50–53.

9. Сотник І. М., Сотник М. І., Кріпак Є. О. Проблеми інвестування у розвиток відновлювальної енергетики у домогосподарствах України. *Сучасні інноваційно-інвестиційні механізми розвитку національної економіки в умовах євроінтеграції: матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (1 листопада 2018 р.)*. Полтава: ФОП Пусан А. Ф., 2018. С. 43–45. <http://ezuir.zumdu.edu.ua/handle/123456789/70760>

10. Стратічук Н. В. Перспективи розвитку сонячної енергетики на території херсонської області. *Таврійський науковий вісник* № 110. Частина 2. С 222–230.

11. Shafiei S., Salim R. A. Non-renewable and renewable energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in OECD countries: a comparative analysis. *Energy Policy*. 2014. Т. 66. С. 547–556.

12. Moutinho V., Robaina M. Is the share of renewable energy sources determining the CO<sub>2</sub> kWh and income relation in electricity generation? *Renewable and sustainable Energy Reviews*. 2016. Т. 65. С. 902–914.

13. The NASA Surface Meteorology and Solar Energy Data Set center. URL: <http://eozweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/3ze/grid.cgi>.

14. Huld T., Müller R., Gambardella A. A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. *Solar Energy*. June 2012. Vol. 86. Issue 6. P. 1803–1815.

15. Renewable energy prospects: Germany. URL: [http://www.irena.org/DocumentDownload3/Publication3/IRENA\\_REmap\\_Germany\\_report\\_2015](http://www.irena.org/DocumentDownload3/Publication3/IRENA_REmap_Germany_report_2015).

16. Letting in the light: How solar photovoltaics will revolutionize the electricity system. URL: [http://www.irena.org/DocumentDownload3/Publication3/IRENA\\_Letting\\_i](http://www.irena.org/DocumentDownload3/Publication3/IRENA_Letting_i)





n\_the\_Light\_2016.pdf.

17. Hrytsaienko M., Hrytsaienko H., Andrieieva L. and Boltianska L. The Role of Social Capital in Development of Agricultural Entrepreneurship. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. 2019. Pp. 427–440 (Scopus)

18. Korobka S., Syrotyuk S., Zhuravel D., Boltianskyi B., Boltianska L. Solar dryer with integrated energy Unit. *Problemele energeticii regionale*, 2 (50) 2021. P. 61–75. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2021.2-50>

Стаття надійшла до редакції 16.12.2022 р.

**L. Boltianska**

**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

## **ENERGY SAVING AND ENERGY EFFICIENCY IN HOUSEHOLDS**

### ***Summary***

The article highlights the main aspects of the theoretical concepts of "energy saving" and "energy efficiency".

Energy efficiency is a field of knowledge at the intersection of engineering, economics, jurisprudence and sociology. The term reveals the reasonable use of energy resources, the achievement of economic efficiency in the use of available fuel and energy resources at the appropriate level of development of equipment and technology in compliance with environmental requirements. The concept of "energy efficiency" is revealed through the achievement of a certain result, in particular, heating the house, using a smaller amount of energy than is usually required. "Energy conservation" as any "conservation or savings" is a process of saving energy, during which the need for energy resources is reduced. It is associated with extensive energy consumption in the context of the implementation of the energy saving regime, which describes the quantitative characteristics. The result of this process is the saving of energy resources under normal operating modes of the enterprise.

Domestic households remain the largest consumers of energy carriers. However, the constant increase in prices for energy resources causes a decrease in the solvency of economic entities and leads to energy poverty. The main criterion for the level of energy poverty is the threshold value – the maximum conceivable share of the household's income that is spent on paying for energy consumption. The most effective way to reduce electricity costs for the consumer is to reduce the level of its consumption or use alternative energy sources. It is also important to realize that using other heat sources for your own needs is not the only way to save gas and eliminate dependence on it. It is necessary to ensure the growth of the overall energy efficiency of the building: identify and eliminate all heat leaks, use heat more rationally, and minimize the heat loss of the building. To save on heating, you absolutely need the correct combination and management of heat sources, which will allow you to significantly reduce the costs of heating a private house, provide for household needs and get an additional source of replenishment of the family budget.

**Key words:** energy saving, energy efficiency, households, energy poverty, sources of household financial resources, alternative sources of heating, solar technologies, pellets.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-9

УДК 631.3.004.67

Г. І. Дашивець, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2612-6077

А. М. Бондар, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4761-9084

О. В. В'юник

ORCID: 0000-0002-6413-5567

e-mail: galyna.dashyvets@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

## **ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ БАЗИ НА ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ВИРОБНИЧИХ РЕСУРСІВ СЕРВІСНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

*Анотація.* Основна мета роботи – виявлення і дослідження комплексних та одиничних показників технологічної бази сервісного підприємства, які впливають на потенціальний рівень технології. Забезпеченість та якість технологічної бази обумовлюється забезпеченістю ремонтно-технологічним обладнанням, оснасткою та пристосуваннями, контрольно-вимірювальними інструментами, запасними частинами і матеріалами. Робочою групою експертів була розроблена анкета з оцінки впливу технологічних факторів на якість послуг. Введені одиничні показники та п'ять ступенів можливих їх значень. Виконано ранжування показників, за результатами експертної оцінки побудовані діаграми коефіцієнтів вагомості для одиничних факторів технологічної бази. Розглянуті фактори дозволили сформулювати основні напрямки підвищення якості ремонту.

*Ключові слова:* якість сервісних послуг, виробничі ресурси, експертна оцінка, коефіцієнт вагомості, діаграма, технологічна база.

### *Постановка проблеми.*

Для ефективної роботи сервісного підприємства, забезпечення високої якості послуг необхідно дотримуватися таких основних вимог, як висока кваліфікація обслуговуючого персоналу, застосування сучасного обладнання та устаткування для якісного виконання технологічних операцій. Крім того важливою складовою якісного виконання робіт з сервісного обслуговування є використання високоякісних запасних частин та витратних матеріалів [1]. Якість робіт на сервісних підприємствах може бути низькою через відхилення в технологічній дисципліні, внаслідок «спрощення» технологічних операцій виконавцями, недостатньої кількості та низької якості запасних частин і матеріалів, невисокої точності та недостатності

ремонтно-технологічного обладнання, оснастки, пристосувань, інструменту.

Для виявлення чинників низької якості робіт необхідно знати кількісні показники, які характеризують стан виробничого процесу на підприємстві по окремим елементам, їх сукупності та відображають готовність підприємства до випуску виробів належної якості. Вдосконалення робіт повинно торкатись всіх елементів, що характеризують організаційно-технічний рівень – це рівень стабільності і організації контролю за якістю продукції, забезпеченість засобами вимірювання, контрольно-випробувальним обладнанням і нормативно-технологічною документацією.

Підтримання високої якості ремонту та обслуговування машин та їх складових частин на сервісному підприємстві це систематична робота по підвищенню ефективності виробничих ресурсів, тобто вирішення комплексу технічних, соціальних, економічних питань (рисунок 1). Виробничі ресурси включають в себе обладнання, оснастку, інструмент та робочу силу. За допомогою групи експертів (спеціалістів технічного сервісу) було розроблено «дерево цілей» рівня виробничих ресурсів, які впливають на якість ремонту [2]. Рівень виробничих ресурсів, від яких залежить якість ремонту виробів, складається з таких комплексних факторів:

- 1) забезпеченість та якість технологічної бази,
- 2) охоплення та якість інженерної підготовки виробництва,
- 3) рівень робочої сили.

В свою чергу ці комплексні фактори складаються з одиничних.

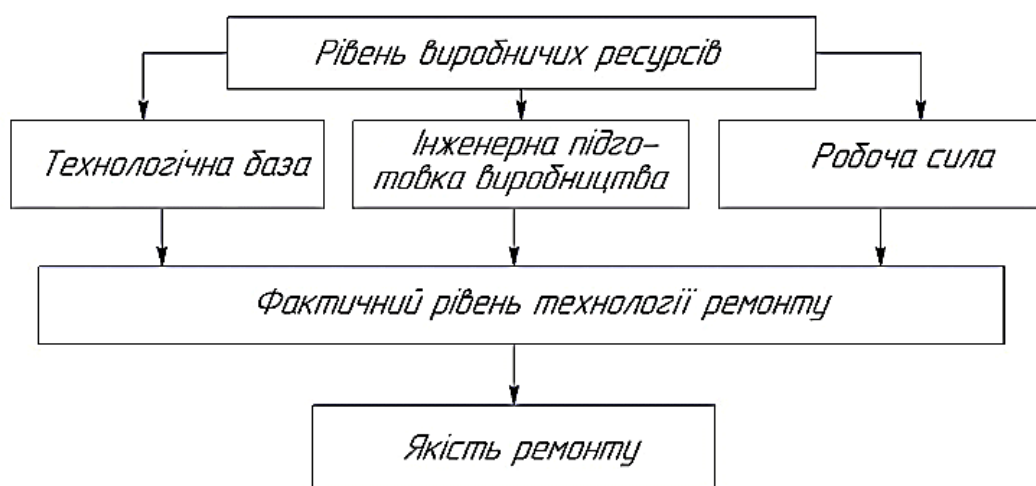


Рисунок 1. Схема впливу рівня виробничих ресурсів на якість ремонту машин

Впливати на фактори технології ремонту можна шляхом відповідного підвищення рівня виробничих ресурсів: введенням



обладнання, оснащення, інструменту, якого недостатньо або нового; покращенням забезпечення запасними частинами, матеріалами по номенклатурі та якості.

*Аналіз останніх досліджень.* Якість продукції – це питання, яким присвячено багато праць, де досліджуються завдання, функції, процеси, структури, організаційні елементи, методи, заходи управління якістю. Питання підвищення якості, надійності технічних систем, методи їх оцінки розглядалися та аналізувалися у відомих роботах зарубіжних науковців [3-7].

*Формулювання мети статті:* дослідження показників забезпеченості та якості технологічної бази виробництва, що впливають на якість послуг в умовах сервісного підприємства.

*Основна частина.*

Забезпеченість та якість технологічної бази обумовлюються забезпеченістю:

- а) ремонтно-технологічним обладнанням,
- б) оснасткою та пристосуваннями,
- в) контрольно-вимірювальними інструментами,
- г) запасними частинами і матеріалами.

В доповнення до схеми введені одиничні показники та п'ять ступенів можливих їх значень (таблиця 1). Співвідношення між ступенями одиничних факторів (дуже високий, високий, середній, низький, дуже низький) були прийняті 4 : 3 : 2 : 1 : 0.

При призначенні ступеню одиничних показників виходили з наступних міркувань. Як дуже високим рівнем прийнятий такий стан виробничих ресурсів, при якому витримуються умови нормативно-технологічної документації та забезпечується якість ремонту, яке відповідає підвищеному ресурсу. Високий рівень орієнтовно визначає першу категорію якості, середній рівень – той, що склався в середньому стан виробничих ресурсів, а низький та дуже низький рівні – недопустимі значення виробничих ресурсів, коли слід приймати термінові заходи на підприємствах, де це має місце.

На підставі таблиці 1 розроблена анкета, з якої проведено ранжирування всіх показників. В таблицях 2-5 вказана встановлена за результатами експертної оцінки вагомість комплексних та одиничних факторів виробничих ресурсів.

Коефіцієнти вагомості визначались для всіх факторів, що входять в дерево цілей. Коефіцієнт вагомості – кількісна характеристика степені значущості конкретного показника для оцінки якості [8-10].

Визначення коефіцієнтів вагомості показників якості найчастіше проводиться експертним шляхом. Метод оцінювання передбачав визначення експертами важливості показників якості шляхом бальної оцінки за 10-бальною шкалою. Найбільш важливим показникам присвоювався максимальна кількість балів [8-10].



Таблиця 1

## Ознаки виробничих ресурсів (технологічна база)

Найменування	Рівні ознак
1	2
<i>Забезпеченість ремонтно-технологічним обладнанням</i>	
забезпеченість технологічним обладнанням	<ul style="list-style-type: none"><li>- повне, сучасне</li><li>- повне, но частково застаріле</li><li>- до 90% частково застаріле</li><li>- до 80% основне, майже відсутнє допоміжне</li><li>- нижче 80% основне, відсутнє допоміжне</li></ul>
ступінь механізації	<ul style="list-style-type: none"><li>- повна, гідро-, пневмо-, електроінструмент</li><li>- в основному повна, гідро-, пневмо-, електроінструмент</li><li>- часткова механізація та універсальний інструмент</li><li>- в основному універсальний інструмент</li><li>- застосовується зубило, кувалда та ін.</li></ul>
наявність контейнерів, стелажів	<ul style="list-style-type: none"><li>- 90-100%</li><li>- 70-90%</li><li>- 50-70%</li><li>- нижче 50%</li><li>- майже все на підлозі</li></ul>
технічний стан обладнання	<ul style="list-style-type: none"><li>- в повній відповідності з технічними показниками</li><li>- невеликі відхилення (не перевіряється на точність)</li><li>- централізоване обслуговування, але не систематично та не завжди якісно</li><li>- значні відхилення (обслуговування та ремонт проводять верстатники)</li><li>- неприпустимі відхилення (працює до поломки)</li></ul>
<i>Забезпеченість оснасткою та пристосуваннями</i>	
забезпеченість по кількості	<ul style="list-style-type: none"><li>- повне, сучасне</li><li>- практично повне, але частково застаріле</li><li>- до 70% застаріле</li><li>- 30-70% та застаріле</li><li>- в основному універсальні пристосування</li></ul>
якість обслуговування оснастки	<ul style="list-style-type: none"><li>- регулярна перевірка на точність та примусовий ремонт</li><li>- ремонт по необхідності, а точність перевіряється по виробу</li></ul>



## Продовження таблиці 1

1	2
якість обслуговування оснастки	<ul style="list-style-type: none"><li>- не ремонтується, а точність перевіряється по виробу</li><li>- істотні відхилення</li><li>- практично не можна використовувати оснастку</li></ul>
<i>Забезпеченість контрольно-вимірювальними інструментами</i>	
наявність контрольно-вимірювальних стендів	<ul style="list-style-type: none"><li>- повне, сучасне</li><li>- майже повне, але частково застаріле</li><li>- до 70% та застаріле</li><li>- 30-70% та застаріле</li><li>- практично немає</li></ul>
наявність вимірювального інструмента	<ul style="list-style-type: none"><li>- повне (скоби, калібри, спеціальні прибори)</li><li>- недостатньо спеціального інструмента</li><li>- повне, але в основному універсальне</li><li>- тільки універсальний інструмент</li><li>- практично немає</li></ul>
технічний стан	<ul style="list-style-type: none"><li>- регулярна державна та відомча перевірки</li><li>- з невеликими відхиленнями державна та відомча перевірки</li><li>- нерегулярні державні та відомчі перевірки</li><li>- тільки відомчі перевірки</li><li>- без перевірки</li></ul>
<i>Забезпеченість запасними частинами і матеріалами</i>	
забезпеченість по номенклатурі та кількості запасних частин відповідно до норм	<ul style="list-style-type: none"><li>- практично повне</li><li>- недостатнє забезпечення 1-2 основних позиції</li><li>- недостатнє забезпечення 3-5 основних позиції</li><li>- недостатнє забезпечення 5-10 основних позиції</li><li>- недостатнє забезпечення 10 основних позиції та ряду допоміжних</li></ul>
якість запасних частин	<ul style="list-style-type: none"><li>- практично відхилень немає</li><li>- до 5% деталей не відповідає нормативно-технічна документація (НТД)</li><li>- не відповідає НТД 5-10%</li><li>- не відповідає НТД 10-20%</li><li>- понад 30% не відповідає НТД</li></ul>
забезпеченість ремонтними матеріалами	<ul style="list-style-type: none"><li>- повне</li><li>- практичне повне, але недостатня якість</li><li>- неповне</li><li>- неповне або низької якості</li><li>- практично немає</li></ul>



Якісне використання технологічного обладнання на виробництві залежить від забезпеченості технологічним обладнанням, оснасткою та пристосуваннями, контрольно-вимірювальними інструментами, запасними частинами, матеріалами.

Таблиця 2

Діаграма коефіцієнтів вагомості показника забезпеченості виробництва ремонтно-технологічним обладнанням

Показник	Коефіцієнт вагомості	Діаграма
1 забезпеченість технологічним обладнанням	0,39	
2 ступінь механізації	0,24	
3 наявність контейнерів, стелажів	0,12	
4 технічний стан обладнання	0,25	

Таблиця 3

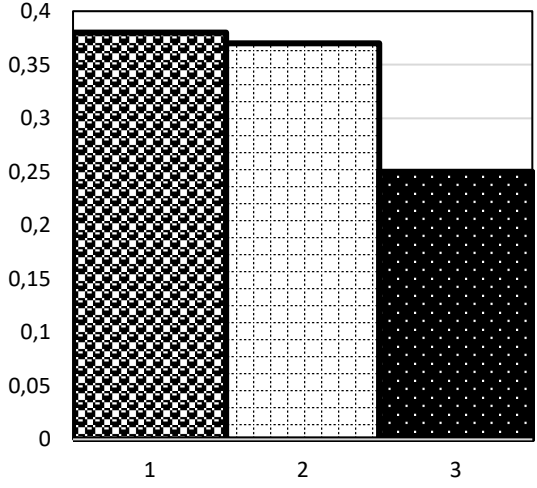
Діаграма коефіцієнтів вагомості показника забезпеченості виробництва оснасткою і пристосуваннями

Показник	Коефіцієнт вагомості	Діаграма
1 забезпеченість по кількості	0,37	
2 якість обслуговування оснастки	0,63	



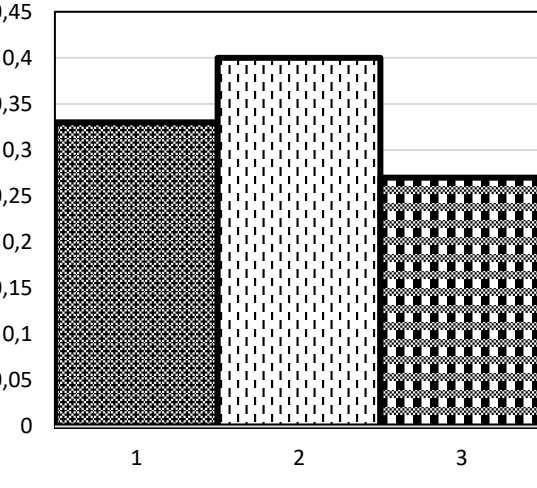
Таблиця 4

Діаграма коефіцієнтів вагомості показника забезпеченості виробництва контрольно-вимірювальними інструментами

Показник	Коефіцієнт вагомості	Діаграма
1 наявність контрольно-вимірювальних стендів	0,38	
2 наявність вимірювального інструмента	0,37	
3 технічний стан	0,25	

Таблиця 5

Діаграма коефіцієнтів вагомості показника забезпеченості виробництва запасними частинами та матеріалами

Показник	Коефіцієнт вагомості	Діаграма
1 забезпеченість по номенклатурі і кількості запасних частин відповідно до норм	0,33	
2 якість запасних частин	0,4	
3 забезпеченість ремонтними матеріалами	0,27	

Коефіцієнти вагомості показників технологічної бази склали по забезпеченістю технологічним обладнанням – 0,35; оснасткою та пристосуваннями – 0,21; контрольно-вимірювальними інструментами – 0,20; запасними частинами, матеріалами – 0,24 [2].





Після встановлення коефіцієнтів вагомості було визначено, що найбільш важливою умовою якісного виконання робіт є забезпеченість виробництва ремонтно-технологічного обладнання.

Забезпеченість технологічного процесу обладнанням – це не тільки наявність змонтованого та налагодженого обладнання, та і підтримка його роботоздатного стану шляхом технічного обслуговування та контролю в процесі роботи. Підтримка технічного стану вельми важливо для раніше встановленого обладнання, так як можлива втрата їм продуктивності та точності, а проста наявність обладнання не означає виконання технологічних операцій. Ефект від впровадження нового технологічного обладнання проявляється тільки після монтажу та налагодження, тому при розрахунку зміни одиничного фактору відліковою точкою слід брати завершення налагодження обладнання та введення його в постійну експлуатацію. Грунтуючись на цьому, експерти відвели друге місце одиничному показнику технічного стану та обслуговуванню обладнання.

Аналогічно виглядає ситуація з забезпеченням технологічного процесу оснасткою, пристосуваннями та контрольно-вимірювальним інструментом. Виконання багатьох операцій ремонту при наявності відповідного обладнання стає неможливим при незавершеності технологічної бази, тобто при відсутності або несправності оснастки або інструмента. При цьому значення якості оснастки вище простої наявності її.

Показник забезпечення запасними частинами та матеріалами експерти поставили на друге місце в технологічній базі, а найбільшу вагомість придали одиничному показнику якості запасних частин.

*Висновки.* Найбільш важливою та основоположною умовою якісного виконання робіт з технічного сервісу є наявність знаряддя та предметів праці: ремонтно-технологічного обладнання, оснастки, пристосувань, матеріалів та запасних частин (коефіцієнт вагомості 0,38). На потенціальний рівень технології впливає забезпеченість та якість технологічної бази. Найбільш вагомим комплексним показником є забезпеченість технологічним обладнанням (0,35).

Серед показників забезпеченості виробництва ремонтно-технологічним обладнанням найбільш вагомим виявився показник наявності обладнання; серед показників забезпеченості виробництва оснасткою і пристосуваннями – показник якості їх обслуговування; серед показників забезпеченості виробництва контрольно-вимірювальними інструментами – показник їх наявності; серед показників забезпеченості виробництва запасними частинами та матеріалами – показник їх якості.

Впливати на одиничні фактори виробничих ресурсів технологічної бази можливо шляхом забезпечення технологічних процесів



відповідним обладнанням, оснасткою, пристосуваннями, контрольно-вимірювальним інструментом, запасними частинами та матеріалами.

#### Список використаних джерел

1. Криворучко О. М. Менеджмент якості на підприємствах автомобільного транспорту : теорія, методологія і практика. Монографія. Харків : ХНАДУ, 2006. 404 с.

2. Дашивець Г. І., Паніна В. В., Бондар А. М. Вплив рівня виробничих ресурсів на якість ремонту машин : *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь : ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 10 с. DOI : 10.31388/2220-8674-2021-1-20.

3. Ben-Daya M., Salih O. Duffuaa, Abdul Raouf. Maintenance, Modeling and Optimization. New York, Springer Science Business Media, 2000. 474 s.

4. Dhillon B.S. Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers. Taylor & Francis Group, LLC, 2006. 214 p.

5. Nakagawa T. Maintenance. Theory of Reliability. Springer Series in Reliability Engineering: London, Springer. Verlag Limited, 2005. 269 s.

6. Juran J. La qualite dans les services. – Paris: AFNOR Gestion, 1987.

7. Campbell J. D., Andrew K. S. Jardine. Maintenance Excellence: Optimizing Equipment Life–Cycle Decisions Mechanical Engineering. New York, Marcel Dekker Inc., 2001. 495 s.

8. Осовська Г. В., Фіщук О. Л., Жалінська І. В. Стратегічний менеджмент : теорія та практика. Київ : Кондор, 2012. 196 с.

9. Мережко Н. В. Осієвська В. В., Ясинська Н. С. Управління якістю : підруч. для вищ. навч. закл. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2010. 216 с.

10. Білецький Е. В., Янушкевич Д. А., Шайхлісламов З. Р. Управління якістю продукції та послуг. Харків : Харків. торгов.-економ. інститут. 2015. 222 с.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2022 р.

**H. Dashyvets, A. Bondar, O. Viunyk**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

#### **THE IMPACT OF THE TECHNOLOGICAL BASE ON INCREASING THE LEVEL OF PRODUCTION RESOURCES OF THE SERVICE ENTERPRISE**

#### ***Summary***

The main purpose of the work is to identify and study the complex and single indicators of the technological base of the service enterprise, which affect the potential level of technology.



The quality of work at service enterprises can be low due to deviations in technological discipline, as a result of "simplification" of technological operations by performers, insufficient quantity and poor quality of spare parts and materials, low accuracy and insufficiency of repair and technological equipment, tooling, devices, tools.

In the article, the "tree of goals" was used to analyze the processes of the technical service enterprise and develop an action plan to improve the efficiency of its activities. The level of production resources, on which the quality of repair of products depends, consists of the following complex factors: provision and quality of technological base, coverage and quality of engineering training of production, level of labor force. In turn, these complex factors consist of single factors.

Availability and quality of the technological base is determined by the availability of repair and technological equipment, tooling and fixtures, control and measuring tools, spare parts and materials. The working group of experts developed a questionnaire to assess the impact of technological factors on the quality of services. Single indicators and five degrees of their possible values were introduced. The ranking of indicators was performed, according to the results of the expert evaluation, diagrams of weighting coefficients for single factors of the technological base were built.

Among the indicators of production availability of repair and technological equipment, the most significant was the indicator of equipment availability; among the indicators of production availability of tooling and fixtures - the indicator of their service quality; among the indicators of production availability of control and measuring tools - the indicator of their availability; among the indicators of production availability of spare parts and materials - the indicator of their quality.

The considered factors allowed to formulate the main directions of improvement of repair quality.

**Key words:** quality of services, production resources, expert assessment, weighting factor, diagram, technological base.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-10

УДК 631.171.075.3

Л. Ю. Бондаренко, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5858-7375

І. Р. Тетервак, аспірант

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: illia.tetervak@tsatu.edu.ua, тел.: (068)2450815

## ОГЛЯД АГРЕГАТИВ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ КИСНЕВОГО БАЛАНСА КОМПОСТНОЇ СУМІШІ

*Анотація.* У статті розглянуто шляхи покращення процесу компостування тріски зрізаних гілок плодових дерев. Висвітлено проблему забруднення навколишнього середовища та порушення ряду стандартів та законів через спалювання викидів (листя, зрізані гілки). Докладно викладено причини поганого розвитку технологій компостування та відповідної техніки вітчизняних виробників. Оптимальним пристроєм для якісного протікання процесу компостування є використання аераторів компостної суміші. Розглянуто сучасні аератори європейських, китайських та українських виробників. Недоліком використання європейських аераторів є їх велика вартість. Для вітчизняного виробництва доцільно використовувати українські аналоги. Але питання щодо їх використання у садівництві практично не вивчено. Розглянуто два біологічних методи переробки органічних відходів. Встановлено, що аеробний метод має значні переваги над анаеробним. Процес розкладання органічних матеріалів та перехід форми азоту у найбільш доступну для рослин відбувається швидше, при більш високих температурах і без запаху.

*Ключові слова:* аерація, компост, агрегат, суміш, добриво, ґрунт.

*Постановка проблеми.* На сьогоднішній день існує проблема спалювання різних відходів полей та садів таких, як зрізані гілки, залишки соломи, сухої трави та опалого листя, що призводить до забруднення навколишнього середовища та порушення норм «Органік стандарт» та GLOBALG.A.P [1,2]. Це відбувається через недостатній контроль держави та покарання у вигляді невеликих штрафів, а також через незнання фермерів та підприємців. Основними факторами які заважають цій технології розвиватися є:

- відсутність повної та достовірної інформації про



- компостування, а саме його переваги, особливості і недоліки;
- відсутність скоординованих дій державних екологічних служб;
  - відсутня практика створення якісної органічної речовини.

Як і будь-яка технологія компостування потребує грошових витрат та витрат часу. Через відсутність достатньої інформації багато підприємців не знає, що процес створення компостування з надходженням прибутку можна налагодити, як для підприємств великої, так і малої потужності.

Для підвищення ефективності процесу компостування тріски необхідно дослідити вплив аераторів компостної суміші на процес її перетворення.

*Аналіз останніх досліджень.* Деревні відходи садівництва на даний час є викидами, але використання їх у виробництві для отримання енергопродукту створює підстави для організації безвідходного виробництва продукції садівництва. Аналіз наукових матеріалів, статей, інтерв'ю різних українських агропідприємців, а також аналіз наявності агрегатів для компостування від українських та європейських виробників вказує на те, що дане питання вивчено недостатньо та потребує проведення досліджень [3–11].

Усі варіанти перероблення органічних відходів поділяють на дві категорії: біологічні та термічні. Розглядаючи біологічні методи до них можна віднести аеробний і анаеробний методи [12–15]. Аеробний передбачає компостування, перетворення вихідної органіки у гумусоподібну речовину. Істинна цінність компостування полягає у отриманні компосту – вискоєфективного органічного добрива з високим вмістом поживних речовин. Не всі знають, що компост потрібен не лише рослинам, а й мікроорганізмам, які живуть у ґрунті. Серед способів інтенсифікації аеробних процесів можна виділити: вдосконалення природної аерації, проведення механічної аерації або примусової подачі повітря в середовище гноєкомпостної суміші [13]. Основна мета заходів – покращення кисневого забезпечення мікроорганізмів, які при масовому їх збільшенні активізують процеси життєдіяльності.

*Формулювання мети статті.* Визначити доцільність використання аераторів для покращення процесу компостування тріски зрізаних гілок плодкових дерев.

*Основна частина.* Аератори застосовують в технологічному процесі аеробного компостування для насичення сировини киснем.

Головною вимогою органічного землеробства є заборона використання синтетичних хімікатів. При цьому у господарстві не лише з'являється можливість перетворити відходи у добрива, але й покращити якісні властивості своїх ґрунтів. Передовий досвід показує, що вирішити це цілком реально. Згідно з обмеженнями «Органік



стандарт», за ведення органічного землеробства основними компенсаторами внесення поживних речовин у ґрунт є гній від тварин і птахів [16]. Проте використання гною згідно з постановою Кабінету Міністрів України має певні обмеження. Значним недоліком свіжого гною є великий вміст у ньому насіння бур'янів, що може призвести до небажаного результату, а також засміченість яйцями й личинками гельмінтів [2,3]. Тому використовувати свіжий гній в органічному землеробстві забороняється – попередньо треба вжити засоби для усунення названих вище недоліків. Найпростішим способом є виготовлення компосту. Вітчизняні заводи майже не виготовляють техніку для компостування, тому альтернативи зазвичай шукають у закордонних виробників (європейських або китайських). Проте коштує таке обладнання досить дорого й застосовувати його не доцільно для масштабного виробництва.

Є декілька способів компостування: один з них анаеробний, або так зване холодне компостування. Цей спосіб часто використовується на фермах, та на сьогодні вважається недоцільним і непрофесійним, та шкідливим. Аеробний спосіб є найкращим, адже при його використанні усуваються більшість недоліків попереднього методу, хоча він є і дорожчим на стартовому етапі через необхідність додаткової техніки [12–15]. Схема способу представлена на рисунку 1. В цьому випадку необхідно забезпечити доступ повітря. За процес розкладання органіки відповідають аеробні бактерії. В процесі переробки додається кисень та, за потребою, волога, глина, солома чи торф [2]. За правильного компостування потрібно чітко розуміти якість органічних відходів на даний момент.

Щоб обирати техніку, потрібно мати чітке розуміння, що процес аеробного компостування базується на заміщенні вуглекислого газу киснем. Тобто компостування аеробним способом має здійснюватися не ворушаркою, не навантажувачем, а за допомогою спеціальної техніки – причіпних або самохідних перетрушувачів компосту, відомих як аератори [13,14]. В аераторах передбачено спеціально розроблену конструкцію барабанів із лопатками, яка подрібнює та розмішує матеріал. Для перероблення відходів у великих обсягах найкраще підходять самохідні агрегати. Причіпні агрегати, здатні переробляти середні та менші обсяги, вони дешевші, але потребують нарахування трактора відповідної потужності [17,18]. Завдяки цим пристроях пришвидшується процес ферментації, біодобриво дозріває швидше та більш рівномірно. Продуктивність роботи аератора задовольнить потреби будь-якого підприємства, незважаючи на кількість відходів.

Вибір аераторів на європейському ринку різноманітний і представлений компаніями з різних країн наприклад бельгійська компанія «Menart»(рис.2, а), або австрійська «IWKMetall-

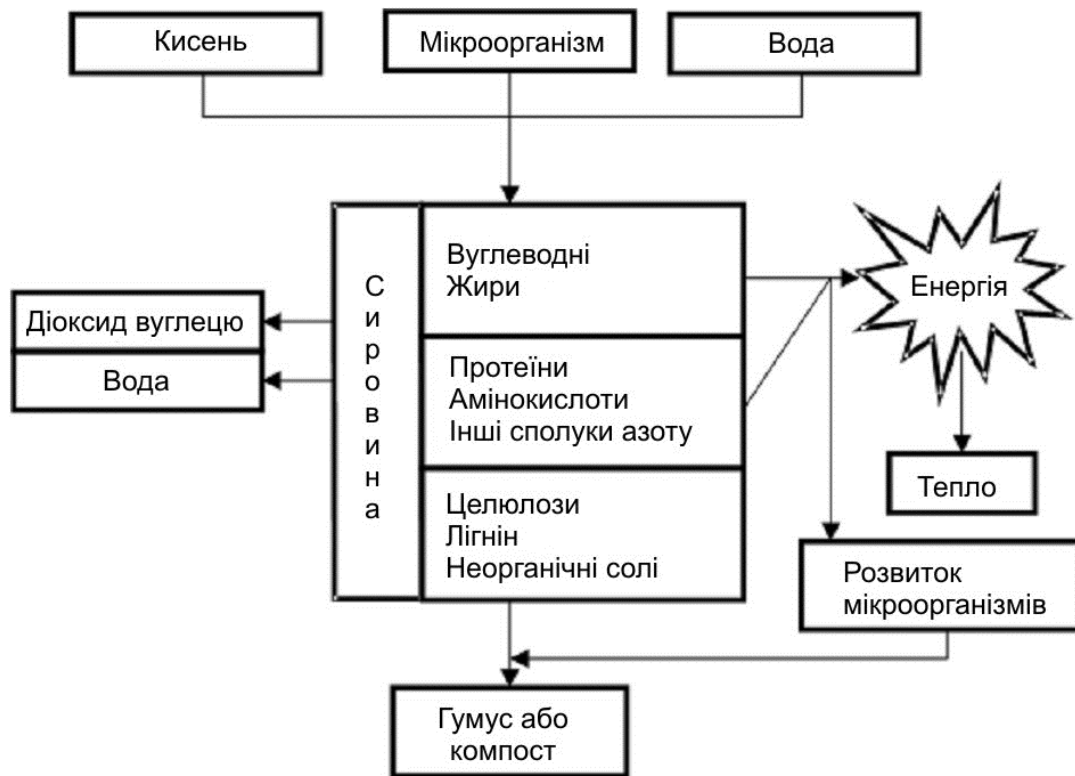


Рисунок 1 Схема аеробного компостування



а)



б)

Рисунок 2. Аератори компостної суміші: а) самохідний аератор компанії «Menart»; б) самохідний аератор компанії «IWK Metall- und Maschinenbau GmbH».

und Maschinenbau GmbH» (рис. 2, б) та ін. Аератори від китайський виробників представлені наприклад компанією «Zhengzhou Shunxin Engineering Equipment Co»(рис. 3) [18].



Рисунок 3. Самохідний аератор компостної суміші компанії «Zhengzhou Shunxin Engineering Equipment Co».

В Україні ж наразі єдиним виробником таких аераторів є лише компанія «А.ТОМ», яка наразі вже досягла успіху у цьому напрямку та має великий потенціал для розвитку [17].

Окрім аератора для створення компосту звісно необхідно, ще декілька елементів, а саме має бути окремий централізований майданчик або якась ділянка у полі бажано не далеко від виробництва, щоб зменшити витрати пального і відповідно спростити питання логістики. Також, при створенні буртів треба враховувати розміри аератора, який може бути різний. В середньому розміри бурта повинні бути: довжина – 100 м, ширина 2,5 м, а висота кагату 1,8 м. У роботі [3] було визначено розміри буртів для буртового способу компостування зрізаних гілок плодкових дерев.

Важливо забезпечити наявність джерела води (бажано нехлорованої), тому що в залежності від типу вологості матеріалу ще додають воду під час періоду компостування (5–10 ворушінь) [3]. Якщо, об'єм сировини великий то доцільним є підбір аератора у якого вбудована система зволоження сировини. Обов'язково має бути нахил ділянки де розташовані наші бурти для забезпечення зливу вологи після опадів.

Якщо, проаналізувати аератори на ринку, то можна побачити, що європейські моделі представлені компанією «IWK Metall und Maschinenbau GmbH» (табл.1) є більш розвинуті та мають ширший вибір за рахунок додаткових опцій та самохідних моделей (колісних та гусеничних). Але українські аналоги представлені компанією «А.ТОМ»



(табл.2) хоч і не мають самохідних моделей можуть надати прекрасні моделі для виробництв малої та середньої потужності, які дешевші за європейські аналоги. Це зумовлено рівнем розвитку компостної технології та використанням біопалива та біодобрив [12, 17, 18].

Таблиця 1

## Моделі аераторів компанії «IWK Metall-und Maschinenbau GmbH»

Модель	Рекомендації виробника	Розміри	Фото
<b>Навісні та причіпні моделі (агрегуються з трактором)</b>			
US	Застосовується при наявності в господарстві декількох майданчиків, які мають значну відстань між собою. В транспортувальне становище переводиться шляхом розвороту на 90 град. від робочого стану. Є бюджетною та найбільш продуктивною.	Габаритні розміри тунелю: від 2,5 до 4 м завширшки, висота 1,7 м.	
AK	Дана модель є найбільш зручною в роботі. Переведення в транспортний стан (підйом на 90° відносно робочого становища) відбувається за рахунок гідравліки.	Габаритні розміри тунелю: від 2,5 до 3,3 м завширшки, висота 1,7 м.	
TAK	Застосування цієї моделі є найбільш доречним, коли у трактора немає можливості дообладнати «равликовою» ходюю.	Габаритні розміри тунелю: від 2,5 до 3,3 м завширшки, висота 1,7 м.	
<b>Самохідні моделі</b>			

## Продовження таблиці 1.

HR	Застосовується при наявності значної кількості сировини для компостування. Дас можливість значно економити площу майданчику. Виконана на колісній ході. Є бюджетні моделі без кабіни для оператора.	Робоча ширина 2,7; 3,0; 4,0; 5,0; 6.0 метрів Висота каналу 1,4; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 метра Діаметр ротора 550; 850; 980; 1160; 1360 мм для різних матеріалів	
RP	Застосовується при наявності значної кількості сировини для компостування. Дас можливість значно економити площу майданчику. Виконана на гусеничній ході.	Робоча ширина 3,0; 4,0; 5,0; 6.0 метрів Висота каналу 1.8; 2,0; 2,2; 2,4 метра Діаметр ротора 850; 980; 1160; 1360 мм для різних матеріалів	

Якщо, проаналізувати обидві таблиці то можна зрозуміти, що самохідні моделі аераторів (на прикладі європейських моделей) не підходять для садівництва, бо розраховані на виробництва з високими потужностями. В умовах саду коли обрізання гілок для формування крони, або видалення хворих та засохлих гілок проходить в середньому два рази на рік, найкращим варіантом буде розглянути навісні та причіпні моделі. Серед них необхідно вже обирати, які підходять для об'єму попередньо визначеної приблизної маси викидів, які плануються переробити в органічні добрива та звернути увагу на те, якої потужності трактор необхідний для аератору. Для отримання кращого органічного добрива можна звернути увагу на аератори, які окрім насичення киснем та перемішуванням можуть одразу зволожувати суміш, хоча такий агрегат і буде дорожчий. Якраз такі аератори може запропонувати наш вітчизняний виробник. З розвитком технології компостування аеробним способом та впровадженням її у садівництві з'явиться і необхідність у

розвитку відповідної техніки та створення техніки спеціально орієнтованої під вимогу садів.

Таблиця 2

## Українські аналоги аераторів компанії «А.ТОМ»

Модель	Рекомендації виробника	Розміри	Фото
<b>А.ТОМ 2000 М</b>	Використовується під малопотужні трактори на 100 к. с. спеціально для перероблення невеликих обсягів відходів (до 10 000 т/рік).	Ширина – 4547 мм. Висота – 1457 мм. Глибина – 1970 мм. Вага – 1277 кг. Робоча ширина – 1,7 м	
<b>А.ТОМ 2000 Н</b>	Використовується під малопотужні трактори на 100 к. с. спеціально для перероблення невеликих обсягів відходів (до 10 000 т/рік).	Робоча ширина – 2 м. Потужність трактора від 50 к. с. Вага – 790 кг. Висота – 1300 мм. Глибина – 1190 мм.	
<b>А.ТОМ 3000</b>	Дані моделі здатні переробляти до 40000 т органічних відходів на рік та агрегуються з тракторами до 150 к. с.	Ширина – 4700 мм. Висота – 1863 мм. Довжина – 5823 мм. Мін. потужність трактора – 120 л.с.	
<b>А.ТОМ 3300</b>		Ширина – 6047 мм. Висота – 2037 мм. Довжина – 4640 мм.	

**Висновки.** Використання та виготовлення біодобрив в Україні потребує розвитку та приділення уваги. Так, як наша країна має великий потенціал для сільгоспвиробництва, використання біодобрив дозволить уникнути ряд екологічних проблем у майбутньому, а саме забруднення навколишнього середовища, поява на ринку неякісних продуктів, спустошення земельного потенціалу через зникання



мікроорганізмів та ін.. Подальші дослідження будуть направлені на розробку сучасної техніки, яка буде доступною для вітчизняного виробника та відповідати світовому рівню якості.

#### Список використаних джерел

1. Global G.A.P. Интегрированная система управления сельскохозяйственным производством [Integrated Farm Assurance Standard (IFA)]. Общий базовый модуль для сельхозпредприятий. Растениеводство. Фрукты и овощи. Контрольные точки и критерии соответствия [Действует с 01.07.2017]. Кельн, 2017. 163 с.

2. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І. Використання відновлюваних ресурсів садівництва за вимогами стандарту GLOBALG.A.P. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. 2019. Вип. 7. С. 92–99.

3. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І. Термодинамічна модель отримання добрив з тріски зрізаних гілок плодових дерев. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19, т. 3. С. 105–114.

4. Quazi H. Bari, Albert Koenig Application of a simplified mathematical model to estimate the effect of forced aeration on composting in a closed system. *Waste Management*. 2012. Vol. 31(11). P. 2037–2045.

5. Karaiev A., Tolstolik L., Chyzykhov I., Karaieva T. Defining Stability of Technological Process of Growing Fruit Crop Seedlings. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. 2019. Pt. 1. P. 53–62.

6. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Драгнєв С. В., Баштовий А. І. Перспективи використання біомаси від обрізки та видалення багаторічних сільськогосподарських насаджень для виробництва енергії в Україні. *Промислова теплотехніка*. 2018. Т.40, № 6. С. 68–74.

7. Struchaiev N., Bondarenko L., Vershkov O., Chaplinskiy A. Improving the efficiency of fruit tree sprayers. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. 2019. Pt 1. P. 3–10.

8. Lezhenkin A., Halko S., Miroshnyk A., Kovalyshyn, S., Vershkov A., Hryhorenko O. Mathematical simulation of separating work tool technological process. *International Scientific Conference on Progress of Mechanical Engineering Supported by Information Technology, POLSITA*, 22 November 2019. Czajowice, Poland, 2019. Vol. 132. no 155 125.

9. Lattimore, B., Smith, C. T., Titus, B. D., Stupak, I. and Egnell, G. Environmental factors in woodfuel production: Opportunities, risks, and criteria and indicators for sustainable practices. *Biomass and Bioenergy*. 2009. Vol. 33(10). P. 1321–1342.

10. Lezhenkin O., Lezhenkin I., Vershkov O., Kolomiets S. Agrobiological as Well as Mechanical and Technological Framework of



Development of the Harvesting Technology with the Method of Grain Crops Combing in Standing Position. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. 2019. Pt. 1. P. 85–90.

11. Гаврилов Т. А., Паталайнен Л. С., Колесников Г. Н. О ресурсосберегающих технологиях экологически безопасной утилизации древесной коры. *Современные научные исследования и инновации*. 2014. Т. 39(7). С. 59–64.

12. Ефективність дії біоагентів для компостування опалого листя. URL:<https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/ecobiotech/article/view/13838/19347> (дата звернення 31.10.2022).

13. Guardia A.de, Petiot Ch. Elie, Didier Rogeau, C Druilhe. Influence of aeration rate on nitrogen dynamics during composting. *Waste Managemen*. 2008. Vol. 28(3). P. 575–587.

14. Sundberg C., Jönsson H. Higher pH and faster decomposition in biowaste composting by increased aeration. *Waste Managemen*. 2008. Vol. 28(3). P. 518–526.

15. Павленко С. І. Експериментальні дослідження показників роботи розкидача органічних добрив ПРТ–10 із двобарабанним навісним пристроєм. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2018. Вип. 14. С. 156–163.

16. Органік-стандарт. URL: <https://organicstandard.ua/ua> (дата звернення 09.11.2022).

16. Перетрушувачі компосту причіпні. URL: [https://pack-trade.com/uk/catproducts/voroshiteli\\_komposta\\_pricepnye/#](https://pack-trade.com/uk/catproducts/voroshiteli_komposta_pricepnye/#) (дата звернення 06.11.2022).

17. Аератори. URL:<https://syayvir.com.ua/equipment/technological/> (дата звернення 24.10.2022).

Стаття надійшла до редакції 05.12.2022 р.

**L. Bondarenko, I. Tetervak**  
**Dmytro MotornyıTavria state agrotechnological university**

## **REVIEW OF UNITS TO IMPROVE THE OXYGEN BALANCE OF THE COMPOST MIXTURE**

### ***Summary***

The article is devoted to the review of modern aerators of European, Chinese and Ukrainian companies. Namely, mounted, trailed and self-propelled models of the company "IWK Metall-und Maschinenbau GmbH" and "Zhengzhou Shunxin Engineering Equipment Co", and trailed analogues of the company "A.TOM" (the only company that currently produces aerators in Ukraine). Aerators are used in the technological process of aerobic composting to saturate raw materials with oxygen. Different types of aerators models such as mounted, trailed and self-propelled are



presented. Due to the high cost of European aerators, a number of Ukrainian analogues were given with the manufacturer's recommendations. The dependence between the aerator and the characteristics of the drill bits, as well as the production capacity was described, two lists with model names, recommendations for each model, main dimensions and photos were formed.

About positive and negative changes in the use of aerator in composting technology. Other necessary components for the creation of composting process in different agricultural enterprises are described. The necessity of development of composting technology in accordance with the norms and standards "Organic Standard" and GLOBALG.A.P. is stipulated. Two biological methods of organic waste processing and the advantages of aerobic method over anaerobic are presented, the scheme of aerobic composting is given, as well as methods for improving aerobic processes. The aerobic method is the best, because it eliminates most of the disadvantages of the previous method, although it is more expensive at the initial stage due to the need for additional equipment.

The problem of environmental pollution and violation of a number of standards and laws due to the burning of organic waste (leaves, grass, straw, cut branches) is highlighted. The reasons for the poor development of composting technologies and relevant equipment of domestic producers are described in detail.

**Key words:** aeration, compost, aggregate, mixture, fertilizer, soil.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-11

УДК 631.3.06: 631.95

В. Б. Мітков, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-3652-0687

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: vasyi.mitkov@tsatu.edu.ua, тел.: (098)5989350

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВВЕДЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

*Анотація.* В статті сформульовано принцип екологічного контролю енергетичних засобів при виробництві сільськогосподарської продукції. Представлено узагальнений коефіцієнт екологічної безпеки від впливу роботи МТА, розглядається тільки один фактор з узагальненого коефіцієнта, це вплив викидів відпрацьованих газів ДВЗ на екологічну безпечність проведення механізованих сільськогосподарських робіт. Для рішення вказаної проблеми постає питання, якими властивостями сільськогосподарський агрегат повинен відповідати, що б обумовлювати його придатність задовольняти певні вимоги екологічної безпеки. Іншими словами – як оцінити екологічну безпеку сільськогосподарського агрегату на етапі його проектування або модернізації, та як керувати екологічною безпекою в процесі функціонування сільськогосподарського агрегату. Виходячи з цього розробка методології оцінки рівня екологічної безпеки на етапі проектування, модернізації та функціонування сільськогосподарського агрегату є актуальним.

*Ключові слова:* безпека, дизельний двигун, екологія, коефіцієнт, викиди, оберти двигуна.

*Постановка проблеми.* З 1 січня 2021 року, згідно з технічним регламентом №1367, який прийнятий на початку 2020 р., в Україні встановлено заборону на оборот тракторів з двигунами, обсяг викидів забруднюючих речовин яких нижче встановленого екологічного стандарту рівня Stage II [1]. Також згідно з цими змінами встановлено підвищення еко-стандартів для тракторів до рівня Stage III в 2023 і 2024 роках [1].

Екологічні проблеми сьогодні є одними з найбільш важливих і



глобальних показників розвитку людства. Сучасні вчені та практики відзначають, що вплив людини на екосистему досягло такого масштабу, що природні регуляторні механізми вже не в змозі самостійно нейтралізувати цей негативний вплив [2].

При цьому негативний вплив МТА відбувається за такими напрямками: викиди відпрацьованих газів (ВГ) двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) ущільнення ґрунту та руйнування її структури в результаті впливу ходових систем мобільних енергетичних засобів та ґрунтообробних робочих органів.

*Аналіз останніх досліджень.* Зараз одним з головних джерел розбалансування природного навколишнього середовища є робота машинно-тракторних агрегатів та мобільної сільськогосподарської техніки. В цілому доля викидів 60% від загального об'єму викидів в атмосферу забруднюючих речовин та 70% від усіх мобільних енергетичних засобів [3].

В цій роботі ми розглядаємо тільки один фактор це вплив викидів відпрацьованих газів ДВЗ на екологічну безпеку проведення механізованих сільськогосподарських робіт.

В даний час відомі дослідження, які вивчають погіршення екологічної безпеки від шкідливих викидів ДВЗ [4,5].

Узагальнений коефіцієнт екологічної безпеки ( $УК_{еб}$ ) від впливу роботи МТА можна представити у вигляді відносного коефіцієнта погіршення суми екологічних параметрів агрегатів, віднесених до їх нормативних значень [6].

$$\begin{aligned} UK_{еб} = & K_{U_i} \cdot U_{ki} / U_i + K_F \cdot F_{ki} / F_i + SK_{T_i} + K_N \cdot N_{ki} / N_i + K_{CO} \cdot g_{CO_{ki}} / g_{CO_i} + \\ & K_{CH} \cdot g_{CH_{ki}} / g_{CH_i} + K_{NOx} \cdot g_{NO_{xki}} / g_{NO_{xi}} + K_{L1} \cdot L_{1k} / L_1 + K_{L2} \cdot L_{2k} / L_2 + \quad (1) \\ & + K_{L3} \cdot L_{3k} / L_3 + K_N \cdot N_{Kx,x} / N_{x,x} + K_{CO} \cdot g_{CO_{Kx,x}} / g_{CO_{x,x}} + \\ & + K_{CH} \cdot g_{CH_{Kx,x}} / g_{CH_{x,x}} + K_{отх} \end{aligned}$$

Роботу МТА можна оцінювати узагальненим коефіцієнтом екологічної безпеки ( $УК_{еб}$ ) від впливу МТА по п'яти категоріям екологічної безпеки (ЕБ) МЕЗ [6]:

1) *Вища або перспективна.* Коефіцієнт екологічної безпеки ( $K_{еб} < 0,90$ ). МТА по основним або по більшості показників задовольняє значенням перспективних або міжнародних норм. Придатний для використання;

2) *Гарна* ( $K_{еб} < 0,95$ ). МТА задовольняє всім екологічним вимогам вітчизняних стандартів. Перспективне для внутрішнього використання;

3) *Задовільна* ( $K_{еб} < 1,2$ ). МТА може використовуватися при виробництві сільськогосподарської продукції. В перспективі підлягає модернізації;

4) *Незадовільна* ( $K_{еб} = 1,2$ ). МТА не підлягає використанню.



Потрібна термінова модернізація або зняття його з роботи, після появи відповідної заміни для цього агрегату;

5) *Неприпустима* ( $K_{\text{сб}} > 1,2$ ). Потрібне термінове виключення МТА з виробництва.

В Україні з 1 січня 2016 року введено стандарт екологічної безпеки Євро-5. Сертифікат Євро-5 підтверджує відповідність автомобіля чи будь-якого іншого транспортного засобу європейським екологічним стандартам, основним показником якого є рівень викиду в атмосферу шкідливих речовин — вуглекислого газу, оксидів азоту і вуглеводнів тощо (табл. 1). В 2025 році в нашій країні мають набути чинності екологічні норми «Євро-6», що передбачено проектом закону №2078-1 "Про внесення змін до Закону України"

Таблиця 1

Норми токсичності для великовагових дизельних двигунів,  $\text{г}/\text{м}^3$

Стандарт	Вміст у вихлопних газах, $\text{г}/\text{м}^3$		
	NOx	CH	CO
Євро - 4	3,5	0,46	1,5
Євро - 5	2,0	0,46	1,5

*Формулювання мети статті.* Обґрунтувати методологічні основи для оцінки екологічної безпеки роботи дизельного двигуна мобільного енергетичного засобу.

*Основна частина.* Підвищення екологічності роботи МТА дає можливість знизити негативний вплив МТА на навколишнє середовище і ми зможемо набагато довше користуватися ресурсами земель сільськогосподарського призначення.

Також, значно впливає на коефіцієнт екологічної безпеки мобільного енергетичного засобу кількісний та якісний склад продуктів згоряння робочої паливо-повітряної суміші, який визначається особливостями процесів паливоподачі, сумішоутворення, випарування, горіння, стискання і розширення, та добре налагоджена організація робочого процесу (рис.1).

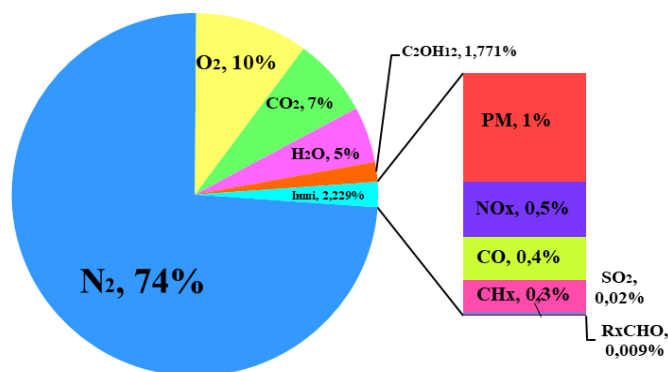


Рисунок 1. Склад відпрацьованих газів дизельних двигунів



Кожен з компонентів відпрацьованих газів має свої особливості протікання фізичних та хімічних процесів утворення та розкладання.

Знаючи склад ВГ, можна з високою ступеню ймовірності проаналізувати характер процесу горіння.

Як визначено раніше, до основних забруднюючих та отруйних речовин, які підлягають найбільш суворому контролю, належать:

- Чадний газ (CO);
- Оксид азоту (NO<sub>x</sub>);
- Вуглеводні речовини (СН).

Для визначення кількості шкідливих речовин у навколишнє середовище, нами прийнято для аналізу один з найбільш розповсюджених на території півдня України трактор серії ХТЗ з двигуном ЯМЗ-236М2.

Оцінку рівня викидів основних забруднюючих та отруйних речовин в ВГ можна визначити за допомогою регуляторної характеристики двигуна в залежності від режиму роботи цього двигуна. Для наочності потрібно побудувати регуляторну характеристику двигуна ЯМЗ-236М2. [7].

За допомогою ЕОМ та програми Excel можна представити регуляторну характеристику дизельного двигуна з зображеними графіками викидів CO, NO<sub>x</sub> та СН (рис. 2 - рис. 5).

Оскільки нами за допомогою апроксимації було знайдено теоретичні залежності зміни кількості CO, NO<sub>x</sub> та СН в залежності від завантаженості двигуна, то загальна кількість викидів представлена в таблиці 2.

Таблиця 2

Залежність викидів дизельного двигуна від його потужності

Потужність, кВт	0	47,2	94,4	96,9	90,7	82,0	71,3	59,3
CO, г/м <sup>3</sup>	1,110	1,288	1,823	1,862	1,768	1,648	1,516	1,391
СН, г/м <sup>3</sup>	0,523	0,620	1,230	1,272	1,171	1,036	0,885	0,738
NO <sub>x</sub> , г/м <sup>3</sup>	0,250	2,539	2,278	2,103	2,496	2,852	3,014	2,898

На рис. 2 відображена область, на якій показаний режим роботи двигуна: його потужність, кількість оборотів, витрата палива, який відповідає екологічному стандарту Євро - 5 для CO, також вказано діапазон максимальних викидів чадного газу. Отримали режим роботи двигуна трактора до 1250 об/хв, де його викиди чадного газу підходять під стандарт екологічної безпеки.

На рис.3...4 ми бачимо, що стандарти Євро-5 СН та NO<sub>x</sub> досить високі, і ми не можемо їм відповідати на тих режимах роботи мобільних засобів, які є прийнятними для екологічної безпеки.

На рис. 5 показана зона, яку ми приймаємо як оптимальну для роботи трактора з екологічної точки зору. Так як показники чадного газу

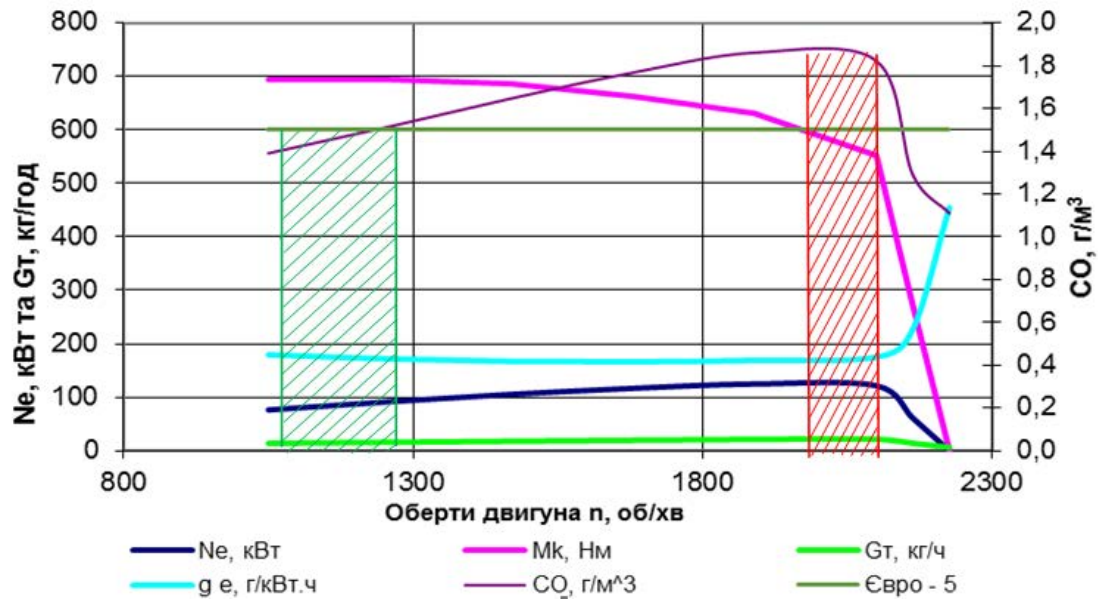


Рисунок 2. Залежність викидів CO від режиму роботи двигуна:

- діапазон максимальної кількості викидів CO;
- діапазон допустимої кількості викидів CO по стандартам екологічної безпеки Євро – 5.

та вуглеводних речовин починають зростати, при цьому трохи перевищуючи свої параметри, а показник оксиду азоту спадає, тим самим компенсуючи зростання інших компонентів відпрацьованих газів.

Звідси випливає, що прийнятним режимом роботи двигуна по кількості обертів можна вважати 1450-1850 об/хв.

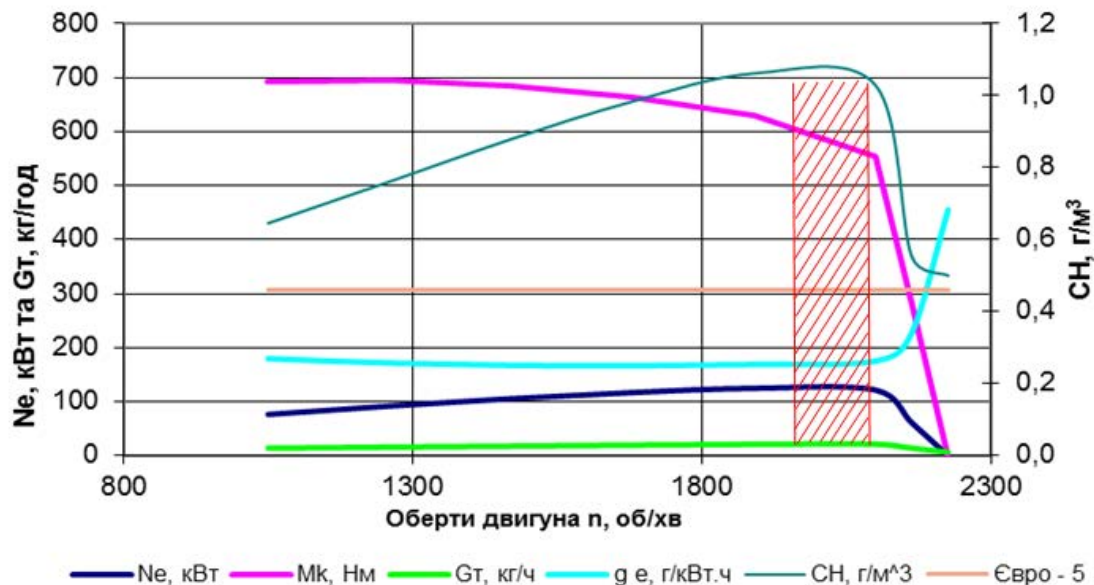
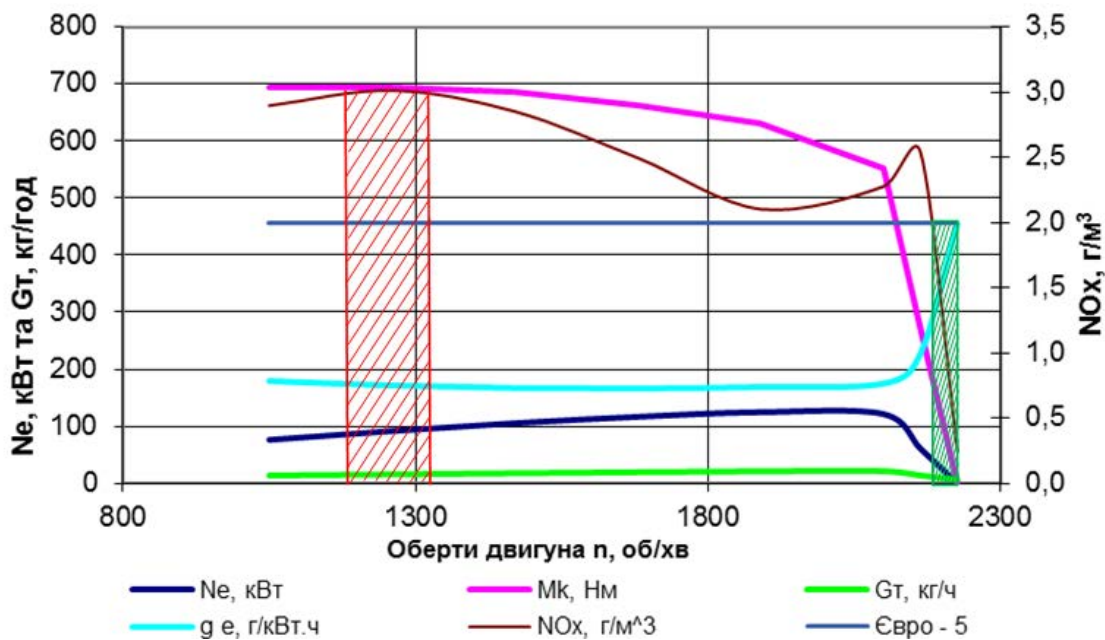


Рисунок 3. Залежність викидів CH від режиму роботи двигуна:

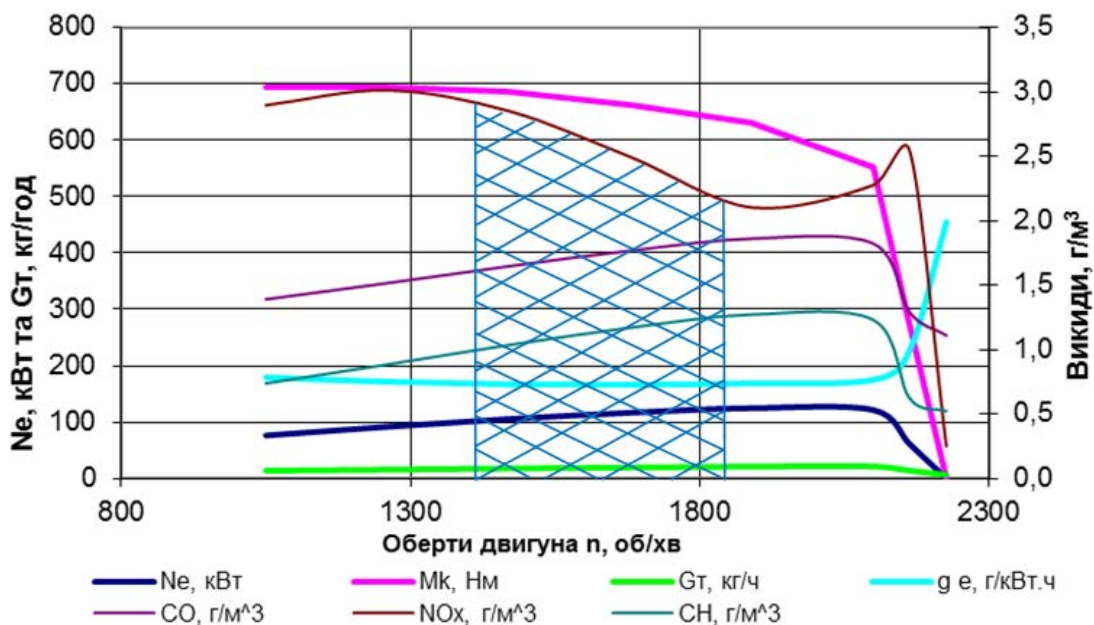
- діапазон максимальної кількості викидів CH.

Рисунок 4. Залежність викидів  $NO_x$  від режиму роботи двигуна

- діапазон максимальної кількості викидів;

- діапазон допустимої кількості викидів  $NO_x$  по стандартам екологічної безпеки Євро – 5.

Аналізуючи отримані графіки (рис.2...рис.4) можемо бачити, що зі збільшенням завантаженості та обертів двигуна ЯМЗ-236М2

Рисунок 5. Загальна залежність викидів  $CO$ ,  $CH$ ,  $NO_x$  від режиму роботи двигуна

- діапазон оптимальної роботи мобільного засобу з точки зору кількості викидів  $CO$ ,  $CH$ ,  $NO_x$ .

відбувається зростання викидів  $CO$  та  $CH$ , аж до номінального режиму



роботи двигуна. Тим же часом вміст у вихлопних газах сполук  $\text{NO}_x$ , для тих же умов, зменшується до  $1890 \text{ хв}^{-1}$ , в такому режимі двигун може розвинути максимальну потужність  $124,7 \text{ кВт}$  (рис. 7), що складає  $96,93\%$  від номінального значення  $128,7 \text{ кВт}$  (рис. 6).

Для порівняння отриманих нових характеристик трактора з номінальним режимом роботи  $N_e$ , відповідно побудуємо тягову характеристику для номінальних та нових режимів роботи.

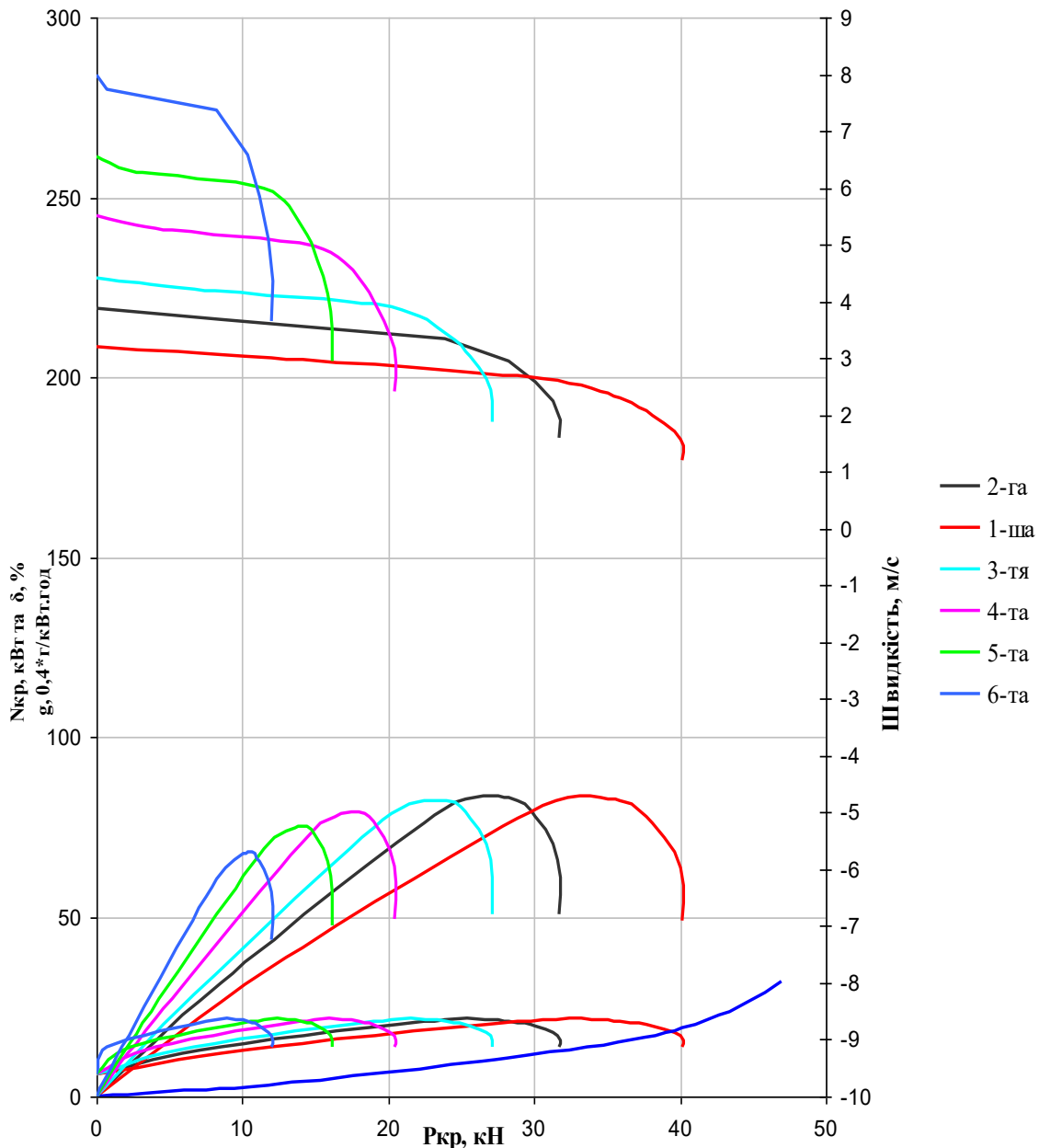


Рисунок 6. Тягова характеристика двигуна при номінальній потужності  $N_e = 128,7 \text{ кВт}$ .

Так як при обмеженні потужності двигуна зміняться також експлуатаційні показники трактора, то виникає доцільність порівняння їх при різних рівнях потужності, що розвивається двигуном [8].

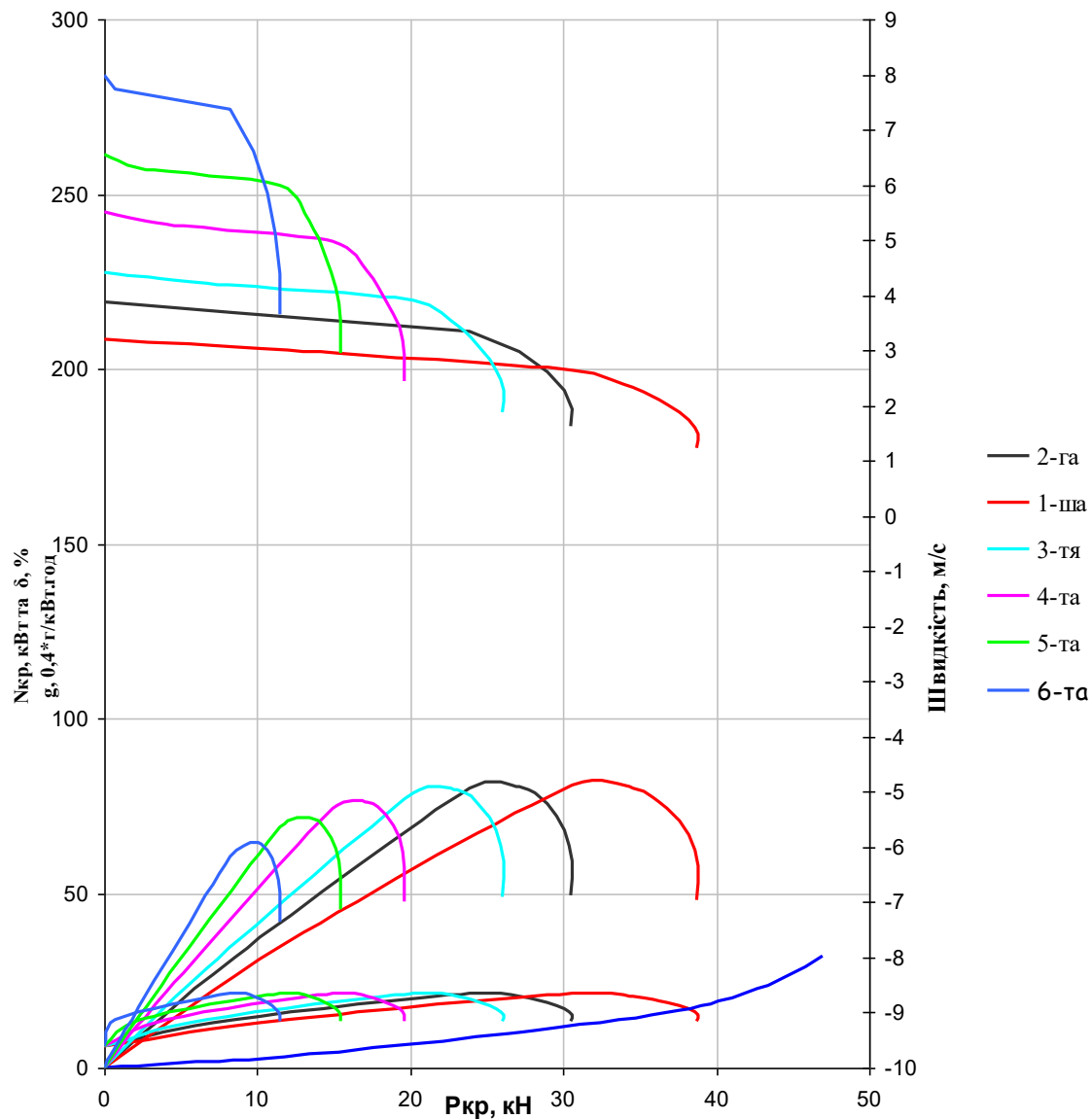


Рисунок 7. Тягова характеристика двигуна при номінальній потужності  $N_e = 124,7$  кВт.

Таким чином, виникає можливість істотного зменшення викидів найбільш значного по об'єму та масі елементу вихлопних газів  $NO_x$ , якщо обмежити оберти двигуна на рівні 90 % від номінального. Також відбудеться зменшення викидів  $CO$  та  $CH$ , оскільки при даному значенні їх об'ємна кількість не досягла свого максимального значення.

#### Висновки.

1. Щоб відповідати стандарту Євро-5 режим роботи двигуна ЯМЗ-236М2 по викидам  $CO$  повинен не перевищувати 1250 об/хв.
2. Оптимальний режим роботи двигуна трактора марки ХТЗ, з екологічної точки зору, прийнятий 1450-1850 об/хв. При цьому витрати палива не збільшуються.
4. Зі збільшенням завантаженості та обертів двигуна ЯМЗ-236М2 відбувається зростання викидів  $CO$  та  $CH$ , аж до номінального режиму



роботи. Кількість в вихлопних газах сполук NO<sub>x</sub>, для тих же умов, зменшується до 1890 хв<sup>-1</sup>. При таких обертах двигун може розвинути максимальну потужність 124,7 кВт, що складає 96,93% від номінального значення 128,7 кВт.

5. Зменшити викиди, найбільш значного по об'єму та масі елементу вихлопних газів NO<sub>x</sub> можна, якщо обмежити оберти двигуна на рівні 90 % від номінального. Викиди CO та CH при даному значенні обертів двигуна не досягли свого максимального значення.

#### Список використаних джерел

1. Нестеров О. В Украине изменятся экологические стандарты для двигателей сельхозтехники. URL: <https://agroportal.ua/news/tekhnika/v-ukraine-izmenyatsya-ekologicheskie-standarty-dlya-dvigateli-selkhoztekhniki/> (дата обращения 03.10.2021 г.)

2. Hristo Beloev. Methodology of evaluation of environmental and technological properties of the mobile energy machine. *Mechanization in agriculture & Conserving of the resources*. Sofia, Bulgaria, 2018. Issue 4. P.114–116.

3. Kuvachov V. New approach to the choice of way of mechanical processing of soil in the south of Ukraine / V. Kuvachov, Ye. Ihnatiev, V.O. Mitkov // *International Scientific Journal "Mechanization in agriculture"*. 2016. Issue 1. P.29–31.

4. Ihnatiev Ye. I. Kuvachov V. P. Impact and environmental assessment of the level of harmful substances in the exhaust gases of diesel engines depending on the modes of operation of the MTU. *Bulletin of the Ukrainian branch of the MAAO*. Melitopol: TSAU, Vol. 4. 2016. Pp. 78–88.

5. Bulgakov V. Implementation of simultaneous performance of two technological operations with different machine-and-tractor units. V Bulgakov, J Olt, S Pascuzzi, V Nadykto, V Kyurchev, V Mitkov, F. Santoro, *Agronomy Research* this link is disabled, 2022, 20(1), Pp. 65–72. DOI: <https://doi.org/10.15159/ar.22.015>

6. Мітков В. Б., Кувачов В. П., Ігнат'єв Є. І., Чорна Т. С. Урахування показника екологічних властивостей мобільного енергетичного засобу в методиці розрахунку його технологічного рівня. *Науковий вісник ТДАТУ*, Вип. 6, т. 3. С. 33–40.

7. Мітков В.Б. Розробка науково-методологічних основ комплексної оцінки впливу машинно-тракторних агрегатів на стан забруднення навколишнього середовища. *Екологічні науки*, Київ, 2016, № 12-13. С. 122–127.

Bulgakov V. The coefficient determination of a damperwasher hydraulic resistance for reducing a technical module oscillation amplitude Bulgakov, V., Parakhin, O., Chorna, T. *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations*, 2019, Pp. 183–190.



Стаття надійшла до редакції 25.10.2022 р.

**V. Mitkov**

**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

**JUSTIFICATION OF THE EXPEDIENCY OF INTRODUCING  
ENVIRONMENTAL CONTROL OF ENERGY MEANS IN THE PRODUCTION  
OF AGRICULTURAL PRODUCTS**

***Summary***

The article formulates the principle of environmental control of energy means in the production of agricultural products. A generalized coefficient of environmental safety from the impact of MTA is presented, only one factor from the generalized coefficient is considered, this is the impact of emissions of exhaust gases of internal combustion engines on the environmental safety of mechanized agricultural work. To solve this problem, the question arises, what properties an agricultural unit must meet in order to determine its suitability to meet certain environmental safety requirements. In other words – how to assess the environmental safety of an agricultural unit at the stage of its design or modernization, and how to manage environmental safety in the process of functioning of an agricultural unit. Based on this, the development of a methodology for assessing the level of environmental safety at the stage of design, modernization and operation of an agricultural unit is relevant.

Now one of the main sources of imbalance of the natural environment is the work of machine-tractor units and mobile agricultural machinery. In general, the share of emissions is 60% of the total emissions of pollutants into the atmosphere and 70% of all mobile energy means. In this work, we consider only one factor is the impact of emissions of exhaust gases of internal combustion engines on the environmental safety of mechanized agricultural work. The optimal mode of operation of the engine of the tractor brand XT3, from an environmental point of view, was adopted 1450-1850 rpm. At the same time, fuel consumption does not increase.

It is possible to reduce emissions of the most significant in terms of volume and mass of the element of exhaust gases NO<sub>x</sub> if you limit the engine speed to 90% of the nominal. Emissions of CO and CH at this value of engine speed did not reach their maximum value.

***Key words:*** safety, diesel engine, ecology, coefficient, emissions, engine speed.





DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-12

УДК 631.363.636

Б. В. Болтянський, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2072-4025

Р. В. Скляр, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-1547-5100

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: boris.boltianskyi@tsatu.edu.ua, тел.: (097)4988183

## МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ БАЗИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ОБЛАДНАННЯ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

*Анотація.* В статті розглянуті питання розвитку сервісного обслуговування сільськогосподарської техніки як умови забезпечення конкурентоспроможності аграрних підприємств.

Зокрема запропонована модель функціонування бази технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств, яка б сприяла її раціональній організації.

Визначено сутність сервісного обслуговування фермської техніки, перелічені основні види сервісних послуг, які може надати виробничий підрозділ з надання таких послуг. Запропоновано заходи щодо подальшого розвитку сервісного обслуговування машин та обладнання тваринницьких підприємств, які спрямовані на створення додаткових конкурентних переваг вітчизняних аграрних підприємств, що виробляють тваринницьку продукцію у довгостроковій перспективі.

*Ключові слова:* тваринництво, підприємство, обладнання, сервіс, сервісне обслуговування, конкурентоспроможність, база технічного сервісу, модель функціонування, критерій оптимальності, раціональна організація.

*Постановка проблеми.* Проблема забезпечення конкурентоспроможності вітчизняних тваринницьких підприємств в умовах поглиблення інтеграційних процесів та трансформація національної економіки на фоні складної економічної ситуації в країні вимагає від виробників сільськогосподарської техніки готовності адаптуватися до динамічних умов ринкового середовища та переорієнтуватися своєю діяльністю відповідно до реалій сьогодення. Об'єктивною необхідністю успішного розвитку та утримання конкурентних позицій вітчизняних підприємств сільськогосподарства на сучасному етапі є задоволення потреби



споживачів щодо надання послуг сервісного обслуговування техніки в процесі доведення її до кінцевого споживача та протягом всього періоду експлуатації [1-3].

В наслідок нестабільності економічної ситуації в країні та посилення впливу зовнішніх факторів на конкурентоспроможність вітчизняних аграрних підприємств, а також відчутного зменшення фінансових можливостей й купівельної спроможності споживачів сільськогосподарської техніки відбувається зменшення інтенсивності придбання нової техніки та підвищення попиту на окремі сервісні послуги, які може запропонувати виробник [3]. Відтак дослідження розвитку сервісного обслуговування та визначення його впливу на рівень конкурентоспроможності тваринницьких підприємств набуває особливої актуальності.

*Аналіз останніх досліджень.* Теоретико-методологічні аспекти економічної сутності сервісу та особливості впливу сфери послуг на забезпечення конкурентоспроможності підприємств висвітлено в дослідженнях західних науковців, зокрема, Е. Гуммессона, Ф. Котлера, Ж.-Ж. Ламбена, М. Портера та інших. Актуальні питання підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств та розвитку сервісного обслуговування є предметом досліджень таких українських науковців, як В. Адамчук, М. Грицишин, С. Бібленко, В. Іванишин, О. Козаченко, Т. Лук'янець, В. Скоцик тощо [1-9]. Проте недостатньо дослідженими залишаються визначення основних проблем та перспективних напрямів розвитку сервісного обслуговування фермської техніки, роль функціонування бази технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств.

*Формулювання мети статті.* Метою даної статті є дослідження передмов формування та розвитку сервісного обслуговування фермської техніки, встановлення його впливу на підвищення конкурентоспроможності вітчизняних аграрних підприємств, а також моделювання функціонування бази технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств, яка б сприяла її раціональній організації.

*Основна частина.* В міру підвищення оснащеності сільського господарства сучасною технікою все більш важливого значення набуває її високопродуктивне використання, яке багато залежить від раціональної організації технічного сервісу.

Таким чином, одним з основних напрямів приведення агротехнічного сервісу у відповідність з потребами сільськогосподарського виробництва – це розробка і практична реалізація організаційних і економічних заходів з формування системи технічного обслуговування і ремонту машин, як складової частини системи матеріально-технічного забезпечення АПК з урахуванням особливостей ринкової економіки [3,4,10].



В теперішній час база по технічному сервісу машин і обладнання тваринницьких ферм та комплексів розвинута не достатньо, питання організації ремонту тваринницької техніки вирішені не повністю.

Так, в Запорізької області її ремонтом займалися чотири спеціалізовані майстерні, які за своєю сумарною потужністю не можуть задовольнити потреби в ремонті. Вибір потужності сервісної бази та планування її розвитку стримується з-за відсутності рекомендації по її розрахунку. Тому виникає проблема вибору оптимальної сервісної бази, яка б обслуговуватиме заданий парк тваринницької техніки.

При аналізі функціонування ремонтної бази по повнокомплектному ремонту машин та обладнання тваринництва ми стикаємось з ситуацією, коли зустрічаються два взаємопов'язаних потоки: випадковий потік заявок на ремонт та зустрічний потік подій – тривалість їх обслуговування.

В умовах такої подвійної випадковості необхідно вирішити задачу по визначенню продуктивності сервісної бази з з'ясуванням супутніх питань:

- а) визначення середнього часу очікування ремонту машин;
- б) визначення середнього часу простою сервісної бази;
- в) визначення витрат часу на ремонт об'єкта ремонту.

Так як проведені дослідження мають своєю метою надати вирішення поставленої задачі в області (районі), де парк машин кожного виду коливається від  $10^3 \dots 10^4$  шт., то ми приходимо до класу задач теорії масового обслуговування. В теперішній час теорія масового обслуговування все більш використовується при вирішенні задач сільського господарства.

Щоб надати рекомендації по раціональній організації цього процесу та висунути необхідні умови до ремонтної бази, треба вивчити випадковий процес, який протікає в системі ремонту, описати його математичну модель, і по неї провести вибір оптимальної потужності ремонтної бази [5, 9].

При визначенні оптимальної сервісної бази та виборі варіанту її розміщення задача зводиться до того, щоб виходячи з потреби парку машин та обладнання тваринницьких ферм та комплексів, визначити необхідні потужності ремонтних підприємств та їх місця знаходження (рис. 1).

Найбільш вигідніший варіант, при якому витрати на ремонт тваринницької техніки, транспортування, будівництво нових майстерень та реконструкцію існуючих з урахування існуючої ремонтної бази є мінімальними [11, 12].

При цьому враховується різний рівень спеціалізації майстерень, обсяг перевезень ремонтного фонду та відремонтованих машин.

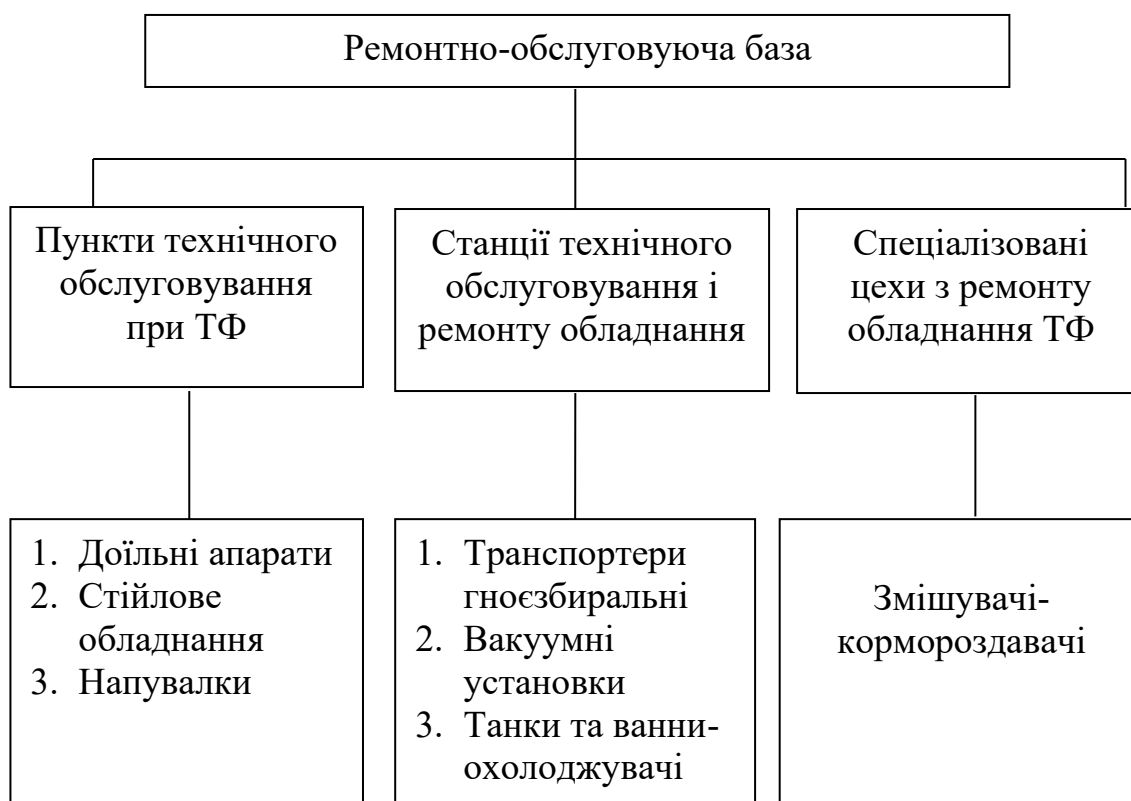


Рисунок 1. Схема розподілу обладнання за рівнями сервісної бази.

Критерій оптимальності вибирається за найменшими сумарними витратами, який включає в себе збитки від простоїв тваринницької техніки та невиконання зооветеринарних вимог при виході машини з ладу, простоїв ремонтних майстерень у випадку незабезпечення їх ремонтним фондом [5, 6]. При цьому також враховується вимога рівномірного завантаження ремонтних майстерень, як важливого значення в зв'язку зі зростанням потужностей тваринницьких підприємств.

Щоб виразити в математичній формі основні зв'язки та залежність між групами факторів, які визначають розміри ремонтних підприємств та їх розміщення, розроблена блок-схема (рис. 2), яка є основою складання програми розрахунку раціональної сервісної бази.

Аналіз стану і використання тваринницької техніки показав, що парк машин тваринницьких ферм розміщений не рівномірно. Щільність його залежить від кількості тваринницьких ферм та комплексів в господарствах. Як було зазначено вище, ремонт тваринницької техніки виконується частково в деяких майстернях, що не відповідає потребам в ремонті.

При виборі варіантів спеціалізації ремонтних майстерень необхідно враховувати його технічну доцільність, яка міститься у встановленні можливості здійснення ремонту у відповідності з технічними умовами, та організаційну доцільність, яка враховує

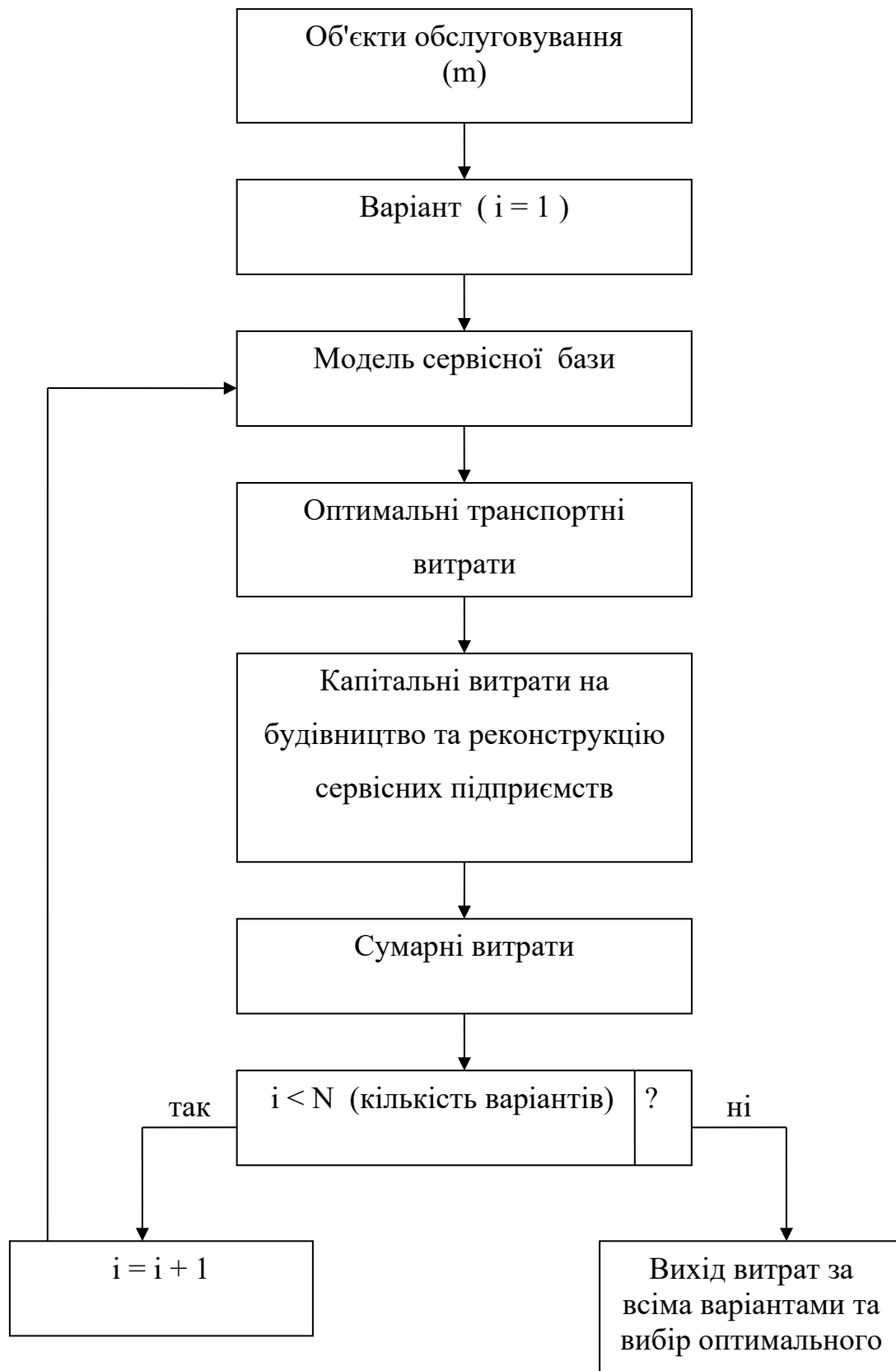


Рисунок 2. Блок-схема раціональної сервісної бази.

можливість проведення ремонту в потрібній кількості та в задані



строки.

При виборі варіантів розміщення сервісної мережі необхідно враховувати доцільність застосування багатооб'єктної спеціалізації ремонтних підприємств.

Багатооб'єктна спеціалізація дозволяє підвищити рівномірність завантаження майстерень за рахунок створення ремонтного та обмінного фондів ремонту вузлів та агрегатів.

Зменшуються витрати на транспортування машин за рахунок дозавантаження автотранспорту іншими об'єктами ремонту – вузлами та агрегатами. Зменшуються витрати на доставку запасних частин та ремонтних матеріалів.

Створення відносно крупних майстерень дозволить застосовувати прогресивні методи ремонту, використовувати сучасне обладнання для відновлення деталей, підвищити якість ремонту машин.

Обґрунтування структури сервісної бази ґрунтується на мінімізації сумарних втрат від простою машин тваринництва та засобів обслуговування.

Обґрунтуємо структуру пункту з технічного обслуговування та ремонту гноєзбирального транспортера ТСН-2. Для розрахунку оптимальних питомих витрат на ремонт однієї машини будується цільова функція сумарних втрат [3]:

$$F = C_1 + C_2, \quad (1)$$

де  $C_1$  – втрати з-за простою засобів ремонту, грн.;

$C_2$  – втрати від простою машин тваринництва, грн.

Час простою тваринницької машини ( $T$ ) складається з наступних складових:

$$T = t_d + t_T + t_O + t_P + t_B, \quad (2)$$

де  $t_d$  – час демонтажу машини, год.;

$t_T$  – час на перевезення машини в ремонт та зворотно, год. ;

$t_O$  – час очікування ремонту, год. ;

$t_P$  – час ремонту, год.;

$t_B$  – час встановлення машини на місце роботи, год.

В характеристику ПТО входять дві складові загального часу: час очікування машини в черзі на ремонт ( $t_O$ ) та час задоволення заявки, що надійшла на ремонт ( $t_P$ ).



Час на транспортування, демонтажні та монтажні роботи треба віднести до постійних величин, які не залежать від спеціалізованого цеху.

Оптимізація функції ( $F$ ) проводиться як з урахуванням зооветеринарних вимог на строки відсутності тваринницьких машин в сфері експлуатації, так і без їх урахування.

Так як машини та обладнання галузі тваринництва мають малі строки можливої відсутності в сфері експлуатації, то реальний час на демонтажні і монтажні роботи, транспортування наближені, а іноді перекривають ці строки по зооветеринарним вимогам.

Тому при оптимізації ремонтної майстерні з дотриманням зооветеринарних вимог були накладені наступні обмеження на цільову функцію втрат: з оптимальних параметрів спеціалізованого цеху обираються ті, при яких з імовірністю 0,95 в системі обслуговування функціонує необхідна кількість фермської техніки.

Очевидно, що цього можна досягнути тільки при наявності в майстерні резерву відремонтованих машин (обмінного фонду). Якщо не враховувати цього обмеження, то при оптимізації майстерні отримані її оптимальні параметри будуть з порушенням зооветеринарних вимог.

Для визначення втрат від простою машин та засобів ремонту використовується математична модель функціонування спеціалізованого цеху, доповнена економічними критеріями, порядок розрахунку яких наводиться нижче.

Втрати від простою машин в системі ремонту і резерві визначаються за формулою:

$$C_{1,2} = C_M (1 - \eta_E), \quad (3)$$

де  $C_M$  – втрати від простою машин, грн.;

$\eta_E$  – коефіцієнт експлуатаційної надійності, який визначається для кожного варіанту при чисельній реалізації моделі спеціалізованого цеху.

Витрати, викликані простоєм працюючих на машині людей  $i$ -тої кваліфікації визначаються за формулою:

$$C_{2,2} = \sum_{i=1}^z C_{ep} (1 - \eta_E), \quad (4)$$

де  $C_{ep}$  – заробітна плата виробничих працівників, грн.



Таким чином:

$$C_2 = C_{2,1} + C_{2,2}, \quad (5)$$

Втрати від простою засобів ремонту та витрати виконання повнокомплектного ремонту визначаються за формулою:

$$C_1 = C_p \cdot \frac{S_p}{m} (1 + K) + C_0 \cdot \frac{S_e}{m}, \quad (6)$$

- де  $C_p$  – вартість роботи поста ремонту, грн.;  
 $S_p$  – середня кількість постів, зайнятих на ремонті машин, од.;  
 $K$  – коефіцієнт, що враховує витрати, пов'язані з ремонтом обладнання поста;  
 $C_0$  – втрати від простою поста ремонту, грн.;  
 $S_e$  – середня кількість вільних постів, од.

Величини  $S_p$  та  $S_e$  визначаються для кожного варіанту вирішенням математичної моделі:

$$S_e = \sum_{K=0}^{S, \text{ якщо } S < n} (S - K)P_K + \sum_{K=n+1}^S (S - K)P_K; \quad (7)$$

$$S_p = S - S_e, \quad (8)$$

- де  $P_K$  – імовірність знаходження в ремонті  $K$  машин;  
 $S$  – кількість постів ремонту, од.

Вартість роботи посту ремонту визначається за формулою:

$$C_p = \sum_{i=1}^N C_{ri} + H_{36}, \quad (9)$$

- де  $C_{ri}$  – годинна тарифна ставка виробничих працівників, грн.;  
 $H_{36}$  – загальновиробничі витрати, грн.

Проведені розрахунки щодо визначення оптимальних параметрів спеціалізованого цеху по математичній моделі з урахуванням сумарних втрат дозволяють знайти мінімальні витрати на ремонт однієї машини в залежності від кількості машин, які обслуговуються в цеху [5,8,9].

По кожному виду досліджених машин будуються графіки. Для



гноєзбирального транспортера ТСН-2 (рис. 3).

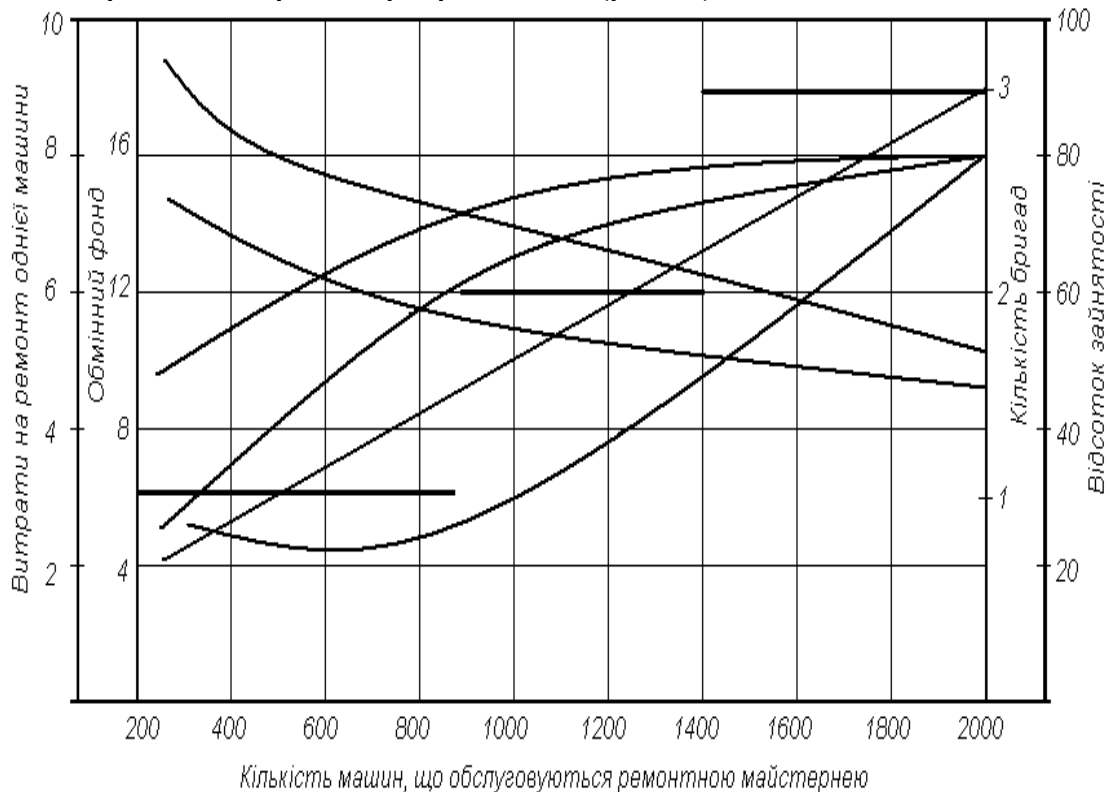


Рисунок 3. Оптимальні характеристики ПТО транспортера гноєзбирального ТСН-2

Паралельно визначаються такі характеристики ПТО в оптимальному варіанті, як відсоток зайнятості робітників, необхідна кількість ремонтних бригад та їх склад, величина необхідного обмінного фонду цеху.

*Висновки.* Таким чином, підвищення конкурентоспроможності підприємства, пов'язане із зростанням рівня обслуговування, супроводжується, з одного боку, зниженням втрат на ринку, а з іншого – підвищенням витрат на сервіс. Завдання моделювання функціонування бази технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств сприятиме її раціональній організації та полягає в пошуку оптимальної величини рівня сервісного обслуговування. Аналізуючи проблеми сервісного обслуговування, необхідно враховувати наступне: постійно підвищувати надійність обслуговування й готовність до виконання замовлень і запитів на ТО і ремонт; знижувати сукупні витрати, пов'язані з обслуговуванням і кількістю наявних запасів; зменшувати собівартість сервісних послуг при стабільно високій якості.

Список використаних джерел

1. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві. Підручник для здобувачів вищої освіти закладів вищої освіти / Б.В. Болтянський та



інш. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.

2. Підвищення ефективності функціонування молочно-товарної ферми на прикладі ПП «Могучий» Мелітопольського району Запорізької області» Журавель Д.П. та інш. *Щомісячний науково-практичний журнал «Тваринництво сьогодні»* №3. Київ, 2021. С.18–29.

3. Болтянська Л.О. Обґрунтування економічної доцільності технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств. *Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»*. НУБіП. Київ, 2022.

4. Дереза О.О., Болтянський Б.В., Дереза С.В. Обґрунтування параметрів міксера-роздавача кормів. *Матеріали VII-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»* (5-28 грудня 2018 року). Глеваха, 2019. С. 25-27.

5. Обґрунтування конструктивного виконання змішувача компонентів комбікормів на основі побудови його морфологічної моделі. О.В. Гвоздєв та інш. *Праці ТДАТУ*. Вип.8. Т.2. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 157-165.

6. Дереза О.О., Дереза С.В. Моделювання механічних передач / *Науковий вісник ТДАТУ* [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. URL: <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik>. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-30.

7. Дереза С.В., Дереза О.О. Обґрунтування експлуатаційно-технологічних параметрів кормороздавачного агрегату. *Науковий вісник ТДАТУ*. Вип. 6. Т. 3. Мелітополь, 2016. С. 65–72.

8. The process of operation of a mobile straw spreading unit with a rotating finger body-experimental Research / Syrotyuk S. and others. *Processes* 2021. 9(7). 1144 <https://doi.org/10.3390/pr9071144>.

9. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. Kaplan M. and others. *Energies* 2022. № 15. P.1–29. <https://doi.org/10.3390/en15093416>.

10. Sklar O. G. Mechanization of technological processes in animal husbandry: textbook. manual. Melitopol: Color Print. 2012. 720 p.

11. Skliar R., Sklar O. Directions of increasing the efficiency of energy use in livestock. *Current issues of science and education: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Rome. 2021. Pp. 171-176.

12. Дереза О.О., Дереза С.В. Використання сучасних енергозберігаючих матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві та реконструкції тваринницьких підприємств. *Науковий вісник ТДАТУ*, 2021. Вип. 11, том 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-24.

Стаття надійшла до редакції 27.11.2022 р.



**B. Boltianskyi, R. Skliar**  
**Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University**

## **FUNCTIONING MODEL OF THE TECHNICAL SERVICE BASE OF EQUIPMENT OF LIVESTOCK ENTERPRISES**

### *Summary*

The article deals with the issue of service development of agricultural machinery as a condition for ensuring the competitiveness of agricultural enterprises.

In particular, a model of the operation of the technical service base for the equipment of livestock enterprises is proposed, which would contribute to its rational organization.

The essence of service maintenance of farm equipment is determined, the main types of service services that can be provided by the production unit providing such services are listed. Measures are proposed for the further development of service maintenance of machines and equipment of livestock enterprises, which are aimed at creating additional competitive advantages of domestic agricultural enterprises producing livestock products in the long term.

One of the main directions of bringing the agrotechnical service in line with the needs of agricultural production is the development and practical implementation of organizational and economic measures for the formation of a system of technical maintenance and repair of machines, as a component of the system of material and technical support of the agricultural industry, taking into account the characteristics of the market economy.

In order to provide recommendations on the rational organization of this process and put forward the necessary conditions for the repair base, it is necessary to study the random process that occurs in the repair system, describe its mathematical model, and choose the optimal capacity of the repair base based on it.

The increase in the competitiveness of the enterprise, associated with the increase in the level of service, is accompanied, on the one hand, by a decrease in losses in the market, and on the other hand, by an increase in service costs. The task of modeling the operation of the base of the technical service of the equipment of livestock enterprises will contribute to its rational organization and consists in finding the optimal value of the service level. When analyzing service maintenance problems, the following should be taken into account: constantly increase service reliability and readiness to fulfill orders and requests for maintenance and repair; reduce aggregate costs related to maintenance and inventory; to reduce the cost of service services with consistently high quality.

**Key words:** animal husbandry, enterprise, equipment, service, service maintenance, design assistance, technical service base, functioning model, optimality criterion, rational organization.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-13

УДК 637.134

О. О. Ковальов, к.т.н., ст. викл.,

ORCID: 0000-0002-4974-5201

К. О. Самойчук, д.т.н, проф.,

ORCID: 0000-0002-3423-3510

Н. О. Паляничка, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8510-7146

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: oleksandr\_kovalov@tsatu.edu.ua, тел.: (096)3205531

## ОПТИМІЗАЦІЯ ФОРМИ ВНУТРІШНІХ ПОВЕРХОНЬ КІЛЬЦЕВОЇ ЩІЛИНИ СТРУМИННОГО ГОМОГЕНІЗАТОРА МОЛОКА

*Анотація.* В статті було визначено, що з точки зору забезпечення найменшого середнього діаметру жирових кульок раціональним є використання камери з конічною формою внутрішніх поверхонь конфузору. Було обґрунтовано, що для зниження енергетичних витрат диспергування необхідно виготовляти камеру з коноїдальною формою профілю. Результати оптимізації свідчать, що забезпечити зниження питомих енергетичних витрат диспергування до 0,95–0,97 кВт·год/т при одночасному отриманні продукту з середнім діаметром жирових кульок на рівні клапанних гомогенізаторів можливо при використанні конфузору з конічною формою внутрішніх поверхонь. Отримані результати при проведенні оптимізації форми внутрішніх поверхонь кільцевої щілини струминного гомогенізатора молока свідчать, що забезпечити підвищення енергоефективності можливо при виготовленні внутрішніх торцевих поверхонь між конфузором та дифузором коноїдальної форми профілю.

*Ключові слова:* кільцева щілина, продуктивність, енергетичні витрати, конфузоре, профіль внутрішніх поверхонь, диспергування.

*Постановка проблеми.* Серед найактуальніших завдань, які стоять перед молокопереробною промисловістю, особливу увагу фахівці галузі приділяють вирішенню проблеми підвищення енергоефективності процесу диспергування. Необхідність проведення диспергування жирової фази молочної емульсії пояснюється наявністю в необробленому молоці жирових кульок, що мають середній діаметр близько 3–4 мкм. При таких розмірах жирові кульки, згідно відомої залежності Стокса будуть з досить високою швидкістю підніматись догори, утворюючи шар вершків. Таким чином, без проведення



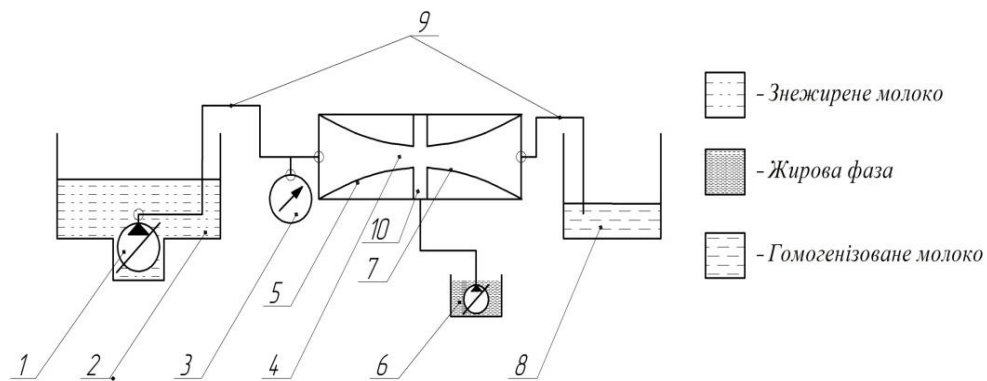
диспергування жирової фази споживач буде отримувати розшаровану на фракції молочну емульсію зі зниженими смаковими та харчовими властивостями.

Незважаючи на тривалий досвід використання процесу для поліпшення смакових і товарних якостей молочних продуктів, енергетичні витрати для найбільш поширених у промисловості клапанних диспергаторів все ще мають високі значення. Згідно [1] енергетичні витрати клапанного гомогенізатора складають понад 7–8 кВт·год/т переробленого молока та за цим показником наближуються до енерговитрат процесу подрібнення зерна (9–15 кВт·год/т).

*Аналіз останніх досліджень.* З метою забезпечення споживчого попиту на високоякісні молочні вироби провідні науковці робили численні спроби забезпечити зниження енерговитрат гомогенізації при одночасному забезпеченні технологічно обумовлених значень середнього діаметра жирових кульок [2,3]. Наслідком цих спроб стало висування понад 10 гіпотез диспергування, що мають протиріччя та суперечності між собою [1,4]. Серед обставин, які ускладнюють проведення досліджень процесу диспергування та висування єдиної теорії процесу дослідники називають високі швидкості руху рідини та мікроскопічні розміри досліджуваних часток, що заважає здійсненню фіксації митті руйнування жирових кульок [5,6].

Новітні дослідження провідних науковців кафедри обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика, спрямовані на підвищення енергоефективності диспергування дозволили запропонувати гіпотезу про різницю між швидкостями дисперсійної та дисперсної фаз, як головного фактору гомогенізації [7]. На базі згаданої гіпотези авторства К.О. Самойчука та під його керівництвом було розроблено декілька видів струминних гомогенізаторів молока [8]. Однією з таких конструкцій є струминно–щілинний гомогенізатор молока з роздільною подачею вершків, технологічна схема якого наведена на рисунку 1.

До надходження на обробку в цьому диспергаторі молоко проходить сепарацію з утворенням знежиреного молока та вершків. Після цього знежирене молоко з ємності 2 під високим тиском, що створюється за допомогою насосу подачі знежиреного молока 1 та контролюється манометром 3 подається до камери гомогенізації, одна з частин якої має форму конфузору 5 [9]. При досягненні знежиреним молоком місця найбільшого звуження конфузору 4 до нього з окремої ємності за допомогою шестеренного насосу 6 крізь кільцеву щілину 10 подається необхідна кількість вершків, розрахована з рівняння матеріального балансу [1,6]. Таким чином, розроблений гомогенізатор струминно–щілинного типу поєднує операції з нормалізації (доведення молока до технологічно заданої жирності) та диспергування



1—шестеренний насос подачі знежиреного молока; 2—ємність для знежиреного молока; 3—манометр; 4—місце найбільшого звуження; 5—внутрішні поверхні конфузору; 6—шестеренний насос для подачі вершків; 7—внутрішні поверхні дифузору; 8—ємність для зливу обробленого продукту; 9—гнучкі трубопроводи; 10—кільцева щілина для подачі жирової фази.

Рисунок 1. Технологічна схема роботи струминного гомогенізатора молока щілинного типу

(зменшення середнього діаметра жирових кульок та забезпечення їх рівномірного розподілу в об'ємі молочної плазми). При подаванні тонкого струменю вершків зі швидкістю в 8–10 разів меншою за швидкість подачі знежиреного молока в зоні переходу до розширення дифузору 7 створюються необхідні гідродинамічні умови для досягнення критичного значення критерію руйнування Вебера, внаслідок чого відбувається диспергування. Гомогенізоване молоко після проходження дифузору по гнучкому трубопроводу 9 подається до ємності для накопичення обробленого продукту 8 [9].

Результати аналітичних досліджень свідчать про можливість 8–10 кратного зниження питомих енерговитрат диспергування при одночасному забезпеченні зменшення середнього діаметра жирових кульок до показників клапанних гомогенізаторів (0,75–0,85 мкм) [5].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Отримані в ході проведення аналітичних досліджень залежності свідчать про наявність зв'язку між формою внутрішніх поверхонь кільцевої щілини якістю та енерговитратами гомогенізації. Таким чином метою даної статті є обґрунтування оптимальної форми профілю внутрішніх поверхонь кільцевої щілини струминно–щілинного гомогенізатора молока. Для досягнення поставленої мети вирішувалось наступні задачі:

- встановлювався вплив форми профілю внутрішніх поверхонь конфузору на середній діаметр жирових кульок після диспергування;
- встановлювався вплив форми профілю внутрішніх поверхонь



конфузору на енергетичні витрати процесу гомогенізації;

– проводилась оптимізація для обґрунтування форми профілю внутрішніх поверхонь конфузору в місці найбільшого звуження;

– проводилась оптимізація форми внутрішніх поверхонь профілю між конфузуром та дифузуром.

*Основна частина.* Визначальним параметром, від якого залежить дисперсність жирової фази є швидкість знежиреного молока  $v_{zn}$  в місці подачі жирової фази. Її значення можна визначити, враховуючи подачу знежиреного молока  $Q_{zn}$  і розміри камери гомогенізації

$$v_{zn} = \frac{Q_{zn}}{\epsilon_k S}, \quad (1)$$

де  $\epsilon_k$  – коефіцієнт стиснення для центральної частини камери, який залежить від форми камери та дорівнює 1 для внутрішніх поверхонь, які мають циліндричну та коноїдальну форму та 0,98 для камери з конічною формою;

$S$  – площа перетину камери струминно-щільового диспергатора в місці найбільшого звуження конфузору,  $m^2$ .

$$S = \frac{\pi d_k^2}{4}, \quad (2)$$

де  $d_k$  – внутрішній діаметр камери щілинного гомогенізатора в місці найбільшого звуження, м.

Після перетворень середній діаметр жирових кульок в струминно-щілинному гомогенізаторі молока можна визначити як (3)

$$d_{cp} = \frac{We_k \sigma_{ж-п} \epsilon_k^2 \pi^2 d_k^4}{32 \rho_{пл} k_{щ}^2 Q_{zn}^2}, \quad (3)$$

де  $We_k$  – критичне значення критерію Вебера, експериментально підтвержене значення якого для струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків складає 28;

$\sigma_{ж-п}$  – поверхневий натяг на межі розділу жиру та плазми, Н/м;

$k_{щ}$  – коефіцієнт, що враховує неявну залежність впливу параметрів кільцевої щілини (жирність, швидкість вершків та ширину кільцевої щілини).

Отримана залежність (3), пов'язує технологічні, конструктивні та гідравлічні параметри, зокрема середній діаметр жирових кульок, продуктивність, коефіцієнт струминно-щілинної гомогенізації та діаметр камери в місці найбільшого звуження.

Форма внутрішньої поверхні камери гомогенізатора визначає коефіцієнти витрат та швидкості потоку знежиреного молока. Найбільш характерними типами профілю внутрішніх поверхонь

кільцевої щілини можуть бути:

- циліндрична ( $\varphi=0,82$ ;  $\mu=0,82$ ;  $\varepsilon=1$ ),
- конічна, що сходиться з кутом конусності (12 – 15) ( $\varphi=0,96$ ;  $\mu=0,95$ ;  $\varepsilon=0,98$ );
- коноїдальна ( $\varphi=0,98$ ;  $\mu=0,98$ ;  $\varepsilon=1$ ) [10-12].

Найбільш високі значення швидкості, а отже і показників дисперсності можливо отримати при використанні камери конічної форми (рисунок 2). Це відбувається за рахунок зниження швидкості при зменшенні  $\varepsilon_k$ , завдяки чому згідно формули (3) відбувається зменшення  $d_{cp}$

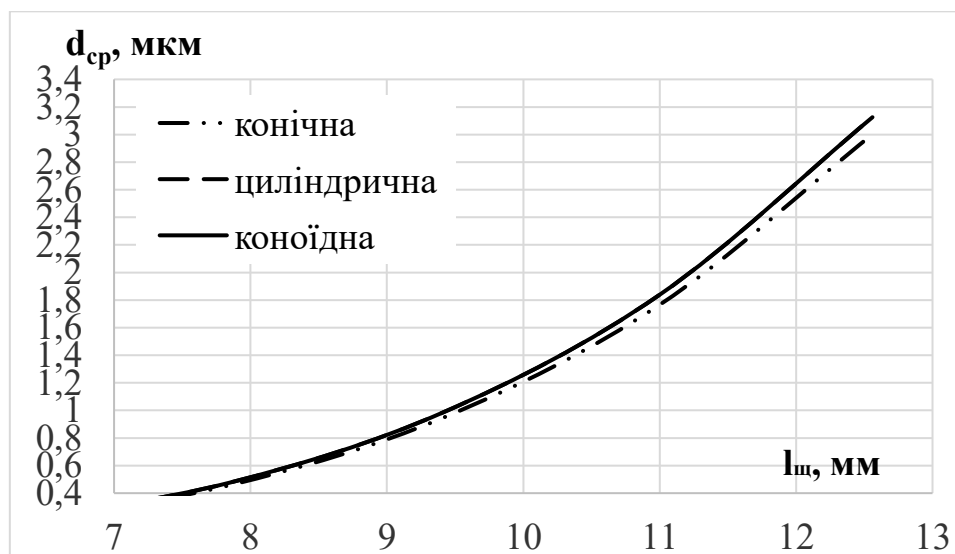


Рисунок 2. Залежність середнього діаметру жирових кульок  $d_{cp}$  від довжини кільцевої щілини  $l_{щ}$  та коефіцієнту стиснення для внутрішніх поверхонь конфузору в місці найбільшого звуження камери  $\varepsilon_k$  (при  $We_k=50$ ,  $d_k=3,5\text{мм}$ ,  $k_{щ}=0,5$ )

Аналіз залежності середнього діаметра жирових кульок від діаметра конфузору в місці найбільшого звуження камери і коефіцієнту витрат для центральної частини камери  $\varepsilon_k$  (рисунок 2) свідчить що зміна  $\varepsilon_k$  незначно впливає на середній діаметр жирових кульок. Найбільш високі значення швидкості, а отже і показники дисперсності можливо отримати при використанні камери конічної форми для якої коефіцієнт стиснення струменю має мінімальні значення та дорівнює  $\varepsilon_k=0,98$ .

Для підвищення дисперсності жирової фази при гомогенізації молока в струминно-щілинному гомогенізаторі молока (зменшення  $d_{cp}$ ) необхідно виконання умов [3,13]

$$(We_k, \sigma_{ж-п}, \varepsilon_k, d_k) \rightarrow \min; (k_{щ}, Q_{зн}) \rightarrow \max. \quad (4)$$

Знизити поверхневий натяг на границі жир-плазма  $\sigma_{ж-п}$  можливо за





рахунок підвищення температури гомогенізації та шляхом використання емульгаторів, а знизити коефіцієнт стиснення  $\varepsilon_k$  можливо за рахунок профілювання внутрішніх поверхонь конфузору.

Питомі енерговитрати струминно–щілинного гомогенізатора  $E_{питг}$ , визначаються з формули [14]

$$E_{питг} = \frac{P}{Q_2 \cdot \rho_m}, \quad (5)$$

де  $\rho_m$  – густина молока, кг/м<sup>3</sup>;

$Q_г$ , – подача нормалізованого за жирністю молока, м<sup>3</sup>/с.  
або з врахуванням рівняння матеріального балансу

$$E_{питг} = \frac{Q_{zn} \cdot \Delta p_{zn} + Q_v \cdot \Delta p_v}{(Q_v + Q_{zn}) \cdot \rho_m}, \quad (6)$$

де  $Q_{zn}$ ,  $Q_v$  – подача знежиреного молока та вершків, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta p_{zn}$ ,  $\Delta p_v$  – тиск подачі знежиреного молока та вершків, МПа.

Після перетворень формула (6) набуває вигляду

$$E_{питг} = \frac{\Delta p_{zn} \left( \delta \cdot \rho_{zn} + \frac{\mu_k^2 \cdot d_k^2 \cdot \rho_v}{2 \cdot h^2 \cdot \mu_v^2} \left( \frac{J_{н.м} - J_{zn}}{J_v - J_{н.м}} \right)^3 \right)}{\delta \cdot \rho_{zn} \cdot \rho_m \cdot \left( \frac{J_v - J_{zn}}{J_v - J_{н.м}} \right)}, \quad (7)$$

де  $\rho_{zn}$ ,  $\rho_v$  – густина молочної плазми та вершків, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu_k$ ,  $\mu_v$  – коефіцієнт витрат внутрішніх поверхонь конфузору в місці найбільшого звуження та коефіцієнт витрат кільцевої щілини;

$J_n$ ,  $J_{zn}$ ,  $J_v$  – жирність нормалізованого, знежиреного молока та вершків, %;

$h$  – ширина кільцевої щілини, м

Аналіз залежності (рисунок 3) свідчить, що найменших енерговитрат можна досягти при використанні камери, внутрішні поверхні якої мають коноїдальний профіль.

Процес диспергування молока в струминно–щілинному гомогенізаторі молока має забезпечувати зменшення середнього розміру жирових кульок до рівня 0,75–0,80 мкм при мінімальних енергетичних витратах. Гідравлічні, конструктивні і технологічні параметри гомогенізатора, які відповідають таким вимогам, будемо вважати оптимальними. Підвищення дисперсності відбувається за умови (4), а зниження питомих енерговитрат досягається при

$$(\mu_k, \mu_v, h, J_v) \rightarrow \max; (Q_{zn}, J_{н.м}) \rightarrow \min. \quad (8)$$

Для знаходження оптимальних параметрів струминно–щілинного гомогенізатора молока, необхідно порівняти умови (4) і (8). Для визначення оптимальних параметрів гомогенізатора проводимо

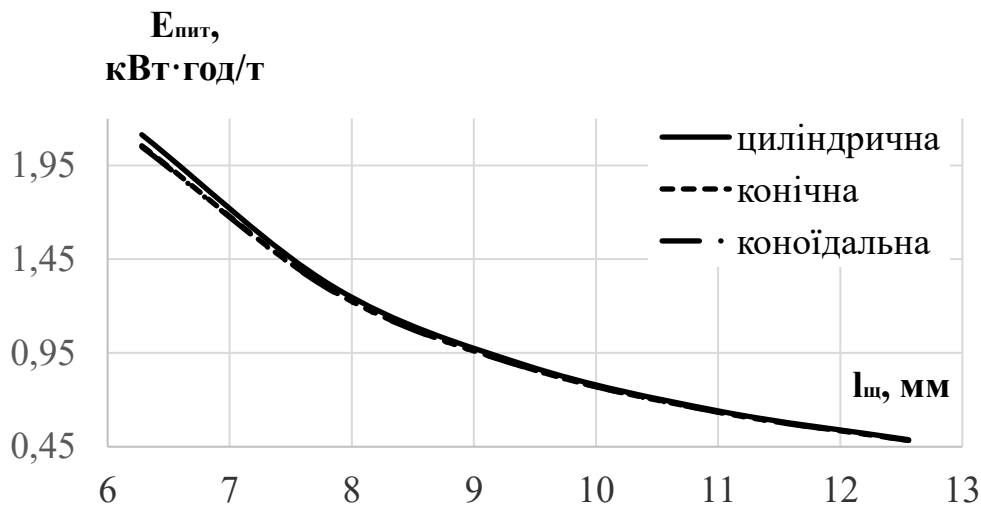


Рисунок 3. Залежність питомих енерговитрат від діаметра конфузора в місці звуження і коефіцієнту витрат внутрішніх поверхонь конфузору для типових форм внутрішньої поверхні камери (при  $Q_r=2000$  кг/год;  $J_{н.м}=3,5\%$ ;  $J_{зн}=0,05\%$ ;  $J_v=40\%$ ;  $h=0,2$  мм;  $\mu_v=0,06$ )

оптимізацію, для виконання якої будуємо лінії рівної дисперсності при значеннях середнього діаметра жирових кульок, що дорівнює  $0,8$  мкм для залежностей дисперсності від продуктивності при різних типах форм камери та значеннях діаметру конфузору в місці найбільшого звуження. Отримані дані наведені на рисунку 4.

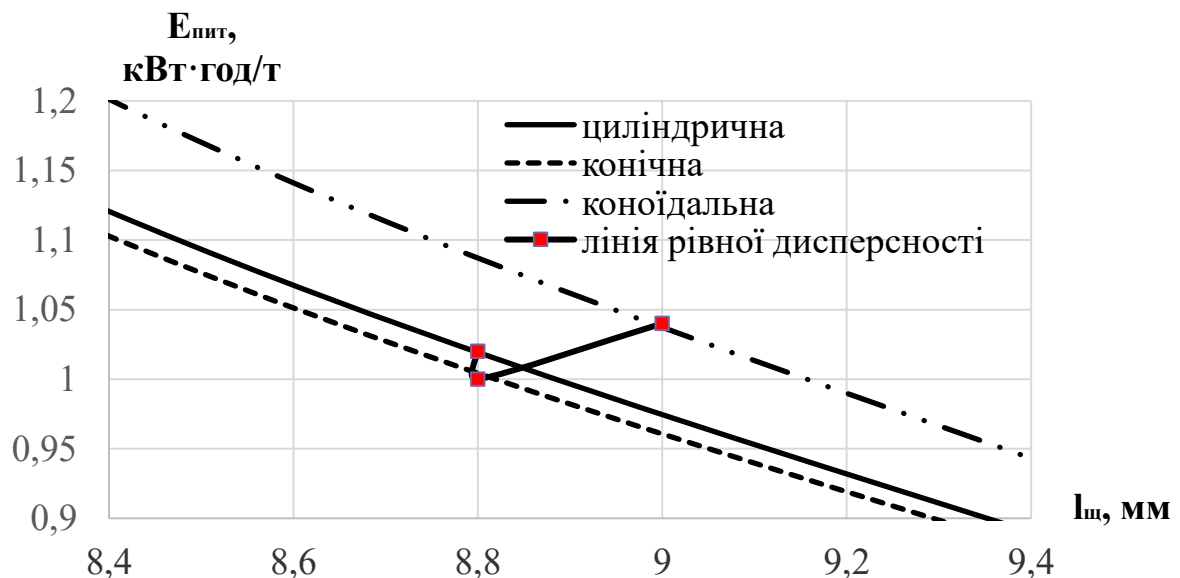


Рисунок 4. Оптимізація форми внутрішніх поверхонь камери та діаметра конфузору в місці найбільшого звуження камери струминно-щільного гомогенізатора молока (при  $J_{зн}=0,05\%$ ;  $J_{н.м}=3,5\%$ ;  $J_v=40\%$ ;  $h=0,5$  мм;  $\mu_v=0,1$ ;  $Q_r=1000$  кг/год)



Аналізуючи отриману залежність, можна стверджувати, що для зниження енерговитрат при забезпеченні однакового середнього діаметра жирових кульок (0,8 мкм) необхідно використовувати камеру, внутрішній діаметр якої в місці найбільшого звуження має коливатись в діапазоні 2,75 до 2,85 мм, або при довжині кільцевої щілини 8,7 – 8,9 мм. При цьому найбільш енергоефективним є використання камери конічного профілю внутрішніх поверхонь, при цьому енерговитрати будуть складати близько 0,95–0,97 кВт·год/т. При використанні камери, внутрішні поверхні конфузору якого мають циліндричний профіль призводить до 2–3% зростання енергетичних витрат процесу та до більш ніж 35% зростання енерговитрат для камери, яка має коноїдальний профіль внутрішніх поверхонь конфузору.

Оскільки згідно (7) коефіцієнт витрат впливає на енергетичні витрати процесу диспергування, а його значення за даними різних довідників знаходиться в дуже широкому діапазоні значень [1,15], окремо проводилось визначення реального значення цього параметру. Оптимальний діапазон ширини кільцевої щілини був визначений у [9] та складає 0,6–0,8 мм. Результати експериментальних досліджень свідчать, що реальні значення коефіцієнту витрат кільцевої щілини знаходяться в діапазоні від 0,05 для  $h=0,6$  мм до 0,19 для  $h=0,8$  мм [5]. При умові забезпечення середнього розміру жирових кульок на рівні технологічно обумовлених значень найменші енергетичні витрати може забезпечити кільцева щілина, внутрішні поверхні якої мають коноїдний профіль, для якої гідравлічний коефіцієнт витрат є найменшим.

*Висновки.* За результатами проведених досліджень було визначено оптимальну форму конфузору в місці найбільшого звуження та внутрішніх поверхонь кільцевої щілини. Було встановлено, що з точки зору забезпечення найменшого значення середнього діаметра жирових кульок раціональною є конічна форма профілю внутрішніх поверхонь конфузору. За результатами досліджень впливу форми конфузору на енергетичні витрати диспергування було визначено, що раціональним є виготовлення конфузору коноїдальної форми.

Результати проведеної оптимізації форми внутрішніх поверхонь конфузору свідчать, що забезпечити зниження енергетичних витрат диспергування до 0,95–0,97 кВт·год/т при середньому діаметрі жирових кульок на рівні клапанних гомогенізаторів можливо забезпечити при виготовленні конфузору конічної з конічною формою внутрішніх поверхонь. Найменше значення гідравлічного коефіцієнту витрат забезпечується при виготовленні внутрішніх торцевих поверхонь кільцевої щілини коноїдальної форми. Подальші дослідження струминно–щілинного гомогенізатора молока будуть спрямовані на розробку методики розрахунку параметрів промислового зразку диспергатора.



## Список використаних джерел

1. Нужин Е. В., Гладушняк А. К. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография. Одесса: Печатный дом. 2007. 264 с.
2. Liao Y. X., Lucas D. A literature review of theoretical models for drop and bubble breakup in turbulent dispersions. *Chem. Eng. Sci.*, 2009. 64, Pp 3389–3406.
3. Walstra P., Wouters J. T. M and Geurts T. J. Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Boca Raton London New York. 2006, 279 p.
4. Самойчук К. О., Ковальов О. О. Шляхи підвищення якості диспергування в клапанних гомогенізаторах молока. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: друга міжнародна науково-практична інтернет-конференція (23 листопада 2021 р.)* під заг. ред. В. М. Кюрчева. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 26–28.
5. Bratishko V, Kovalov O. Economical efficiency of using a dispergator jet-slot type. *Проблеми та перспективи розвитку агропромислового комплексу України: матеріали II Всеукраїн. наук.-практ. Інтернет-конференції*. ТДАТУ: ред. кол. С. В. Кюрчев, О.В. Пенюв, Е. К. Посвятенко [та ін.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 113–115.
6. Дідур В.А., Савченко О.Д., Журавель Д.П., Мовчан С.І. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. Підручник. К: Аграрна освіта. 2008. 577 с.
7. Ковальов О. О. Аналіз конструкцій гомогенізаторів молока. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 264–272.
8. Samoichuk K., Kovalyov A., Oleksiienko V., Palianychka N., Dmytrevskyi D., Chervonyi V., Horielkov D., Zolotukhina I., Slashcheva A. Determination of fat milk dispersion quality in the jet-slot type milk homogenizer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 5/11 (107). Pp 16–24.
9. Ковальов О. О. Обґрунтування параметрів струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.05.11. ТДАТУ. Мелітополь, 2021. 20 с.
10. Ward K., Fan Z. H. Mixing in microfluidic devices and enhancement methods. *Journal of Micromechanics and Microengineering*. 2015. 25.
11. Walstra P, Wouters J T M and Geurts T J. Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Second Edn. *Taylor & Francis Group*, LLC. Boca Raton London New York. 2006. 279 p.
12. Dhankhar, P. (2014). Homogenization fundamentals. *IOSR Journal*



of Engineering, 4(5), Pp. 1–8.

13. Jiang, B., Shi, Y., Lin, G., Kong, D., Du, J. Nanoemulsion prepared by homogenizer : The CFD model research. *Journal of Food Engineering*, 2019. 241, Pp. 105–115.

14. Huppertz T. Homogenization of Milk Other. Types of Homogenizer (High-Speed Mixing, Ultrasonics, Microfluidizers, Membrane Emulsification). *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd Edition, 2011. Pp 761–764.

15. Ciron, C. I. E., Gee, V. L., Kelly, A. L., Auty, M. A. E. (2010). Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yoghurts *International Dairy Journal*, 20 (5), Pp. 314–320.

Стаття надійшла до редакції 16.12.2022 р.

**A. Kovalov, K. Samoichuk, N. Palianychka**  
**Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university**

## **OPTIMIZATION OF THE FORM OF THE INTERNAL SURFACES OF THE RING SLOT OF THE FLOW MILK HOMOGENIZER**

### **Summary**

Reducing the energy costs of dispersing remains a priority task of leading scientists and experts in the milk processing industry. In the course of the practical implementation of the hypothesis about the decisive influence on the destruction of fat globules of the difference between the speeds of the dispersed and dispersed phases, a jet-slit homogenizer of milk with a separate supply of cream was created. It is predicted that its implementation is able to ensure a reduction of the specific costs of dispersion up to 8-10 times compared to the valve milk homogenizer, which is the most common in the milk processing industry.

The results of analytical studies indicate the existence of a dependence between the shape of the confusor and the inner surfaces of the annular gap and the average diameter of the fat globules and the energy costs of dispersing the fat phase of the milk emulsion. The article is devoted to determining the optimal shape of the internal profile of the confusor and the surfaces between the confusor and the diffuser at the place of cream feeding.

In the article, it was determined that from the point of view of ensuring the smallest average diameter of fat balls, it is rational to use a camera with a conical shape of the inner surfaces of the confusor. It was substantiated that in order to reduce the energy costs of dispersion, it is necessary to manufacture a chamber with a conoidal profile shape. The optimization results show that it is possible to reduce the specific energy costs of dispersion to 0.95–0.97 kWh/t while simultaneously obtaining a product with an average diameter of fat balls at the level of valve homogenizers when using a confusor with a conical shape of the internal surfaces. The results obtained during the optimization of the shape of the internal surfaces of the annular gap of the jet milk homogenizer show that it is possible to increase the energy efficiency by making the internal end surfaces between the confusor and the diffuser of a conoid profile.

**Key words:** annular gap, productivity, energy costs, confusor, profile of internal surfaces, dispersion.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-14

УДК 631.3–192:662.63

Д. П. Журавель, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

*Таврійський державний агротехнологічний університет**Імені Дмитра Моторного*

e-mail: dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua, тел.: (096)68782453

## ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БІОДИЗЕЛЬНИХ ПАЛЬНИХ

*Анотація.* В роботі обґрунтовано вплив біодизельних палих на коефіцієнт готовності машинно-тракторних агрегатів з метою адаптації паливної системи дизельного двигуна під біодизель. Отримано ймовірності станів, які покладені в основу визначення комплексних показників надійності паливної системи дизельного двигуна. В цілому надійність всієї паливної системи залежить від надійності всіх підсистем, а також від виду пального. Встановлено, що одним із шляхів підвищення коефіцієнта готовності машино-тракторних агрегатів, а отже і надійності в цілому може бути заміна конструкційних матеріалів паливної системи дизельного двигуна на інертні до агресивного середовища біодизельного пального. В результаті цього коефіцієнт готовності для паливної системи, на біопальному, без заміни конструкційних матеріалів склав 0,66 а з заміною – 0,71, при цьому час на виконання технологічних операцій з технічного обслуговування і ремонту паливної апаратури знизився на 15...35 %.

*Ключові слова:* біодизельне пальне, моделювання надійності, паливна система, машинно-тракторний агрегат, граф станів, інтенсивність і ймовірність подій, коефіцієнт готовності, відмова.

*Постановка проблеми.* Ефективність використання сільськогосподарської техніки залежить від багатьох чинників, що визначає місце серед яких належить системі технічного сервісу [1-4].

Підтримка технічних засобів в справному стані забезпечує система технічного обслуговування і ремонту машинно-тракторних агрегатів (МТА), які представляють собою комплекс систем, що складаються з ряду підсистем. Однією з таких підсистем, яка виконує самостійні функції, є паливна система дизельного двигуна, що в свою чергу також поділяється на більш дрібні підсистеми. В цілому надійність всієї паливної системи залежить від надійності всіх підсистем, а також від



виду пального, яке використовується при експлуатації машинно-тракторних агрегатів. Використовуючи відомі методи, можна зробити порівняльну оцінку коефіцієнтів готовності  $K_g$ , як комплексного показника надійності паливної системи дизельного двигуна машинно-тракторного агрегату при використанні біологічного пального, так і адаптації паливної системи під біопальне [5-7].

*Аналіз останніх досліджень.* В результаті аналізу теоретичних і експериментальних досліджень та методів підвищення надійності дизельної паливної системи, встановлено два основних методологічних напрямки [8-12]. Перший включає конструктивно-технологічні методи, що вимагають зміни розрахунково-конструктивних параметрів прецизійних пар і вдосконалення технології виготовлення окремих деталей. Другий становить експлуатаційно-технологічні методи, пов'язані із забезпеченням сприятливих умов роботи деталей, що труться за рахунок вдосконалення існуючої технології ремонту і обслуговування. Вибір раціонального способу підвищення ресурсу дизельної паливної системи повинен базуватися на даних про характер зношування і умови роботи деталей вузлів і агрегатів [13-18].

Низький рівень технічного обслуговування паливної системи призводить до частих ремонтів, особливо це виражається при експлуатації на біодизельних паливах [19-22].

Ці пальні мають рідкий або газоподібний стан, виробляються із зеленої маси або насіння рослин. Здебільшого вони значно відрізняються від традиційних рідких вуглеводневих паливних своїми фізико-хімічними властивостями, які впливають як на організацію робочого процесу двигуна внутрішнього згоряння, так і на підсумкові техніко-економічні та екологічні показники машино-тракторного агрегату в цілому. З усіх проблемних питань, пов'язаних з використанням біодизельного пального, найменш вивчені ті, які визначають надійність двигунів. Все це і обумовлює необхідність наукових досліджень.

*Формулювання цілей статті.* Метою статті є обґрунтування впливу надійності паливної системи дизельного двигуна на коефіцієнт готовності машинно-тракторного агрегату в залежності від використання різних видів паливних і адаптації паливної системи під біо-пальне.

*Основна частина.* У процесі збору інформації в господарських умовах використовували такі плани спостережень як NUN, NUT і NRT відповідно до вимог ГОСТ 17510. Під спостереженням перебувало 12 тракторів МТЗ-80 і спостереження проводили на протяжні 16000 мото-годин. Машини, які досягали граничного стану, знімали з подальшого спостереження, а якщо виникли експлуатаційні відмови усували без зняття машин зі спостереження.



Отриману інформацію обробляли в такій послідовності: будували статистичний ряд і визначали величини зміщення початку розсіювання; визначали середнє значення і середньоквадратичне відхилення показників надійності; будували граф стану для вузлів паливної системи дизельних двигунів; складали диференціальні рівняння Колмогорова і визначали коефіцієнти готовності і технічного використання; будували залежності ймовірностей відмов, тобто переходу стану вузлів паливної системи з одного в інше, як із заміною конструкційних матеріалів так і без заміни.

Паливну систему можна представити у вигляді декількох підсистем. До таких підсистем, які виконують самостійні функції, відносяться: паливний бак, насос підкачки, фільтр, паливний насос високого тиску, форсунки, трубопроводи, клапан, ущільнення. Основним функціональним завданням паливних систем двигунів є подача точної кількості пального у відповідний циліндр і в точно певний проміжок часу.

Для полегшення пуску дизеля в холодну пору часто застосовуються свічки накалювання, які відрізняються від іскрових свічок запалювання тим, що вони є просто електричними нагрівачами і підігрівають холодне повітря перед подачею його в циліндри двигуна в процесі пуску.

Надійність агрегату залежить від надійності кожної з підсистем, а також від використання різних видів пального, зокрема, біопального та адаптації паливної системи до нього. При цьому відмова в роботі будь-якої з підсистем веде до припинення його нормальної роботи. Кожна з підсистем може перебувати в двох фіксованих станах - робочому, і неробочому.

Знаходження систем в тому чи іншому стані кількісно оцінюється відповідною ймовірністю. Причому неможливо передбачити в який момент часу, яка з підсистем може вийти з ладу, і потребує діагностики та ремонтних робіт.

Оскільки потоки подій пов'язані з переходами з одного стану в інший є простими пуассоновськими, які володіють інтенсивностями  $\lambda_{i,j}$  и  $\mu_{1,0}$ .

Тому, паливне обладнання, як система може перебувати в обмеженому числі можливих дискретних станів. Вважаємо, що всі переходи системи зі стану  $S_i$  в  $S_j$  відбуваються під впливом найпростіших потоків подій з інтенсивностями  $\lambda_{ij}$  ( $i, j = 0, 1, 2, 3$ ); так, перехід системи зі стану  $S_0$  в  $S_2$  буде відбуватися під впливом потоку відмов першого вузла, а зворотний перехід зі стану  $S_2$  в  $S_0$  під впливом потоку "закінчень ремонтів" першого вузла і т.п.

Вже згадана система має одинадцять можливих станів:  $S_0, S_1, S_2,$



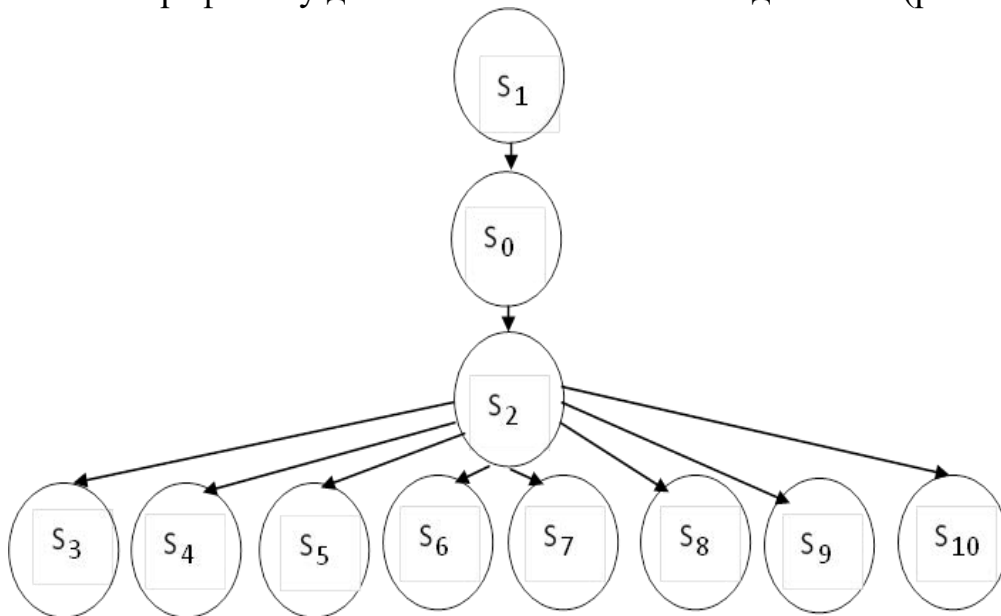
$S_3, S_4, S_5, S_6, S_7, S_8, S_9, S_{10}$ .

Випадковий процес переходу з одного стану в інший може бути здійснений на основі визначення ймовірностей стану, які є функціями часу  $P_0(t), P_1(t) \dots P_{10}(t)$ .

Або  $P_1(t) = P\{S(t) = S_i\}$ , где  $P_1(t)$  - ймовірність того, що в момент часу  $t$  система  $S$  знаходиться в стані  $S_i$ .

Отримаємо систему диференціальних рівнянь Колмогорова для ймовірностей станів: в лівій частині кожного з них стоїть похідна ймовірності  $i$ -го стану.

З точки зору математичного опису такий процес зручно розглядати як марковський, і ілюструвати його відповідним графом стану. Схематично граф стану для паливної системи наведений на (рис. 1).



$S_0$  – паливна система (ПС) справна і працює;  $S_1$  – ПС справна, але не працює (простої);  $S_2$  – ПС несправна, і не працює (йде діагностування відмови);  $S_3$  – ПС несправна, через відмову паливного бака;  $S_4$  – ПС несправна, через відмову насоса підкачки;  $S_5$  – ПС несправна, через відмову фільтра;  $S_6$  – ПС несправна, через відмову ПНВТ;  $S_7$  – ПС несправна, через відмову форсунок;  $S_8$  – ПС несправна, через відмову трубопроводу;  $S_9$  – ПС несправна, через відмову клапана;  $S_{10}$  – ПС несправна, через відмову ущільнень.

Рисунок. 1. Граф стану паливної системи дизельного двигуна

У нижній частині - сума добутків ймовірностей всіх станів (з яких йдуть стрілки в даний стан) на інтенсивності відповідних потоків подій, мінус сумарна інтенсивність всіх потоків, які виводять систему з даного стану, помножена на ймовірність даного ( $i$ -го стану).



$$\left\{ \begin{array}{l}
 \frac{dP_0(t)}{dt} = \mu_{1\mu_0}(t) + \lambda_{3.0}P_3(t) + \lambda_{4.0}P_4(t) + \lambda_{5.0}P_5(t) + \lambda_{6.0}P_6(t) + \\
 \lambda_{7.0}P_7(t) + \lambda_{8.0}P_8(t) + \lambda_{9.0}P_9(t) + \lambda_{10.0}P_{10}(t) - \lambda_{0.1}P(t) - \lambda_{0.2}P_0(t) \\
 \frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{0.1}P_0(t) - \mu_{1.0}P_1(t) \\
 \frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{0.2}P_0(t)(\lambda_{2.3} + \lambda_{2.4} + \lambda_{2.5} + \lambda_{2.6} + \lambda_{2.7} + \lambda_{2.8} + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1}) \\
 \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda_{2.3}P_2(t) - \lambda_{3.0}P_3(t) \\
 \frac{dP_4(t)}{dt} = \lambda_{2.4}P_2(t) - \lambda_{4.0}P(t) \\
 \frac{dP(t)}{dt} = \lambda_{2.5}P_2(t) - \lambda_{5.0}P_5(t) \\
 \frac{dP_6(t)}{dt} = \lambda_{2.6}P(t) - \lambda_{6.0}P(t) \\
 \frac{dP(t)}{dt} = \lambda_{2.7}P(t) - \lambda_{7.0}P_7(t) \\
 \frac{dP_8(t)}{dt} = \lambda_{2.8}P_2(t) - \lambda_{8.0}P(t) \\
 \frac{dP_9(t)}{dt} = \lambda_{2.9}P(t) - \lambda_{9.0}P_9(t) \\
 \frac{dP_{10}(t)}{dt} = \lambda_{2.1}P(t) - \lambda_{10.0}P_{10}(t)
 \end{array} \right. \quad (1)$$

Очевидно, що для будь-якого моменту  $t$  сума ймовірностей всіх станів дорівнює одиниці:

$$\sum_{i=0}^{i=10} P_i(t) = 1 \quad (2)$$

Для вирішення системи рівнянь задамо початкові умови. В даному випадку система знаходиться в стані  $S_0$  з ймовірністю  $P_1(0) = 1$ .

Тоді згідно нормувальної умови, інші ймовірності станів рівні:

$$P_1(0) = P_2(0) = P_3(0) = P_4(0) = P_5(0) = P_6(0) = P_7(0) = \\
 P_8(0) = P_9(0) = P_{10}(0) = 0$$

Використовуючи рівняння Колмогорова є можливість знайти ймовірності станів як функції часу.

В даному випадку інтерес представляють ймовірності системи  $P_i(t)$  в граничному стаціонарному режимі ( $t \rightarrow \infty$ ):



$$P_i = \lim_{t \rightarrow \infty} P_i(t)$$

Для стаціонарного режиму експлуатації, це характерно. У такому режимі паливна система переходить з одного стану в інший, але ймовірності знаходження в них залишаються постійними. Так як граничні ймовірності постійні:

$$\frac{dP_i}{dt} = 0 \quad (4)$$

то замінюючи в рівняннях Колмогорова їх похідні нульовими значеннями, отримаємо систему алгебраїчних рівнянь.

$$\left\{ \begin{array}{l} (\lambda_{01} + \lambda_{02})P_0 = \mu_{10}P_1 + \lambda_{30}P_3 + \lambda_{40}P_4 + \lambda_{50}P_5 + \lambda_{60}P_6 + \\ \lambda_{70}P_7 + \lambda_{80}P_8 + \lambda_{90}P_9 + \lambda_{100}P_{10} \\ \mu_{10}P_1 = \lambda_{01}P_0 \\ (\lambda_{2.3} + \lambda_{2.4} + \lambda_{2.5} + \lambda_{2.6} + \lambda_{2.7} + \lambda_{2.8} + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1})P_2 = \lambda_{02}P_0 \\ \lambda_{30}P_3 = \lambda_{2.3}P_2 \\ \lambda_{40}P_4 = \lambda_{2.4}P_2 \\ \lambda_{50}P_5 = \lambda_{2.5}P_2 \\ \lambda_{60}P_6 = \lambda_{2.6}P_2 \\ \lambda_{70}P_7 = \lambda_{2.7}P_2 \\ \lambda_{80}P_8 = \lambda_{2.8}P_2 \\ \lambda_{90}P_9 = \lambda_{2.9}P_2 \\ \lambda_{100}P_{10} = \lambda_{2.1}P_2 \end{array} \right. \quad (5)$$

Ми отримали систему алгебраїчних рівнянь в яких є одинадцять невідомих  $P_0 \dots P_{10}$ .

Ці рівняння доповнюємо умовами:

$$\sum_{i=0}^{i=10} P_i(t) = 1 \quad (6)$$

З другого рівняння системи отримуємо:

$$= P_2 \left( \frac{\lambda_{2.3} + \lambda_{2.4} + \lambda_{2.5} + \lambda_{2.6} + \lambda_{2.7} + \lambda_{2.8} + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1}}{\lambda_{02}} \right) P_0 \quad (7)$$

Далі

$$P_3 = P_2 \left( \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} \right) \quad (8)$$



$$P_2 \left( \frac{\lambda_{2.4}}{\lambda_{40}} \right) \quad (9)$$

$$P_5 = P_2 \left( \frac{\lambda_{2.5}}{\lambda_{50}} \right) \quad (10)$$

$$P_6 = P_2 \left( \frac{\lambda_{2.6}}{\lambda_{60}} \right) \quad (11)$$

$$P_7 = P_2 \left( \frac{\lambda_{2.7}}{\lambda_{70}} \right) \quad (12)$$

$$P_8 = P_2 \left( \frac{\lambda_{2.8}}{\lambda_{80}} \right) \quad (13)$$

$$P_9 = P_2 \left( \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} \right) \quad (14)$$

$$P_{10} = P_2 \left( \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}} \right) \quad (15)$$

Вирішуємо систему, підставляючи в нормувальну умову всі ймовірності, які виражені через  $P_2$ :

$$P_2 \frac{(\lambda_{2.3} + \lambda_{2.4} + \lambda_{2.5} + \lambda_{2.6} + \lambda_{2.7} + \lambda_{2.8} + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1})}{\lambda_{02}} + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + P_2 \frac{(\lambda_{2.3} + \lambda_{2.4} + \lambda_{2.5} + \lambda_{2.6} + \lambda_{2.7} + \lambda_{2.8} + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1})}{\lambda_{02}} + P_2 + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.4}}{\lambda_{40}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.5}}{\lambda_{50}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.6}}{\lambda_{60}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.7}}{\lambda_{70}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.8}}{\lambda_{80}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}} \right) = 1 \quad (16)$$

Звідси:

$$P_2 \frac{(\lambda_{2.3} + \lambda_{2.4} + \lambda_{2.5} + \lambda_{2.6} + \lambda_{2.7} + \lambda_{2.8} + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1})}{\lambda_{02}} \cdot \left( 1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} \right) + P_2 + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.4}}{\lambda_{40}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.5}}{\lambda_{50}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.6}}{\lambda_{60}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.7}}{\lambda_{70}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.8}}{\lambda_{80}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} \right) + P_2 \left( \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}} \right) = 1 \quad (17)$$

Після перетворення, маємо:

$$P_2 \left[ \frac{\lambda_{2.3} + \dots + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1}}{\lambda_{02}} \left( 1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} \right) + 1 + \left( \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} + \dots + \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}} \right) \right] = 1 \quad (18)$$

Звідси,  $P_2$  дорівнює:



$$P_2 = \frac{1}{\left[ \frac{\lambda_{2.3} + \dots + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1} \left( 1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} \right) + 1 + \left( \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} + \dots + \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}} \right) \right]} \quad (19)$$

$$P_2 = \left[ \frac{\lambda_{2.3} + \dots + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1} \left( 1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} \right) + 1 + \left( \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} + \dots + \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}} \right) \right]^{-1} \quad (20)$$

Маючи  $P_2$ , знаходимо  $P_0, P_3, P_4, P_5, P_6, P_7, P_8, P_9, P_{10}$ .

Ймовірність  $P_1$  знаходимо з нормувальної умови, як різницю:

$$P_1 = 1 - (P_0 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10}) \quad (21)$$

Отримані ймовірності станів покладені в основу визначення комплексних показників надійності паливної системи дизельного двигуна. Тому коефіцієнт готовності  $K_r$ , є сумою ймовірностей працездатних станів, при справній і працюючій паливній системі, а також при справній, але не працюючій паливній системі (простою), з будь-яких причин не технічного характеру:

$$K_r = P_0 + P_1 \quad (22)$$

Вводимо в формулу значення ймовірностей і отримуємо:

$$K_r = P_0 + [1 - (P_0 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10})] \quad (23)$$

Перетворюючи вираження отримуємо:

$$K_r = 1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 - P_6 - P_7 - P_8 - P_9 - P_{10} \quad (24)$$

Виразив ймовірності через  $P_2$ , маємо:

$$K_r = 1 - P_2 \left( 1 - \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} + \frac{\lambda_{2.4}}{\lambda_{40}} + \frac{\lambda_{2.5}}{\lambda_{50}} + \frac{\lambda_{2.6}}{\lambda_{60}} + \frac{\lambda_{2.7}}{\lambda_{70}} + \frac{\lambda_{2.8}}{\lambda_{80}} + \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}} \right) \quad (25)$$

Підставляючи в рівняння значення  $P_2$ , які виражені через інтенсивності маємо остаточну формулу:



$$K_r = \frac{\lambda_{2.3} + \lambda_{2.4} + \lambda_{2.5} + \lambda_{2.6} + \lambda_{2.7} + \lambda_{2.8} + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1}}{\lambda_{2.3} + \dots + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1} + \frac{\lambda_{02}}{\left(1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}}\right)} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} + \dots + \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}}\right)} \quad (26)$$

Розглядаючи питання надійності паливних систем слід звернути увагу на ще один комплексний показник надійності – коефіцієнт технічного використання КТ.В.

$$KT.B. = K_2 - (P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10}) \quad (27)$$

Підставляємо в рівняння коефіцієнт готовності:

$$KT.B. = 1 - 2(P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10}) \quad (28)$$

Звідси:

$$KT.B. = 1 - 2P_2 \cdot \left( \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} + \frac{\lambda_{2.4}}{\lambda_{40}} + \frac{\lambda_{2.5}}{\lambda_{50}} + \frac{\lambda_{2.6}}{\lambda_{60}} + \frac{\lambda_{2.7}}{\lambda_{70}} + \frac{\lambda_{2.8}}{\lambda_{80}} + \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}} \right) \quad (29)$$

Замінюючи ймовірність P2, через інтенсивності отримуємо:

$$KT.B. = 1 - \frac{2 \cdot \left(1 + \frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} + \frac{\lambda_{2.4}}{\lambda_{40}} + \frac{\lambda_{2.5}}{\lambda_{50}} + \frac{\lambda_{2.6}}{\lambda_{60}} + \frac{\lambda_{2.7}}{\lambda_{70}} + \frac{\lambda_{2.8}}{\lambda_{80}} + \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}}\right)}{\frac{\lambda_{2.3} + \dots + \lambda_{2.9} + \lambda_{2.1}}{\lambda_{02}} \cdot \left(1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}}\right) + 1 + \left(\frac{\lambda_{2.3}}{\lambda_{30}} + \dots + \frac{\lambda_{2.9}}{\lambda_{90}} + \frac{\lambda_{2.1}}{\lambda_{100}}\right)} \quad (30)$$

Для визначення інтенсивностей переходів  $\lambda_i$  и  $\mu_{10}$  досліджуваної паливної системи з одного стану в інший використовуємо наступне співвідношення:

$$\lambda_i = (T_i)^{-1} ; \quad (31)$$

$$\mu_{10} = T_{10}^{-1}. \quad (32)$$

де  $T_i$  – середній час проведення і-тої операції.

Далі розраховуємо ймовірності переходів паливної системи з одного стану в інший, на біопальному, без заміни конструкційних матеріалів за формулою (16):



$$P_2 = \left[ \left( \frac{0,025+0,02+0,05+0,0125+0,0143+0,063+0,05+0,018}{0,01} \right) \left( 1 + \frac{0,19}{1} \right) + 1 + \frac{0,025}{0,0185} + \frac{0,02}{0,0084} + \frac{0,05}{0,067} + \frac{0,0125}{0,0042} + \frac{0,0143}{0,0084} + \frac{0,063}{0,2} + \frac{0,05}{0,034} + \frac{0,018}{0,0084} \right]^{-1} = 0,022.$$

Звідси, відповідно до формул (18 ... 25) обчислюємо ймовірності:

$$P_3 = 0,044; P_4 = 0,052; P_5 = 0,0165; P_6 = 0,066; P_7 = 0,0374; P_8 = 0,00693; P_9 = 0,032; P_{10} = 0,047.$$

По формулі (17) находимо  $P_0$ ,  $P_0 = 0,022 \cdot 25,3 = 0,56$ .

$P_1$  згідно формули (31) дорівнює  $P_1 = 1 - 0,9 = 0,1$ .

Звідси коефіцієнт готовності для паливної системи, на біопальному, без заміни конструкційних матеріалів, обчислюємо за формулою (32):

$$T_r = 0,056 + 0,1 = 0,66.$$

Розраховуємо ймовірності переходів паливної системи з одного стану в інший, при роботі на біопальному зі заміною конструкційних матеріалів на інертні до агресивного середовища біодизельного пального за формулою (26):

$$P_2 = \left[ \left( \frac{0,033+0,025+0,067+0,0153+0,02+0,1+0,056+0,025}{0,011} \right) \left( 1 + \frac{0,19}{1} \right) + 1 + \frac{0,033}{0,0185} + \frac{0,025}{0,0084} + \frac{0,067}{0,067} + \frac{0,0153}{0,0042} + \frac{0,02}{0,0084} + \frac{0,01}{0,2} + \frac{0,056}{0,034} + \frac{0,025}{0,0084} \right]^{-1} = 0,017.$$

Для визначення значення часу на технологічне обслуговування та ремонт окремих вузлів паливної апаратури і визначення коефіцієнта готовності всього механізму в цілому, були використані результати експлуатаційних досліджень, а також експертні оцінки фахівців з ремонту та обслуговування паливної апаратури.

Звідси, відповідно до формул (8 ... 15) обчислюємо ймовірності:

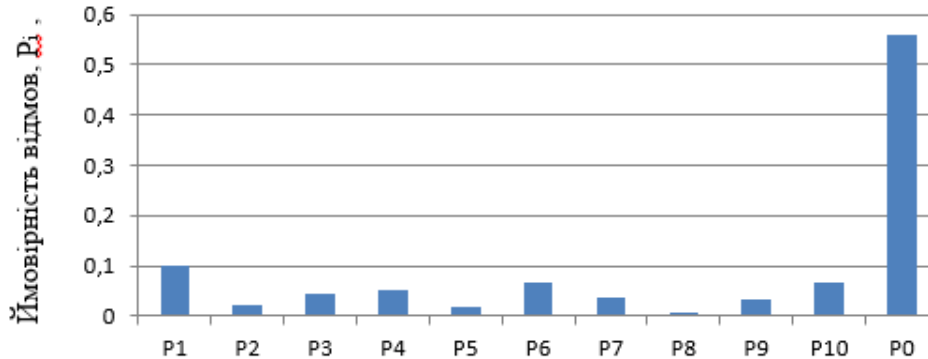
$$P_3 = 0,045; P_4 = 0,05; P_5 = 0,017; P_6 = 0,062; P_7 = 0,04;$$

$$P_8 = 0,0025; P_9 = 0,028; P_{10} = 0,05.$$

По формулі (7) находимо  $P_0$ ,  $P_0 = 0,017 \cdot 34,13 = 0,525$ .

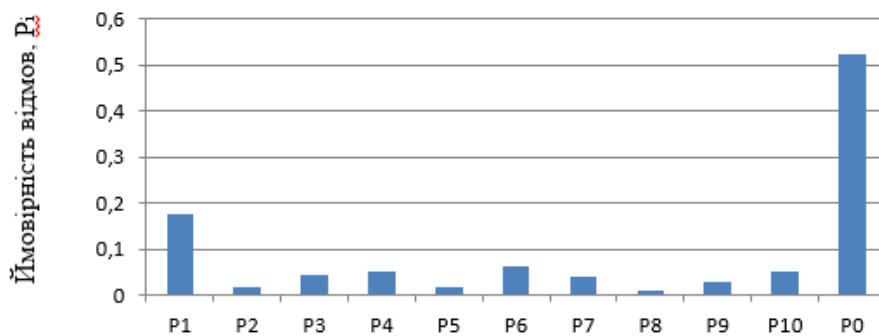
$P_1$  згідно формули (21) дорівнює  $P_1 = 1 - 0,825 = 0,175$ .

Звідси коефіцієнт готовності для паливної системи, на біопальному, із заміною конструкційних матеріалів, обчислюємо згідно з формулою (22):  $T_r = 0,53 + 0,175 = 0,71$ .



$P_0$  – ймовірність відмов паливної системи в цілому;  $P_1$  – ймовірність непрацездатного стану в зв'язку з простоями;  $P_2$  – ймовірність непрацездатного стану в зв'язку з діагностуванням причин відмов;  $P_3$  – ймовірність відмови паливного бака;  $P_4$  – ймовірність відмови насоса підкачки;  $P_5$  – ймовірність відмови фільтра;  $P_6$  – ймовірність відмови паливного насоса високого тиску;  $P_7$  – ймовірність відмови форсунок;  $P_8$  – ймовірність відмови трубопроводів;  $P_9$  – ймовірність відмови клапана;  $P_{10}$  – ймовірність відмови ущільнюючих елементів.

Рисунок 2. Діаграма ймовірностей переходів з одного стану в інший обладнання паливної системи без заміни конструкційних матеріалів



$P_0$  – ймовірність відмов паливної системи в цілому;  $P_1$  – ймовірність непрацездатного стану в зв'язку з простоями;  $P_2$  – ймовірність непрацездатного стану в зв'язку з діагностуванням причин відмов;  $P_3$  – ймовірність відмови паливного бака;  $P_4$  – ймовірність відмови насоса підкачки;  $P_5$  – ймовірність відмови фільтра;  $P_6$  – ймовірність відмови паливного насоса високого тиску;  $P_7$  – ймовірність відмови форсунок;  $P_8$  – ймовірність відмови трубопроводів;  $P_9$  – ймовірність відмови клапана;  $P_{10}$  – ймовірність відмови ущільнюючих елементів.

Рисунок 3. Діаграма ймовірностей переходів з одного стану в інший обладнання паливної системи з заміною конструкційних матеріалів





*Висновок:* Таким чином, використовуючи отримані залежності можна достовірно оцінити ступінь впливу біодизельного пального на надійність паливної системи дизельного двигуна та коефіцієнт готовності і технічного використання МТА. Очевидним є те, що одним із шляхів підвищення коефіцієнта готовності і технічного використання МТА може бути заміна деяких конструкційних матеріалів паливної системи дизельного двигуна на інертні до агресивного середовища біодизельного пального, основу якого складають карбонові кислоти, і як правило підвищення ресурсу прецизійних з'єднань. В результаті цього коефіцієнт готовності для паливної системи, на біопальному, без заміни конструкційних матеріалів склав 0,66 а з заміною – 0,71, при цьому час на виконання технологічних операцій з технічного обслуговування і ремонту паливної апаратури зменшився на 15 ... 35%.

#### Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Підвищення довговічності функціональних систем сільськогосподарської техніки при використанні біопаливно-мастильних матеріалів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2018. Вип. 282. С. 279–292.
2. Журавель Д. П. Моделювання процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі. *Праці ТДАТУ*. Вип. 18.т.2. Мелітополь, 2018. С. 105–118.
3. Журавель Д. П. Підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних паливних. *Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання*. Вип.8. Т.2. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 91–107.
4. Журавель Д. П. Моделювання працездатності машино-тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі. *Праці ТДАТУ*. Вип. 19.Т.3. Мелітополь, 2019. С.57–68.
5. Мілько Д. О. Методика складання раціону великої рогатої худоби на основі поживної цінності кормових компонентів. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник*. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 91–96.
6. Бондар А. М. Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ»*. Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 125–131.
7. Galina Gritsaenko, Igor Gritsaenko, Andrei Bondar. Mechanism for the Maintenance of Investment in Agriculture. Modern Development Paths of Agricultural Production. *Springer Nature Switzerland AG.*, 2019. P.29–



40.

8. Kyrylo Samoichuk, Olga Viunyk, Dmytro Milko, Andrii Bondar Research on milk homogenization in the stream homogenizer with separate cream feeding. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2020. Vol. 14. P.142–148.

9. Dmitry Milko, Kyrylo Samoichuk, Yulia Postol Revealing new patterns in resourcesaving processing of chromium-containing ore raw materials by solidphase reduction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020. Vol. 1/12(103). P. 24–29.

10. Dmytro Milko., Oleksandr Sclyar., Radmila Sclyar., Ganna Pedchenko. Results of the nutritional preservation research of the alfalfa laying on storage with two-phase compaction. *INMATEH - Agricultural Engineering*. National Institute Of Research-Development For Machines And Installations Designed To Agriculture And Food Industry - INMA Bucharest, Vol. 60, no.1 / 2020. P. 269–274.

11. Kyrylo Samoichuk, Nadiya Palyanichka, Vadim Oleksiienko, Serhii Petrychenko. Improving the quality of milk dispersion in a counter-jet homogenizer. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2020. Vol. 14. P.633–640.

12. Struchaiev N., Postol Y., Stopin Y., Zhuravel D., Hulevskyi V. Ways to impro the efficiency of pipelines heat insulation. *Problems of the Regional Energetics*, 2 (46) 2020. P. 43–52.

13. Korobka S., Syrotyuk S., Boltianskyi B., Boltianska L. Solar dryer with integrated energy Unit. *Problems of the Regional Energetics*, 2 (50) 2021. P. 60–75.

14. Бондар А. М. Покращення та оцінка якісних показників відпрацьованих автотракторних олів для сільськогосподарської техніки. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 15 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-6.

15. Бондар А. М. Прогнозування ресурсу трибосистем при використанні сумішевих олів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 19 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-10.

16. Nadikto V., Chebanov A., Verechaga O. Improving the efficiency of pressing the male of castor seeds in the screw press. *Norwegian Journal of development of the International Science*, vol.1. No 59/2021. P. 48–53.

17. Бондар А. М., Дашивець Г. І., Паніна В. В. Обґрунтування швидкісних параметрів роботи машино-тракторного агрегату. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання*. ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. С. 85-97. 13 с. DOI:



10.31388/2220-8674-2021-2-16.

18. Dmytro Zhuravel. Research of lubricant properties of used tractor motor oils. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. 18 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-5.

19. Kuznetsov, M., Lysenko, O., Chebanov, A. (2021). Ensuring power balance in a hybrid power system with a backup generator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (114)), 6–15. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245557>.

20. Бондар А. М., Дашивець Г. І., Паніна В. В. Методика обробки емпіричних даних якісних показників роботи колісної машини. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 2. 13 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-2.

21. Samoichuk, K.; Petrychenko, S.; Bondar, A.; Hutsol, T.; Kubo' n, M.; Niemiec, M.; Mykhailova, L.; Gródek-Szostak, Z.; Sorokin, D. Modeling of Diesel Engine Fuel Systems Reliability When Operating on Biofuels. *Energies*, 2022, 15, 1795. <https://doi.org/10.3390/en15051795>.

22. Каплан, М.; Klimek, K.; Maj, G.; Bondar, A.; Lemeshchenko-Lagoda, V.; Boltianskyi, B.; Boltianska, L.; Syrotyuk, H.; Syrotyuk, S.; et al. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies*, 2022, 15, 3416. <https://doi.org/10.3390/en15093416>.

Стаття надійшла до редакції 05.11.2022 р.

**D. Zhuravel**

**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **PREDICTION OF THE RELIABILITY OF THE FUEL SYSTEM OF MOBILE EQUIPMENT WHEN USING BIODIESEL FUEL**

### ***Summary***

The paper substantiates the impact of biodiesel fuels on the availability of machine-tractor units in order to adapt the diesel engine fuel system to biodiesel. Developed and researched mathematical models of the reliability of the diesel engine fuel system. The probabilities of states are obtained, which form the basis for determining the complex indicators of reliability of the diesel engine fuel system. The averaged values of time to perform technological operations for the maintenance and repair of fuel equipment during operation on biodiesel have been established. In general, the reliability of the entire fuel system depends on the reliability of all subsystems, as well as the type of fuel. It has been established that one of the ways to increase the availability of machine-tractor units and, consequently, reliability in general, can be the replacement of structural materials of the



diesel engine fuel system with inert to aggressive biodiesel fuel, which is based on carboxylic acids and, as a rule, increase the life of precision compounds. As a result, the availability factor for the fuel system on biofuels, without replacing structural materials, was 0.66 and the replacement was 0.71, while the time required to perform technological operations for the maintenance and repair of fuel equipment decreased by 15...35%. It has been proved that biodiesel is more aggressive in comparison with diesel construction compared to diesel fuel. This is due to the occurrence of free hydrogen on the surface of the materials, which promotes the formation of oxide films and the penetration of hydrogen into the surface layers of metal, which promotes hydrogen wear. The negation of these negative phenomena is possible due to the reduction of methanol in biodiesel. To increase the resource of agricultural machinery when working on biological fuel, possibly by washing the mineral fuel of the entire fuel system. This eliminates the harmful effects of methanol on metals during the downtime of units and assemblies. To ensure the reliability of agricultural machinery, we have developed a methodology for improving the reliability of agricultural machinery when using PPM.

**Key words:** biodiesel, reliability modeling, fuel system, machine-tractor unit, state graph, intensity and probability of events, availability, failure.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-15

УДК 658.012.64(477)

О. І. Лисак, к.е.н.

ORCID: 0000-0002-6744-1471

В. М. Тебенко, к.е.н.

ORCID: 0000-0002-0459-2555

Г. М. Завадських, к.е.н.

ORCID: 0000-0002-3240-3870

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: oksana.lysak@tsatu.edu.ua, тел.: (097)4864547

## **РОЗРОБКА БІЗНЕС-ПЛАНУ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОЇ КУКУРУДЗИ ДЛЯ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

*Анотація.* В статті обґрунтовано ідею проекту, надані загальні відомості проекту: види діяльності, місцезнаходження та соціальна значимість; проведено аналіз ринку цукрової кукурудзи. Складено маркетинговий план (цілі маркетингу, просування товару, канали збуту, споживачі, конкуренти, матриця SWOT-аналізу та цінова політика), організаційний та виробничий плани. В результаті проведених досліджень розрахована загальна вартість проекту; основні економічні показники реалізації інвестиційного проекту; визначені види ризиків, які можуть вплинути на проект та наведені заходи щодо зменшення негативного їх впливу. Ідея проекту полягає в підвищенні прибутковості підприємницької діяльності ФОП «Мараховський М.А.» шляхом вирощування та реалізації цукрової кукурудзи. Об'єктом проекту є процес вирощування кукурудзи цукрових сортів.

*Ключові слова:* кукурудза цукрова, ринок овочевої продукції, інвестиційний проект, маркетинговий план, виробничий план, фінансові показники інвестиційного проекту, оцінка ризиків проекту.

*Постановка проблеми.* Функціонування будь-яких суб'єктів господарювання потребує детального планування. Особливо гостро ці питання постають перед представниками малого бізнесу. Адже попередня оцінка та прогнозування фінансово-економічних результатів є надважливими в умовах обмеженості ресурсів та підвищеної ризиковості діяльності малих підприємств. При започаткуванні виробництва нового виду продукції важливе значення відводиться розробці бізнес-плану як детального попереднього аналізу та прогнозу перспектив проекту.

Враховуючи актуальність питань економічного обґрунтування виробництва сільськогосподарської продукції в малих підприємствах



дослідимо складання бізнес-плану за вказаним напрямом спеціалізації аграрного підприємства.

*Аналіз останніх досліджень.* Питання бізнес-планування в сільському господарстві завжди займали значне місце в наукових роботах вітчизняних та зарубіжних дослідників. Серед українських науковців значний вклад в проблеми бізнес-планування здійснили Ю. Е. Губені, І. І. Костецька [1], А. О. Гуроров [2], М. І. Кісіль, М. М. Кропивко [3], Т. В. Майорова [4] тощо. Серед зарубіжних досліджень роботи Дж. С. Мболі, Д. Таккера [10], Ф. А. Гоні [11], Б. Собіров [12] тощо.

Проте, високо оцінюючи їх внесок, варто поглибити дослідження проблем бізнес-планування, в тому числі особливостей складання бізнес-планів для окремих продуктів з розробкою умов їх практичного втілення.

*Формулювання мети статті.* Відповідно до проведеного аналізу ринку овочевої продукції обґрунтувати економічну доцільність вирощування кукурудзи цукрової, скласти маркетинговий, організаційний та виробничий плани. Здійснити розрахунок загальної потреби коштів задля реалізації даного проекту та визначити фінансові показники доцільності бізнес-ідеї задля підвищення прибутковості підприємства.

Ідея проекту полягає в підвищенні прибутковості підприємницької діяльності ФОП «Мараховський М.А.» шляхом вирощування та реалізації цукрової кукурудзи.

Об'єктом проекту є процес вирощування кукурудзи цукрових сортів.

В процесі дослідження передбачається використовувати наступні загальнонаукові та спеціальні методи економіко-статистичні, графічний, абстрактно-логічний, метод SWOT-аналізу, методики оцінки ефективності інвестиційного проекту тощо.

*Основна частина.* Кукурудза є однією з провідних сільськогосподарських культур у світі, виробництво якої с часом лише зростає. В 2021-22 маркетинговому році в світі зібрано 1206 млн. т, що на 33% більше, ніж у 2011-2012 маркетинговому. Році. [6] Майже чверть світових обсягів кукурудзи вирощується в Сполучених Штатах Америки. Значні обсяги виробляють також у Китаї, Бразилії та Аргентині. Україна посідає п'яте місце в світовому рейтингу виробників кукурудзи із 41,8 млн. т в 2021-2022 маркетинговому році.

Експерти аграрних ринків прогнозують цукровій кукурудзі неухильне зростання в усіх країнах світу.

З початку 2000-х років відзначають стійку тенденцію до зростання попиту на цукрову кукурудзу в країнах Євросоюзу, що чітко простежується за наявними статистичними даними. Так, наприклад,

якщо у 2000 році у Німеччині споживали 842000 т/рік, то у 2007 - вже 1730000 т/рік (практично вдвічі більше); в Австрії попит зріс з 145000 т/рік до 1012000 т/рік (практично в 7 разів); у Чехії – з 18000 т/рік до 304000 т/рік (у 17 разів!). При цьому основу задоволення попиту в країнах ЄС досі складає імпортна кукурудза, переважно – зі США. [7]

За прогнозами попит на цукрову кукурудзу буде збільшуватись і в подальшому. Причому не лише на традиційних для цієї культури ринках — в Азії, Південній та Північній Америці, а й на теренах Східної Європи, і в Україні також. [8]

Україна має сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для вирощування якісної цукрової кукурудзи. Попит на цю продукцію є високим як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках протягом усього календарного року (рис. 1).

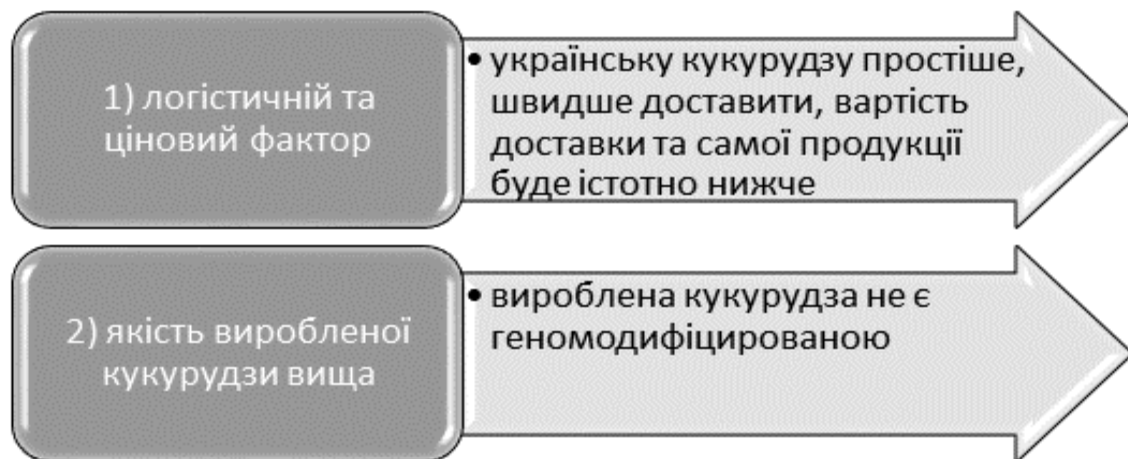


Рисунок 1. Переваги вирощування української цукрової кукурудзи для країн ЄС

Вирощування цукрової кукурудзи – окремий сегмент в агровиробництві. Популярність цукрової кукурудзи останніми роками зростає, відповідно росте попит на дану сільськогосподарську продукцію. За оціночними даними, під цією культурою знаходиться 9000 га: урожай із 5000 га йде на ринок у вигляді свіжих качанів, інше – для переробки.

На Півдні України цукрову кукурудзу вирощують більшою мірою невеликі господарства. Тут використовують технології, які дозволяють отримувати ранні врожаї, а продаж качанів відбувається поштучно. Засівають невеликі площі, застосовують ручні сівалки й ручну працю під час збирання. Аби прискорити досягання, деякі фермери вирощують кукурудзу через розсадку, в тунелях чи під агроволокном. Використовують крапельний полив.

Господарства, які вирощують цукрову кукурудзу для заморожування чи консервування, засівають більші площі. Щоб

здешевити продукцію, застосовують для посіву й збирання техніку. [8]

Крім сприятливих кліматичних умов на Півдні вирощування цукрової кукурудзи для реалізації в свіжому вигляді має економічну доцільність. Ці області є курортними, тож качани можна збувати на місцевих ринках.

Найбільш привабливим способом реалізації вирощеної цукрової кукурудзи для Запорізького регіону буде заморожування та продаж свіжих качанів (рис. 2). Оптимальною маркетинговою стратегією в нашому випадку вважається так званий «тривалий сезон» – сівба декількох гібридів з різними термінами дозрівання: ранній, середній та пізній. Або одного і того ж з перервою в кілька тижнів. Це дає можливість протягом тривалого періоду часу збирати готову продукцію, придатну для продажу в свіжому вигляді.



Рисунок 2. Способи переробки цукрової кукурудзи

Дві третини зібраного врожаю планується реалізовувати в курортній Кирилівці та в супермаркетах міста, для чого будуть використані фірмові пакети. Також передбачається виготовлення індивідуальних міні-пакетів, що сприятиме впізнаваності товару та більш зручному викладанню його у торговельних мережах.

На початку реалізації проекту продаж продукції планується в Запорізькій, Дніпропетровській, Харківській областях. Збут продукції в більш віддалені регіони планується оптовими партіями самим покупцям (можливо переробним), а також для продажу в роздріб в торгових точках великих торговельних мереж великих міст.

Надалі стратегічно важливим для підприємства є орієнтація не тільки на міського місцевого споживача, а на споживачів віддалених регіонів України та іноземних покупців. Тому, важливим є відпрацювання механізму пропозиції та продажу продукції покупцям через Internet.

В існуючих ринкових умовах саме конкуренти можуть вплинути на результати діяльності підприємства, на рівень ціни-пропозиції товару і ціни його продажу. Реакція конкурентів впливає на умови





Таблиця 1

## Матриця SWOT-аналізу

	<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Використання нових сортів рослин з високим генетичним потенціалом</li><li>2. Виробництво перспективних продуктів сільського господарства (екологічно чиста продукція).</li><li>3. Використання власних ресурсів, участь у програмах і конкурсах Мелітопольської міської ради, орієнтованих на сприяння розвитку підприємництва, грантових проектах міжнародних організацій, фондів</li></ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Різкі зміни в законодавстві з приходом нових політичних сил</li><li>2. Велике податкове навантаження</li><li>3. Підвищення цін на ресурси виробничого призначення</li><li>4. Зниження цін та попиту на вироблену продукцію</li><li>5. Погіршення кліматичних умов (вимерзання посівів, засуха тощо)</li><li>2. Зростання тиску конкурентів</li></ol>
<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Стабільні земельні ресурси</li><li>2. Невеликий стартовий капітал</li><li>3. Вдала форма господарювання</li><li>4. Гнучкість та самостійність бізнесу</li><li>5. Власна матеріально-технічна база</li><li>6. Досвід роботи, хороший імідж</li><li>7. Низька собівартість</li></ol>	<p>поле СІМ</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Використовуючи професіональні кадри, створити маркетингову службу, яка знайде нові канали реалізації на ринку.</li><li>2. Використовуючи наявні фінансові ресурси підприємства, і кваліфіковані кадри впровадити</li></ol>	<p>поле СіЗ</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Реагування на зміни потреб і смаків споживачів за рахунок потенціалу для розвитку галузі.</li><li>2. Постійні спостереження за змінами в законодавстві та рішеннями органів місцевого самоврядування</li></ol>



## Продовження таблиці 1

виробництва і висока додана вартість продукції 8. Надійні постачальники 9. Постійні канали збуту продукції 10. Сприятливий для виробництва клімат	зберігання і можливо переробку продукції. 3. Використовуючи стратегію диверсифікації, вийти на нові ринки збуту.	3. Створення оперативних груп для реагування на дії конкурентів.
Слабкі сторони: 1. Малий розмір землекористувань 2. Неналежний рівень технічної оснащеності виробництва 3. Слабі можливості впровадження інноваційності у виробництво 4. Незначний обсяг товарної продукції 5. Локально обмежений збут товару 6. Відсутність промоційних заходів 7. Обмежені перспективи зростання 8. Відсутність впливової підтримки	1. За рахунок виходу на нові ринки зміцнити конкурентну позицію та зменшити конкурентний тиск. 2. Заохочення своїх клієнтів шляхом високої якості і низької ціни продукції.	1. Внаслідок можливості непередбачуваних дій конкурентів можна втратити можливість розширення частки ринку, каналів розподілу і збуту продукції, тобто отримати збитки. 2. Зростання рівня безробіття населення і зниження його купівельної спроможності не дозволить реалізувати можливість прискорення зростання частки ринку в області.

роботи, оплату праці, характер взаємовідносин на підприємстві.

Ринки регіонів найближчих областей є привабливими і перспективними для виробників цукрової кукурудзи. Тому більшість товаровиробників цієї продукції намагаються реалізувати свою продукцію на них. Це призводить до збільшення пропозиції і зниження ціни продукції. Тому необхідно орієнтуватися на більш віддалені ринки.

Результати проведеного аналізу конкурентного середовища



свідчать, що основними конкурентами на ринку цукрової кукурудзи в регіоні є деякі сільськогосподарські підприємства, які займаються вирощуванням овочів, а також власники присадибних ділянок. Роль останніх значна, але продаж кукурудзи здійснюється дуже дрібними партіями або в роздріб. Продукція характеризується низькою якістю, практично відсутня можливість транспортування.

Оцінка сильних і слабких сторін проекту (внутрішніх чинників) проведена з допомогу методу SWOT-аналізу (табл. 1). Для реалізації бізнес-плану за нашими розрахунками потрібні інвестиції в розмірі 170 тис. грн., обсяг поточних витрат на виробництво та реалізацію складе 60 тис. грн. щорічно.

Сума інвестицій включає: витрати на закупівлю необхідних матеріальних ресурсів та техніки. Поточні витрати включають витрати з підготовки земельної ділянки, витрати по догляду за врожаєм та його зберіганням та інші. Для підготовки та реалізації усього виробничого процесу пропонуємо оформити кредит на 120 тис. грн. на три роки.

При реалізації проекту необхідно враховувати всі види ефектів та наслідків. Наслідком реалізації проекту буде отримання економічного та соціального ефекту.

Економічний ефект проекту включає доходи, що отримають працевлаштовані на підприємстві працівники та власник бізнесу [9]. Також від реалізації цього бізнесу сума податків буде сплачуватися підприємцем в державний та місцевий бюджет. Соціальний ефект проекту полягає у додатковому працевлаштуванні на постійній основі 2 осіб.

Проект оцінюється за традиційними показниками економічної ефективності: виручка від реалізації, витрати, прибуток, строк окупності проекту. Якщо розрахувати ефективність всього проекту за 3 роки, то показники з урахуванням фактору часу будуть мати наступний вигляд (табл. 2).

Таблиця 2

Розрахунок дисконтованих вигід та витрат проекту

Грошові потоки	Початко ві інвестиц ії	Надходження		
		2023 р.	2024 р.	2025 р.
Сума інвестицій, тис. грн.	170			
Виручка від реалізації, тис. грн.		250	250	250
Повна собівартість продукції, тис. грн.		60	60	60



## Продовження таблиці 2

Амортизаційні відрахування, тис.грн.		5	5	5
Чистий прибуток, тис. грн.		190	190	190
Грошовий потік, тис. грн.		195	195	195
Ставка дисконту, %		21	21	21
Коефіцієнт дисконтування		0,826	0,683	0,564
Дисконтований грошовий потік, тис. грн.		161,16	133,19	110,07
Дисконтований грошовий потік з наростаючим підсумком, тис. грн.		161,15	294,34	404,41
Накопичений чистий дисконтований грошовий потік, тис. грн.	-170	-8,84	124,34	234,42

На підставі отриманих даних можна розрахувати показники ефективності інвестицій в проект (табл. 3).

Таблиця 3

## Розрахунок сучасної вартості проекту

Показники		Значення
Чистий дисконтований дохід, тис. грн.	PV	404,4
Чиста сучасна вартість, тис. грн.	NPV	234,4
Коефіцієнт вигід/витрат	BCR	4,2
Термін окупності, років	Ток	1,1
Індекс прибутковості	IR	2,4

Чиста сучасна вартість проекту за 3 роки складає 234,4 тис. грн., період окупності інвестицій складе 1,1 рік, вигоди проекту перевищують витрати на нього в 4 рази. За отриманими показниками проект є привабливим до впровадження.

Для розробки бізнес-плану інвестиційного проекту необхідно розглядати декілька сценаріїв розвитку з урахуванням чутливості до змін на ринку, а також необхідний постійний контроль та коригування проекту з урахуванням фактичних змін у грошовому потоці (табл. 4).



Таблиця 4

Показники прибутковості проекту за можливих сценаріїв розвитку

Показник	Оптимістичний	Реалістичний	Песимістичний
Обсяг реалізації, шт.	55000	50000	40000
Собівартість, грн/шт.	1,2	1,2	1,5
Ціна реалізації, грн.	6	5	4
Виручка від реалізації, тис. грн.	330	250	160
Повна собівартість, тис. грн.	66	60	60
Прибуток від реалізації, тис. грн.	264	190	100
Прибуток після сплати податків, тис. грн.	216,48	155,8	82
Рентабельність виробництва, %	328,00	259,67	136,67
Ток інвестицій 1 року, міс	0,64	1,09	2,07

За умов реалізації реалістичного сценарію рентабельність вирощування кукурудзи складе – 259 %. При реалізації несприятливого – песимістичного сценарію виробництво кукурудзи залишається все одно прибутковим, але термін окупності інвестицій збільшиться до 2 років.

Вирощування цукрової кукурудзи в Україні – прибуткова справа, але вона має чимало ризиків.

За словами виробників, які вирощують таку кукурудзу, ризик втратити врожайність може сягати навіть позначки у 60% від очікуваної схожості, але навіть такі втрати з лишком окупляться, якщо продукція буде рання, або понад рання,

Для успішної реалізації проекту важливим є усвідомлення ризиків його реалізації. Можливі ризики проекту:

1) Погодний. Заморозки на ґрунті (ранній посів), холоди, перепади



температури день\ніч можуть призвести до загибелі посівів, продовження вегетаційного періоду. Також важливо знати, що ранні гібриди не дадуть великий качан і не матимуть великих показників цукристості.

2) Сезонний. Цей вид бізнесу схильний до сезонних коливань. Пік продажів приходить на липень – серпень, з приходом холодів прибуток може істотно скоротитися. Тому кращий варіант реалізації продукції виїзна торгівля в курортному місті та супермаркетах.

3) Ринковий. Ефективність проекту значною мірою залежить від рівня цін у конкурентів на ринку.

4) Маркетинговий. Метою проекту є забезпечення споживача якісною продукцією, збільшення обсягів продажів. Відсутність продажів буде провалом проекту.

5) Біологічний. Присутність комах та інших шкідників може знищити врожай. Наявність медуз в курортній зоні, де планується реалізація більшої частки продукції зменшить кількість потенційних споживачів продукції.

Запорукою успішних врожаїв є дотримання основних факторів:

1. Якісне насіння
2. Терміни сівби (біологічні вимоги культури)
3. Норма висіву згідно зі зміною кліматичних умов
4. Системи живлення

Основні стримуючі перешкоди при виробництві цукрової кукурудзи це широке залучення ручної праці, невисока тривалість зберігання продукції, потреба у швидкому збуті. Тому для подовження періоду реалізації кукурудзи пропонуємо придбати заморожувальне устаткування для зберігання качанів, та більш ранньої їх реалізації.

Для оцінки ризиків проекту проведемо аналіз чутливості проекту до основних факторів (табл. 5).

Таблиця 5

Базовий варіант розрахунку аналізу чутливості проекту

Рік	Інвестиції тис. грн.	Обсяг реалізації , качанів	Ціна одиниці продукції , грн.	Собівартість одиниці продукції , грн.	Кд	Розрахунок ЧПД, тис. грн.
0	170	–	–	–	1	-170
1		50000	5	1,2	0,826	157,02
2		50000	5	1,2	0,683	129,77
3		50000	5	1,2	0,564	107,25
Разом						224,05



Згідно з даними розрахунків базисного варіанту можна відмітити, що чистий приведений дохід складає 224 тис. грн, тобто проект є привабливим та доцільним до впровадження. Основні вихідні фактори, збільшення яких призведе до підвищення рівня доходу від реалізації проекту – ціна продукції та обсяг реалізованої продукції. Обернену залежність простежуємо при збільшенні собівартості одиниці продукції, ставки дисконту та обсягу інвестицій.

На першому місці по впливу на результат проекту є ціна продукції, при збільшенні якої на 1 % чистий приведений дохід збільшиться на 2,37 % (табл. 6). При збільшенні обсягу реалізованої продукції на 1 % чистий приведений ефект проекту збільшиться на 1,8 %.

Таблиця 6

## Результат аналізу чутливості проекту до зміни факторів

№	Фактори впливу на ЧПД	Зміна фактору, %	Базове значення ЧПД	Нове значення ЧПД	Зміна ЧПД під впливом факторів	Зміна ЧПД на 1 % зміни фактору, %	Рейтинг фактору
1	Обсяг реалізації	5	212,16	231,27	9,01	1,80	2
2	Ціна продукції	5	212,16	237,30	11,85	2,37	1
3	Собівартість одиниці продукції	5	212,16	206,13	-2,84	-0,57	5
4	Обсяг інвестицій	5	212,16	203,66	-4,01	-0,80	4
5	Ставку дисконту	5	212,16	199,67	-5,89	-1,18	3

Збільшення ставки дисконту на 1 % призведе до зменшення ЧПД на 1,18 %. Менш всього по наших розрахунках на результат впливає собівартість одиниці продукції, при її збільшенні на 1 % ЧПД проекту зменшується на 0,57 %. Тому, підприємство повинно вміти оцінити вплив цих факторів та враховувати їх зміни в розрахунках показників ефективності проектів.



*Висновок.* Таким чином, в результаті проведених досліджень:

- ✓ обґрунтована ідея проекту, надані загальні відомості проекту: види діяльності, місцезнаходження та соціальна значимість;
- ✓ проведено аналіз ринку цукрової кукурудзи;
- ✓ складено маркетинговий план: цілі маркетингу, просування товару, канали збуту, споживачі, конкуренти, матриця SWOT-аналізу та цінова політика;
- ✓ розрахована загальна вартість проекту – інвестиційний план;
- ✓ розраховані основні економічні показники реалізації інвестиційного проекту;
- ✓ визначені види ризиків, які можуть вплинути на проект та наведені заходи щодо зменшення негативного їх впливу.

Реалізація проекту дозволить створити додаткові робочі місця, примножити податкові надходження до державного і місцевого бюджетів, збільшити вітчизняне виробництво кукурудзи, що сприятиме продовольчій незалежності регіону.

Список використаних джерел

1. Губені Ю. Е., Костецька І. І. Бізнес-планування в аграрних підприємствах: форми і методи : монографія. Львів: «Растр-7», 2012. 196 с.
2. Гуторов А. О. Інвестиційне забезпечення корпоратизації капіталу в аграрному секторі економіки (аналітичний огляд). К.: ННЦ «ІАЕ», 2019. 64 с.
3. Кісіль М. І., Кропивко М. М. Методичні рекомендації з розроблення інвестиційних проектів молочних ферм в особистих селянських господарствах. К.: ННЦ «ІАЕ», 2013. 30 с.
4. Майорова Т. В. Інвестиційна діяльність: навч. посіб. К.: Центр навчальної літератури, 2004. 376 с.
5. Yavorska T. Problems and prospects for development of family households in Ukraine. *Springer Nature, «Modern Development Paths of Agricultural Production»*, 2019. С. 593–605.
6. Latifundist.com. Головний сайт про агробізнес. URL: <https://latifundist.com/rating/top-10-krayin-virobnikiv-kukurudzi-2021-22-mr> (дата звернення 08.12.2022)
7. Всеукраїнський журнал «Овочі та Фрукти». Свідоцтво про реєстрацію КВ № 14890-3816 Р, від 29.12.2008 р. URL: <https://www.pro-of.com.ua/analiz-rinku-cukrovo%D1%97-kukurudzi-ta-perspektivi-ukra%D1%97ni-yak-eksportera/> (дата звернення 08.12.2022)
8. SuperAgronom.com. Головний сайт для агрономів. URL: <https://superagronom.com/blog/740-solodka-kukurudza-zavoyovuyemistse-pid-sontsem-gibridi-ta-sekrety-viroschuvannya> (дата звернення





08.12.2022)

9. Тебенко В. М., Лисак О. І. Інноваційна складова підприємницької діяльності в аграрній сфері. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки)*. Мелітополь: Вид-во Мелітопольська типографія «Люкс», 2020. № 3 (40). С 67–74.

10. Mboli J. S., Thakker D., Mishra J. L. An Internet of Things-enabled decision support system for circular economy business model. *Software: Practice and Experience*. 2022. Т. 52. №. 3. С. 772–787.

11. Goni F. A. et al. Sustainable business model: A review and framework development. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2021. Т. 23. №. 3. С. 889–897.

12. Sobirov B. et al. Using Digital Ecosystems in Agriculture. International conference Ecosystems without borders. *Springer, Cham*, 2022. С. 171–176.

**O. Lysak, V. Tebenko, H. Zavadskykh**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **BUSINESS PLAN DEVELOPMENT OF GROWING SWEET CORN FOR SMALL ENTERPRISES IN SOUTHERN UKRAINE**

### **Summary**

The article substantiates the idea of the project, provides general information about the project: types of activity, site and social significance; analysis of sweet corn production was carried out. The idea of the project is to increase the profitability of the entrepreneurial activity of the FOP "Marakhovskyi M.A." by growing and selling sweet corn. The object of the project is the process of growing sugar corn.

A marketing plan (marketing goals, product promotion, sales channels, consumers, competitors, SWOT analysis matrix and price policy), organizational and production plans was drawn up. It was determined that the most attractive way to sell grown sweet corn for the Zaporizhzhia region would be freezing and selling fresh cobs. The sale of products is planned in Zaporizhzhia, Dnipropetrovsk, Kharkiv, as well as in wholesale lots to remote regions.

To implement the business plan, investments in the amount of UAH 170,000 are required, and the amount of current costs for the production and sale of the warehouse is UAH 60,000. UAH annually.

As a result of the conducted research, the total cost of the project was calculated; main economic indicators of the implementation of the investment project; the types of risks that can affect the project are identified and the measures to reduce their negative impact are given. The net modern value of the project for 3 years is UAH 234.4 thousand, the payback period of the investment composition is 1.1 years, the benefits of the project exceed its costs by 4 times. According to the obtained indicators, the project is attractive for implementation.

The development scenarios are considered, taking into account the sensitivity to changes in the market. Under the conditions of implementation of a realistic scenario, the profitability of corn cultivation will be - 259%. When implementing an unfavorable -



pessimistic scenario, corn production earns a profit, but the payback period for investments increases to 2 years.

**Key words:** sweet corn, market of vegetable products, investment project, marketing plan, production plan, financial indicators of the investment project, project risk assessment.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-16

УДК 637.134

О. П. Ломейко, к.т.н, доц.,

ORCID: 0000-0001-7407-545X

В. О. Верхоланцева, к.т.н., доц.,

ORCID: 0000-0003-1961-2149

Н. О. Паляничка, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8510-7146

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: oleksandr\_kovalov@tsatu.edu.ua, тел.: (096)3205531

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ КЛАПАННИХ ГОМОГЕНІЗАТОРІВ

*Анотація.* В статті проведено аналіз факторів, які впливають на ефективність та енергетичні витрати диспергування в клапанному гомогенізаторі молока. Отримані результати свідчать, що основним фактором, який визначає та поєднує обидва показники є надлишковий тиск диспергування, оптимальне значення якого не повинно перевищувати 10–20 МПа. Встановлено, що 15% економію енергетичних витрат при диспергуванні в клапанному гомогенізаторі можливо забезпечити при використанні багатоступінчастої головки, обладнаної роторним клапаном. Іншим шляхом зниження енерговитрат процесу може бути використання модернізованого способу роздільної подачі вершків. Результати аналізу свідчать, що досягти підвищення ефективності диспергування можливо шляхом встановлення пружних пластин в напрямку, перпендикулярному до вісі клапану. Зроблено висновок, що збільшення ефективності відбувається при встановленні клапану та сідла з можливістю обертання у протилежних напрямках або при використанні конструкції, в якій зазор між цими елементами має змінний перетин.

*Ключові слова:* гомогенізатор, клапанна щілина, ефективність, середній діаметр, жирова кулька, вдосконалення.

*Постановка проблеми.* Незважаючи на більш ніж сторічну історію використання клапанні гомогенізатори залишаються найбільш розповсюдженими на підприємствах молокопереробної галузі. До їх переваг фахівці відносять високий ступінь диспергування, при переробці у них середній діаметр жирових кульок зменшується в 3–4 рази, що повною мірою задовольняє вимогам технологічних процесів. Однак у диспергаторів цього типу є численні недоліки, до яких відноситься висока матеріалоємність та енергетичні витрати, наявність



вібрації під час експлуатації [1]. Пошук шляхів усунення вад, притаманних клапанним гомогенізаторам пов'язаний з численними труднощами. На даний час не існує єдиної теорії диспергування жирових кульок молока при гомогенізації. Ускладненість спостереження процесу руйнування жирової фази пояснюється високими швидкостями її руху, що складають 100–150 м/с та мікроскопічними розмірами жирових часток (0,75–0,80 мкм). Запропоновано багато гіпотез гомогенізації та пристроїв для диспергування, заснованих на цих гіпотезах, однак жоден з них не може перевершити клапанний гомогенізатор за показниками якості. Теоретичні уявлення процесу гомогенізації містять багато суперечностей, парадоксів та не є загальними, вичерпно пояснюючими теоретичні основи процесу.

Основними гіпотезами гомогенізації є [2,3]:

- руйнування під впливом дії повздовжнього градієнта швидкості потоку при вході у клапанну щілину (М.В. Барановського);
- руйнування під впливом поперечного градієнту швидкості потоку у клапанній щілині (Ребіндера і Вітінга);
- руйнування за рахунок відцентрової сили при обертальному русі жирової кульки у градієнтному полі швидкостей (В.Д. Суркова);
- руйнування за рахунок кавітації;
- руйнування здуванням мікрочасток з поверхні жирової кульки (М.М. Орешіної);
- гіпотеза субкавітаційної гомогенізації (Є.А. Фіалкової);
- гіпотеза руйнування при створенні максимальної різниці швидкостей дисперсійної і дисперсної фаз (К. О. Самойчука).

Існують також альтернативні гіпотези, що на даний момент не мають вичерпного обґрунтування або не знайшли широкого розповсюдження: вибух у рідині, удар струменю, ультразвукова гомогенізація, утворення мікрольоду [1]. Не є виключеним подальший розвиток цих теорій на основі парадоксів гідродинаміки.

*Аналіз останніх досліджень.* Клапанні гомогенізатори, незважаючи на їх розміри, високі енерговитрати та вібрацію, отримали найбільше розповсюдження в молокопереробній промисловості. Незважаючи на наявність великої кількості клапанних гомогенізаторів, їх основні техніко-економічні та технологічні параметри коливаються у невеликих межах [3]. Серед іноземних виробників гомогенізаторів клапанного типу відомі наступні фірми: Rannie (Данія), Sonik Engineering Co. (США), Manton–Gaulin (США), Alfa–Laval (Швеція), Stork (Нідерланди), Regis (США), Cherry–Burrell (США), Imperial Group. Ltd. (Англія), та ін. Вітчизняна промисловість виготовляє гомогенізатори К5-ОГ2А-250, К5-ОГ2А-500, А1-ОГ2М-2,5, А1-ОГ2М, К5-ОГА-10 П8-ГМ, ОГЗМ, ОГВ, МИ-ОГМ. Показники закордонних



клапанних гомогенізаторів несуттєво відрізняються від розповсюджених у вітчизняній промисловості [2].

Найбільшого розповсюдження набули клапанні гомогенізатори, які складаються з насосу високого тиску та гомогенізуючої головки. До гомогенізуючого клапану рідкий продукт може подаватись за допомогою одно, двох чи багатоплунжерних насосів, які здатні забезпечувати рівномірну подачу та спроможні створити високий тиск. Разом з цим для зниження витрат енергії та зниження ваги конструкції за кордоном створені гомогенізатори низького тиску. 5–7 МПа. Продукт подається шестеренним насосом та може застосовуватись для гомогенізації в'язких продуктів. Режим їх роботи дозволяє отримати ефект гомогенізації достатній для виробництва гомогенізованого молока [4].

Гомогенізатори клапанного типу відносяться до енергоємних та металоємних конструкцій: в залежності від тиску та продуктивності витрата електроенергії в них змінюється від 36 до 140 кВт/год, при цьому загальна вага гомогенізатора може знаходитись в межах 600–4000 кг. За ефективністю впливу на молоко без значних небажаних змін його властивостей всі інші машини поступаються клапанним гомогенізаторам високого тиску [5,6].

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Незважаючи на високе середнє значення (78%) коефіцієнту корисної дії клапанних гомогенізаторів можливості їхнього вдосконалення є практично вичерпаними. Однак, оскільки, незважаючи на перелічені недоліки вони до теперішнього часу лишаються найбільш поширеними на підприємствах молокопереробної галузі, необхідно розглянути можливі шляхи вдосконалення та оцінити їх ефективність. Для досягнення поставленої мети вирішувалось наступні задачі:

- проводився аналіз факторів, що впливають на якість та енерговитрати при диспергуванні в клапанних гомогенізаторах;
- здійснювався пошук можливих рішень для зниження енергетичних витрат диспергування жирової фази молочної емульсії;
- проводився аналіз можливих вдосконалень, спрямованих на підвищення ефективності диспергування.

*Основна частина.* Ефективність гомогенізації залежить від гідравлічних умов в зоні клапанної щілини. Ці умови визначаються тиском гомогенізації, від величини якого залежить швидкість руху рідини в щілині та висота клапанної щілини. Ступінь диспергування залежить від тиску, конструкції гомогенізуючої головки, рівномірності подачі компонентів суміші та попередньої обробки продукту. Експериментальні дослідження, проведені Барановським, дозволили встановити, що основним фактором, що визначає дисперсність емульсії, є швидкість потоку на початку клапанної щілини, де й



відбувається вирішальна стадія процесу, яка відбувається внаслідок різкої деформації крапель при переформуванні потоку [1,7].

Збільшення тиску гомогенізації призводить до зменшення середнього діаметру та діапазону розподілу за розмірами жирових кульок. За даними [8], середній діаметр жирових кульок при тиску до 12–14 МПа зменшується більш інтенсивно, ніж при тиску від 14 до 20 МПа, а при тиску більш 20 МПа практично не змінюється, що пояснюється з точки зору гідравлічних передумов процесу [3].

За даними [6], при тиску 15 МПа середній діаметр жирових кульок складає 1,43 мкм, а ефективність гомогенізації 74 %, при тиску 20 МПа середній діаметр жирових кульок зменшується до 0,97 мкм, а ефективність зростає до 80 %. Підвищення тиску можна досягнути, обладнавши гомогенізатор двома чи трьома клапанами. Однак, підвищення тиску призводить до збільшення витрат електроенергії, тому оптимальні значення тиску повинні складати не більше 10–20 МПа. Необхідні значення робочого тиску гомогенізації залежать від виду та складу продукту, зі збільшенням вмісту жиру та сухих речовин в продукті рекомендується використовувати режими з більш низькими значеннями цього параметру, що обумовлено необхідністю зниження енерговитрат процесу [9].

В пристрою запропонованому фірмою Alfa-Laval Bergedorfer Eisenwerke GmbH (Німеччина) реалізовано принцип, за яким гомогенізуюча щілина має змінний перетин, що підвищує ефективність диспергування [1]. Гомогенізатори фірми Gaulin за рахунок зниження амплітуди коливань клапанів можуть збільшити ефект гомогенізації на 25%. При застосуванні гідравлічної системи HVA такий ефект досягається завдяки відсутності стискування масла, що забезпечується за рахунок пульсуючої подачі продукту, який гомогенізується [5].

Лінійка гомогенізаторів всіх типів фірми Rannie з гомогенізуючою багатоступінчастою головкою з роторним клапаном моделі LW працюють при низькому тиску (9,5 МПа) та забезпечують ефект гомогенізації аналогічний ефекту, який досягається при тиску 13,5 МПа, що дає змогу економити до 50% електроенергії. Однак існує декілька негативних моментів, пов'язаних з експлуатацією таких машин. Серед них: обмеженість застосування для обробки продуктів в широкому діапазоні в'язкості, необхідність створення технологічних ліній або комплектація існуючих додатковим обладнанням [2].

Відомий спосіб гомогенізації, розроблений фірмою Officine Meccaniche Soavi Bruno (Італія) здатен знизити витрати електроенергії до 15 % при забезпеченні середнього діаметра жирових кульок на рівні 2 мкм [7]. Для цього молоко попередньо сепарується, знежирене молоко та вершки по трубопроводах надходять до відповідних колекторів гомогенізатора. Звідти вершки по каналу надходять в



щілину між сідлом і клапаном, далі до трубопроводу, куди подається знежирене молоко. Результати новітніх досліджень свідчать, що забезпечити 8–10 разове зниження питомих енерговитрат диспергування можливо при впровадженні досліджених конструкцій пульсаційних та струминних гомогенізаторів молока [9, 10]

Для підвищення ступеню гомогенізації запропоновано пристрій в якому в зоні подачі продукту у площині між сідлом та клапаном монтуються пружні пластини, розміщені перпендикулярно до вісі клапана. Продукт, проходячи між сідлом та клапаном потрапляє на пластини, що вібрують [11]. Коливання пластин, розповсюджуючись в продукті, викликають додатковий гомогенізуючий ефект, що може використовуватись при переробці молочних продуктів високої жирності.

Запропонована конструкція гомогенізуючого клапану з рядом з'єднаних радіальних кільцевих проточок, які розташовані на поверхні робочих органів гомогенізатора. Гіпотезою руйнування є дія сили опору кульки при русі в молоці, що досягається за умови створення турбулентного режиму течії. Диспергування в даному випадку може відбуватись поступовим перетворенням кульки зі сферичної форми до еліпсоїду, потім до форми «парашуту», що є різновидом вібраційного руйнування крапель [2]. Ефективність диспергування в цьому випадку не може збільшуватись, оскільки для руйнування за таким механізмом необхідна висока частота коливань, яка не створюється в робочій зоні гомогенізатора [6].

В ході диспергування в клапанному гомогенізаторі при переході з зони з низькими швидкостями руху (молокопровід та нагнітаюча камера) до зони великих швидкостей (плоска клапанна щілина) передня частина жирової кульки витягується, від неї відриваються невеликі частки. В залежності від форми щілини клапани можуть бути плоскі, тарілчаста, конічні або конічні рифлені, при цьому висота клапанної щілини складає біля 0,7 мм. Внаслідок проведеного патентного огляду можна відзначити, що сідло та клапан можуть бути встановлені в підшипниках, розташованих в нерухомому корпусі, з можливістю обертання в протилежні боки під дією потоку продукту [12]. Впровадження цього вдосконалення дозволить не тільки прогнозовано підвищити ефективність диспергування, але й забезпечить більшу надійність гомогенізуючого вузлу.

*Висновки.* Велика частина удосконалень клапанних гомогенізаторів орієнтована на зміну параметрів диспергування. Розглянуті можливі напрямки модернізації конструкцій найбільш поширених в молокопереробній промисловості клапанних гомогенізаторів дозволяють стверджувати, що їх практична реалізація може забезпечити підвищення ефективності процесу диспергування.



Вдосконалення, спрямовані на підвищення ефективності процесу можуть полягати у встановленні додаткових елементів, використанні конструкції, що передбачає можливість зміни перетину кільцевої щілини або встановлення сідла та клапану з можливістю обертання в протилежних напрямках. Разом з цим слід відзначити, що запропоновані авторами конструктивні зміни конструкцій клапанних диспергаторів не дозволяють знизити енерговитрати процесу більше ніж на 15 %.

#### Список використаних джерел

1. Нужин Е. В., Гладушняк А. К. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография. Одесса: Печатный дом. 2007. 264 с.
2. Liao Y. X., Lucas D. A literature review of theoretical models for drop and bubble breakup in turbulent dispersions. *Chem. Eng. Sci.*, 2009. 64, Pp 3389–3406.
3. Walstra P., Wouters J T M and Geurts T J. Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Boca Raton London New York. 2006, 279 p.
4. Ward K., Fan Z. H. Mixing in microfluidic devices and enhancement methods. *Journal of Micromechanics and Microengineering* 25, 2015.
5. Walstra P, Wouters J T M and Geurts T J. Homogenization. In: *Dairy Science and Technology*. Second Edn. *Taylor & Francis Group, LLC*. Boca Raton London New York. 2006, 279 p.
6. Dhankhar P. Homogenization fundamentals. *IOSR Journal of Engineering*, 2014. 4(5), Pp. 1–8.
7. Jiang B., Shi Y., Lin G., Kong D., Du J. Nanoemulsion prepared by homogenizer : The CFD model research. *Journal of Food Engineering*, 2019. 241, Pp.105–115.
8. Huppertz T. Homogenization of Milk. Other Types of Homogenizer (High-Speed Mixing, Ultrasonics, Microfluidizers, Membrane Emulsification). *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd Edition, 2011. Pp 761–764.
9. Samoichuk K., Kovalyov A., Oleksienko V., Palianychka N., Dmytrevskiy D., Chervonyi V., Horielkov D., Zolotukhina I., Slashcheva A. Determination of fat milk dispersion quality in the jet-slot type milk homogenizer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. № 5/11 (107). Pp 16–24.
10. Ковальов О. О. Аналіз конструкцій гомогенізаторів молока. *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 264-272.
11. Ciron, C. I. E., Gee, V. L., Kelly, A. L., Auty, M. A. E. Comparison of the effects of high-pressure microfluidization and conventional homogenization of milk on particle size, water retention and texture of non-fat and low-fat yoghurts *International Dairy Journal*, 2010. 20 (5), Pp. 314–





320.

12. Vladislavljevic, G., Al Nuumani, R., Nabavi, S. Microfluidic production of multiple emulsions. *Micromachines*. 2017. 8(3) 75 p.

Стаття надійшла до редакції 16.12.2022 р.

**O. Lomeiko, V. Verkholtantseva, N. Palianychka**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF WAYS OF IMPROVING VALVE HOMOGENIZERS**

### **Summary**

Homogenization is a technological process that is performed for most dairy products. Its purpose is to reduce the average diameter of fat globules and ensure their uniform distribution in the volume of milk plasma. However, to obtain a milk emulsion, the dispersion indicators of which are within the limits of technologically determined values (0.8–1.2  $\mu\text{m}$ ), the specific energy consumption for the valve homogenizers most common in the industry can reach more than 8 kWh/t of homogenized milk. The designs of homogenizers that exist and are used in practice either provide a low degree of dispersion of the fatty phase or are very energy intensive. One of the unsolved problems of homogenization is the lack of a general theory of the process. Therefore, the development of new designs of homogenizers aimed at further studying the process of homogenization and reducing the energy intensity of the process is a priority area of activity of scientists.

The article analyzes the factors that affect the efficiency and energy costs of dispersion in a valve milk homogenizer. The obtained results indicate that the main factor that determines and combines both indicators is the excess dispersion pressure, the optimal value of which should not exceed 10–20 MPa. It was established that a 15% saving in energy costs during dispersing in a valve homogenizer can be provided when using a multi-stage head equipped with a rotary valve. Another way to reduce the energy consumption of the process can be the use of a modernized method of separate feeding of cream. The results of the analysis show that it is possible to achieve an increase in dispersion efficiency by installing elastic plates in the direction perpendicular to the axis of the valve. It was concluded that the increase in efficiency occurs when installing the valve and the seat with the possibility of rotation in opposite directions or when using a design in which the gap between these elements has a variable cross-section.

**Key words:** homogenizer, valve gap, efficiency, mean diameter, fat ball, improvement.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-17

УДК 631.362:665.335.5

В. В. Дідур<sup>1</sup>, д.т.н.,

ORCID: 0000-000-7584-5073

Д. П. Журавель<sup>2</sup>, д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-6100-895X

О. М. Шокарев<sup>2</sup>, к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-8646-4524

О. В. В'юник<sup>2</sup>, інж.,

ORCID: 0000-0002-6413-5567

А. С. Комар<sup>2</sup>, інж.,

ORCID: 0000-0001-7037-8402

<sup>1</sup>Уманський національний університет садівництва<sup>2</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

e-mail: olg.viunyk@tsatu.edu.ua, тел.: (098)7240967

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ОТРИМАННЯ ОЛІЇ З ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР

*Анотація.* Рослинна олія – продукт, який у наш час має великий попит. В статті надано результати аналізу наукових робіт, присвячених дослідженню технологій отримання олії з різних олійних культур.

Рослинна олія є певним видом харчових жирів. Сировиною для виробництва рослинних олій є плоди і насіння олійних рослин, в яких олії накопичуються у великих кількостях, при цьому можлива їх виробнича переробка для вилучення олій. Залежно від очищення рослинні олії діляться на такі види – рафінована, гідратована і нерафінована. Спосіб виробництва та ступінь очищення олії впливають на фізико-хімічні та органолептичні показники рослинної олії. Існують такі способи отримання рослинної олії з насіння: механічний, хімічний, комбінований. В роботі описано існуючі технології переробки насіння різних олійних культур. Встановлено, що метод пресування є якісним способом виробництва рослинної олії. Наведено схему класифікації шнекових пресів.

*Ключові слова:* аналіз, технологія, рослинна олія, пресування.

*Постановка проблеми.* Попит на рослинну олію, дуже високий. На ринку цієї продукції спостерігається активна конкуренція. Виграє той, чий продукт має максимально високу якість. В наш час особливо гостро стоїть питання енергозбереження, тому розробка і впровадження у виробництво нових енергозберігаючих технологій та високотехнологічного обладнання є актуальним.

*Аналіз останніх досліджень.* Щоб досягти високої якості рослинної олії необхідно використовувати лише якісну сировину,



застосовувати в процесі її подрібнення і перероблення передові технології та високотехнологічне обладнання.

Питання класифікації зерна за якістю та вмістом олії розглянуті в роботах таких науковців, як О. Гершвіллер [1], Ф. Даіер [2]. Дослідженню перспективних напрямків переробки олійних культур і технології отримання олії присвячені роботи Ю. С. Баранова, Є. В. Новожилової, А. О. Білоуса, М. Осейка, В. Кухти, Н. О. Могилянської, Л. М. Пузік, В. К. Пузіка, А. А. Дьякової [3–9].

Залежно від очищення рослинні олії поділяються на три види – рафінована, гідратована і нерафінована. Спосіб виробництва та ступінь очищення олії впливають на фізико-хімічні та органолептичні показники рослинної олії. Фактично рослинна олія з насіння отримується двома способами: механічним або хімічним. Найчастіше застосовують комбінований спосіб – частину рослинної олії попередньо віджимають на пресі (форпресування), отриману макуху екстрагують органічними розчинами.

*Формулювання мети статті.* Метою даної роботи є обґрунтування оптимальної технології отримання олії з олійних культур.

*Основна частина.* Рослинна олія є певним видом харчових жирів. Ці олії отримують назви за сировиною, з якої виготовлені. Сировиною для виробництва рослинних олій служать плоди і насіння олійних рослин, в яких олії накопичуються у великих кількостях, при цьому можлива їх виробнича переробка для вилучення олій. До груп олійних відносять понад 100 культур. У світовому виробництві з метою одержання рослинної олії застосовують насіння бавовнику, соняшнику, льону, сої, ріпаку, кунжуту, гірчиці, арахісу та ін; м'якоть плодів горіхів, олійних та кокосових пальм, маслин, а також відходи виробництв – зародки насіння та інших зернових, кісточка абрикосів та слив. В Україні широко застосовують соняшник (вироблення масла більше 70 % від загального виробництва), а також льон, сою, арахіс, бавовник, ріпак, гірчицю та ін.

Олійну сировину, необхідну для отримання жиру, попередньо сепарують від домішок, обрушують від оболонок і подрібнюють, отримують м'ятку. Потім м'ятку, з метою більшого вилучення жиру, піддають різній обробці, все залежить від способу виробництва олії [8, 9] Вміст олії в сім'янках залежить від сортових та видових особливостей олійних рослин, умов та місця вирощування, використання добрив, термінів збирання та дозрівання. як вже зазначалось, залежно від очищення рослинні олії діляться на такі види – рафінована, гідратована і нерафінована. Спосіб виробництва та ступінь очищення олії впливають на фізико-хімічні та органолептичні показники рослинної олії.



Існують такі способи отримання рослинної олії з насіння: механічний (пресування обрешеної сировини); хімічний (екстракція – обробка олійної сировини органічними розчинниками); комбінований спосіб (частину рослинної олії попередньо віджимають на пресі (форпресування), отриману макуху екстрагують органічними розчинами). Комбінований спосіб використовується найчастіше.

Насіння різних культур з використанням зазначених способів можна переробляти за різними технологічними схемами. Наприклад важлива технологічна схема з переробки насіння наступна: очищення зерновок від домішок; підсушування в сушильних апаратах; лущення насіння; розділення рушанки; подрібнення ядра в м'ятку; для подрібнення клітинних стінок олійних культур їх піддають вологотепловому впливу в спеціальних апаратах під температурою 105 – 120 °С, при цьому відбувається денатурація білка, з'являються компоненти, що надають олії специфічні запах і смак, а також інтенсивне забарвлення; вологотепловий вплив; вилучення рослинної олії екстракцією або пресуванням; очищення олії.

Сортування та очищення олійних культур засновані на різниці аеродинамічних властивостей та розмірів домішок та насіння. Для очищення насіння олійних рослин використовують сепаратори з різними конструктивними особливостями [2]. Сушіння насіння до оптимального вмісту вологи, необхідного для нормального проведення технологічного процесу, здійснюють в пневматичних, шахтних або барабанних сушарках.

Пресування є найбільш традиційним способом вилучення олії, коли олію вилучають з м'ятки шляхом механічного віджиму, використовуючи високий тиск. Використовують такі способи пресування – гаряче та холодне. При холодному способі м'ятку пресують, крім попередньої теплової обробки. Отримана таким шляхом олія характеризується світлим кольором, при цьому зберігає натуральний запах та смак олійної сировини. При цьому продукт виходить каламутним, оскільки відбувається перехід до нього слизових та білкових речовин; олія менш стійка при зберіганні. При гарячому способі пресування з метою збільшення виведення олії подрібнене насіння безпосередньо перед форпресуванням обсмажують. Підвищення температури сприяє зменшенню в'язкості масла, при цьому воно повніше і швидше виділяється, слизові та білкові речовини коагулюють і відокремлюють фільтруванням, в результаті рослинна олія виходить прозорою. Аромат і смак олії посилюється завдяки речовин, що утворюються при обсмажуванні, але слабшає або повністю зникає натуральний смак, олія стає темнішою, у ній підвищується кількість жирних кислот. З метою ослаблення несприятливого ефекту підвищених температур, при цьому не знижуючи відсоток виходу олії,



використовують дворазове пресування [10–13]. Для цього м'ятку перед пресуванням зволожують паром до вмісту вологи 10-12 %, далі нагрівають до 80-90 °С і здійснюють попереднє пресування на форпресах при невеликому тиску. З насіння випресовується основна частина олії. Олійну масу, що залишилася, сушать при 115-120 °С до вмісту вологи 5 % і відправляють на остаточне пресування при більш високому тиску. Рослинна олія, отримана в ході остаточного пресування, має підвищену кислотність та більш темне забарвлення. В макусі при цьому залишається близько 5 % жирової фракції.

В даний час використовується безперервний спосіб форпресування на шнекових маслопресах. Застосовуються різні шнекові маслопреси для попереднього та остаточного вилучення рослинної олії (експелери) [8, 13].

Вихідна сировина (мезга) є пористим сипучим матеріалом. Відбувається всебічний стиск під дією тиску, що навантажується, здійснюється два тісно взаємопов'язаних між собою процеси: виділення рідкої частини – рослинної олії; сплавлення (з'єднання) твердих компонентів матеріалу з отриманням брикету – макухи.

Застосовувані шнекові маслопреси мають подібні робочі органи, загальну схему роботи та пристрої. Основні робочі елементи шнекового маслопресу – зеєрний циліндр та шнековий вал. Фінішні продукти процесу – пресова рослинна олія та макуха. Під час роботи шнекового валу, розташованого в зеєрному циліндрі, тобто в барабані, змонтованому із планок (зеєрів) з невеликими відстанями між ними, продукт переміщається від зони завантаження до вивантаження. При зменшенні вільного обсягу витків, оскільки відбувається зниження кроку та підвищення витка від початку до кінця шнека, матеріал при цьому піддається стиску. У шнеку виникає тиск, що віджимає масло з насіння. Олія протікає через зазори в циліндрі (зеєрі) і накопичується у піддоні. Віджятий олійний продукт (макуха), пройшовши через зеєрний циліндр, зустрічається з механізмом, який регулює товщину макухової фракції на виході з маслопресу.

Можливі такі технологічні схеми пресування продуктів: одноразове способом холодного пресування; дворазове способом холодного пресування; дворазове пресування з наступною екструзією. Метою пропонованих технологій є отримання не тільки масла холодного або гарячого віджиму, яке в більшості випадків є основним цільовим продуктом, а й досить цінного високобілкового продукту – макухи. Самі технології досить прості у монтажі та обслуговуванні. При використанні технології одноразового пресування маслонасіння з цехового бункера живильником, що гріє, подається в маслопрес. У зимовий час насіння під час подачі підігрівається до температури 20-25°С. Макуха, що виходить з маслопресу, живильником вентиляльованим



направляється в охолоджувач, де в процесі транспортування відбувається його охолодження. Далі цеховими засобами механізації охолоджена макуха подається на охолодження.

Олія після маслопресу направляється на фільтрацію. Оскільки в даному випадку насіння не піддається попередньому подрібненню та нагріванню, одержуване масло методом холодного віджиму має високу якість. Олійність макухи до 14 % за добової продуктивності лінії до 17 тонн. При дворазовому пресуванні на першому етапі віджимається лише частина олії, а отримана макуха подається вентиляльованим гвинтовим транспортером в прес остаточного пресування. Завдяки порушенню структури насіння та його частковому нагріванню за рахунок сил тертя на першому етапі віджиму, а також остаточному віджиму на другому етапі забезпечується хороший вихід масла. Дана технологія дозволяє переробити до 24 тонн насіння на добу, при залишковій олійності макухи 9-11 %. При переробці олійного насіння на лінії дворазового пресування з екструзією поєднуються три технології. Перша включає попереднє пресування продукту холодним способом, при цьому насіння пресується в пресі. На цьому етапі здійснюється вилучення більшої частини олії підвищеної якості з невеликим вмістом фосфоліпідів. Другою технологією є екструзія макухи на екструдері. Макуха, отримана після пресування холодним способом, має оптимальні параметри для екструзії: вміст олії 16-20 %, вологість близько 8 % і температуру від 50 до 80 °, що дозволяє виробляти екструзію з нижчими витратами енергії. Третя – остаточне пресування гарячим способом: температура екструдата становить приблизно 100 °С, структура матеріалу досить зруйнована і підготовлена для остаточного пресування з залишковою олійністю макухи 6-7 %.

Технологія дворазового пресування маслопродуктів з екструзією, крім хороших показників з виходу олії, дозволяє за рахунок нетривалої (кілька секунд) термічної обробки отримати макуху з високою якістю та перетравлюваністю при відгодівлі сільськогосподарських тварин. Останнім часом набула поширення технологія прямої переробки олійних продуктів за схемою екструдер-прес. При екструзії сирий матеріал під впливом підвищених температур незначна кількість часу (5-6 секунд). Температура продукту в екструдері завдяки тертю дозволяє піддати зернівки тепловій обробці, тим самим придушити антиживильні речовини. З'являється можливість застосовувати макуху в раціоні тварин без додаткової обробки.

Екструдована олія, порівняно з маслом, отриманим гарячим пресуванням, має більш високу якість. В даний час для попередньої обробки масло продуктів, при віджимі з неї олії, знайшла широке застосування суха екструзія. Відомо, що суха екструзія призводить до



деактивації антипоживних речовин та повного розриву клітин протягом декількох секунд. Жир у насінні знаходиться всередині клітин та захищений міцною клітинною стінкою. Клітини містять білки з діаметром від 6 до 10 мікрон та ліпіди з діаметром від 0,2 до 0,5 мікрон. Завдяки унікальній комбінації в процесі екструзії зсувних деформацій, тертя, високих температур, короткого часу та тиску відбувається розрив клітинних стінок з вивільненням олії із внутрішніх клітинних структур. При виході екструдата зі стовбура екструдера олія знову поглинається продуктом, у результаті виходить повножирний продукт. Спільне використання сухого екструдера з пресом дозволяє легко витягти більшу частину олії з повножирного продукту. В результаті цього виходить натуральна рослинна олія, яка може виявитися доступним продуктом у тих випадках, коли проблематично організувати виробництво з використанням хімічної екстракції через технологічні складності та високі витрати даної технології. Екструдування маслопродуктів, перероблених в шнековому пресі безперервної дії, перетворюється на високоякісну олію та макуху. Застосування сухої екструзії перед пресуванням також підвищує продуктивність преса. Екстудована пресована макуха, як правило, містить 6 % залишкового масла. Обробка маслопродукту в екструдері на 90 % інактивує інгібітори трипсину, руйнує її клітини, забезпечуючи стабільну якість продукту [11].

Спосіб механічного отримання рослинної олії за рахунок пресування олійної сировини, яка пройшла попередню підготовку, застосовується практично повсюдно як на маслозаводах, що використовують пресову технологію, так і на маслоекстракційних підприємствах, основною технологічною схемою яких залишається форпресування – екстракція.

У якості підготовки насіння можуть застосовуватися різні методи. При будь-якому процесі помелу зерна та насіння різних культур вирішується завдання поділу зернівки на анатомічні частини по одній або декількох межах поділу з більшою чи меншою чіткістю для подальшого їх цільового використання. У літературних джерелах способів переробки олійних продуктів з глибоким поділом на анатомічні частини виявлено не було. Однак вказується, що поділ відбувається на типовому млиновому устаткуванні з просіюванням.

Відомий спосіб помелу зерна, що має оболонку та ядро, в якому на очищене від домішок і підготовлене при кондиціонуванні зерно впливають силою стиснення та зсуву за допомогою першої пари вальців таким чином, що внутрішня структура ядра змінюється, а оболонка не пошкоджується або пошкоджується незначно. Далі продукт направляють безпосередньо на другу пару вальців, які мають рифлену зовнішню поверхню, і мелють ними, а потім виробляють



подальший помел наступними парами вальців і просіювання продуктів помелу таким чином, що в якості кінцевого продукту отримують в основному борошно. При цьому після другої пари вальців або однієї з наступних пар вальців зерно подають на пару вальців, в якій зовнішня поверхня обох вальців виконана гладкою або приблизно гладкою, так що частинки ендосперму, що ще залишаються на оболонці, при проходженні через цю пару вальців щонайменше частково відокремлюються від оболонки. За описаним способом зерно перед кондиціонуванням або після нього піддають спеціальній обробці, наприклад, в лушпильній, обивочній або шліфувальній машині або машині для відділення зародка від зерна.

Застосування шнекових пресів дозволяють забезпечити безперервність технологічних операцій, збільшити вихід олії з насіння, автоматизувати технологічний процес, полегшують роботу обслуговуючого персоналу, покращують санітарне положення цехів, виключають використання пресового сукна. Шнекові преси в даний час є найбільш ефективним обладнанням для знімання олії з олійних культур пресовим методом. В основу системи класифікації закладено низку базових ознак, які притаманні певним групам машин: кількість шнекових валів та порядок їх розташування; кількість зеєрних циліндрів та порядок їх розташування; конструктивне виконання механізму, що утворює вихідний отвір для виведення макухи; швидкість шнека при горизонтальному виконанні чи відношення швидкостей при вертикальному та горизонтальному виконанні їх в одній машині (рис.1).

В даний час функціонують велика кількість малих підприємств з виробництва олії, на яких застосовують універсальні шнекові маслопреси невеликої продуктивності, які призначені для обробки насіння з масловмістом понад 10 %. Процес пресування макухи олійних культур дуже складний через характер його проведення величезного числа корельованих між собою параметрів. Характер пресування залежить від властивостей досліджуваного матеріалу та конструктивних параметрів пресуючого обладнання.

Виробництво масла є найважливішим напрямом розвитку харчової промисловості в цілому. Щорічне підвищення попиту на даний продукт в Україні змушує власників заводів знаходити більш надійне і продуктивне устаткування з метою переробки олійних рослин.



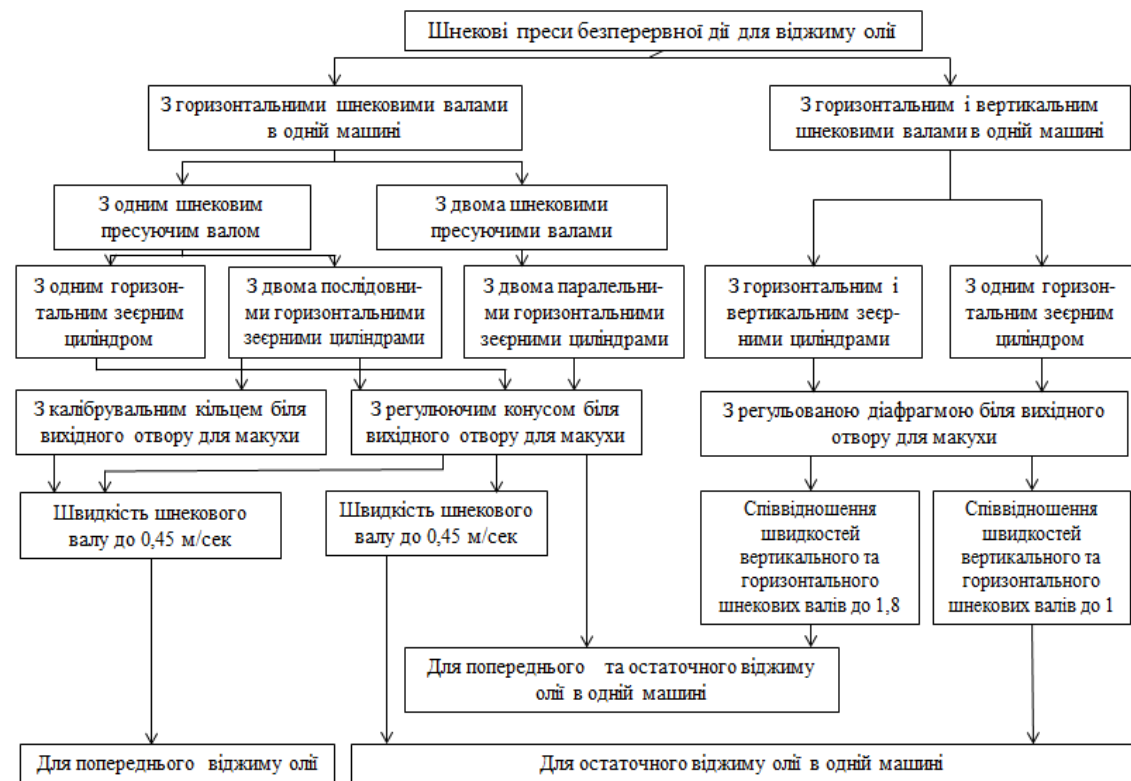


Рисунок 1. Класифікація шнекових пресів.

*Висновки.* Встановлено, що метод пресування є якісним способом виробництва рослинної олії, зважаючи на збереження корисних вихідних властивостей яке зумовлене відсутністю дії хімічних речовин. Темою подальших досліджень буде аналіз конструкцій пресів.

#### Список використаних джерел

1. Gerschwiller O., Eugster W. Accurate classification of grain according to quality parameters and DON content [Text] *Getreidetechnologie*. 2006. Vol. 60, N 1. P. 44–47.
2. Daier, F. Reverse classification by Grobweed setting in Ore-Dressing Practice [Text] *New-York. Eng. Journal*. 1989. № 26. 127 p.
3. Баранов, Ю. С., Новожилова Є. В., Білоус А. О. Сучасний стан та перспективи олійно-жирової галузі України. *Хранение и переработка зерна*. 2010. № 8(134). С. 50–53.
4. Олія – важливий харчовий продукт: Про перспективні напрямки її переробки, зберігання і транспортування. *Харчова і переробна промисловість*. 2002. № 10. С. 14–15
5. Осейко, М. Інноваційні технології та безпечність олійножирової продукції. *Харчова і переробна промисловість*. 2008. № 3(343). С. 22–24.
6. Кухта В., Гирман В., Авдеєнко Т., Яретик Н. Сучасний стан і перспективи розвитку олієдобувних підприємств України. *Маркетинг в Україні*. 2006. № 2 (36). С. 13–14.



7. Могилянська Н. О. Сучасний стан і перспективи переробки олійних культур. Зернові продукти і комбікорми. 2014. № 1 (53). С. 22–25.
8. Пузік Л. М., Пузік В. К., Рожков А. О. Технологія переробки продукції рослинництва: навч. посібник. Харк. нац. аграр. ун-т. Харків. Майдан, 2015. 416 с.
9. Антипов С. Т., Юрова И. С., Мартеха А. Н., Берестовой А. А. Разработка способа и технологии получения растительного масла из семян сафлора. Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 4. С. 22–25. doi:10.20914/2310-1202-2017-4-22-25
10. Дідур В. В., Дідур В. А., Чебанов А. Б., Асєєв А. А. Оптимізація параметрів волого-теплової обробки м'ятки при виділенні олії із насіння рицини. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь. 2018 Вип. 8, т. 2 DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-14
11. V. Didur, A. Chebanov, A. Aseev. Foundation of operating practices of seed meal moisture and heat treatment on oil extraction from castor beans. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь. 2017. Вип. 7, т. 1.
12. Müller M., Eggers R. Gas-Assisted Oilseed Pressing on an Industrial Scale. JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society; Champaign. 2014. V. 91. №9. P. 1633–1641.
13. Marco M., Giulia F., Luigi D. Chiaramonti. Oilseed pressing and vegetable oil properties and upgrading in decentralized small scale plants for biofuel production. International Journal of Oil, Gas and Coal Technology (IJOGCT). 2017. V. 14. № 1/2.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2022 р.

V. Didur<sup>1</sup>, D. Zhuravel<sup>2</sup>, O. Shokarev<sup>2</sup>, O. Viunyk<sup>2</sup>, A. Komar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uman National University of Horticulture

<sup>2</sup>Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

## ANALYSIS OF OIL PRODUCTION TECHNOLOGIES FROM OIL CROPS

### *Summary*

Vegetable oil is a product that is in great demand nowadays. The article presents the results of the analysis of scientific works devoted to the research of technologies for obtaining oil from various oil crops. Vegetable oil is a type of dietary fat. The raw materials for the production of vegetable oils are the fruits and seeds of oil plants, in which oils accumulate in large quantities, while their production processing is possible for the extraction of oils. Depending on the purification, vegetable oils are divided into the following types: refined, hydrated and unrefined. The production method and degree of oil purification affect the physicochemical and organoleptic parameters of the vegetable oil. There are the following methods of obtaining vegetable oil from seeds: mechanical, chemical, combined. The work describes existing technologies for processing seeds of various oil crops. It has been established that the pressing method is



a high-quality method of vegetable oil production. Used screw oil presses have similar working bodies, general scheme of operation and devices. The main working elements of the screw oil press are the screw cylinder and the screw shaft. The final products of the process are pressed vegetable oil and cake. The use of screw presses allows you to ensure the continuity of technological operations, increase the yield of oil from seeds, automate the technological process, facilitate the work of service personnel, improve the sanitary conditions of workshops, and exclude the use of press cloth. Screw presses are currently the most effective equipment for removing oil from oil crops by the press method. The article provides a classification scheme for screw presses.

**Key words:** analysis, technology, vegetable oil, pressing.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-18

УДК 663.916.7

С. П. Боковець, аспірант

ORCID: 0000-0003-0466-2426

Ф. В. Перцевой, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-3111-5017

Сумський національний аграрний університет

e-mail: sergiy\_bokovec@ukr.net, тел.: (067)1878061

e-mail: percevoyfedor@gmail.com, тел.: (096)4053213

## ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОГЕЛІВ АГАРУ У ПОЄДНАННІ З МЕДОМ ТА КУНЖУТНИМ БОРОШНОМ МЕТОДОМ ДСК ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА БАТОНЧИКІВ

*Анотація.* Стаття присвячена ДСК-дослідженню рецептурних компонентів батончика, а саме агару, гліцерину, меду, кунжутного борошна та гідрогелів агару у поєднанні з медом та кунжутом.

У дослідженнях були використані агар 1200 ТМ "Fujian Province" (Китай), гліцерин харчовий ТМ BASF (Germany), мед соняшниковий та кунжутне борошно ТМ «Корисне борошно» (Україна), для приготування розчинів використовували дистильовану воду.

Систему «агар-вода-гліцерин» готували наступним чином. Попередньо зважений агар засипали у воду за температури  $20 \pm 2$  °С, перемішували, вносили гліцерин і залишали для набухання при 30-40×60 с. Далі нагрівали розчин на водяній бані при температурі 85-95 °С до повного розчинення агару. Після цього у розчин вносили мед (модельний зразок «агар-вода-гліцерин-мед») і кунжутне борошно (модельний зразок «агар-вода-гліцерин-мед-кунжутне борошно») та ретельно перемішували.

Експериментально досліджено ендотермічні піки та температурні переходи, а також встановлено вплив компонентів модельних систем на їх теплофізичні характеристики.

*Ключові слова:* агар, гліцерин, мед, кунжутне борошно, ендотермічні піки, диференціальна скануюча калориметрія, гідрогелі

*Постановка проблеми.* На сьогоднішній день виробництво кондитерських виробів є однією з найбільш розвинутих галузей харчової промисловості. У зв'язку зі зміною традиційного впорядкованого способу життя багато людей почали віддавати перевагу снековій продукції типу батончиків. Батончики дуже поширені по світу, і продаються практично у всіх магазинах в якості швидкого перекусу. Тому нами запропоновано спосіб інноваційної



технології батончика на основі агару з використанням меду та кунжуту. Однак необхідно провести певний ряд фізико-хімічних досліджень компонентів даного продукту.

Одним з основних методів фізико-хімічного дослідження агарових розчинів є диференціальна скануюча калориметрія (ДСК). Цей метод дозволяє визначити температури та ентальпії конформаційних переходів у розчинах та дисперсіях біополімерів та якісно охарактеризувати гелеутворювальну здатність полісахаридів. Відомо, що агар-агар слабо розчиняється в холодній воді і набухає в ній. При нагріванні у воді до 90-100 С агар-агар утворює колоїдний розчин, який при охолодженні дає міцний гель. Концентрація, з якої агар-агар формує гелі, становить 0,5 % (відповідає початку формування міжмолекулярних зв'язків у розчині біополімеру). Процес гелеутворення у агару-агару відбувається за рахунок утворення та агрегації подвійних спіралей і не залежить від вмісту катіонів або низькомолекулярних цукрів у розчині [1].

У ході аналітичного огляду виявлено, що дослідження, які стосуються визначення фізико-хімічних властивостей гідрогелів агару методом ДСК, у літературі мають розрізнений характер. Це обумовлює актуальність обраного напрямку.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженням диференціальної скануючої калориметрії агарових розчинів, меду та кунжуту займалися багато вітчизняних та зарубіжних учених [1-6].

Вченими [2] були досліджені гідрогелі агару та метилцелюлози методом диференціальної скануючої калориметрії. Встановлено, що гідрогель «агар-метилцелюлоза» має покращені механічні властивості в діапазоні температур 25–85 °С і максимальний модуль зберігання при 55-С.

Авторами [3] досліджено фізико-хімічні властивості гідрогелів агару/к-карагенану методом ДСК. Встановлено, що в процесі охолодження розчинів агару температури гелеутворення зразків поступово знижувалися зі зменшенням концентрації агару. Також результати DSC показали, що в змішаному розчині агару та к-карагенану дійсно існували міжмолекулярні взаємодії між агаром та к-карагенаном.

Дослідниками [4] були проведені дослідження різних видів меду за допомогою диференціальної скануючої калориметрії. На основі отриманих результатів були встановлені значні відмінності між видами та всередині них у деяких термічних переходах.

Науковці [5] досліджували водний стан меду під час кристалізації методом диференціальної скануючої калориметрії. ДСК показала, що динамічна кристалізація була швидшою, ніж статична, причому остання характеризувалася двома фазами з різною швидкістю.

У роботі [6] наведені результати дослідження біорозкладного пластику на основі агару, желатину та карбоксиметилцелюлози методом ДСК. Виявлено вплив молекулярних взаємодій між желатином, СМС і агаром на структуру плівки.

Метою роботи авторів [7] було дослідження фізичних властивостей меду, виробленого на північному сході Бразилії. Результати отримані під час аналізу диференціальної скануючої калориметрії, показали типову поведінку меду. Склеювання, яке має бути пов'язане з аморфними сухими речовинами меду, спостерігалось при дуже низькій температурі, між  $-67,23$  і  $-42,61$  °С.

*Постановка завдання.* Метою статті є дослідження гідрогелів агару у поєднанні з медом та кунжутним борошном методом ДСК для виробництва батончиків.

*Основна частина.* У дослідженнях були використані агар 1200 ТМ "Fujian Province" (Китай), гліцерин харчовий ТМ BASF (Germany), мед соняшниковий та кунжутне борошно ТМ «Корисне борошно» (Україна), для приготування розчинів використовували дистильовану воду.

Систему «агар-вода-гліцерин» готували наступним чином. Попередньо зважений агар засипали у воду за температури  $20 \pm 2$  °С, перемішували, вносили гліцерин і залишали для набухання при  $30-40 \times 60$  с. Далі нагрівали розчин на водяній бані при температурі  $85-95$  °С до повного розчинення агару. Після цього у розчин вносили мед (модельний зразок «агар-вода-гліцерин-мед») і кунжутний порошок (модельний зразок «агар-вода-гліцерин-мед-кунжутний порошок») та ретельно перемішували.

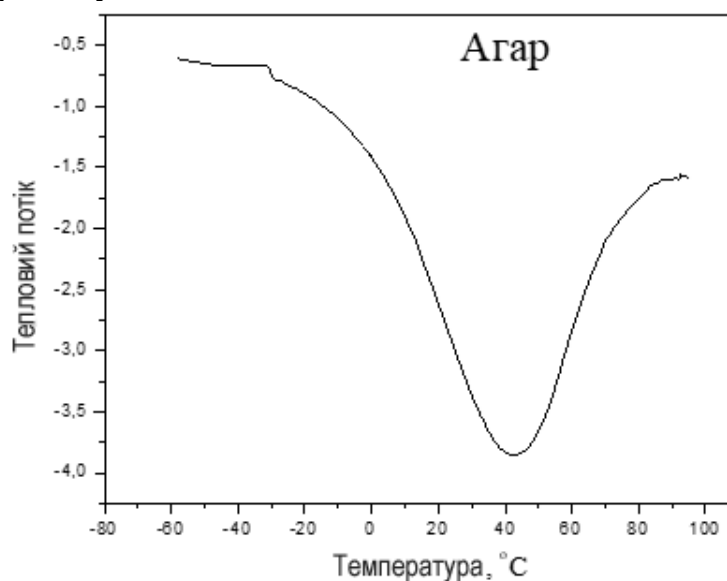


Рисунок 1. Залежність теплового потоку від температури для чистого агару.

На рисунку 1 приведена ДСК крива для чистого агару. Із рисунка 1 видно, що на кривій спостерігається розширений ендотермічний пік, що вказує на деякий температурний перехід у даному матеріалі. Температура максимуму цього переходу становить  $42,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Сам пік спостерігається у температурному діапазоні від  $-23,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $81,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ентальпія такого переходу становить  $336,4\text{ Дж/г}$ . Отримані результати добре корелюють із літературними даними щодо чистого агару. У деяких роботах показано, що для агарової плівки спостерігається ендотермічний пік при температурі близько  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , проте інші автори стверджували, що для агару характерний ендотермічний пік при  $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ , який спостерігається при вищих температурах ніж зазвичай для агару. [8]. Також дослідники [9] встановили наявність ендотермічні піки у трьох видах агарового гелю, які спостерігалися при різних температурах у діапазоні від  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Варто відзначити, що температура переходу у агарі значно залежить від його природи та методу виготовлення. На думку деяких авторів, цей ендотермічний пік пов'язаний з температурою плавлення. Однак її часто називають температурою дегідратації, що пояснюється випаровуванням води, зв'язаної з гідрофільними групами полімерів [10] і відображає силу взаємодії вода-полімер. Це говорить про те, що деяка кількість зв'язаної води все ще не була видалена із зразків при висушуванні в ексикаторі.

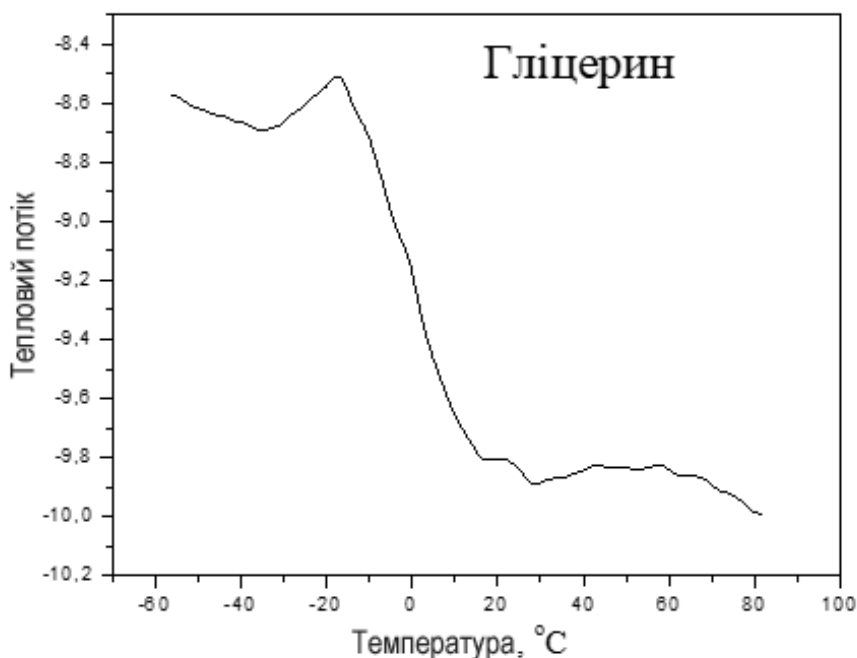


Рисунок. 2. Залежність теплового потоку від температури для чистого гліцерину.

На рисунку 2 приведена залежність теплового потоку від температури для чистого гліцерину. З графіка видно, що нагрівання

гліцерину в області температур від  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  супроводжується температурним переходом. Цей перехід пов'язаний із розклуванням гліцерину, який при переохолодженні переходить у квазісклоподібний стан [11]. Зазвичай температура склування для гліцеринових систем є нижчою, проте вона значно залежить від типу гліцерину та умов його виготовлення. У випадку гліцерину, який використовували у роботі, температура склування становила  $-7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При цьому енергетичний стрибок при розклуванні матеріалу становив  $0,07\text{ мВт/мг}$ . Особливістю переходу склування для даного гліцерину є наявність додаткового максимуму, який передує процесу розклування. Цей максимум характеризує надлишкову ентальпію при склуванні, виникнення якої зв'язують із неспроможністю молекул утворити упорядковану структуру. Величина надлишкової ентальпії при склуванні становить  $1,8\text{ Дж/г}$ .

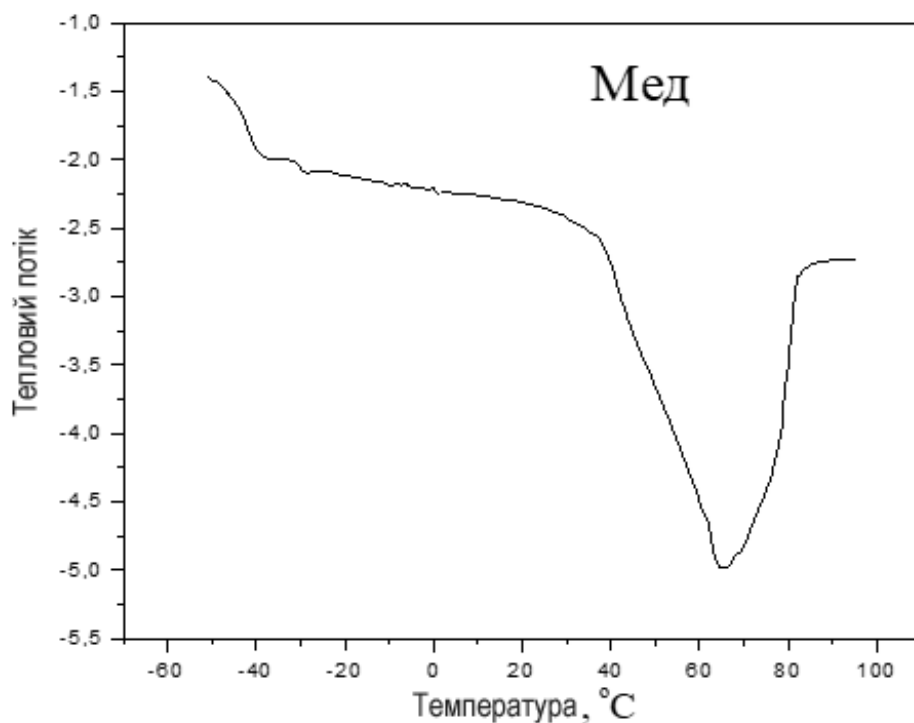


Рисунок. 3. Залежність теплового потоку від температури для чистого меду.

На рисунку 3 приведена ДСК крива для чистого меду, який використовували у роботі. З рисунка 3 видно, що для досліджуваного зразка у інтервалі температур від  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  спостерігається декілька температурних переходів: сходинкоподібна зміна теплового потоку та два ендотермічних максимуми. Зміна теплового потоку в інтервалі температур від  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  пов'язана із переходом склування. При цьому температура склування становить  $-41,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що добре корелює із даними роботи [12], які отримали значення



температури склування для меду рівну  $42\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При цьому для досліджуваного меду енергетичний стрибок при розсклуванні матеріалу становив  $0,06\text{ мВт/мг}$ . Окрім цього на кривій ДСК спостерігається малоінтенсивний ендотермічний пік, максимум якого становить  $-28,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а ентальпія  $0,18\text{ Дж/г}$ . Наявність температури склування та малоінтенсивного ендотермічного піку в області температур  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  є типовим для перенасичених розчинів цукру, які не здатні утворювати лід [12]. У інтервалі температур від  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  спостерігається інтенсивний ендотермічний максимум. Цей пік відповідає за плавлення кристалічної фази меду. Температура плавлення при цьому рівна  $64,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а ентальпія  $-29\text{ Дж/г}$ . Такі значення температури плавлення та склування є характерними для меду, зібраного на різнотрав'ї [13].

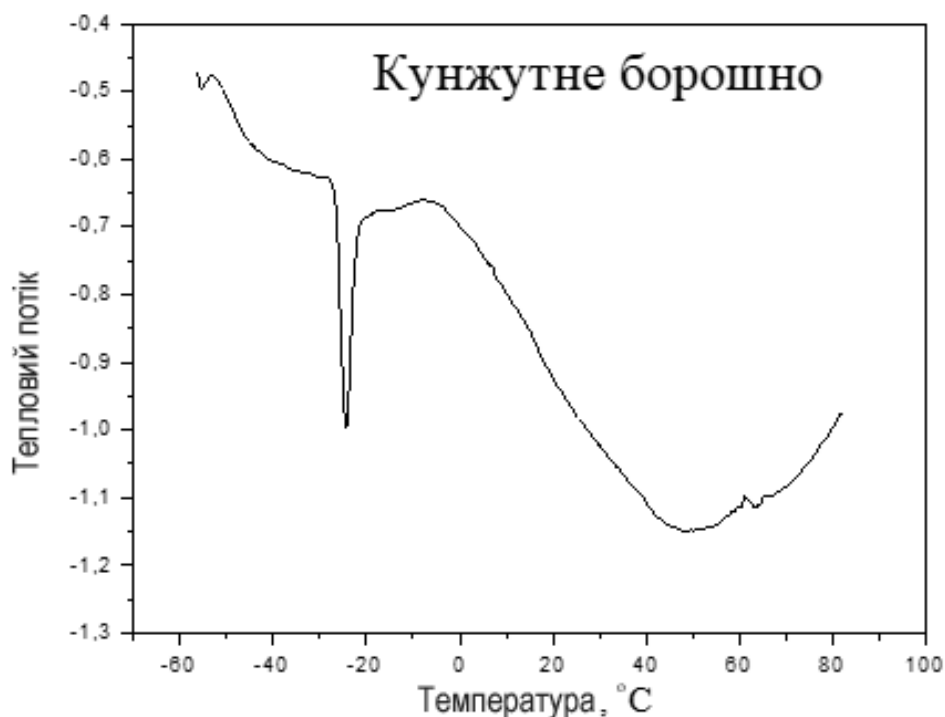


Рисунок. 4. Залежність теплового потоку від температури для чистого кунжутного борошна.

На рисунку 4 показано ДСК криву для досліджуваного кунжутного борошна. З рисунка 4 видно, що у досліджуваному інтервалі температур для кунжутного борошна спостерігається один ендотермічний пік. Цей пік відповідає за плавлення однієї із фаз кунжутного борошна. Відомо, що борошно із маслянистих культур складається із сухої та масляної компоненти. У даному випадку суха компонента кунжутного борошна ніяк не проявляється на кривій ДСК у досліджуваному інтервалі температур. Проте масляна компонента при зниженні температури кристалізується. Отже, цей ендотермічний

пiк в iнтервалi температур вiд  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  вiдповiдає за плавлення кунжутної олії. Температура цього фазового переходу становить  $-24,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що добре корелює зi значеннями температур плавлення чистої кунжутної олії, яка рiвна  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$  [14].

Тепер розглянемо вплив компонентiв системи на їх теплофiзичнi характеристики.

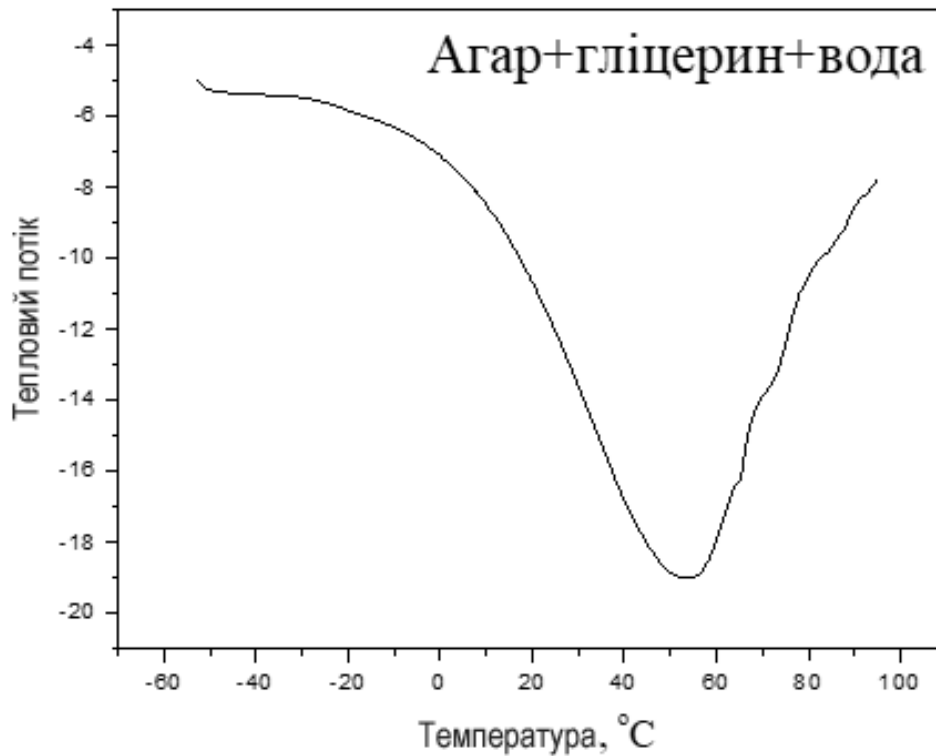


Рисунок. 5. Залежність теплового потоку вiд температури для багатокомпонентної системи агар-гліцерин-вода.

На рис. 5 приведена крива ДСК для багатокомпонентної системи агар-гліцерин-вода. На кривій ДСК спостерігається один широкий iнтенсивний ендотермічний максимум, що є свiдченням фазового переходу. Температура цього переходу становить  $54,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а ентальпія –  $375\text{ Дж/г}$ . Вища температура, у порiвнянні з чистим агаром пояснюється впливом великої кількості води на дану систему. Вміст води становив  $46\%$ , тоді як вміст агару всього  $2\%$ . Набухання та гелеутворення агару утворюється тривимірна полімерна сітка, у комірках якої молекули води зв'язуються. Наслідком цього є зростання температури дегідратації, яка зростає на  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  у порiвнянні з чистим агаром. На значний вплив води вказує і зростання ентальпії процесу дегідратації. Варто вiдмитити, що в області  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$  на максимумі спостерігається певне «плече», що є проявом додаткового максимуму. Можна припустити, що це є проявом впливу гліцерину, який частково пластифікує систему.

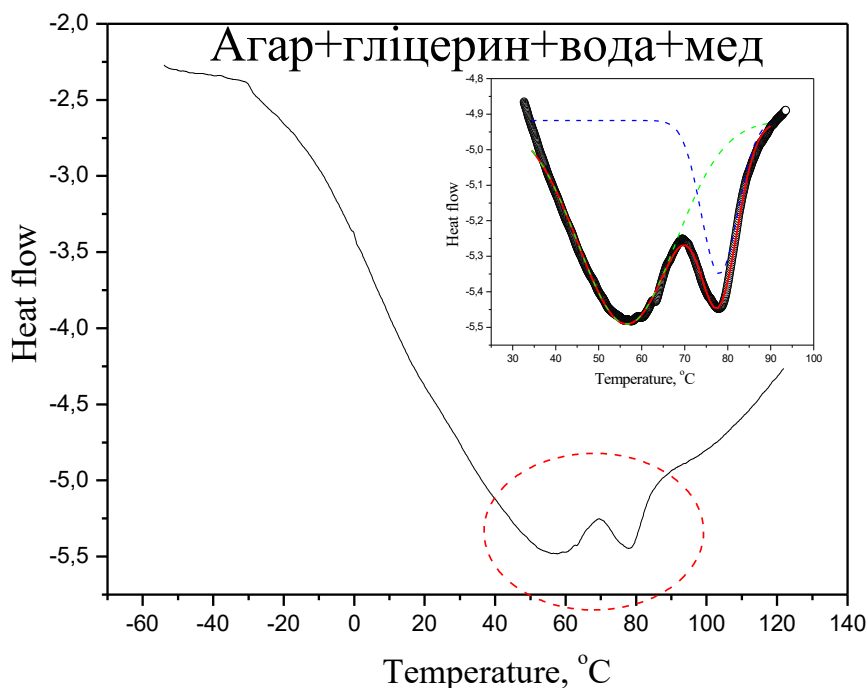


Рисунок. 6. Залежність теплового потоку від температури для багатокомпонентної системи агар-гліцерин-вода-мед.

Зі збільшенням кількості компонент у системі, загальний вид кривої ДСК, а отже і теплофізичні властивості значно змінюються. На рис. 6 приведена крива ДСК для багатокомпонентної системи агар-гліцерин-вода-мед. На кривій спостерігається широкий бімодальний максимум. Використовуючи методи математичної обробки даних вдалося розділити бімодальний максимум на дві складові, як показано на вкладці рис. 6. Бімодальний максимум вказує на два фазових переходи, а отже у системі існує дві кристалічні фази. Так дійсно, перший максимум, який спостерігається при температурі 57,5 °C і відповідає фазі агар-вода, пластифікованих гліцерином (рис. 5). При чому температури цього переходу для системи та фази агар-вода-гліцерин майже рівні. Ентальпія переходу першої фази становить 13,9 Дж/г, що є значно меншим від значення ентальпії для системи агар-вода-гліцерин. Таке зменшення є наслідком зменшення кількості цієї фази у багатокомпонентній системі та перерозподілу енергії між фазами. При цьому вміст цієї фази складає 68 %. Другий максимум вказує на плавлення фази меду. При цьому температура плавлення цієї фази меду становить 77,8 °C. При цьому спостерігається збільшення температури плавлення медової фази у порівнянні з чистим медом на 13 °C. Це є свідченням часткового зв'язування кристалів меду з комірками тривимірної полімерної сітки агару. Ентальпія другого

максимуму становить 5,3 Дж/г, що менше від ентальпії чистого меду. Це зменшення є пропорційним до зниження кількості меду у системі.

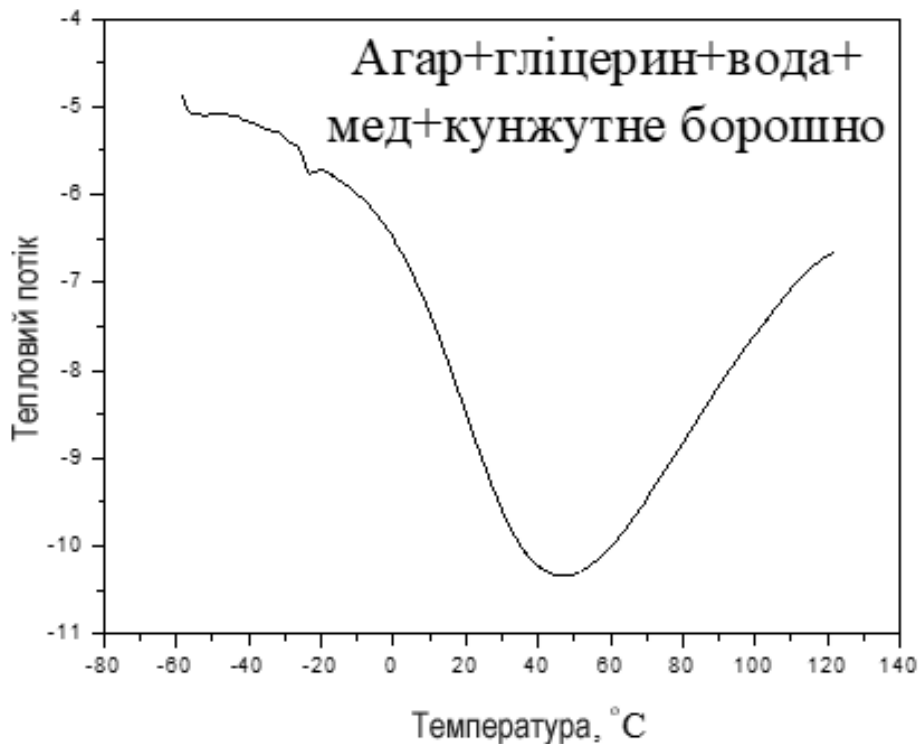


Рисунок. 7. Залежність теплового потоку від температури для багатокомпонентної системи агар-гліцерин-вода-мед-кунжутне борошно.

При додаванні наступного компоненту теплофізичні характеристики системи також змінюються. На рис. 7 приведені ДСК крива для багатокомпонентної системи агар-гліцерин-вода-мед-кунжутне борошно. З рис. 7 видно, що на ДСК кривій спостерігається два ендотермічних піка. Один пік малоінтенсивний в межах  $-20$  °C та більш широкий в діапазоні температур від  $0$  °C до  $120$  °C. З графіка видно, що введення кунжутного борошна в кількості 22 % зв'язує різні фази багатокомпонентної системи, тому максимум є унімодальним. Однак фаза кунжутної олії все ж проявляється у вигляді ендотермічного максимуму. Температура цього переходу становить  $-22,9$  °C, що майже дорівнює температурі плавлення чистої кунжутної олії. Великий ендотермічний пік має мінімум при температурі  $46$  °C, а ентальпія 251 Дж/г. Така температура є дуже близькою до температури дегідратії у чистому агарі. Це свідчить, що компоненти у такій складній багатокомпонентній системі подавляють кристалічність один одного, тому інші ендотермічні максимуми не спостерігаються.

*Висновки.* Проведено ДСК дослідження рецептурних компонентів батончика, а саме агару, гліцерину, меду, кунжутного борошна, а також модельних систем «агар-вода-гліцерин», «агар-вода-гліцерин-мед», «агар-вода-гліцерин-мед-кунжутне борошно». Досліджено



ендотермічні піки, температурні переходи та встановлено вплив компонентів модельних систем на їх теплофізичні характеристики.

Ендотермічний пік спостерігався у температурному діапазоні від  $-23,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $81,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  для чистого агару та у інтервалі температур від  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  для меду. Нагрівання гліцерину супроводжувалось температурним переходом який пов'язаний із розкльованням гліцерину. Температура скльовання становила  $-7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для кунжутного борошна спостерігався один ендотермічний пік.

Для системи «агар-вода-гліцерин» спостерігався один широкий інтенсивний ендотермічний максимум, що є свідченням фазового переходу, тоді як для системи «агар-вода-гліцерин-мед» спостерігався широкий бімодальний максимум який вказує на два фазових переходи. Для системи «агар-гліцерин-вода-мед-кунжутне борошно» спостерігалось два ендотермічних піки.

#### Список використаних джерел

1. Günther Höhne, Wolfgang F. Hemminger, H.-J. Flammersheim. Differential Scanning Calorimetry. *Springer Science & Business Media*, 2013. p. 298
2. Benjamin R. Thompson, Tommy S. Horozov, Simeon D. Stoyanov and Vesselin N. Paunov. An ultra melt-resistant hydrogel from food grade. *RSC Adv.* 2017. Vol. 7. P. 45535. <https://10.1039/c7ra08590g>
3. Zhao J., Sun C., Li H., Dong X., Zhang X. Development and characterisation of an agar–polyvinyl alcohol blend hydrogel. *International Journal of Biological Macromolecules.* 2020. Vol. 154. P. 878-887. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.087>
4. Rodríguez Y.C., Torres A., Hoffmann W. Thermoanalytical investigations of honey produced by Trigona species using differential scanning calorimetry (DSC). *Journal of Apicultural Research.* 2020. Vol. 61. P. 408-415. <https://doi.org/10.1080/00218839.2020.1735730>
5. Tappi S., Laghi L., Dettori A., Piana L., Ragni L., Rocculi P. Investigation of water state during induced crystallization of honey. *Food Chemistry.* 2019. Vol. 294. P. 260-266. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.047>
6. Jayachandra S. Y., Nagaraj R. B., Sharanabasava V. G., Manzoore E. M. S., Mubarak N. M., Hallad S., Hugar S., Fayaz H. Biodegradable carboxymethyl cellulose based material for sustainable packaging application. *Scientific Reports.* 2020. Vol. 10. P. 21960. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78912-z>
7. Costa P. A., Moraes I. C. F., Bittante A. M. Q.B., Sobral P. J. A., Gomide C. A., Carrer C. C. Physical properties of honeys produced in the Northeast of Brazil. *International Journal of Food Studies.* 2013. Vol. 2. P. 118–125. <https://doi.org/10.7455/ijfs/2.1.2013.a9>



8. John G. L., Luke M. G., Michael J. D. N., James E. K., Clement L. H. Development and characterisation of an agar–polyvinyl alcohol blend hydrogel. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. 2009. Vol. 2. P. 485-493. <https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2008.12.003>
9. Suzuki H., Sawai Y., Takada M. The Effect of Apparent Molecular Weight and Components of Agar on Gel Formation. *Food Science and Technology Research*. 2001. Vol. 7. P. 280-284. <https://doi.org/10.3136/fstr.7.280>
10. Cheung M. K., Wan K. P. Y., Yu P. H. Miscibility and morphology of chiral semicrystalline poly-(R)-(3-hydroxybutyrate)/chitosan and poly-(R)-(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate)/chitosan blends studied with DSC, 1H T1 and T1ρ CRAMPS. *Journal of Applied Polymer Science*. 2002. Vol. 86 (5). P. 1253-1258. <https://doi.org/10.1002/app.11091>
11. Kibar E. A. A., Us F. Thermal, mechanical and water adsorption properties of corn starch–carboxymethylcellulose/methylcellulose biodegradable films. *Journal of Food Engineering*. 2013. Vol. 114. P. 123-131. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.07.034>
12. Venir E., Spaziani M., Maltini E. Crystallization in “Tarassaco” Italian honey studied by DSC. *Food Chemistry*. 2010. Vol. 122. P. 410-415. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.012>
13. Amariei S., Norocel L., Scripcă L. A. An innovative method for preventing honey crystallization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 2020. Vol. 66. P. 102481. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102481>
14. Fahimdanesh M., Bahrami M., Zargani M. Check fraud sesame (sesamus indicum) oil using differential scanning calorimetry (dsc) analysis. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*. 2014. Vol. 4. P. 554.

Стаття надійшла до редакції 04.10.2022 р.

**S.P. Bokovets, F.V. Pertsevoi**  
**Sumy National Agrarian University**

## **RESEARCH OF AGAR HYDROGELS IN COMBINATION WITH HONEY AND SESAME BY THE DSC METHOD FOR THE PRODUCTION OF BARS**

### ***Summary***

The article is devoted to the DSC study of the recipe components of the bar, namely agar, glycerin, honey, sesame flour and agar hydrogels in combination with honey and sesame.

Agar 1200 TM "Fujian Province" (China), food glycerin TM BASF (Germany), sunflower honey and sesame flour TM "Korysne Boroshno" (Ukraine) were used in the research. Distilled water was used to prepare the solutions.

The "agar-water-glycerol" system was prepared as follows. Pre-weighed agar was



poured into water at a temperature of  $20 \pm 2$  °C, mixed, glycerin was added and left to swell at  $30-40 \times 60$  s. Next, the solution was heated in a water bath at a temperature of 85-95 °C until the agar completely dissolved. After that, honey (model sample "agar-water-glycerin-honey") and sesame powder (model sample "agar-water-glycerin-honey-sesame powder") were added to the solution and thoroughly mixed.

Endothermic peaks and temperature transitions were experimentally investigated, and the influence of components of model systems on their thermophysical characteristics was established.

The endothermic peak was observed in the temperature range from -23.8 °C to 81.7 °C for pure agar and in the temperature range from 40 °C to 80 °C for honey. The heating of glycerol was accompanied by a temperature transition associated with the devitrification of glycerol.

For the "agar-water-glycerol" system, one broad intense endothermic maximum was observed, indicating a phase transition, while for the "agar-water-glycerol-honey" system, a broad bimodal maximum was observed, indicating two phase transitions. Two endothermic peaks were observed for the "agar-glycerin-water-honey-sesame flour" system. One endothermic peak was observed for sesame flour.

**Key words:** agar, glycerin, honey, sesame flour, endothermic peaks, differential scanning calorimetry, hydrogels.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-19

УДК 636.083.1

В. М. Бандура<sup>1</sup>, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-8074-3020

Л. В. Фіалковська<sup>2</sup>, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-4353-0963

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування  
України<sup>2</sup>Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

E-mail: bandura\_3@ukr.net

E-mail: larisa\_fialkova@ukr.net

## ТЕХНОЛОГІЯ ЗБЕРІГАННЯ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

*Анотація.* У роботі наведені результати дослідження і розгляд найважливіших проблем при зберіганні і сушінні зернових культур. Розроблена перспективна технологія зберігання зерна, яка базується на передовому досвіді підприємств та наукових дослідженнях.

Сушіння є однією з найбільш поширених технологічних операцій в різних галузях переробних і харчових виробництв, зокрема при консервуванні сировини. Перспективи розвитку сушильних технологій передбачають зниження енергетичних витрат на процес вилучення вологи; підвищення якості сушеної продукції; розробку високоефективної універсальної техніки; забезпечення екологічної безпеки сушильних підприємств.

В роботі проведений аналіз сучасного стану способів сушіння зерна та олійного насіння. Оптимізовані технологічні та конструктивні параметри вібросушіння. Обґрунтована та розроблена конструктивна та технологічна схеми сушильної установки, яка дозволяє отримати якісне кондиційне насіння соняшника для подальшого зберігання.

*Ключові слова:* насіння, зернові культури, властивості, зберігання, сушіння, аератор, використання.

*Постановка проблеми.* Широке впровадження в аграрний комплекс країни інтенсивних технологій, які створюють найкращі умови для зберігання сільськогосподарських культур, – важливий резерв приросту їх валових зборів [1, 2].

Різноманітність насіння – явище, що широко поширене в рослинництві. Різноманітність насіння виражається в тому, що насіння однієї рослини нерівнозначне за своїми морфологічними і фізіолого-біохімічними показниками. Біологічно цінне насіння формується в середній частині колоса. Таке насіння має високу енергією





проростання, схожість і дає максимальний урожай. Повноцінність насіння характеризує не стільки величина насіння, скільки їх питома вага, яка пов'язана із стиглістю і натурою насіння. Тільки зерна з максимальною питомою вагою формуються в середній частині колоса [3, 4].

Для якісного зберігання зерна необхідно провести його очищення від домішок. Для цієї мети передбачені сепаратори, механізми, що проводять сортування та калібрування насіння.

Відокремивши найкраще зерно для насіння, його необхідно якісно зберегти до посіву. Для збереження врожаю існують різні методи та способи зберігання.

У системі технологічних операцій післязбиральної обробки насіння найважливіше місце належить сушінню. Якісне сушіння не тільки забезпечує зберігання зібраного урожаю, запобігає його втратам, але у деяких випадках і підвищує якість готового продукту.

На даний час в сільськогосподарських підприємствах зберігання зернових культур знаходиться на задовільному рівні, при відсутності відповідного обладнання втрачається від 2 до 15 % врожаю, в залежності від погодніх умов та способу зберігання.

*Аналіз останніх досліджень.* Вирощений урожай потрібно не тільки зібрати, а й забезпечити його надійне зберігання. Тому зерно перед закладанням до зерносховища очищують від домішок та висушують. Ці процеси попереджають небажаний контакт із вологими чи шкідливими домішками, а також не допускають псування врожаю. Основним завданням при зберіганні зерна є збереження його кількості та якості. Також посівний матеріал потребує особливого відношення через часту незавершеність процесу дозрівання [2, 4].

Відповідно схема зберігання повинна забезпечити найкращі умови подальшого проходження процесу дозрівання, який у різних культур може займати тривалий час: від кількох тижнів до півроку. Найважливішими умовами для подальшого проходження процесу післязбирального дозрівання є вологість зерна на рівні 13-14 %, температура в межах +20 - +30°C, а також присутність кисню у просторі між зернами. В результаті у зерні можуть підвищуватися енергія проростання та схожість, а також покращуватися окремі технологічні властивості, такі як об'ємний вихід та хлібопекарська якість [1, 3, 4].

Відомі три основні режими зберігання зерна: у сухому, в охолодженому стані та без доступу повітря або у газовому середовищі. Режим зберігання зерна у сухому стані заснований на тому, що інтенсивність дихання сухої зернової маси вкрай низька. Багато комах, а також усі кліщі та шкідники злакових не можуть пошкоджувати ціле сухе зерно й одержувати з нього достатньо вологи для власного існування.



У сухих умовах мікроорганізми також припиняють розмножуватися та поступово відмирають [3, 4].

Сушіння є однією з найбільш поширених технологічних операцій в різних галузях переробних і харчових виробництв, зокрема при консервуванні сировини. Перспективи розвитку сушильних технологій передбачають зниження енергетичних витрат на процес вилучення вологи; підвищення якості сушеної продукції; розробку високоефективної універсальної техніки; забезпечення екологічної безпеки сушильних підприємств [5, 6-8].

У зв'язку з цим, дослідження процесу сушіння зернових культур спрямоване на вирішення проблеми збереження якості продукту і підвищення ефективності процесу сушіння, є актуальним і важливим науково-технічним завданням. Одним із перспективних способів сушіння зерна насіння є застосування інфрачервоного випромінювання [5, 6-8]. Техніка зневоднення продуктів і матеріалів значно випереджає теоретичні положення сушіння. Не тільки класична література з проблем сушіння, але і спеціальна не дають конкретних рекомендацій з проектування установок з електромагнітним підведенням енергії. Разом з тим, саме такі установки активно прогресують і характеризуються серйозними проблемами в моделюванні, тому поки що єдиним надійним шляхом їх дослідження є проведення експериментів.

*Формулювання мети статті.* Метою роботи є розробка технології зберігання та сушіння зернових культур, яка базується на досвіді роботи передових підприємств та наукових досліджень.

*Основна частина.* Проведений аналіз господарської діяльності одного із приватних підприємств.

На основі аналізу господарської діяльності можна дійти наступних висновків:

- ґрунтово-кліматичні умови господарства сприятливі для вирощування більшості районуваних культур.

- зберігання зернових культур знаходиться на задовільному рівні. Зберігання зернопосівного матеріалу проходить в зернохосовищі при напільному способі. Основним недоліком зберігання посівного матеріалу є підвищена вологість в приміщенні. При відсутності відповідного обладнання для зберігання втрачається від 2 до 15 % врожаю.

Відокремивши найкраще зерно для насіння, його необхідно якісно зберегти до посіву.

Проведений аналіз існуючих конструкцій аераторів зерна показав, що дані типи аераторів не забезпечують необхідних вимог зберігання зернових культур.

Для запобігання великих втрат насіння при його зберіганні

пропонується використання нової технології аерації насіння з застосуванням нового типу аератора зернових культур.

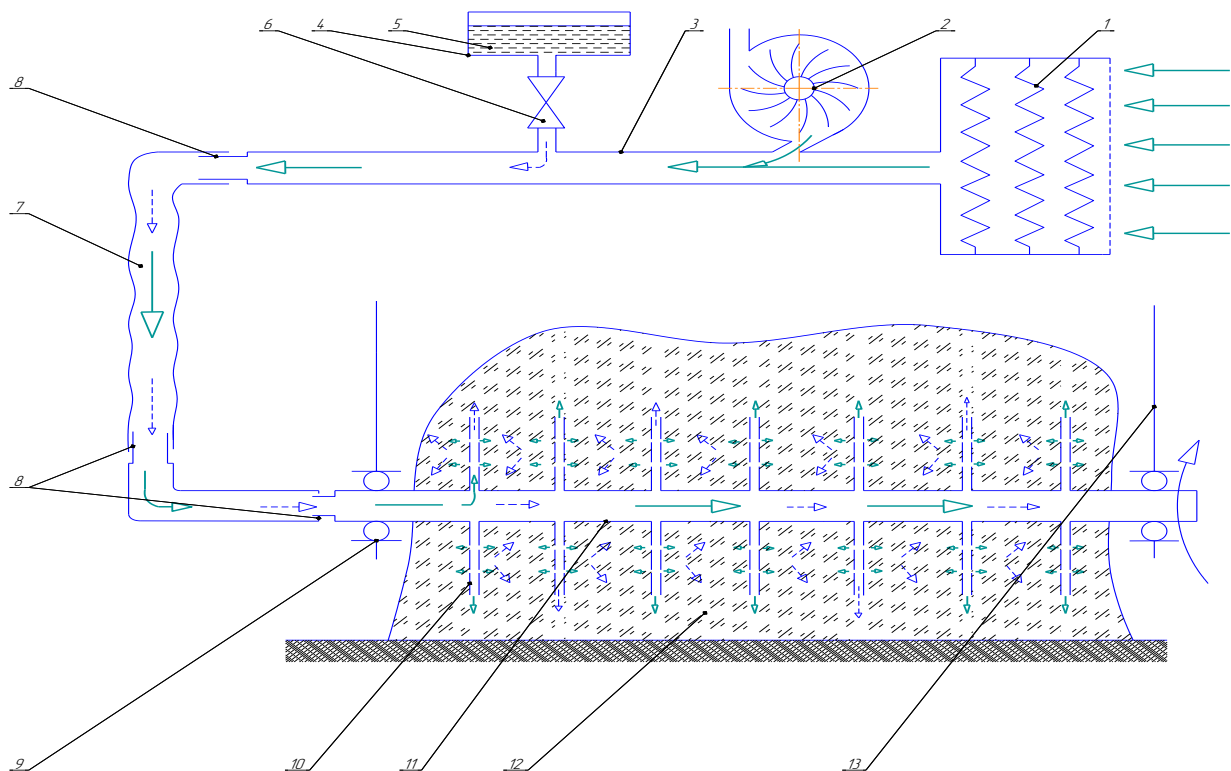
Аератор надзвичайно простий в застосуванні, на відміну від стаціонарних систем вентиляювання, не потребує попередньої підготовки приміщення.

Будова та робота проектного аератора.

Проектна система аерації зерна на зерносховищі складається з аератора (рис. 1), який розміщений в зерносховищі і рухається поздовж приміщення. Система виконує декілька операцій за один прохід: зворушення зернової маси, вентиляцію, просушування і внесення протруюючих засобів для захисту від шкідників.

Продування зернової маси здійснюється потоком повітря через аераційну трубу. Для створення потоку повітря встановлений відцентровий вентилятор.

Складена технологічна схема роботи аератора (рис. 1).



1 – нагівальний елемент; 2 – вентилятор; 3 – трубопровід; 4 – емкість для рідини; 5 – хімікати; 6 – пропускний кран; 7 – гнучкий рукав; 8 – муфта; 9 – підшипникова опора; 10 – перемішувач; 11 – перемішуваний вал; 12 – бурт зерна; 13 – стойка.

Рисунок 1. Схема роботи зернового аератора

Принцип роботи аератора наступний: повітря надходить до нагівальних елементів 1, де прогрівається до відповідної температури, потім під дією вентилятора 2 через трубопровід 3 і гнучкий рукав 7



подається в перемішувальний вал 11, на валу розміщені перемішувачі, через які нагріте повітря надходить до зернової маси, таким чином проходить дві операції – перемішування та висушування зернової маси в зерносховищі.

Протруювання насіння проводиться при потребі за наявності шкідників, отрутохімікати надходять аналогічним методом.

Застосування даної системи аерації дасть змогу зменшити втрати насіння з 10% до 2%.

*Висновки.* Сушіння є однією з найбільш поширених технологічних операцій в різних галузях переробних і харчових виробництв, зокрема при консервуванні сировини. Перспективи розвитку сушильних технологій передбачають зниження енергетичних витрат на процес вилучення вологи; підвищення якості сушеної продукції; розробку високоефективної універсальної техніки; забезпечення екологічної безпеки сушильних підприємств

Розроблена технологія аерації насіння, яка дасть можливість запобігати великим втратам зернових культур при їх зберіганні.

Розроблений новий тип аератора зернових культур, що знаходяться на зберіганні у сховищах.

#### Список використаних джерел

1. Бандура В., Ярошенко Л. Обґрунтування параметрів процесу сушіння насіння соняшнику у вібросушарці на основі інфрачервоного опромінення. *Scientific Works*. 2019. Vol. 83 (1). P. 110–116. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v83i1.1427>

2. Burdo O., Bezbah I., Kepin N., Zykov A., Yarovyi I., Gavrillov A., Bandura V., Mazurenco I. Studying the operation of innovative equipment for thermomechanical treatment and dehydration of food raw materials. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol.5, №11(101). 2019. P. 24–32.

3. Matkivska I., Atamanyuk V., Symak D. Basic regularities of the filtration drying of wheat grain. *East European Journal of Advanced Technologies*. 2014. № 5 (5). С. 14–18.

4. Паламарчук І. П., Цуркан О. В., Паламарчук В. І. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми інфрачервоної віброхвильової конвеєрної сушарки для післязбиральної обробки сипкої сільськогосподарської продукції. *Зб. наук. пр. ВНАУ*. Серія: Технічні науки. Вінниця, 2015. №1 (89) Т.1 С.117–123.

5. Пазюк В. М. Дослідження тепломасобмінних процесів сушіння насіння овочевих культур. *Scientific Works*. 2019. 82 (2). С. 129–136. <https://doi.org/10.15673/swonaft.v82i2.1189>.

6. Bandura V., Zozuliak I., Palamarchuk V. Description of heat exchange in the similarity the ory of vibrating drying process of sunflower.



*Ukrainian Journal of Food Science*. 2014. Vol. 2. Issue 2. P. 305–311.

7. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. (April 29-30, 2021) *Engineering of nature management*. (1(19), 2021. Pp. 7–12.

8. Яровий І. І., Маренченко О. І., Пилипенко Є. О. Апарати для сушіння рослинної сировини електромагнітним полем. *Scientific Works*. 2018. Т. 82. Вип. 2. С. 123–129.

Стаття надійшла до редакції 16.12.2022 р.

**V. Bandura<sup>1</sup>, L. Fialkovska<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> **National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine**

<sup>2</sup> **Vinnitsia Institute of Trade and Economics  
of Kyiv National University of Trade and Economics**

## **TECHNOLOGY OF CEREAL SEED STORAGE**

### ***Summary***

The work presents the results of research and consideration of the most important problems in the storage and drying of grain crops. A promising grain storage technology has been developed, which is based on the best experience of enterprises and scientific research.

An important reserve for increasing their gross collection is the wide implementation of intensive technologies in the agricultural complex of the country, which create the best conditions for growing and storing agricultural crops.

When separating the best grain into seeds, it must be preserved in good quality before sowing. There are various methods and methods of storage to preserve the harvest. Currently, the storage of grain crops in agricultural enterprises is at a satisfactory level, in the absence of appropriate storage equipment, from 2 to 15% of the harvest is lost, depending on the weather conditions and the method of storage.

It must not only accept the grown crop, but also ensure its reliable storage. Therefore, the grain is cleaned of impurities and dried before being absorbed into the granary. It prevents unwanted contact with wet, strong-smelling or poisonous substances, and also prevents crop damage. The main task when storing grain is to maintain its quantity and quality. It is also necessary to remember about special behavior with seed material. It needs special treatment due to the frequent incompleteness of the ripening process.

Prospects for the development of drying technologies provide for a decrease in energy costs for the moisture extraction process; improving the quality of dried products; development of highly efficient universal equipment; ensuring environmental safety of drying enterprises.

The paper analyzes the current state of grain and oilseed drying methods. Optimized technological and structural parameters of vibration drying. The design and technological scheme of the drying plant, which allows obtaining high-quality, conditioned sunflower seeds for further storage, is substantiated and developed.

**Key words:** seed, grain-crops, properties, storages, drying, aerator, use.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-20

УДК 664.143/049:006.354

Я. І. Ілляшенко, здобувач СВО «Магістр»

О. Ю. Мельник, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-9201-7955

Сумський національний аграрний університет

e-mail: yannulia0911@gmail.com, тел.: (099)2504381

## ВИКОРИСТАННЯ КРІОПОРОШКІВ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ПАСТИЛИ

*Анотація.* В розвинутих країнах світу, зокрема в країнах «Євросоюзу» велика увага приділяється створенню харчових продуктів функціонального призначення, які мають лікувально-профілактичні, дієтичні та оздоровчі властивості. Статистика економічно розвинутих країн свідчить про те, що близько 70 % захворювань прямо або побічно пов'язані з порушенням харчування.

Робота присвячена вдосконаленню технології виробництва пастили шляхом додавання різних видів кріопорошків для розширення асортименту пастильної продукції та підвищення харчової цінності нового продукту. Встановлено, що введення кріопорошків у рецептуру пастили сприяє зміні хімічного складу харчового продукту шляхом підвищення вмісту макро- та мікроелементів, вітамінів. Наведено дані щодо розробки рецептури та технології пастильних виробів з додаванням кріопорошку з чорної смородини, м'яти та лимону. Готові пастильні вироби характеризуються високим вмістом вітаміну С, добрими органолептичними властивостями з багатим смаком і ароматом, мають однорідну та ніжну консистенцію. На підставі проведених теоретичних і експериментальних досліджень запропоновані раціональні рішення щодо забезпечення населення високоякісними продуктами харчування із збалансованим хімічним складом. Проаналізовано вплив фруктових кріопорошків на функціональні властивості та в'язкість пастили, а також терміни її зберігання. Визначено харчову цінність пастили з додаванням фруктових кріопорошків з чорної смородини, м'яти та лимону.

*Ключові слова:* пастила, кріопорошок, показники якості, структура, харчова цінність.

*Постановка проблеми.* Сьогодні надзвичайно важливим є питання харчування населення корисними та екологічно безпечними продуктами, розширення їх асортименту. Особливого значення



набувають проблеми розроблення технології виробів поліпшених споживчих властивостей, що передбачає підвищення харчової цінності, збагачення їх складу біологічно активними компонентами, покращення органолептичних показників.

У більшості країн рішення проблеми мікронутрієнтної нестачі шляхом збагачення традиційних харчових продуктів регулюється відповідними законами, національними програмами. У Великобританії, Швеції закон зобов'язує збагачувати маргарин; а в таких різних за рівнем розвитку країнах, як Болівія і Данія, Коста-Рика і Швейцарія, Японія і Нігерія, діють спеціальні державні програми зі збагачення хлібобулочних виробів[1].

Пастила є корисним харчовим продуктом, який виготовляють на основі яблучного пюре кислуватих сортів яблук. Яблучне пюре та продукти з нього майже не викликають алергічних реакцій, мають підвищений вміст вітамінів та мінеральних речовин, місять пектинові речовини та харчові волокна, які покращують роботу шлунково-кишкового тракту, здатні виводити з організму іони важких металів і радіонукліди, містять в своєму складі органічні кислоти, викликають поліпшення апетиту та нормалізацію рівня цукру в крові[2,3].

Як підсолоджувачі у складі харчових виробів широко застосовується фруктоза та поліюли, останні мають негативний вплив на травний тракт в разі передозування та тривалого вживання. Фруктоза має майже таку енергетичну цінність, що й сахароза, тому зменшення вуглеводного навантаження відсутнє [4]

Вченими доведено, що при виробництві кондитерських виробів, зокрема пастили, для зменшення масової частки цукру доцільно використання в якості підсолоджувача стевіозиду[5].

Однак, функціональну значимість цих виробів можна посилити використанням в технології їх виробництва кріопорошків, котрі завдяки своїм властивостям належать до новітнього покоління харчових ресурсів багатофункціонального призначення, які відповідають усім сучасним вимогам за гігієнічними й фізико-хімічними параметрами.

Кріопорошки одержують за низьких температур – це порошки з дисперсністю 10-30 мкм і масовою часткою вологи 4,0-8,0%, завдяки чому після технологічного оброблення в сировині зберігаються майже повністю БАР. Ці властивості кріопорошків відкривають нові сфери їх використання у харчовій промисловості.

На сьогоднішньому етапі розвитку харчової промисловості існує велика кількість способів отримання натуральних біологічно активних добавок та барвників, пов'язаних із механічним впливом на рослину[6,7].

Готові вироби з використанням фруктових та ягідних



кріопорошків можуть бути рекомендовані для харчування всіх верств населення, особливо у харчуванні дітей.

Підсумовуючи вище сказане, сьогодні є доцільним та актуальним використання кріопорошків у виробництві харчової продукції, зокрема кондитерських виробів підвищеної харчової цінності.

*Аналіз останніх досліджень.* Розробниками наукових основ технологій отримання рослинних кріодобавок та їх застосування в харчових продуктах є такі вчені: Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Г.О. Сімахіна, В.В. Ломачинський та ін [7,8]. Плодово-овочеві кріодобавки, завдяки технології їх отримання, є концентратом біологічно активних речовин (антоціанів, каротиноїдів, хлорофілів), містять значну кількість низько- та високомолекулярних фенольних сполук, харчових волокон, вітамінів, органічних кислот, макро- та мікроелементів і мають антиоксидантні, імуномодулюючі властивості, а також високу забарвлюючу здатність, смакові й ароматичні характеристики.

Науковцями кафедри технології хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів Харківського державного університету харчування та торгівлі проведено дослідження щодо використання кріодобавок із рослинної сировини в розробці технології мармеладно-пастильних виробів [9,10]. В ході роботи були удосконалені технології мармеладу желеино-фруктового та марשמелю з використанням кріодобавок, розроблено рецептури на нові види мармеладу з кріопастами з яблук, винограду, гарбуза та кріопорошками з обліпихи, шипшини і винограду, нові види марשמелю з додаванням кріопорошків із чорноплідної горобини і суданської троянди [11-15].

На сьогодні МОЗ України затверджено рецептури продукції, що у своєму складі містять кріопорошки:

- маргарини «Літній», «Харківський»,
- масло вершкове «Слов'янське»,
- олія рослинна «Сонечко»,
- вафлі «Горобина гілка»,
- цукерки «Горобина», «Календула», «Слав'яночка», «Чарівні барви»,
- цукерки-драже «Горобинка»,
- булочки з нагідками.

*Метою статті* є удосконалення технології виробництва пастили з використанням фруктових та ягідних кріопорошків та дослідження їх впливу на якість і властивості пастили.

*Основна частина.* Під час удосконалення технології пастили введення нових складових до рецептури виробництва виробу призводить до зміни його структурно-механічних та органолептичних властивостей. Тому під час розроблення технологій кондитерської продукції з додаванням функціональної сировини певну увагу слід





приділяти її впливу на якість напівфабрикатів та готових виробів і за необхідності вносити корективи в рецептурний склад або параметри технологічного процесу.

З огляду на це було встановлено закономірності формування зазначених властивостей залежно від вмісту різних структуроутворювачів та кріопорошків, які додавали в різних кількостях по відношенню до яблучного пюре.

Як основу для приготування пастили використовували яблучне пюре. Попередньо його готували з різних сортів яблук: Чемпіон, Семеренка, Флорена. В результаті органолептичної оцінки різних видів пюре, визначення технологічних властивостей пюре (вихід пюре, консистенція) та оцінки харчової цінності було встановлено, що для виробництва пастили кращою основою для приготування яблучного пюре є сорт яблук Семеренка. Результати оцінки яблучного пюре з різних сортів яблук представлено в таблиці 1.

*Таблиця 1***Органолептична оцінка якості пюре різних сортів яблук**

Назва	Флорена	Чемпіон	Семеренка
Зовнішній вигляд та консистенція	Однорідна пюреподібна маса, дуже рідка і сильно розтікається по горизонтальній поверхні	Однорідна пюреподібна маса, густа, тримає форму, дещо розтікається по горизонтальній поверхні	Однорідна пюреподібна маса, густа, тримає форму, дещо розтікається по горизонтальній поверхні
Колір	Однорідний за всією масою, злегка жовтий, властивий яблукам після термічного оброблення.	Однорідний за всією масою, виражений жовтий, властивий яблукам після термічного оброблення.	Однорідний за всією масою, злегка жовтий, властивий яблукам після термічного оброблення.
Смак і запах	Кисло-солодкий смак та запах, добре виражені, властиві яблукам, без сторонніх присмаку та аромату	Кисло-солодкий смак та запах, добре виражені, властиві яблукам, без сторонніх присмаку та аромату	Кисло-солодкий смак та запах, добре виражені, властиві яблукам, без сторонніх присмаку та аромату

*Продовження таблиці 1*

Зміни при уварюванні	Кількість пюре значно зменшується	Пюре стає густішим завдяки випарюванню соку, кількість пюре дещо зменшується	Пюре стає густішим завдяки випарюванню соку, кількість пюре дещо зменшується
Взаємодія зі структуроутворювачем	Маса рідка, не тримає форму, для кращої взаємодії, необхідна більша кількість стр-ча	Добре взаємодіє	Добре взаємодіє

Виходячи з даних таблиці, можна зробити висновок, що:

- «Флорена» – дуже соковиті і при однаковому процесі приготування пюре виходить занадто рідким, а при довшому уварюванні, кількість пюре значно зменшується;

- «Чемпіон» – при однаковому процесі приготування пюре виходить гарним, майже на рівні з «Семеренкою», взаємодія зі структуроутворювачем також досить гарна, проте найліпшим сортом, який задовольняє всі вимоги, визначено яблука сорту «Семеренка».

Для приготування пюре застосовували два види теплової обробки:

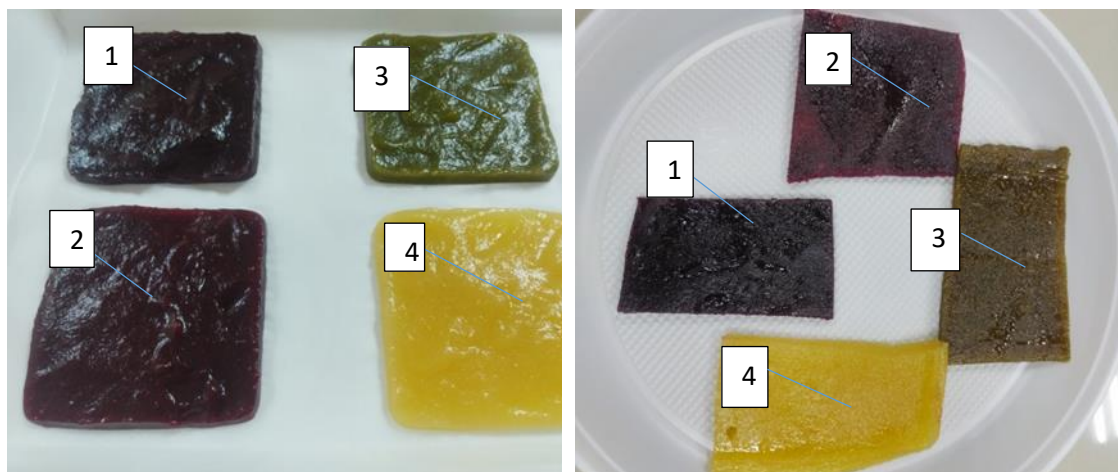
1. Варіння 20-30 хв при температурі 90-100°C;
2. Запікання 30-40 хв при температурі 160-170°C.

Визначено, що кращим способом оброблення сировини для отримання пюре є варіння. Адже, після теплової обробки було виявлено, що вихід пюре при варінні складає 87 %, а при запіканні лише 30 %. Пюре, отримане завдяки варінню має однорідну консистенцію та гарні технологічні властивості. Запікання є досить трудомістким процесом та не дає бажаного результату за кількістю та якістю отриманого пюре, оскільки отриманий напівфабрикат має густу, не однорідну консистенцію.

Вплив кріопорошків на органолептичні властивості пастили вивчали шляхом приготування пастили з використання яблучного пюре, в яке додавали структуроутворювач та фруктові кріопорошки, які вносили у кількості:

- 5,0% та 10,0% кріопорошку чорної смородини;
- 1,0% та 2,0% кріопорошку м'яти;
- 3,0% та 5,0% кріопорошку лимону.

- Зразки пастили з додаванням кріопорошків у різних кількостях до та після висушування представлено на рис. 1 та рис. 2



1 – з додаванням 10,0 % кріопорошку чорної смородини

2 – з додаванням 5,0 % кріопорошку чорної смородини

3 – з додаванням 1,0 % кріопорошку м'яти

4 – з додаванням 3,0 % кріопорошку лимону

Рисунок 1. Пастильні вироби  
до висушування

Рисунок 2. Пастильні вироби  
після висушування

Якість пастили визначали органолептично. Встановили, що додавання кріопорошку смородини у кількості 10,0% погіршує якість готового продукту, виріб має занадто інтенсивне, майже чорне забарвлення, яскраво виражений кислий смак. При додаванні 2,0% м'яти пастила має менш привабливий вигляд, гіркий присмак та посилене відчуття прохолоди. При внесенні 5,0% кріопорошку лимону виріб має різкий аромат та яскраво виражений кислий присмак. Тому оптимальною кількістю кріопорошку у рецептурі пастили було визначено наступне: кріопорошок чорної смородини – 5,0 %; кріопорошок м'яти – 1,0 %; кріопорошок лимону – 3,0 %.

Результати проведеної органолептичної оцінки пастили представлено у таблиці 2.

Отже, за результатами проведеної оцінки якості пастили з додаванням кріопорошків було визначено, що вони покращують органолептичні властивості готового продукту, надають йому нового смаку та аромату, підвищують харчову цінність, надають виробам функціонального призначення.

Розрахунковим методом було визначено харчову цінність пастили з додаванням кріопорошків різних видів, яка представлена у таблиці 3.

Проаналізувавши отримані дані, можна зробити висновок, що при додаванні кріопорошку чорної смородини до складу пастили, можна значно підвищити вміст вітаміну С та міді, також підвищити вміст калію, кальцію, магнію, фосфору.



Таблиця 2

## Органолептична оцінка якості пастили

Показники якості	Характеристика показників для пастили		
	5% кріопорошку чорної смородини	1% кріопорошку м'яти	3% кріопорошку лимону
Зовнішній вигляд	Поверхня верхньої грані рівна з тонко-кристалічною шкоринкою. На бокових гранях без грубого затвердіння і виділенням сиропу		
Форма	Бруски прямокутної форми без деформації		
Структура	Рівномірна, з мілкими порами		
Консистенція	М'яка, легко розламується		
Колір	Бузковий	Зелений	Яскравий жовтий
Смак і запах	Приємний, кисло-солодкий, добре виражений смак та аромат смородини, без сторонніх присмаків	Приємний, з легким присмаком і ароматом м'яти та відчуттям прохолоди, без сторонніх присмаків	Приємний, злегка кислий присмак, притаманний лимону, добре виражений аромат, без сторонніх присмаків

Вміст вітаміну С в такій пастилі буде забезпечувати до 30% потреби від добової норми вживання, що надає продукту функціональних властивостей.

Вживання такої пастили буде позитивно впливатиме на метаболізм та перистальтику шлунково-кишкового тракту, дозволить забезпечити організм людини мікроелементами (залізом, алюмінієм, бором, фтором та іншими), органічними кислотами та харчовими волокнами.

Лимонний кріопорошок, багатий лимонною і яблучною кислотами, пектиновими речовинами, каротином, фітонцидами. У ньому містяться вітаміни: В1, В2, вітамін С, а також флавоноїди, еріодіктин й ерідіктіол.

Вживання пастили, збагаченої даною біодобавкою, підтримує здоров'я серця (в тому числі знижуватиме ризик інфаркту), буде сприяти зміцненню імунітету, зниженню холестерину, допомагатиме травленню.

Вживання пастили з додаванням кріопорошку з м'яти допомагатиме нормалізувати і зміцнити сон. Даний продукт стане



незамінним у дорозі, як засіб від нудоти.

Таблиця 3

Харчова цінність та калорійність пастили з додаванням кріопорошків

Назва	Добова потреба	Кількість в 100 г пастили			
		Контроль зразок	Зразок з додаванням 5% порошку чорної смородини	Зразок з додаванням 3% порошку лимону	Зразок з додаванням 1% порошку м'яти
Білки, г	80-90	0,5	0,6-0,8	0,6-0,8	0,6-0,8
Жири, г	80-100	0,01	0,01	0,01	0,01
Вуглеводи, г	400-500	80,4	82,0-84,0	82-84	81,0-83,0
Калорійність, ккал	2200	300-306	315,0-320,0	315-320	310,0-315,0
Харчові волокна, г	25-38	20,0-21,5	23,0-25,0	23,0-25,0	23,0-24,0
А, мкг	1000	28,0-29,0	34,7-35,3	31,0-32,4	30,0-30,7
С, мг	70	9,0-11,1	22,0-22,5	17-17,3	-
Залізо, мг	15	2,0-2,2	2,3-2,4	2,04-2,05	2,7-2,9
Калій, мг	3000	270,0-272,0	333,1-333,3	283,5-284,5	295,5-296,5
Кальцій, мг	1000	15,0-16,2	18,5-19,0	24,2-24,5	29,3-30,1
Магній, мг	350	8,5-9,0	9,7-9,9	8,8-9,3	12,0-12,3
Натрій, мг	550	25,7-26,9	25,8-26,0	28,1-28,8	27,7-29,8
Фосфор, мг	700	10,0-11,1	33,3-33,9	15,2-16,0	33,0-33,5
Мідь, мг	70	0,1-0,12	4,4-4,5	7,5-7,8	8,0-8,1

*Висновки.* Пастильні вироби є досить поширеними, тому на сьогодні важливо створювати продукти з використанням натуральних інгредієнтів з високим вмістом біологічно активних речовин. Сучасні уявлення про здорове харчування вимагають пошуку нових рішень при розробленні технологій та розширенні асортименту кондитерських



виробів покращеної якості з підвищеною харчовою та біологічною цінністю.

Світовий досвід показує, що найбільш перспективним та надійним шляхом, який гарантує ефективне вирішення зазначеної проблеми, є регулярне введення до раціону харчових продуктів, збагачених необхідними мікронутрієнтами.

Використання плодово-ягідних кріопорошків дозволяє надавати пастильним виробам більш виражений смак натуральних ягід, збагачувати їх вітамінами та нутрієнтами, надавати антиоксидантних властивостей.

Виробництво пастили з додаванням кріопорошків дозволить розширити асортимент кондитерських виробів і зробити їх не тільки смачними, а й корисними. Отримані пастильні вироби можна рекомендувати для вживання маленьким дітям, а також людям, які піклуються про своє здоров'я.

#### Список використаних джерел

1. Сімахіна Г. О., Українець А. І. Технологія оздоровчих харчових продуктів: курс лекцій. К. : НУХТ, 2009. 310 с.
2. Зотова Л. В., Мякинникова Е. И., Савина А. М. Инновационная технология производства фруктово-овощной пастилы. *Известия высших учебных заведений. Пищевая технология*. 2016. № 2-3. С. 43–46.
3. Семченко, В. Производство мармеладно-пастильных изделий. Образование кондитерских студней. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2015. № 6 (127). С. 26–27.
4. Khattab S. N. Production and physicochemical assessment of new stevia amino acid sweeteners from the natural stevioside [Text] / S. N. Khattab, M. I. Massoud, Y. E.-S. Jad, A. A. Bekhit, A. El-Faham. *Food Chemistry*. 2015. № 173. P. 979–985. doi:10.1016/j.foodchem.2014.10.093
5. Meena R., Chhatbar M., Prasad K., Siddhanta A. Development of a robust hydrogel system based on agar and sodium alginate blend. *Polymer International*. 2007. Vol. 57. P. 329-336. <https://doi.org/10.1002/pi.2352>
6. Melanson, K.J., Zuktey, L., Loxmdes, J. [et al.] (2007), “Effects of high fructose corn syrup and sucrose consumption on circulating glucose, insulin, leptin, and ghrelin and on appetite in normal weight women”, *Nutrition*, №. 2, Pp. 103–112.
7. Li D. Safflower Kule. Safflower: a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability. *Food supplements in human nutrition: IV International Safflower Conference*, 12–13 June 2008 year. – Bari. Italy: Adriatica Editrice, 2008. – P. 59–61. 45.
8. Kulkarni D. N., Revanwar S. M., Kulkarni K. D. Deshpande Extraction and Uses of Natural Pigments from Safflower Florets. Safflower:



a multipurpose species with unexploited potential and world adaptability. *Food supplements in human nutrition: IV International Safflower Conference 15–17 June 2011 year. Bari. Italy: Adriatica Editrice, 2011. P. 96–100.*

9. Ломачинский В. В., Касьянов Г. И. Технология получения плодоовощных криопорошков: монография. Краснодар: Экоинвест, 2009. 102 с.

10. Касьянов Г. И., Ломачинский В. В. Производство и использование криопорошков из овощей и фруктов. *Известия ВУЗов. Пищевая технология.* 2010. № 3. С. 113–114.

11. Соколовська, О. О. Формування якості пастильних виробів із використанням стевії та еламіну [Електронний ресурс]: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Харків, 2016. 21 с

12. Артамонова М. В., Лисюк Г. М., Туз Н. Ф., Артамонова М. В. Технологія мармеладу желейного з використанням криоспорошків рослинного походження: монографія. Х. : ХДУХТ, 2015. 134 с.

13. Артамонова М. В., Пілюгіна І. С., Шматченко Н. В. Удосконалення технологій мармеладно-пастильних виробів з використанням рослинних добавок отриманих за кріотехнологіями. В кн.: Повноцінне харчування: інноваційні аспекти технології, енергоефективної переробки, зберігання та маркетингу. Х. : ХДУХТ, 2015. С. 144–171.

14. Шаповалова, Н. Пастильні кондитерські вироби фізіологічно-функціонального призначення. 2012. № 5 (91). С. 24–28.

15. Шаповалова Н. П. Формування споживних властивостей пастильних кондитерських виробів підвищеної біологічної цінності : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.15, МОНМС України, Київ. нац. торг.-екон. ун-т. Київ, 2012. 20 с.

Стаття надійшла до редакції 04.10.2022 р.

**Y. Iliashenko, O. Melnyk**  
**Sumy National Agrarian University**

## **USE OF CRYO POWDER IN TECHNOLOGY OF MAKING PASTILLE**

### ***Summary***

In the developed countries of the world, in particular in the EU countries, great attention is paid to the creation of food products with a functional purpose, which have therapeutic, preventive, dietary and health-improving properties. Statistics of economically developed countries show that about 70% of diseases are directly or indirectly related to nutritional disorders.



The work is devoted to the improvement of pastille production technology by adding various types of cryopowders to expand the range of pastille products and increase the nutritional value of the new product. It has been established that the introduction of cryopowders into the pastille recipe helps to change the chemical composition of the food product by increasing the content of macro- and microelements, vitamins. The data on the development of the formulation and technology of pastille products with the addition of blackcurrant, mint and lemon cryopowder are provided. The finished pastille products are characterized by a high content of vitamin C, good organoleptic properties with a rich taste and aroma, and have a uniform and delicate consistency. On the basis of theoretical and experimental studies, rational solutions are proposed for providing the population with high-quality food products with a balanced chemical composition. The effect of fruit cryopowders on the functional properties and viscosity of the pastille, as well as its storage terms, was analyzed. The nutritional value of pastille with the addition of fruit cryopowders from black currant, mint and lemon was determined.

The use of fruit and berry cryopowders allows you to give pastille products a more pronounced taste of natural berries, enrich them with vitamins and nutrients, and provide antioxidant properties.

**Key words:** pastille, cryopowder, quality indicators, structure, nutritional value.





DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-21

УДК 664.681:664.641

Т. В. Семко, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-1951-5384

О. А. Іваніщева, ст. викл.

ORCID: 0000-0002-0500-3652

*Вінницький торговельно-економічний інститут Державного  
торговельно-економічного університету*

e-mail: semko1965@ukr.net, тел.: (067)9625468

e-mail: olya.ivanisheva@gmail.com, тел.: (068)0312432

## **ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІСОЧНО-ВІДСАДЖУВАЛЬНОГО ПЕЧИВА ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ЗОСТЕРИ**

*Анотація.* У статті обґрунтовано удосконалення технології виробництва та підвищеної харчової цінності пісочно-відсаджувального печива шляхом використанням сухої подрібненої зостери як важливого джерела йоду та інших мінеральних речовин, клітковини, вітамінів.

Удосконалено технологію виробництва пісочно-відсаджувального печива з зостерою зміною технологічного процесу на етапі внесення борошна у суміш, що призвело до покращення структурно-механічних властивостей готових виробів.

Досліджено органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники розробленого виду печива. При порівнянні отриманих показників із контрольним зразком виявлено суттєве збільшення у дослідному зразку частки таких важливих для організму людини поживних речовин, як клітковини, мінеральних речовин, покращився вітамінний склад, особливо за вмістом вітаміну С. Це свідчить про наявність у розробленого виробу нових функціональних властивостей.

*Ключові слова:* пісочно-відсаджувальне печиво, йододефіцит, зостера, функціональні властивості, харчова цінність, технологія, показники, дефекти.

*Постановка проблеми.* Важливим напрямком у розвитку кондитерської промисловості є збагачення необхідними нутрієнтами кондитерських виробів з обмеженим вмістом вітамінів, макро- і мікроелементів, оскільки більшість мікронутрієнтів самостійно не синтезуються в організмі людини і повинні надходити з їжею [1].

Серед усього багаточисельного асортименту кондитерських виробів виділяється пісочно-відсаджувальне печиво, адже воно



користується стабільним попитом, має високу калорійність і засвоюваність, відрізняється приємним смаком і привабливим зовнішнім виглядом [2].

Рецептури на окремі групи борошняних кондитерських виробів складено з урахуванням властивостей основної сировини, впливу її на утворення тіста та отримання виробів із певними смаковими якостями. Пісочне печиво має досить статичну рецептуру, що спонукає науковців до пошуку шляхів її удосконалення, зокрема, надання виробам функціональних властивостей.

Проблема йододефіциту сьогодні є однією з серйозних чинників погіршення ситуації щодо фізичного і психічного здоров'я населення в усьому світі. В Україні проблема йоддефіцитних захворювань упродовж останніх років значно загострилася. Це пов'язано як із ліквідацією попередньої системи профілактики йоддефіцитних захворювань, так і з помітним зменшенням у харчуванні населення частки продуктів, відносно багатих на йод та інші мікроелементи [9].

В умовах несприятливої екологічної та економічної ситуації, збройної агресії росії, погіршення стану здоров'я населення значної частини населення України вирішення цієї проблеми є надзвичайно актуальним.

Одним із шляхів вирішення проблеми йододефіциту ми вбачаємо насичення кондитерських виробів, пісочно-відсаджувального печива зокрема, йодвмісними продуктами. Варіант удосконалення рецептури даних виробів представлено у даному дослідженні.

*Аналіз останніх досліджень.* Питаннями удосконалення технології печива підвищеної харчової цінності присвячено праці багатьох науковців та експертів, зокрема В.І. Дробот, А.М. Дорохович, А. Абрамової, О.В. Шестак, Д.О. Кроніковського, Т.А. Говорушко, А.В. Сілакової та ін.

Результати численних досліджень доводять, що бурі морські водорості (ламінарія, цистозіра, фукус, зостера) багаті на білки, полісахариди, вітаміни, мікроелементи (особливо на йод та селен), позитивно впливають на обмін речовин в організмі, зменшують накопичення в організмі радіонуклідів, солей важких металів. Завдяки додаванню дієтичної добавки з водоростей можливо задовольнити потреби організму в мінеральних речовинах, вітамінах, стимулювати функцію щитовидної залози, знизити рівень холестерину в крові. Тобто використання йодовмісних добавок є одним з ефективних способів боротьби з йоддефіцитними захворюваннями [9].

Доцільним вважається застосування сухої подрібненої зостери, продукту переробки морської трави, значні запаси якої є у вітчизняній акваторії Чорного та Азовського морів з метою підвищення харчової та біологічної цінності борошняних кондитерських виробів, зокрема



поліпшення їх вітамінного й мінерального складу [8].

*Формулювання мети статті.* Метою статті є дослідження нутрієнтного складу морської водорості зостери, удосконалення технології пісочно-відсаджувального печива та надання йому функціональних властивостей.

*Основна частина.* Сировина, що використовувалась при виробництві пісочно-відсаджувального печива відповідає за якістю вимогам діючої нормативної документації і представлена наступними видами: борошно пшеничне вищого і першого ґатунку згідно з ДСТУ 46.004; яйця курячі харчові згідно з ДСТУ 5028:2008; цукор білий згідно з ДСТУ 4623; маргарин ДСТУ 4465:2005; сіль кухонна ДСТУ 3583; зостера висушена (ТУ У 15-011655–92) виробництва ТОВ «Фортуна» (м. Каховка).

До складу зостери входить пектин-зостерин, який містить полігалактуронову кислоту в кількості 90%. За ступенем метоксильовання зостерин відноситься до низькометоксильованих пектинів (менше 10%), що зумовлює його високу активність під час зв'язування і виведення з організму важких металів і радіонуклідів. Встановлено, що зостерин посилює у 2-2,5 рази накопичення у селезінці тварин імунних клітин, що дає підставу стверджувати про імунопідсилюючі властивості пектину-зостерину [9].

Крім того, пектин-зостерин має виражені антимікробні, імунокорегуючі властивості, що робить його перспективним для застосування у разі захворювань органів травлення. На відміну від пектинів наземних рослин, пектин-зостерин має унікальні якості: стійкість до дії кишкових ферментів, адсорбційні властивості – це є підставою для застосування його в лікувальному харчуванні хворих на хронічний гепатит [8].

За своїм хімічним складом і дією на організм зостера може вважатись цінною добавкою для надання розробленому печиву оздоровчої дії (таблиця 1).

Таблиця 1

Хімічний склад зостери на 100 г продукту

Показник	Зостера
Полісахариди, г	70,6 (у т.ч. зостерин – 21,7)
Вітаміни, мг	
β-каротин	5,17± 0,20
В <sub>1</sub>	0,047± 0,002
В <sub>2</sub>	0,89± 0,03
С	7,2± 0,3
Е	1,20± 0,05



## Продовження таблиці 1

Мінеральні речовини, мг	
Кальцій	4200±100
Магній	829±22
Натрій	254±10
Калій	696±25
Фосфор	106±4
Залізо	307±10
Йод	102±4
Селен	4,10±0,10
Цинк	7,6±0,3

На підставі отриманих даних було визначено, що раціональна кількість добавки зостери – 1% від маси борошна. Запропонований спосіб виробництва пісочно-відсаджувального печива з зостерою дає новий технічний результат: дозволяє отримати виріб з покращеними смаковими властивостями, підвищеної харчової та біологічної цінності (з поліпшеним складом макро- та мікроелементів).

Теплову обробку проводили, використовуючи теплове обладнання при встановлених режимах і параметрах. Визначення харчової цінності проводили розрахунковим методом [6].

Енергетичну цінність – розраховували на основі фактичного вмісту в продуктах білків, жирів, вуглеводів, маючи на увазі, що під час окиснення в організмі 1 г жирів виділяється 9,3 ккал, 1 г білків та 1 г вуглеводів – 4,1 ккал. [7]. Порівняльну характеристику хімічного складу пісочно- відсаджувального печива з використанням зостери із контрольним зразком представлено у таблиці 2.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика хімічного складу пісочно-відсаджувального печива із використанням зостери

Показник	Контроль	Дослід	Різниця +/-	Контроль/дослід, %
Білок, г	13,69	12,86	+ 0,17	101,3
Вуглеводи, г у т.ч.:	46,60	46,99	+ 0,39	100,8
Клітковина	0,01	0,39	+ 0,39	390
Мінеральні речовини, мг				
Калій	207,01	240,41	+33,4	116,1
Залізо	2,46	3,32	+0,86	134,9
Селен	0,06	0,56	+0,5	933,3
Йод	0,2	1,6	+1,4	790,1
Фосфор	201	313	112	155,7



## Продовження таблиці 2

Вітаміни, мг				
β-каротин	0,069	0,22	+0,15	318,8
B <sub>1</sub>	0,207	0,218	+0,011	105,3
B <sub>2</sub>	0,276	0,284	+0,008	102,8
PP	1,812	1,872	+0,15	103,3
C	0,06	0,34	+0,28	566,7
E	0,13	0,18	+0,05	138,4

За даними таблиці 2 можна зробити висновок про суттєве покращення хімічного складу дослідного зразку порівняно з контрольним. У дослідному зразку збільшилася вагова частка таких важливих для організму людини поживних речовин, як клітковина – на 0,39 г; вміст мінеральних речовин зріс: калію – на 16, фосфору – на 55, заліза – на 35%, йоду – у 8 разів, селену – у 9 разів. Також суттєво покращився вітамінний склад особливо за вмістом вітаміну С.

Масу готових виробів визначали зважуванням з точністю до 0,1 г на електронних вагах. Упiк розраховували відношенням різниці між масою тіста і готового виробу до маси тіста, виражене у відсотках. Масову частку вологи – висушуванням зразків до постійної маси згідно з ГОСТ 5900 [5].

Виробнича рецептура пісочно-відсаджувального печива з зостерою представлена в таблиці 3.

Таблиця 3

Виробнича рецептура пісочно-відсаджувального печива з зостерою

Назва сировини	Кількість сировини, кг	Вміст сухих речовин в сировині, %	Кількість сухих речовин в сировині, кг
Борошно 1 сорту	95,12	85,50	81,327
Крохмаль	7,04	87,00	6,125
Цукрова пудра	20,26	99,85	20,230
Інвертний сироп	6,37	70,00	4,459
Маргарин	30,72	84,00	25,800
Меланж	8,37	12,00	1,000
Сіль	3,62	27,00	0,977
Сода	0,69	96,50	0,665
Волоський горіх подрібнений	0,70	50,00	0,350
Кориця	36,43	97,50	35,520
Зостера	0,1	100,00	0,100
Всього	210,03	-	177,165



Для удосконалення технології пісочно-відсаджувального печива та збереження властивостей хімічних розпушувачів пропонуємо у процесі приготування тіста борошно розділяти на дві частини. Після введення у місильну машину всієї сировини без хімічних розпушувачів вносити частину борошна, потім розпушувачі і після цього іншу частину борошна.

Пісочно-відсаджувальне печиво містить значну кількість жиру і цукру. Його готують із рідкого тіста сметаноподібної консистенції [12].

Приготування тіста. В місильній машині протягом 10-15 хв. збивають масло з цукровою пудрою спочатку при малій частоті обертання лопатей машини, потім при великому. Після цього поступово додають решту додаткової сировини і перемішують з кожним видом протягом 1-4 хв. Борошно додають в масу перемішують протягом 1-4 хв. при малій частоті обертання лопатей машини. Тісто має бути рівномірно перемішаним, незатягнутим. Потім додають залишок борошна. Вологість тіста становить в межах від 15 до 24%, а температура – від 19 до 22 °С [3].

Дослідження органолептичних, фізико-хімічних та мікробіологічних показників пісочного печива здійснювали за стандартними методиками з використанням відповідного устаткування [4]. Органолептичні показники розробленого пісочно-відсаджувального печива з зостерою представлені в таблиці 4.

Таблиця 4

Органолептичні показники розробленого пісочно-відсаджувального печива з зостерою

Показники	Характеристика
Форма	Правильна, краї печива рівні.
Поверхня	Гладка, з чітким рисунком на лицьовому боці, не підгоріла, з крапленнями крихт зостери.
Колір	Світло-коричневий, рівномірний. Допускається темніше забарвлення частин рельєфного рисунка, що виступають, і країв печива, а також нижнього боку печива і темнозабарвлені сліди від сітки печі та трафаретів.
Смак та запах	Властиві печиву без сторонніх запахів та присмаків. З ароматом кориці та горіхів.
Вигляд розломі у	Пропечене печиво з рівномірною пористістю, без пустот і слідів не промішування з частинками подрібненої зостери.

Фізико-хімічні показники пісочно-відсаджувального печива з зостерою представлені в таблиці 5.



Таблиця 5

Фізико-хімічні показники пісочно-відсаджувального печива з зостерою

Показники	Норма	Дослід
Вологість, %	3,0-3,5	3,2
Масова частка загального цукру, %	Відповідає розрахунковому значенню за рецептурами з граничним відхиленням $\pm 2\%$	
Масова частку жиру у перерахунку на суху речовину, %	Відповідає розрахунковому значенню за рецептурами з граничним відхиленням $\pm 1,3\%$	
Лужність, гр., не більше	2,0	2,0
Намочуваність, % не менше	150	155

Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників свідчить про відповідність розробленого пісочно-відсаджувального печива з зостерою нормативній документації.

Загальну кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів визначали згідно з ГОСТ 10444.15-94; кількість бактерій груп кишкової палички (БГКП) – методом підрахунку колоній згідно з ISO 4832-91; кількість патогенних мікроорганізмів (бактерій роду Сальмонела) – згідно з ГОСТ 30519-97; кількість пліснявих грибів – ГОСТ 28805-90 [6].

Отримані результати визначення мікробіологічних показників в розробленому пісочно-відсаджувальному печиві з зостерою наведено в таблиці 6.

Таблиця 6

Результати мікробіологічних досліджень печива

Назва показника	Норма	Зразки печива	
		Контроль	Печиво з зостерою
Мезофільні аеробні та факультативно-анаеробні мікроорганізми, КУО в 1 г, не більше ніж	$5 \times 10^3$	$3 \times 10^2$	$2 \times 10^2$
Бактерії групи кишкових паличок (маса продукту ( $\text{г}/\text{см}^3$ ), у якій не допускається)	0,1	не виявлено	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, у тому числі бактерії роду Сальмонела (маса продукту ( $\text{г}/\text{см}^3$ ), у якій не допускається)	25	не виявлено	не виявлено



У дослідних зразках печива визначали вміст мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів, КУО в 1 г, бактерій групи кишкової палички (коліформи), патогенні мікроорганізми, у тому числі бактерії роду Сальмонели.

Кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів у розробленому печиві з зостерою було в межах норми і становила  $2-3 \times 10^2$  КУО в 1 г. Дослідження печива з зостерою на вміст бактерій групи кишкової палички та патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерії роду Сальмонела показали негативний результат, це говорить про те, що зразки печива є цілком безпечними для життя і здоров'я людини.

В таблиці 7 наведено дефекти, які виникають в процесі зберігання пісочно-відсаджувального печива.

Таблиця 7

Дефекти, які виникають в процесі зберігання печива

Назва дефекту	Причини утворення
Зволоження, втрата крихкості, пліснявіння	Поглинання вологи з навколишнього середовища під час зберігання при підвищеній відносній вологості повітря
Усихання виробів, зниження намочуваності	Зберігання в умовах, коли відносна вологість повітря нижча за 75 %
Поява згірклого смаку	Зберігання виробів при підвищених температурах, що супроводжується змінами в складі жирів
Ураження борошнистою міллю	Забруднене складське приміщення, недотримання санітарних умов зберігання.

*Висновки.* Отже, проведені дослідження свідчать про доцільність використання зостери у технології виробництва пісочно-відсаджувального печива. Запропоновані зміни у технологічному процесі його приготування, а саме внесення борошна до складу тістової суміші у два прийоми сприяє покращенню структурно-механічних властивостей виробів.

Розроблений новий вид пісочно-відсаджувального печива із підвищеним вмістом мінеральних речовин, клітковини можна рекомендувати для харчування з метою профілактики аліментарних захворювань та йододифіциту необмеженому контингенту споживачів.

Список використаних джерел

1. Абрамова А., Рубанка К., Писарець О. Удосконалення технології борошняних кондитерських виробів функціонального





призначення для підприємств кондитерської галузі та закладів ресторанного господарства. *Продовольчі ресурси*, Том 6, №10, 2018. С. 7–12. <https://doi.org/10.31073/foodresources2018-10-01>

2. Functional flour confectionery URL: <https://studfile.net/preview/5119145/page:40/> (access date: 12.19.2021)

3. Butenko L. A., Kovtunenکو L. Ya., Khovykova Zh. A. Confectionery preparation technology. Kyiv: Higher School., 2015. 250 p.

4. ДСТУ 4683:2006. Вироби кондитерські. Методи визначення органолептичних показників якості, розмірів, маси нето і складових частин. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 12 с.

5. ДСТУ 4910:2008. Вироби кондитерські. Методи визначення масових часток вологи та сухих речовин. Технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 13 с. 22.

6. ДСТУ 3781:2014. Печиво. Загальні технічні умови. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015. 20 с.

7. Дорохович А.М. Технологія галузі (кондитерське виробництво): курс лекцій для студ. спец. 7.091702 «Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів та харчоконцентратів». Київ: НУХТ, 2016. 118 с.

8. Drobot V. Such an algae is zoster. Food and processing industry. 2011. No. 5. P. 12–15.

9. Івашина Л. Л., Шинкаренко М. І. Збагачення харчових продуктів сполуками йоду. Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання» : 18–19 березня 2021 року, м. Черкаси : у 2-х томах. Черкас. держ. технол. ун-т. Т. 2. Черкаси : ЧДТУ, 2021. С. 285–287.

10. Isaenko O.I. Improving the technology of flour confectionery products due to the use of non-traditional plant raw materials. 02.24.2021 URL: <http://dspace.puet.edu.ua/handle/123456789/10223> (access date: 12.10.2022)

11. Pop T.M. Technology of short pastry with walnut leaf powder and «Zdorov'ya» flour. Food Science and Technology, Volume 10, No. 2, 2016. P. 58–65. <https://doi.org/10.15673/fst.v10i2.157>

12. Новікова О. В. Технологія виробництва хлібобулочних і борошняних кондитерських виробів: навч. посібник. Київ: Ліра-К, 2017. 540 с.

Стаття надійшла до редакції 16.11.2022 р.



**T. Semko, O. Ivanishcheva**  
**Vinnitsia Institute of Trade and Economics of State University of Trade and Economics**

## **FORMATION OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF SHORTBREAD BY USING ZOSTER**

### *Summary*

In the article the improvement of technology of production and increase food value of shortbread is reasonable by a way by the use of the dry ground up zoster as an important source of iodine and other mineral substances, cellulose, vitamins.

Technology of production of shortbread is improved with a zoster by the change of technological process on the stage of bringing of flour in mixture, that resulted in the improvement of structure-mechanical properties of finish goods.

The organic, physical and chemical, microbiological indexes of the worked out type of thin captain are investigational. At comparing of the got indexes to the control standard a substantial increase is educed in the pre-production model of part of such important for the organism of man of nutritives, as a cellulose, mineral substances, vitamin composition became better, especially on maintenance the vitamin of C. It testifies to the presence at the worked out good of new functional. The productive compounding of shortbread with a zoster is presented in a table

A problem of deficit of iodine today is one of serious factors of worsening of situation in relation to the physical and psychical health of population in the whole world. In Ukraine the problem of deficit of iodine diseases during the last years became sharp considerably. It is related both to liquidation of the previous system of prophylaxis of deficit of iodine diseases and with noticeable reduction in the feed of population of part of foods, in relation to rich on an iodine and other microelements [5].

In the conditions of unfavorable ecological and economic situation, armed aggression of russia, worsening of the state of health of considerable part of population of Ukraine of decision of this problem is extraordinarily

The worked out new type of shortbread with enhanceable maintenance of mineral substances, cellulose can be recommended for a feed with the aim of prophylaxis of trophonosiss and deficit of iodine to the unlimited contingent of consumers.

**Key words:** shortbread, deficit of iodine, zoster, functional properties, food value, technology, indexes, defects.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-22

УДК 664:633/635(045)

Л. М. Крижак, к.т.н.

ORSID: 0000-0002-4882-897X

Вінницький торговельно-економічний інститут ДТЕУ

e-mail: liliakrizhak44@gmail.com

## ПЕРСПЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПЛОДІВ САДОВОЇ ІРГИ (AMELANCHIER MEDIC) У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Анотація.* Споживачі в усьому світі шукають найсмачнішу та найпривабливішу їжу, водночас вимагаючи якісні продукти від виробника, які є натуральними, безпечними, поживними. Заміна синтетичних барвників натуральними барвниками викликала інтерес споживачів в останні роки. Через зростання попиту було проведено широкі дослідження, щоб знайти природні та безпечні харчові добавки, такі, як природні пігменти, які можуть мати користь для здоров'я. Саме природні барвники складаються з різноманітних пігментів, багато з яких мають значний біологічний потенціал та користь для здоров'я людини, тому викликають величезний інтерес у харчовій промисловості.

У статті розглядається використання регіональної натуральної природної сировини як функціонального харчового продукту. Дослідивши склад та фізико-хімічні характеристики ірги садової, можна забезпечити бажаний смак та колір в будь-якому харчовому продукті, а також мати позитивний вплив на здоров'я людини. Тому метою статті є поглиблений інформаційно-пошуковий огляд садової ірги – *Amelanchier canadensis* (L.) Medik – в якості перспективного харчового наповнювача та барвника з подальшим використанням в харчовій промисловості.

*Ключові слова:* садова ірга, біологічно активні речовини, біологічна цінність, мікронутрієнти, наповнювач, натуральний барвник, харчова промисловість.

*Постановка проблеми.* На сьогодні продовольчий ринок України засвідчує, що асортимент харчової продукції представлений переважно сухими наповнювачами та сумішами закордонного виробництва, склад яких важко ідентифікувати. Це ставить питання про необхідність проведення наукових і прикладних досліджень, спрямованих на пошук шляхів реалізації функціонально-технологічних властивостей плодово-ягідної сировини.



Використання традиційних видів сировини у харчовій промисловості практично вичерпали свої ресурси. Виробникам важко представити дійсно інноваційний натуральний продукт без широкого використання штучних барвників або ароматизаторів. Тому доцільно використовувати у харчовій промисловості нетрадиційну сировину, якою багаті сировинні ресурси України, адже серед переваг є низька або середня вартість, хімічний склад, висока біологічна цінність.

Використання садової, маловідомої ягоди ірги дозволить створити нові види наповнювачів з винятковою біологічною цінністю та новими цікавими смаковими властивостями, а також одержати безпечний натуральний барвник найпростішим способом. Отриманий барвник з ягід ірги є перспективним натуральним антоціановим барвником, який придатний для використання в якості додаткової сировини у виробництві молочних, кондитерських, безалкогольних виробів тощо.

Саме харчові продукти, які збагачені натуральними інгредієнтами, можуть корегувати дефіцит мікронутрієнтів, підвищувати антиоксидантний статус і сприяти нормалізації роботи усіх органів і систем організму людини [2].

Тому на сьогодні актуальним є використання маловідомої регіональної сировини – плодів ірги садової, вивчення її фізико-хімічного складу, є перспективою для подальших досліджень з метою використання в якості наповнювача та барвника в харчовій промисловості.

*Аналіз останніх досліджень.* Між виробниками харчових продуктів існує жорстка конкурентна боротьба, тому науковці й практики шукають нові шляхи поліпшення якості, розширення асортименту і створення продуктів підвищеної біологічної цінності з використанням натуральної сировини.

Вагомий внесок у наукове обґрунтування нових способів одержання і розробки прогресивних технологій функціональних добавок для харчових продуктів зробили вітчизняні та зарубіжні вчені: Павлюк Р. Ю., Пилипенко Л. М., Погарська В. В., Дібрівська Н. В., Яницький В. В. [1], також Хомич Г. П., Ткач Н. І. [2] та ін.

*Формування цілей статті (постановка завдання).* Метою дослідження було вивчити фізико-хімічний склад та властивості садової ірги з перспективою розширення асортименту фруктових наповнювачів та натурального барвника.

*Основна частина.* До виробників продуктів харчування споживачі постійно пред'являють нові вимоги. Зростання доходів споживачів, зміни способу життя та демографічних показників, а також зміна уподобань завдяки передовим знанням про зв'язок між їжею та здоров'ям сприяють новому попиту на продукти харчування.

Сьогодні їжа призначена не тільки для втамування голоду та



забезпечення необхідних поживних речовин, але й для запобігання захворюванням, пов'язаним з харчуванням, покращення фізичного та психічного емоційного стану. Таким чином, функціональні продукти можуть відігравати важливу роль у здоров'ї людини.

Достатнє використання фруктів та плодів може бути важливим джерелом корисних для здоров'я фітонутрієнтів з лікувальними властивостями. Крім того, фрукти часто мають високий вміст пігменту, що може бути альтернативою синтетичним барвникам. Натуральні антоціанові харчові барвники займають важливе місце серед барвних сполук, вилучених фізичним способом із рослинної сировини. Їх деколи піддають хімічним модифікаціям з метою поліпшення технологічних і споживних властивостей, а також зменшення реакційної здатності флаволідєвих ядер антоціанів.

Однак, асортимент плодово-ягідної сировини обмежений і вимагає пошуку нових культур місцевого регіонального значення. У цьому плані важливий інтерес представляє ірга, яка не знайшла широкого поширення через малу вивченість хімічного складу та технологічних властивостей, відсутності нормативної документації на свіжі плоди, а також науково обґрунтованих рекомендацій її раціонального використання як сировини для переробної промисловості.

Садова ірга, (*Amelanchier*, англ. *Serviceberry*) – це листопадний кущ або невелике дерево. Класифіковано до триби яблуневі (*Maleae*), родини розові (*Rosaceae*), ряду *Rosales*. Під *Amelanchier* названий «садовою іргою» через те, що «іргою» без прикметника називається рід *Cotoneaster*, колишній «кизильник» [3].

Під *Amelanchier* (родина *Rosaceae*) представлений приблизно 25 видами, широко поширеними в Північній Америці та в деяких частинах Євразії. *Serviceberry* походить із Північної Америки з Аляски, західної Канади та західної та північно-центральної частини США [4], також дуже розповсюджена на Україні.

В Україні зростає три види: *Amelanchier canadensis* – ірга канадська (інтродукований), *Amelanchier ovalis* – ірга овальна, *Amelanchier spicata* – ірга колосиста (інтродукований). Ірга легко пристосовуються до зовнішніх умов, часто зустрічається в дикому вигляді. Насіння розповсюджується птахами [4, 5].

*Amelanchier canadensis* (L.) Medik. зазвичай називають садовою ягодою, є потенційним функціональним продуктом харчування з біологічно активними речовинами, які також використовується в лікувальних цілях (рис. 1). До біологічно активних речовин, здатних мобілізувати захисні сили організму, окрім вітамінів, зараховують різні фенольні сполуки, зокрема біофлавоноїди [6, 7, 8].

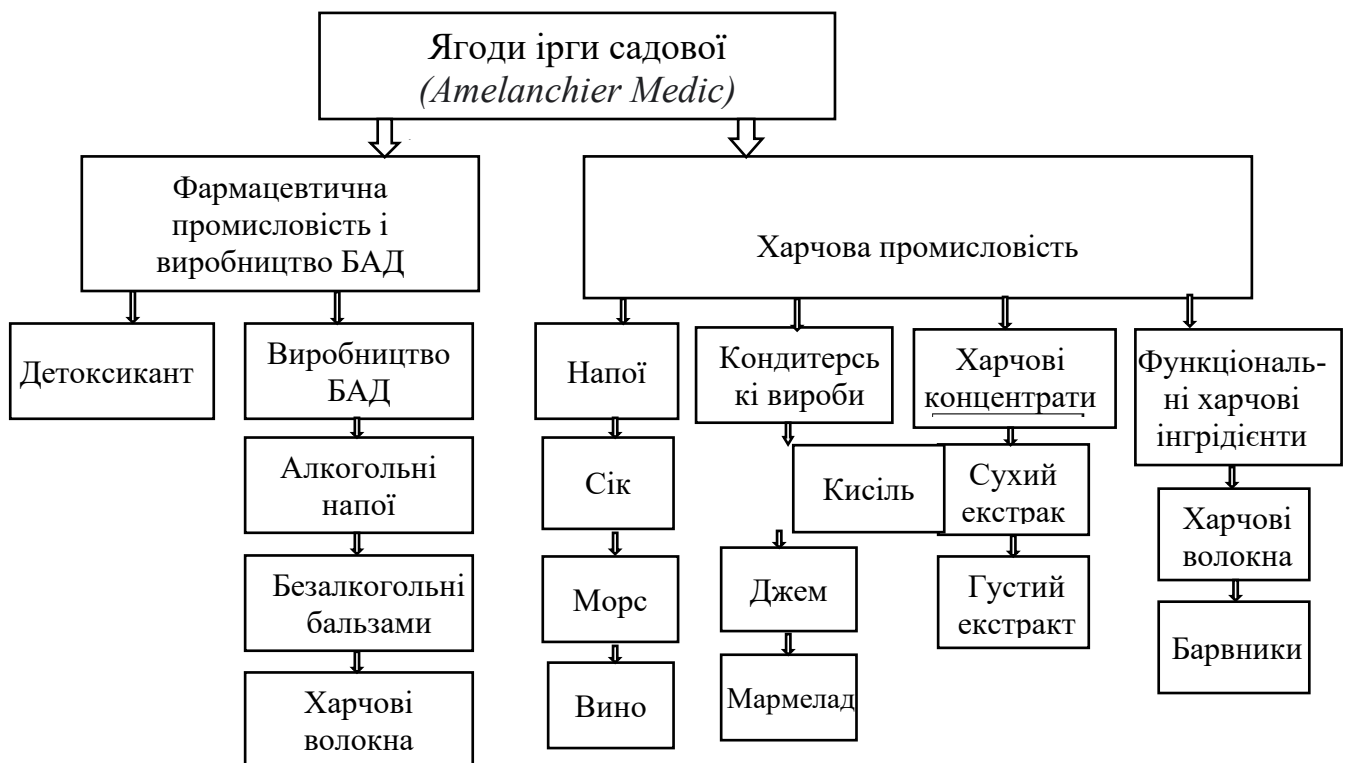


Рисунок 1. Перспективні напрямки використання плодів садової ірги

*A. alnifolia*, *A. Arborea* та *A. Canadensis* є найвідомішими видами. *A. Alnifolia* (*Saskatoon serviceberry* або *Alderleaved serviceberry*) є західним північноамериканським видом. Він зустрічається як багатостовбурний кущ висотою від 2–3 м: деякі генотипи культивуються для комерційного виробництва фруктів у західних США та Канаді. Його плоди приблизно 1 см у діаметрі, синьо-фіолетові і дозрівають у липні.

*A. Arborea* (*Downy serviceberry*) – це східно-північноамериканський великий чагарник або невелике дерево заввишки 8-10 м, яке схрещується з *A. Laevis* для отримання сортів для ландшафтної промисловості в США. Плоди *A. Arborea* пурпурно-чорні, трохи солодкі та дозрівають наприкінці червня.

*A. Canadensis* (*Shadblow serviceberry*) – ще один східний північноамериканський вид. Дозріває на початку червня і використовується в ландшафтній торгівлі. Це чагарник або невелике деревце, що досягає 8 м у висоту, зі стрімкою кроною і гладкою попелясто-сірою корою. Гілочки тонкі, червонувато-коричневі, стають голими під час цвітіння, а листки чергові, прості, овально-обернено-яйцеподібні або майже круглі. Бордово-фіолетові плоди схожі на плоди *A. Arborea* (насіннава, 7-15 мм у поперечнику, голі, вкриті воском) [4].

Стигли плоди *Amelanchier* spp. солодкі з синьо-фіолетовим відтінком, тому дуже зростає інтерес до його використання в харчовій



промисловості (фреші, пироги, тістечка, варення, джеми, желе, спреди зі злаків, закуски). Фрукти також додають у сидр, вино, пиво чи чай [8].

Склад плодів значно варіює залежно від сорту, стадії дозрівання при зборі та умов вирощування. Є інформація щодо хімічного складу *Amelanchier* spp., але фітохімічні дослідження *A. Canadensis* рідко зустрічаються в літературі. Однак, доступна література зазвичай наголошує на його важливих перевагах для здоров'я: виявляється, що ягоди садової ірги є чудовим джерелом марганцю, магнію та заліза, а також відносно хорошим джерелом кальцію, калію, міді та каротиноїдів (наприклад, лютеїну). Плоди ірги багаті нутрицевтиками, зокрема фенольними сполуками, як антоціани, хлорогенова кислота, катехіни та рутин [9].

Крім того, *Amelanchier* spp. олія насіння може слугувати потенційним дієтичним джерелом токоферолів, стеринів і ненасичених жирних кислот [4].

На основі проведених науковцями досліджень використання регіональної місцевої сировини садової ірги можна зробити висновок, що вона має не тільки значну поживну цінність, але і високий вміст біологічно активних речовин (табл. 1) [2].

Таблиця 1

## Вміст біологічно-активних речовин в ірзі садовій

Найменування сировини	Масова частка, %		Масова концентрація, мг/100 г		
	сухих речовин	титрованих кислот	L – аскорбінової кислоти	барвних речовин	фенольних речовин
Ірга садова <i>Amelanchier canadensis</i> (L.) Medik.	13,6	0,57	18,52	240,57	525,30

Визначено, що вітчизняна сировина ягід ірги садової характеризуються високим вмістом фенольних (525,30 мг/100 г), барвних (240,57 мг/100 г) та інших біологічно активних речовин.

Дослідження вітамінного складу плодів ірги показало наявність вітамінів групи В, високий вміст каротиноїдів та аскорбінової кислоти відповідно на 2/3 і 1/3, що задовольняють добову потребу в них організму людини. Крім того, ірга багата біофлавоноїдами, у присутності яких вітамін С виявляє найбільшу активність (табл. 2).

Науковцями проведено ряд досліджень, які показали, що плоди звичайної садової ірги містять досить багатий набір макро- і мікроелементів (сполуки калію, натрію, кальцію, магнію, заліза, марганцю, цинку, бору, невелика кількість міді і кобальту) [2].

Завдяки високій Р-активній та С-вітамінній цінності свіжу іргу, а

Таблиця 2



## Вітамінний і мінеральний склад садової ірги

Найменування показника	Вміст ±
Масова частка вітамінів, м/100 г	
С (аскорбінова кислота)	25±2,5
В <sub>1</sub> (тіамін)	0,1±0,01
В <sub>2</sub> (рибофлавін)	0,3±0,02
В <sub>3</sub> (пантотенова кислота)	3,5±0,2
В <sub>6</sub> (піридоксин)	0,2±0,01
Р (біофлавоноиди)	2000±50,0
Каратиноїди (всього)	2,0±0,2
Мінеральні речовини, мг/100 г	
Фосфор	0,1±0,01
Калій	0,2±0,02
Кальцій	0,4±0,04
Магній	0,2±0,02
Марганець	1,24±0,12
Кобальт	0,02±0,002
Нікель	0,02±0,002
Хром	0,41±0,04
Залізо	2,94±0,3
Цинк	0,4±0,04
Мідь	0,069±0,007

також продукти її переробки можна включати до раціонів харчування широких верст населення як профілактику їх всесезонного дефіциту. З мінеральних речовин у плодах ірги присутній марганець, хром, залізо, цинк, інші макро- та мікроелементи, необхідні для організму людини.

Таким чином, проведені дослідження показали, що плоди ірги є високоцінною в харчовому відношенні сировиною завдяки наявності в них комплексу біологічно активних речовин. Літературні дані, отримані в наших дослідженнях, дозволяють стверджувати, що плоди роду ірги є збалансованим рослинним джерелом.

*Висновки.* Таким чином, доведено, що ірга є чудовою сировиною для отримання натурального наповнювача та барвника. Змінюючи технологічні параметри виробництва продуктів, можна одержати натуральний барвник з ірги з оптимальним вмістом флавонолових сполук, менш чутливий до умов технологічної переробки, зберігання, а також із легко відтворюваними, стійкими, добре насиченими кольорами. Доцільно продовжувати дослідження впливу ферментів, температури, наявності кисню, іонів важких металів, світла, рН-середовища на стабільність антоціанового барвника, вилученого з ягід ірги, з метою впровадження раціональних технологічних режимів переробки рослинної сировини.





## Список використаних джерел

1. Павлишин М. Л. Дослідження борошняних виробів з нетрадиційної сировини. *Вісник ЛТЕУ. Технічні науки*, 2013. №. 13. С. 38-40.
2. Хомич Г. П., Ткач Н. І. Розширення асортименту консервованої продукції з використанням соків дикорослої сировини. *Науковий вісник PUET: Technical Sciences*, 2015. №. 1 (57).
3. Олейнікова О. М. Ірга. Садові декоративні рослини. Харків: «Веста», 2010. С. 119.
4. Lim T. K. Edible medicinal and non-medicinal plants. Dordrecht, The Netherlands: Springer, 2012. Т. 1. С. 656-687.
5. Ірга. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/> (дата звернення 12.12.2022).
6. Хомич Г. П., Ткач Н. І. Використання дикорослої сировини для забезпечення харчових продуктів БАР: монографія. Полтава : РВВ ПУСКУ, 2009. 159 с
7. Ірга канадська. Лікарські рослини: енциклопедичний довідник за ред. А. М. Гродзінського. Київ: Видавництво «Українська Енциклопедія» ім. М. П. Бажана, Український виробничо-комерційний центр «Олімп», 1992. 185 с.
8. Bakowska-Barczak A.M., Kolodziejczyk P. Evaluation of Saskatoon berry (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) cultivars for their polyphenol content, antioxidant properties, and storage stability. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56 (2008). Pp. 9933–9940.
9. Borowska J., Zadernowski R., Markowski M., Białobrzewski I. Wykorzystanie owoców krzewów mniej znanych w produkcji suszu. *Zeszyty problemowe postępow nauk rolniczych* 1999 z. 468. Pp. 301–309

Стаття надійшла до редакції 15.12.2022 р.

**L. Kryzhak**

**Vinnitsia Trade and Economic Institute of DTEU**

## **PROSPECTIVE USE OF AMELANCHIER MEDIC FRUITS IN THE FOOD INDUSTRY**

### **Summary**

Consumers around the world are looking for the biggest and most attractive food, while demanding products from producers that are natural, safe, nutritious. The replacement of synthetic dyes with natural dyes has attracted the interest of consumers and the market in recent years. Due to increasing demand, extensive research has been conducted to find natural and safe food additives such as natural pigments that can have health benefits. Natural dyes consist of a variety of pigments, many of which have significant biological potential and benefits for human health, and are therefore of great interest in the food industry.



The article presents the use of regional natural raw materials as a functional food product. By characterizing the composition and physicochemical properties, garden yarrow can provide the desired taste and color in any food product, as well as have a positive effect on human health, so the article contains an in-depth informational and research review of garden yarrow - *Amelanchier canadensis* (L.) Medic, as a promising food filler and dye with further use in the food industry.

The use of a garden, little-known berry – juneberry allows to create new types of fillers with a different biological value and new interesting taste properties, as well as to preserve a safe natural dye in the simplest way. The obtained dye from juneberry is a promising natural anthocyanin dye, which is suitable for use as additional raw materials in the production of dairy, confectionery, non-alcoholic, meat products, etc.

It is food products enriched with natural ingredients that can correct the deficiency of trace elements, increase the antioxidant status and contribute to the normalization of the work of all human organs and systems.

**Key words:** garden juneberry, biologically active substances, filler, dye, food industry.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-23

УДК 664.681.2

А. С. Роженко, здобувач СВО «Магістр»

О. Ю. Мельник, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-9201-7955

Сумський національний аграрний університет

e-mail: alinka01rozenko@gmail.com, тел.: (050)2131064

## ВИКОРИСТАННЯ КАЛИНИ ТА ПРОДУКТІВ ЇЇ ПЕРЕРОБКИ У ВИРОБНИЦТВІ ЗДОБНИХ ВИРОБІВ

*Анотація.* В статті теоретично обґрунтовано та практично доведено використання продуктів переробки калини (порошку та пюре), які мають у своєму складі цінні біологічно активні речовини: органічні кислоти, вітаміни, вуглеводи, антиоксиданти, макро- та мікроелементи, пектинові речовини тощо. Це дає можливість, як збагатити борошняні вироби незамінними харчовими компонентами, так і застосовувати їх для поліпшення технологічних властивостей сировини. Тому використання продуктів переробки ягід є перспективним напрямком збагачення кулінарних виробів та харчової продукції для підвищення їх харчової цінності.

Досліджено вплив калини на органолептичні та фізико-хімічні показники якості готових виробів та встановлено перспективи використання у виробництві хлібобулочних виробів функціонального призначення.

*Ключові слова:* хлібобулочні вироби, здобні вироби, порошок із калини, пюре калини, вітаміни.

*Постановка проблеми.* Улюбленими стравами населення нашої країни є борошняні кондитерські та здобні вироби, які характеризуються високим вмістом жиру, яєць та цукру. Вони мають приємний смак, тонкий аромат та привабливий зовнішній вигляд. Виробництво борошняної кондитерської та здобної продукції відбувається на підприємствах ресторанного господарства та у спеціалізованих кондитерських та хлібних цехах. Асортимент цієї продукції нараховує більше 500 найменувань.

У сучасних умовах є необхідність у поновленні та розширенні асортименту здобних виробів за рахунок використання різних видів сировини, зокрема сировини місцевого значення, для підвищення біологічної та харчової цінності борошняних виробів. Для розробки нових технологій здобних хлібобулочних виробів виникає необхідність



використання рослинної сировини, яка є джерелом поживних речовин та збагачує вироби вуглеводами, вітамінами, дубильними, ароматичними та мінеральними речовинами. Рослинна сировина може застосовуватися не тільки для підвищення харчової цінності, але й для надання виробам лікувально-профілактичного призначення [1, 2].

*Аналіз останніх досліджень.* Використанню нетрадиційної сировини та харчових добавок у виробництві продуктів харчування присвячено роботи вітчизняних та зарубіжних учених А. М. Дорохович, В. І. Дробот, М. М. Калакури, Л. І. Карнаушенко, І. В. Сирохмана, С. Я. Корячкиної, В. Sullivan та ін. Показано, що перспективними є продукти із застосуванням порошків після висушування овочів та фруктів [3].

*Формулювання мети статті.* Визначити вплив продуктів переробки калини на органолептичні та фізико-хімічні показники якості здобних хлібобулочних виробів.

*Основна частина.* Ягоди часто використовуються у хлібопекарській промисловості для збільшення візуальної привабливості та аромату хлібобулочних виробів. Однак висока водна активність свіжих ягід робить їх дуже швидкопсувними і їх важко зберігати у виробничих умовах. Подрібнення свіжих ягід та їх сушіння є одним із способів збереження їх у більш стійкій для зберігання формі, одночасно дозволяє зменшити відходи від псування сировини. Використання порошкоподібної форми ягід у виробництві хлібобулочних виробів має багато переваг, включаючи підвищену стійкість до зберігання та простоту використання, додавання смаку і кольору та підвищення харчової цінності.

Висушені ягоди не вимагають складних умов зберігання, лише підтримку постійної вологості і збереження цілісності вакуумної упаковки для забезпечення високої якості сировини. Іншою вимогою до ягідних порошків, які використовуються для продуктів функціонального призначення є збереження їх первісного складу біологічно активних речовин. Дані вимоги можна задовольнити, здійснюючи сушку при температурі не більше 35-50 °С. Виконання таких умов можливе шляхом вдосконалення традиційних технологій для забезпечення високої якості продукції, низького енергоспоживання виробництва і доступної вартості готової продукції. Перспективним способом висушування ягідних порошків є використання методу низькотемпературної вакуумної технології сушіння, який дозволить отримати порошок, який може широко використовуватися у виробництві харчової продукції з підвищеною харчовою цінністю [4,5].

Перспективною сировиною для збагачення здобних виробів є ягідний порошок, а саме порошок калини. Калина є цінним носієм вітамінів та інших біологічно активних речовин. Ці ягоди містять



вітаміни А, С, Е, К, Р, а також мідь, залізо, марганець, калій, цинк. Серед корисних речовин калини – флавоноїди, органічні кислоти (кофеїнова, валеріанова і аскорбінова - вона ж вітамін С), ефірні масла, бета-каротин і дубильні речовини. Характерний калиновий запах і специфічну гіркоту ягодам надає вібурнін – речовина, яка має судинозвужувальну дію. Однак під час термічного оброблення кількість її значно зменшується. Широкий спектр корисних властивостей калини забезпечує інтерес до неї, як до перспективного виду сировини для отримання продуктів функціонального призначення [5, 6].

В процесі приготування здобних булочок з начинкою порошок калини додавали у кількості 3,0; 5,0; 7,0 % до маси борошна, а також вносили пюре калини у вигляді начинки. Органолептичні показники якості здобної булочки із додаванням різної кількості порошку із калини наведено у таблиці 1.

Після проведених досліджень можна зробити висновок, що порошок калини доцільно вносити в тісто у кількості 5,0 % до маси борошна. Додавання порошку калини сприяє наданню виробам приємного калинового смаку, м'якушка булочки стає світло-коричневого кольору, виріб набуває приємного аромату та ледь відчутного смаку калини. Збільшення кількості порошку призводить до потемніння м'якушки та надання виробам вираженого кислого смаку та аромату калини.

Враховуючи те, що порошок калини містить в своєму складі органічні кислоти, було досліджено вплив внесення порошку на кислотність тіста та зміну її в процесі бродіння, а також на кислотність готових виробів [7].

Дослідження зміни титрованої кислотності напівфабрикату тіста в процесі бродіння представлено на рисунку 1.

Згідно з отриманими даними робимо висновок, що кислотність тіста до бродіння з додаванням 7,0 % порошку калини у 2,5 рази більша, ніж у тісті без порошку калини. Кислотність тіста після бродіння збільшилась у 1,5 рази. Це зумовлено вмістом, утворенням і накопиченням деяких кислот у тісті, таких як молочна, оцтова та інших органічних кислот.

Отже, внесення порошку калини сприяє підвищенню кислотності тіста пропорційно кількості внесеної добавки, що дозволяє пришвидшити процеси дозрівання тіста і скоротити технологічний процес.

Отримані дані свідчать, що кислотність виробів з додаванням 7,0 % порошку калини у 4 рази вища, ніж у виробів без додавання порошку і перевищує допустимі норми для здобних виробів (2,5-4,0 град), однак кислотність виробів з додаванням 3,0 % та 5,0 % знаходиться в межах норми [8, 9].



Таблиця 1

Порівняльна характеристика органолептичних показників булки здобної та булочок із додаванням порошку із калини

Предмет дослідження	Найменування показника			
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах та смак	Стан м'якушки
Булочка здобна	Форма кругла, поверхня без тріщин, глянцева	Від світло-жовтого до темно-коричневого без підгорілості	Відповідає даному виду виробу, без стороннього запаху та смаку	Еластична, пропечена, без слідів непромісу
Булочка здобна із додаванням 3,0 % порошку калини	Форма кругла, поверхня без тріщин, глянцева	Від світло-жовтого до темно-коричневого без підгорілості	Запах властивий даному виробу з ледь помітним ароматом порошку калини	Еластична, пропечена, без слідів непромісу
Булочка здобна із додаванням 5,0 % порошку калини	Форма кругла, поверхня без тріщин, глянцева	Світло-коричневий	Запах властивий даному виробу з ледь помітним ароматом порошку калини, ледь помітний кислий смак	Еластична, пропечена, без слідів непромісу
Булочка здобна із додаванням 7,0 % порошку із калини	Форма кругла, поверхня без тріщин, глянцева	Коричневий	Виразений аромат порошку калини, кислуватий смак	Еластична, пропечена, без слідів непромісу

Визначення фізико-хімічних показників якості готових виробів представлено у таблиці 2.

Також змінюється вологість здобних виробів із збільшенням кількості порошку калини, масова частка вологи зростає. Це можна пояснити тим, що у складі калини міститься значна кількість пектинових речовин, які здатні утримувати вологу та зменшувати її випаровуванню.

Згідно ДСТУ 4585:2006 вміст вологи в здобній булочці не повинен перевищувати 30 %. Масова частка вологи у досліджуваних зразках відповідає вимогам ДСТУ 4585:2006. У процесі випікання здобних виробів за рахунок незначної маси відбувається випаровування вологи, як результат зменшується маса готового виробу. Додавання порошку

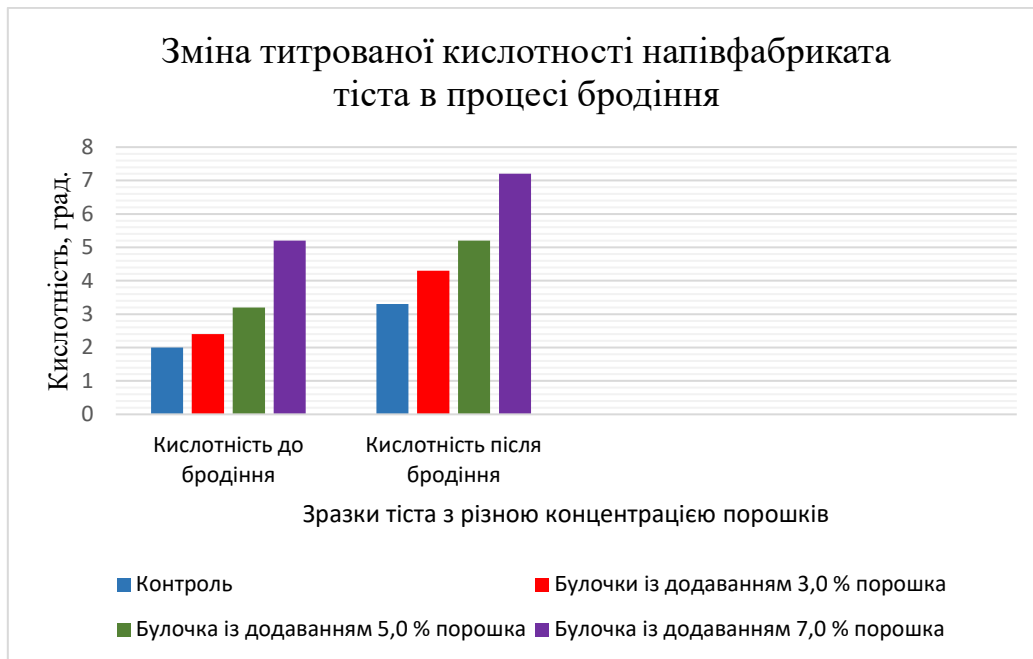


Рисунок 1. Зміна титрованої кислотності тіста в процесі бродіння

Таблиця 2

Визначення титрованої кислотності готових виробів

Найменування виробів	Кислотність готових виробів, град
Контроль	1,1
Булочки з додаванням 3,0 % порошку	2
Булочки з додаванням 5,0 % порошку	3,4
Булочки з додаванням 7,0 % порошку	4,6

калини зменшує величину упікання виробу за рахунок здатності ягідних порошоків утримувати вологу у виробі. Калина, як правило, багата клітковиною, вміст якої впливає на в'язкість тіста та на властивості готового продукту. Клітковина має високу вологоутримувальну здатність, тому збільшує в'язкість тіста. За рахунок додавання порошку калини, який містить клітковину, відбувається зменшення упікання виробів та подовження терміну зберігання за рахунок зв'язаної води (табл. 3) [7,10].

Крім порошку калини, який вносили в тісто, до виробів додавали пюре свіжої калини у вигляді начинки. Під час проведення дослідів для приготування начинки використовували пюре калини, яблучне пюре, модифікований крохмаль холодного набування та цукор [8]. Враховуючи те, що в процесі термічного оброблення відбувається втрата вітамінів, для приготування начинки використовували модифікований крохмаль холодного набування, внесення якого у



Таблиця 3

Дослідження масової частки вологи та кислотності готових виробів

Найменування виробів	Вологість готових виробів, %
Контроль	22,3
Булочки з додаванням 3,0 % порошку	25,1
Булочки з додаванням 5,0 % порошка	26,2
Булочки з додаванням 7,0 % порошка	27,1

начинку дозволяє отримати необхідну структуру напівфабрикату без термічного оброблення [11].

Начинку готували з різним співвідношенням яблучного та калинового пюре, які поєднували у кількості 90:10, 80:20, 70:30 відповідно, додавали цукор, у кількості 20,0 % та модифікований крохмаль – 6,0 % на 100,0 г суміші пюре.

В результаті проведених досліджень встановили, що співвідношення яблучного та калинового пюре 80:20 відповідно є найбільш раціональним, отримана начинка має приємний кислуватий смак з ароматом калини та яблук. Більша концентрація пюре калини надає начинці гіркий та кислий присмак, а начинка з найменшою концентрацією калинового пюре має виражений смак яблук, без запаху та смаку калини [12, 13].

Харчову цінність здобної булочки з калиною визначали розрахунковим методом, результати представлені в таблиці 4.

З таблиці бачимо, що так як основною сировиною для виробництва здобної булочки є пшеничне борошно вищого сорту, то булка містить велику кількість вуглеводів (56,3 г на 100 г), невелику кількість білків (5,1 г на 100 г) та жирів (5,2 г на 100 г).

Зміна харчової цінності залежить від зміни внесених компонентів до складу виробів. Таким чином при внесенні порошку калини та фруктовій начинки відбувається поліпшення хімічного складу здобних булочок [14]. При внесенні порошку калини та начинки з пюре калини у виробі підвищується вміст вітамінів та мінеральних речовин, а саме вітаміни: С, В<sub>2</sub>, Е, РР, К, і мінерали: йод, магній, фосфор, залізо, калій, кальцій. Вироби збагачуються харчовими волокнами та в незначній мірі у них збільшується вміст білку та жиру [15].

З вище сказаного, можна зробити висновок, що додавання порошку калини та начинки з пюре калини до рецептурного складу здобних виробів позитивно відображається на харчовій цінності готового продукту.





Таблиця 4

## Харчова цінність булочки здобної з калиною

Назва сировини та показників	Білки, г	Жири, г	Вуглеводи, г	Харчові волокна, г	Калорійність, ккал
Розрахунок на 100 г готового виробу					
Для тіста:					
Борошно пшеничне вищого сорту	4,2	0,4	31,1	0,1	137,3
Дріжджі пресовані	0,2	0,04	0	0,12	2,8
Порошок калини	0,01	0,04	0,15	0,01	0,55
Цукор-пісок	0	0	17	–	67,4
Сіль	0	0	0	–	0
Меланж	0,7	0,6	0,04	–	8
Вода	0	0	0	–	0
Маргарин	0,03	4,1	0,05	–	18,1
Ванілін	0	0	0	–	0
Для начинки:					
Яблучне пюре	0,04	0,02	2,24	0,5	8,8
Пюре калини	0,01	0,04	0,15	0,01	0,6
Цукор	0	0	4,0	–	17,6
Крохмаль	0,01	0	1,3	–	4,4
Всього, г	5,1	5,2	56,3	0,74	265,6
Норма споживання, г/добу	76,0	56,0	219,0	35,0	2300 ккал/добу
Задоволення добової потреби, %	6,7	9,3	25,7	2,1	11,5

*Висновки.* Таким чином, дослідження показують, що додавання порошку з калини в рецептуру здобної булочки позитивно впливає на структурно-механічні властивості тіста за рахунок вмісту в порошок білково-полісахаридних комплексів, прискорює технологічний процес та надає виробам приємного аромату та смаку. Під час зберігання готових борошняних виробів спостерігаються процеси всихання і черствіння: вироби стають ламкими, крихкими, погіршуються їх органолептичні властивості. Додавання порошку калини уповільнює процес черствіння, покращує якість готових виробів, підвищує їх харчову цінність та споживчі властивості продукту, тому використання калини та продуктів її переробки у виробництві здобних виробів є досить актуальним.



## Список використаних джерел

1. Бодак М. П. Використання нетрадиційної сировини для хлібобулочних виробів. *Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча*. 2014. Вип. 14. С. 113–116.
2. Дробот В. Поговоримо ще раз про харчові добавки та їх функціональну роль в технологічному процесі. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2011. № 5. С. 8–10.
3. Маковська І. С., Новосьолов С. В. Аналіз та перспективи використання калини у виробництві плодоягідних сиропів функціонального призначення. 2011. № 4/2. С. 137–145.
4. Сиза О. І., Савченко О. М., Гулова Я. І., Яцко Ю. С. Функціонально-технологічні властивості порошоків з вичавків плодів культур у харчових технологіях. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції, Чернігів (26-29 квітня 2016 р.)*, Чернігів: ЧНТУ, 2016. С. 228–230.
5. Касіяничук В. Д., Ковач М. М., Касіяничук М. В. Перспективи використання дикорослих плодів, ягід і грибів в умовах Прикарпаття для виготовлення продукції лікувально-профілактичного призначення. *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. Львів: РВВ НЛТУ України. 2013. Вип. 23.7. С. 152–155.
6. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (14-15 листопада 2018 р.), м. Київ. К.: НУХТ, 2018. 171 с.
7. Мазаракі А. А. Технологія харчових продуктів функціонального призначення. Київ: КНТЕУ. 2012. 1116 с.
8. ДСТУ 7045:2009. Вироби хлібобулочні. Методи визначання фізико-хімічних показників. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 14 с.
9. Сафонова О. М. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини : дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01. НУХТ. К., 2007. 335 с.
10. Daubaras R., Viškelis P. Evaluation of productivity and biochemical components in fruit of different. *Viburnum accessions. Biologija*, 2008. Vol. 54. No. 2. P. 93–96.
11. Roberfroid M. B. Global view on functional foods: European perspectives. *British J. Nutrition*. 2002. v. 88, suppl. 2. P. 133–138.
12. Fuentes-Zagarova E., Riquelme-Navarrete M.J., Sanchez-Zapata E. Resistant starch as functional ingredient: a review. 2010. V.43. P. 931–942.
13. Machida K., Kikuchi M. Studies on the constituents of Viburnum Species. *Viburnans: Six new triterpenoids from Viburnum dilatatum*. Chem. Pharm. Bull., 1997. Vol. 45. P. 1928–1931.



14. Koryachkina, S. Ya. *Novyye vidy muchnykh konditerskikh izdeliy* [New types of flour confectionery products]. Orel: Trud, 2006. 480 s.

15. Muzalevskaya R.S., Baturina N.A. Bakery products with additives of wild plants, *News of universities. Food technology* 2004. No.1. P. 66–67.

Стаття надійшла до редакції 08.11.2022 р.

**A. Rozhenko, O. Melnyk,**  
**Sumy National Agrarian University**

## **USE OF VILLA AND ITS PROCESSING PRODUCTS IN THE MANUFACTURE OF FINE PRODUCTS**

### *Summary*

Abstract. Currently, flour confectionery products are in high demand among the population of Ukraine. But the main drawback of traditional flour confectionery products is that the chemical composition of these products lacks dietary fibers and water-soluble vitamins and minerals that the human body needs.

In our time, the production of flour products with the use of various food additives has gained significant development. From this point of view, the products of fruit and berry processing, which contain valuable biologically active substances in their composition: vitamins, antioxidants, carbohydrates, organic acids, pectin substances, macro- and micro-elements, etc., are promising. This gives an opportunity both to enrich flour products with irreplaceable food components, and to use them to adjust the technological properties of raw materials.

A promising source of dietary fibers, vitamins and microelements can be the powder obtained from the berries of viburnum. The use of viburnum powder in bakery products has many advantages, including speeding up the technological process, increased storage stability and ease of use, adding flavor, color and increasing nutritional value. Constant use of products with a functional purpose will improve the quality of nutrition, increase the body's immunity and saturate it with the necessary nutrients.

The article theoretically substantiates and practically proves the use of viburnum processing products (powder and puree), which contain valuable biologically active substances: organic acids, vitamins, carbohydrates, antioxidants, macro- and microelements, pectin substances, etc. This makes it possible to enrich flour products with irreplaceable food components, and to use them to improve the technological properties of raw materials. Therefore, the use of berry processing products is a promising way of enriching culinary products and food products to increase their nutritional value.

The effect of viburnum on the organoleptic and physico-chemical indicators of the quality of finished products was studied, and the prospects for its use in the production of functional bakery products were established.

**Keywords:** bakery products, dairy products, viburnum powder, viburnum puree, vitamins



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-24

УДК 641:612:3(045)

О. В. Пахомська, асистент

ORCID: 0000-0002-0915-8811

Вінницький торговельно-економічний інститут ДТЕУ

e-mail: olana1980@ukr.net, тел.: (098)7878853

## ХАРЧОВІ ДОБАВКИ: КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ

*Анотація.* У статті представлені нові дані про використання харчових добавок в Україні, про вміст їх у харчових продуктах, тенденції зростання та обсяги виробництва у світі.

Термін "харчові добавки" в справжній час не має одного тлумачення. В більшості випадків під харчовими добавками розуміють групу речовин природного чи штучного походження, які використовуються для покращення технології отримання продуктів спеціалізованого призначення.

Харчові добавки – природні, ідентичні природним або штучні (синтетичні) речовини, зазвичай невживані в якості харчового продукту, але які навмисно вводять в харчовий продукт з технологічних міркувань на різних етапах виробництва, зберігання, транспортування з метою поліпшення або полегшення виробничого процесу або готельних операцій, збільшення стійкості продукту до різних видів псування, збереження структури і зовнішнього вигляду продукту або спеціальної зміни його органолептичних властивостей.

Число харчових добавок, вживаних у виробництві харчових продуктів в різних країнах, досягає сьогодні 500, не рахуючи комбінованих добавок, окремих харчових речовин і ароматизаторів. У Європейському Союзі класифіковано близько 300 харчових добавок, для гармонізації використання яких Європейським Союзом розроблена раціональна система цифрової кодифікації харчових добавок. Вона включена до кодексу ВООЗ для харчових продуктів як міжнародна цифрова система кодифікації харчових добавок. Кожній харчовій добавці присвоєний цифровий три- або чотиризначний номер (у Європі з попередньою йому буквою E). Ці номери (коди) використовуються у поєднанні з назвами функціональних класів, що характеризують групу харчових добавок за технологічними функціями (підкласами).

У статті наведено перелік харчових продуктів, в яких заборонені харчові добавки. Були розглянуті харчові добавки, що дозволені й заборонені в Україні та їх побічні ефекти. Проаналізовано ринок



поширених продуктів харчування, в якому використовуються харчові добавки.

*Ключові слова:* харчові добавки, продукти харчування, органолептичні властивості, консерванти.

*Постановка проблеми.* Технічний прогрес у харчовій та переробній областях у світі базується на досягненнях науки, у тому числі, науки про харчування, і пов'язаний із новими технологічними можливостями, що з'явилися та продовжують з'являтися внаслідок досягнень науки та техніки. Великий вплив на нього має погіршення стану екології, жорстка конкуренція продуктів харчування на ринку. Усе це приводить не тільки до вдосконалення технології отримання традиційних продуктів харчування, а й створення нового покоління цих самих продуктів, що відповідають вимогам та реаліям сьогодення. Це продукти харчування зі збалансованим складом, низькою калорійністю, пониженим вмістом цукру та жирів, спеціального функціонального призначення, а також, продукти швидкого приготування та тривалого терміну зберігання. Створення продуктів харчування, що відповідають цим вимогам, у наш час є неможливим без застосування харчових добавок. Також, вони відіграють велику роль для технологій традиційних продуктів харчування майбутнього [1].

Широке використання харчових добавок, у сучасному розумінні почалось лише в кінці 19 ст., і швидко досягло максимального розповсюдження в наші дні у всіх країнах світу. Не дивлячись на існуюче в багатьох переконання, харчові добавки по гостроті, частоті і тяжкості можливих захворювань треба віднести до розряду речовин мінімального ризику.

*Аналіз останніх досліджень.* Окремі аспекти використання харчових продуктів та вплив на організм людини висвітлювалися у працях В. І. Смоляр, М. А. Гораш, А. М. Лучко, В. І. Воробйова, О. Е. Чигиринець, Т. М. Пилипенко, Л. А. Хрокало, В. Г. Єфімова. Разом з тим існує ряд питань, які потребують додаткового вивчення.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою статті є дослідження стану використання харчових добавок у виробництві харчових продуктів.

*Основна частина.* Термін "харчові добавки" в справжній час не має одного тлумачення. В більшості випадків під харчовими добавками розуміють групу речовин природного чи штучного походження, які використовуються для покращення технології отримання продуктів спеціалізованого призначення. До харчових добавок, як правило, не відносять з'єднання, котрі збільшують харчову цінність продуктів (вітаміни, мікроелементи тощо). Не являються харчовими добавками і



речовини, котрі забруднюють продукти, потрапляючи з навколишнього середовища.

Отже, харчові добавки – це речовини, сполуки, які свідомо вносять в харчові продукти з метою виконання певних функцій. Такі речовини, називають також прямими харчовими добавками, що не є сторонніми, як, наприклад, різні контамінанти, що «випадково» потрапили в їжу на різних етапах її виробництва.

Ряд харчових добавок з'являється в їжі незалежно від бажання виробника в процесі виробництва продукту або його упаковки. Людина щорічно разом з харчовими продуктами отримує від 0,2 до 1,0 міліграма бензапірена: за рахунок речовин з диму при копченні; ксенобіотиків, що з'являються з пакувальних пластмас.

Історія харчових добавок (оцтова кислота, куховарська сіль та ін.) налічує декілька тисячоліть. Проте тільки в ХХ ст., в його другій половині, їм стали приділяти особливу увагу [2].

Харчові добавки у наш час виступають як найпоширеніші біологічно активні ксенобіотики, що вводяться в організм із зовнішнього середовища. При цьому розвинені країни випробовують найбільшу дію цього потужного хімічного потоку.

Харчові добавки допускається застосовувати тільки у тому випадку, якщо вони навіть при тривалому використанні не загрожують здоров'ю людини. В той же час вимоги до оцінки безпеки харчових добавок свідомо нижче, ніж до ліків.

Харчові добавки розділяють на декілька груп:

- речовини, що регулюють смак продукту (ароматизатори, смакові добавки, підсилювачі смаку, підсолоджуючі речовини, кислоти і регулятори кислотності);

- речовини, що покращують зовнішній вигляд продукту (барвники, стабілізатори кольору, вибілювачі). Барвники помітно виділяються з харчових добавок своїми небезпечними властивостями. Серед барвників зустрічається багато канцерогенів;

- речовини, що регулюють консистенцію і формують текстуру (загусники, гелеутворювачі, стабілізатори, емульгатори та ін.); речовини, що підвищують збереження продуктів і збільшують термін зберігання (консерванти, антиоксиданти та ін.) [3].

У кожному класі харчових добавок зустрічаються сполуки, небезпечні для здоров'я. Для харчових добавок існують ГДК, ДДП, ДДС, які постійно удосконалюються. Для деяких натуральних харчових добавок, що не представляють загрозу для здоров'я навіть у великих кількостях, гранично допустимі концентрації в продуктах не встановлюються. Кількість їх визначається технологією і смаковими якостями. До них відносять E164 «шафран», E160 «натуральні екстракти каротинів», E260 «оцтову кислоту», E290 «двоокис

вуглецю». Класифікація харчових добавок зображено на рисунку 1.



Рисунок 1. Класифікація харчових добавок

Букву Е фахівці ототожнюють як із словом Європа, так і із словами *essbar/edible*, що в перекладі відповідно з німецької або англійської означає їстівний. Привласнення конкретній речовині статусу харчової добавки і тризначного ідентифікаційного номера Е має чітке тлумачення, що має на увазі, що ця речовина перевірена на безпеку;

- речовина може бути застосована у рамках її встановленої безпеки технологічної необхідності за умови, що застосування цієї речовини не введе споживача в оману відносно типу і складу харчового продукту, в який вона внесена;

- для цієї речовини встановлені критерії чистоти, що необхідні для досягнення певного рівня якості продуктів харчування.

Отже, дозволені харчові добавки, що мають ідентифікаційний номер, володіють певними властивостями.

Після деяких Е-номерів стоять рядкові букви, наприклад: E160a - каротини. У цих випадках йдеться про класифікаційний підрозділ харчової добавки. Рядкові букви є невід'ємною частиною номера Е.

Наявність харчових добавок в продуктах харчування повинна фіксуватися на етикетці, при цьому харчова добавка може позначатися як індивідуальна речовина або як представник функціонального класу у поєднанні з номером Е. Наприклад, бензоат натрію або консервант E211 [4].

Проте найменування і доза (у числовому вираженні) харчової добавки, як правило, не виносяться на етикетку, оскільки на ній не



вмістяться довгі і важко читані позначення речовин у складі добавок. Зазвичай на етикетці фігурує індекс добавки. Класифікація харчових добавок (по основних групах) в ЄС і більшості країн Європи відповідно до призначення згідно із запропонованою системою цифрової кодифікації виглядає таким чином: барвники (E100-E199); консерванти (E200-E299); антиоксиданти, регулятори кислотності (E300-E391); стабілізатори, емульгатори, загусники (E400-E481); Різні (E500-E585); підсилювачі смаку і аромату (E600-E699); глазуруючі агенти, поліпшувачі хліба і борошна, піногасники і підсолоджувачі (E900-E999); Ферментні препарати (E1100-E1105).

Для вільного переміщення по території співтовариства продуктів харчування з харчовими добавками директивою ЄС визначений список харчових добавок, які дозволені до застосування в продуктах країн ЄС і можуть бути експортовані з однієї країни співтовариства в іншу і ввезені на територію будь-якої країни ЄС з третіх країн (не членів ЄС). На пакувальних матеріалах такі добавки мають бути позначені буквою E і далі відповідний номер, згідно з директивою ЄС, в якій вони згруповані в декілька класів. Позначення E700 — E899 не зустрічаються нині на упаковках харчових продуктів, оскільки це запасні індекси. Хімічні назви харчових добавок з індексом E можна побачити в спеціальних застосуваннях [5].

#### *Характеристика груп харчових добавок.*

*Барвники (E100-E199).* Натуральні (природні) харчові барвники - це фарбувальні речовини, виділені фізичними способами з рослинних і тваринних джерел. Іноді їх піддають хімічній модифікації для поліпшення технологічних і споживчих властивостей. Ряд барвників отримуються не лише виділенням з природної сировини, але і синтетично. Наприклад, бета-каротин, виділений з моркви, по своїй хімічній будові відповідає бета-каротину, отриманому мікробіологічним або хімічним шляхом (при цьому, натуральний бета-каротин істотно дорожче і тому, рідко використовується в харчовій промисловості, як барвник).

Сировиною для натуральних харчових барвників можуть бути ягоди, квіти, листя, коренеплоди і так далі, у тому числі, у вигляді відходів переробки рослинної сировини на консервних і виноробних заводах.

Ці речовини не представляють небезпеки для здоров'я, а часто навіть корисні для людини, але своєю присутністю вони знижують інтенсивність фарбування готового продукту. Тому при виробництві препаратів натуральних харчових барвників від побічних речовин, в тій або іншій мірі, позбавляються. Сучасні технології дозволяють отримувати препарати натуральних харчових барвників із заданими властивостями і стандартним вмістом основної фарбувальної





речовини.

*Синтетичні харчові барвники* – це органічні сполуки, що не зустрічаються в природі, тобто, штучні. Майже усі вони використовуються у світовій харчовій промисловості вже десятки років. Синтетичні харчові барвники, на відміну від натуральних, не мають біологічної активності і не містять ні смакових речовин, ні вітамінів. При цьому вони мають значні технологічні переваги в порівнянні з натуральними, оскільки менш чутливі до умов технологічної переробки і зберігання, а також дають яскраві, легко відтворювані кольори.

У більшості країн ЄС (для внутрішнього ринку) і СНД не підлягають фарбуванню або підфарбовуванню: усі види мінеральної води, питне молоко, вершки, кисломолочні продукти, рослинні і тваринні жири, яйця і яєчні продукти, борошно, крохмаль, макаронні вироби, цукор, продукти з томатів, соки і нектари, риба і морепродукти, какао і шоколадні вироби, кава, чай, цикорій, вина, зернові горілки, продукти дитячого харчування, сири, мед, масло з молока овець і кіз [6].

*Консерванти (E200-E299).* Консерванти запобігають розмноженню мікроорганізмів (бактерій, вірусів, грибів), тобто запобігають псуванню продуктів. В якості консервантів застосовуються неорганічні з'єднання, органічні кислоти і їх похідні, а також спеціальна група консервантів.

Для збільшення термінів зберігання шинки, ковбаси і інших м'ясних продуктів в них додають нітрит натрію  $\text{NaNO}_2$  (E250) і нітрат натрію  $\text{NaNO}_3$  (E251). Ці речовини в харчовому продукті виконують також роль стабілізатора кольору. Додають нітрит і нітрат натрію і в тверді сири, для попередження спучення.

Нітрит натрію і нітрат натрію вважаються відповідальними за підвищену збудливість нервової системи у дітей.

Людам, що страждають захворюваннями печінки, кишечника, дисбактеріозом, холециститом необхідно виключити з раціону продукти, що містять нітрит натрію і калію. У таких людей частина нітратів, потрапляючи в шлунково-кишковий тракт, перетворюється на токсичніший нітрит, який, у свою чергу, утворює досить сильні канцерогени, – нітрозоаміни.

*Бензойну кислоту (E210), бензоат натрію (E211) і калію (E212)* вводять в деякі харчові продукти, в якості бактерицидного і протигрибкового засобу. До таких продуктів відносяться джеми, фруктові соки, маринади і фруктові йогурти. Продукти, що містять бензоати натрію і кальцію, не рекомендується вживати астматикам і людям, чутливим до аспірину.

Для збереження хлібних продуктів нерідко застосовують



*пропіонат кальцію* (E282), який перешкоджає росту плісняви.

Нерідко, щоб запобігти псуванню харчових продуктів, використовують сорбінову кислоту (ікра осетрових риб) або її похідні:

Сорбінова кислота є одним з найбільш популярних консервантів внаслідок фізіологічної безпеки і органолептичної нейтральності. Сорбінова кислота являє собою білі, кислуваті на смак монокристали із слабким запахом.

Головна сфера застосування сорбінової кислоти - сири усіх сортів. Її застосовують в якості консерванта внаслідок ефективності при високих значеннях рН і специфічної дії на плісневі гриби. Сорбінову кислоту і сорбати застосовують для твердих сирів, як під час дозрівання, так і при зберіганні в споживчій упаковці. Сорбінову кислоту додають до сиру в концентрації 0,05...0,07%. Обробка 10...20% розчином сорбату калію пригнічує ріст пліснявих грибів на твердих ковбасах і сардельках [7].

Для запобігання появі крейдної плісняви, що з'являється іноді на житньому хлібі, сорбінову кислоту додають у кількості 0,1...0,2% до маси борошна під час замісу тіста.

*Антиоксиданти, регулятори кислотності (E300-E391)*. Якщо консерванти перешкоджають біологічному псуванню продукту, то антиоксиданти запобігають хімічному окисленню. Механізм дії антиоксидантів дуже простий. Це речовини, які легко окислюються, перетворюючись при цьому на нешкідливі для організму продукти. При цьому витрачається кисень - головний потенційний окисник. Отже, продукт буде окислений у меншій мірі.

Найбільш поширені антиоксиданти - аскорбінова кислота і аскорбат натрію. Відсутність аскорбінової кислоти в їжі людини викликає цингу, знижує опірність до захворювань.

Бутилоксіанізол (E320), бутилокситолуол (E321) - антиоксиданти, що використовуються у харчовій промисловості для сповільнення окислення тваринних топлених жирів, солоного шпика, жувальної гумки. Можуть чинити токсичну дію на організм людини, в зв'язку з чим потрібне їх гігієнічне нормування.

Ізоаскорбат натрію (E316) - високоефективний антиоксидант, що запобігає окислювальному псуванню харчових жирів, а також перетворенню нітратів і нітритів в ковбасному і консервному виробництві. У винах посилює антиокислювальну дію сірчистої кислоти [8].

*Стабілізатори, емульгатори, загусники (E400-E481)*. Емульгатори сприяють створенню однорідної консистенції харчових продуктів, як рідких (перешкоджають осадженню зважених часток), так і твердих (які в процесі виготовлення знаходилися в рідкому стані).

До таких речовин відносяться лецитини, або просто *лецитин*



(E322). Вони широко використовуються при виготовленні шоколаду, шоколадних цукерок, жувальної гумки, маргарину. Особливо багато лецитинів в нервовій тканині. Препарати лецитинів застосовують і в медицині як загальнозміцнюючий засіб при знесиленні, недокрив'ї, неврозах.

*Лимонна кислота* (E330) - широко поширена в природі. Її отримують з махорки і бродінням вуглеводів (цукор, патока); застосовують у фармацевтичній і харчовій промисловостях. Солі лимонної кислоти (цитрати) використовують у харчовій промисловості в якості кислот, консервантів, стабілізаторів, в медицині - для консервування крові [9].

*Загусники (E)*. До загусників відносяться *пектини* (E440) - різні полісахариди, утворені залишками галактуронової кислоти. Вони є присутніми в усіх наземних рослинах (особливо багато в плодах і деяких водоростях). Отримують пектинові речовини з яблучних вичавок, жому цукрового буряка. Використовують пектинові речовини для виготовлення найрізноманітніших кондитерських виробів мармеладу, пастили, зефіру і тому подібне.

При виготовленні молочного суфле застосовують *агар-агар* (E406) - суміш двох кислих полісахаридів, що містяться в клітинах червоних водоростей. В процесі виробництва агар-агар розчиняють в гарячому збитому молоці, при охолодженні утворюється щільний холодець. Використовується агар-агар і хіміками для виготовлення так званого сольового містка, що забезпечує передачу електричного струму між розчинами електролітів.

Ще один загусник, що використовується при виготовленні цукерок («Fruit tella», Голландія) - *гуміарабік* (E414). Гуміарабік є в'язкою прозорою рідиною, що виділяється деякими видами акацій. Він розчиняється у воді, утворюючи клеєподібний розчин [10].

*Розпушувачі й інші речовини, що покращують структуру і текстуру харчових продуктів (E)*. Для поліпшення структури і текстури харчових продуктів застосовують *дигідрофосфат натрію* (E339).

*Харчові фосфати* збільшують вологозв'язуючу властивість і здатність до емульгування м'язової тканини, підвищуючи тим самим вихід продукції; помітно покращують органолептичні показники; стабілізують колір і покращують консистенцію продукту; уповільнюють окислювальні процеси.

*Поліфосфати* являються інгібіторами – речовинами, що уповільнюють реакцію. Поліфосфати застосовуються для пом'якшення води, знежирення волокна, як компонент пральних порошків і мила, інгібітор корозії, каталізатор в харчовій промисловості. Поліфосфати малотоксичні. Проте використання



фосфатів може привести до порушення балансу в організмі між фосфором і кальцієм.

*Каррагінан* (E407) і його натрієва, калієва, амонійна солі, включаючи фурцеллеран – загусник, желюючий агент, стабілізатор, надає продукту щільної структури, усуває розшарування.

Каррагінан застосовується при виробництві молочних продуктів (як стабілізатор в шоколадному молоці, молочних коктейлях і продуктах з фруктовими наповнювачами; як текстуруючий агент для надання кремистості продуктам типу морозива і вершків; для контролю за кристалізацією льоду в заморожених продуктах), при виробництві м'ясних продуктів (з метою утримання води, як закріплюючий агент для жирів, що усуває їх розподіл; для приготування ропи), при виробництві кондитерських виробів (як желюючий і стабілізуючий агент, для утримання вологи в таких продуктах, як шоколадний мус, мармелад, желе, цукерки ітак далі)[11].

*Підсилювачі смаку й аромату* (E600-699). Тільки що зібрані овочі, свіжем'ясо, риба та інші продукти мають яскраво виражений смак і аромат. В процесі зберігання і промислової переробки харчової сировини кількість нуклеотидів в ній зменшується, що супроводжується втратою смаку і аромату продукту. Тому виникає необхідність додавання цих речовин штучним шляхом.

Цей прийом віками використовувався в країнах Далекого Сходу, і тільки в 1908 р. було виявлено, що компонентом, що використовувався в Японії, в якості інтенсифікатора смаку супів, соусів і інших продуктів, є сіль глютамінової кислоти.

*Глутамінова кислота* (E620) і її солі (E621-E625) - перший інтенсифікатор смаку. Ці з'єднання стимулюють закінчення смакових рецепторів і посилюють смакові відчуття, викликаючи «почуття задоволеності». Воно дістало назву «Глутаміновий ефект». Стимулююча дія глютамінової кислоти і її солей носить вибірковий характер: найбільшою мірою посилюється гіркий і солоний смак, в найменшій – солодкий.

Глутамат натрію нині широко використовується як інтенсифікатор, що посилює смак основного продукту (виробництво концентратів супів, соусів, консервів). При виготовленні блюд з м'яса, птаха, риби, посилює природні особливості основного продукту. На відміну від солі і приправ, ця речовина не змінює смак і, замість цього вона спонукає і посилює смакові відчуття, за рахунок збільшення чутливості смакових сосочків язика. Ця добавка не містить поживних речовин, замість цього, вона обманює мозок, в результаті, з'являється відчуття, що їжа, яку людина їсть, – дуже смачна.

Після поглинання їжі або напоїв, що містять глутамат, він діє на організм за тим же принципом що і наркотичні засоби.



Спеціальний «м'ясний» смак глутамата натрію відчувається при концентрації більше 0,03 %. У світі споживається 200000 тон в рік. Виробництво глутаматів - це багато мільярдна індустрія.

Використання глутамата натрію лімітується. Він повністю виключається з їжі дітей раннього віку. Для дітей до 16 років (підлітки) ДДД складає 0,5 г/добу. Для дорослих допускається одноразове застосування не більше 0,5 г; у добу не більше 1,5 г. Проте, на сьогодні рівень додавання цієї речовини в продукти харчування в 50 разів більше, ніж 40 років тому, і ця цифра продовжує рости з року в рік [12].

*Глазуруючі агенти, покращувачі хліба і борошна, піногасники і підсолоджувачі (E900 - E999).*

Ацесульфам К (E950) - незасвоюваний низькокалорійний підсолоджувач. У 200 разів солодше цукрів. Ацесульфам також завдає шкоди здоров'ю, призводить до порушень роботи кишечника і алергічних захворювань. Заборонений для вживання в Канаді і Японії.

Аспартам (E951) - підсолоджувач, підсилювач смаку і аромату. Величезна кількість побічних ефектів. У 200 разів солодший за цукор. У Японії і США використовується генетично модифікований аспартам. За поганого очищення і великого дозування аспартам може бути небезпечним для здоров'я. Допустима доза в день - 40 міліграм на 1 кг ваги. У людини, що важить 60 кг, ця доза вже досягається після споживання 1,2 кг йогурту "Light" або 8 чашок кави підсолоджених аспартамом [10].

*Ферментні препарати* на відміну від ферментів містять окрім активного ферменту безліч баластних речовин, у тому числі і інших білків. Крім того, більшість ферментних препаратів є комплексними, тобто окрім основного ферменту, що має найбільшу активність, до його складу входять інші супутні ферменти. Проте існують препарати й індивідуальних ферментів.

Застосування ферментних препаратів в галузях харчової промисловості дозволяє інтенсифікувати технологічні процеси, покращувати якість готової продукції, збільшувати її вихід, а також заощадити цінну харчову сировину.

Проте, незважаючи на дозвіл до використання ФАО, при тривалому використанні більше 500 (не рахуючи комбінованих) вживаних зараз харчових добавок, накопичуються відомості про шкідливу дію деяких з них. До того ж, велике значення має і доза — кількість речовини, що надійшла в організм за добу. У багатьох людей, що страждають певними захворюваннями, ряд харчових добавок викликають різке загострення хвороби. Продукти, що містять бензоати натрію і кальцію, не рекомендується вживати астматикам і людям, чутливим до аспірину.

Більшість країн, на підставі накопичених даних і власних

досліджень, вводять заборону на використання ряду добавок, прийнятих ФАО. У рисунку 2 наведено перелік шкідливих харчових добавок.

ТАБЛИЦЯ ШКІДЛИВИХ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК	
<b>ДУЖЕ НЕБЕЗПЕЧНІ</b>	E123 E510 E513 E527
<b>НЕБЕЗПЕЧНІ</b>	E102 E110 E120 E124 E127 E129 E155 E180
	E201 E220 E222 E223 E224 E228 E233 E242
	E400 E401 E402 E403 E404 E405 E501 E502
	E503 E620 E636 E637
<b>КАНЦЕРОГЕННІ</b>	E131 E142 E153 E210 E212 E213 E214 E215
	E216 E219 E230 E240 E249 E280 E281 E282
	E283 E310 E954
<b>ШЛУНКОВІ ЗАХВОРЮВАННЯ</b>	E338 E339 E340 E341 E343 E450 E461 E462
	E463 E465 E466
<b>ШКІРНІ ЗАХВОРЮВАННЯ</b>	E151 E160 E231 E232 E239 E311 E312 E320
	E907 E951 E1105
<b>РОЗЛАДИ КИШЕЧНИКА</b>	E154 E626 E627 E628 E629 E630 E631 E632
	E633 E634 E635
<b>ТИСК</b>	E154 E250 E252
<b>НЕБЕЗПЕЧНІ ДЛЯ ДІТЕЙ</b>	E270
<b>ЗАБОРОНЕНІ</b>	E103 E105 E111 E121 E123 E125 E126 E130
	E152 E211 E952
<b>ПІДОЗРІЛІ</b>	E104 E122 E141 E171 E173 E241 E477

Рисунок 2. Перелік шкідливих харчових добавок.

В Україні з 480 досліджених українськими фахівцями харчових добавок до застосування дозволено 371 добавку, 105 добавок не отримали абсолютного дозволу до застосування, а 4- заборонені.

Виробництво харчових добавок у світі має тенденцію до безперервного кількісного і якісного зростання: в Азії - на 10–15%, у США – на 4,4%, в країнах Європи – лише на 2%. Опитування, проведене в США, показало, що понад 80% населення вважають необхідним знизити вміст у харчових продуктах жирів, холестерину, хвороботворних мікроорганізмів і пестицидів і лише 20% хочуть обмежити використання консервантів, наповнювачів, солі, гормонів, антибіотиків і цукру. Така парадоксальна ситуація склалася через нерозуміння населенням вірогідної шкоди здоров'ю внаслідок постійного вживання комплексу різноманітних харчових добавок [13].

Харчові добавки відносяться до різних класів сполук і, отже, не можуть бути визначені одним методом. В аналізі харчових добавок використовується усе різноманіття аналітичних методів: від найпростіших до найскладніших.



Таким чином, якщо проаналізувати склад харчових добавок, поширених у продуктів, враховуючи дані (таблиця 1), приведені вище отримаємо:

Таблиця 1

## Склад харчових добавок, поширених у продуктах

Назва продукту	Наявність шкідливих речовин.
Ковбаса (чайна, польська)	E121, E330 (канцерогени).
Соки (імітація під натуральні)	E141, E131 (алергени).
Цукерки в коробках (фабрика покров)	E330, E215 (канцероген, алерген).
Масло вершкове різних видів	E330 (канцероген).
Консерви рибні (оселедець і так далі виробництва Латвії)	E215, E218, E230 (алергени).
Молочні продукти (сир, молоко і так далі)	E330 (канцероген).
Смажена картопля (чіпси і так далі)	E442 (канцероген).
Томати (кетчуп)	E330 (канцероген)
Гірчиця (декількох видів)	E330 (канцероген).

*Висновки.* В сучасних ринкових умовах харчова промисловість не може обійтися без застосування харчових добавок. Враховуючи тенденції ринку необхідно всесторонньо інформувати населення про вплив харчових добавок на стан здоров'я людини. Це у свою чергу підвищить мотивацію до вживання натуральних продуктів харчування, і як наслідок, формування у населення високої споживацької культури.

Перспективним напрямком подальших досліджень є детальне вивчення переваг та недоліків застосування харчових добавок у харчовій промисловості.

## Список використаних джерел

1. Дробот В. І., Білик О. А., Савчук Н. І., Бондаренко Ю. В. Харчові добавки та цукристі речовини в технології хлібобулочних виробів: *монографія*. За ред. В. І. Дробот. МОН України, НУХТ. Київ: АртЕк, 2017. 253 с.

2. Тіхонова Н. О. Роль харчових добавок та їх сприйняття споживачами. *Наукові праці НУХТ*. Київ : НУХТ, 2011. № 39. С. 153.

3. Доценко В. Ф., Арсеньева Л. Ю., Бондар Н. П. та ін. Харчові та дієтичні добавки, прянощі та приправи у продукції ресторанного господарства: підручник. Нац. ун-т харч. технол. Київ : НУХТ, 2014. 379 с.

4. Воробйова В. І., Чигиринець О. Е., Пилипенко Т. М., Хрокало Л.



А., Єфімова В. Г. Технічний аналіз харчових добавок та косметичних продуктів [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», освітньо-професійної програми «Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 345 с.

5. Humeniuk, O. L. *Kharchovi dobavky: teksty lektzij dlia studentiv spetsialnosti 181 «Kharchovi tekhnolohii»*. Chernihiv: ChNTU, 2019. 177 s.

6. Amchova P., Kotolova H., Ruda-Kucerova J. Health safety issues of synthetic food colorants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2015. 73 (3). P. 914–922.

7. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food. Scientific opinion on the re-evaluation of Allura Red AC (E 129) as a food additive on request from the European Commission. *EFSA Journal*. 2009. № 7. P. 39.

8. Sigurdson G. T., Tang P., Giusti M. M. Natural colorants: Food colorants from natural sources. *Annual Review of Food Science and Technology*. 2017. 8 (1). P. 261–280.

9. Amchova P., Kotolova H., Ruda-Kucerova J. Health safety issues of synthetic food colorants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. 2015. 73 (3). P. 914–922.

10. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food. Scientific opinion on the reevaluation of Brilliant Black BN (E 151) as a food additive on request from the European Commission. *EFSA Journal*. 2010. № 8. P. 3.

11. Roca-Saavedra P., Mendez-Vilabrille V., Miranda J. M., Nebot C., Cardelle-Cobas A., Franco C. M., Cepeda A. Food additives, contaminants and other minor components: effects on human gut microbiota. A review. *Journal of Physiology and Biochemistry*. 2017. 74 (1). P. 69–83.

12. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food. Scientific opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC) on a request from the Commission on the results of the study by McCann, et al. on the effect of some colours and sodium benzoate on children's behavior. *EFSA Journal*. 2008. № 660. P. 54.

13. EFSA Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food. Scientific opinion on the re-evaluation of Sunset Yellow FCF (E 110) as a food additive on request from the European Commission. *EFSA Journal*. 2009. № 7. P. 44.

Стаття надійшла до редакції 16.12.2022 р.





**O. Pahomska**  
**Vinnitsia Institute of Trade and Economics**

**FOOD ADDITIVES: CLASSIFICATION AND IMPACT  
ON THE HUMAN BODY**

*Summary*

The article presents new data on the use of food additives in Ukraine, their content in food products, growth trends and production volumes in the world.

The term "food supplements" currently does not have a single interpretation. In most cases, food additives are understood as a group of substances of natural or artificial origin, which are used to improve the technology of obtaining specialized products.

Food additives - natural, identical to natural or artificial (synthetic) substances, usually not used as a food product, but which are deliberately introduced into the food product for technological reasons at various stages of production, storage, transportation in order to improve or facilitate the production process or hotel operations, increasing the product's resistance to various types of spoilage, preserving the product's structure and appearance, or specially changing its organoleptic properties.

The number of food additives used in the production of food products in various countries reaches 500 today, not including combined additives, individual nutrients and flavorings. About 300 food additives are classified in the European Union, for the purpose of harmonizing their use, the European Union has developed a rational system of digital codification of food additives. It is included in the WHO food codex as the international digital system of codification of food additives.

Each food additive is assigned a digital three- or four-digit number (in Europe, preceded by the letter E). These numbers (codes) are used in combination with the names of functional classes characterizing the group of food additives by technological functions (subclasses).

The article provides a list of food products in which food additives are prohibited. Dietary supplements allowed and prohibited in Ukraine and their side effects were considered. The market of common food products, in which food additives are used, is analyzed.

**Key words:** food additives, food products, organoleptic properties, preservatives.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-25

УДК 644.6

О. Ю. Кошель<sup>1</sup>, д.ф., доц. ORCID: 0000-0002-2184-2106А. О. Москаленко<sup>1</sup>, здобувач СВО «Магістр»Т. І. Маренкова<sup>1</sup>, ст. викл. ORCID: 0000-0001-7481-0848Н. Л. Лобачова<sup>2</sup>, к.т.н. ORCID: 0000-0003-2339-8341<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет<sup>2</sup>ВСП «Сумський фаховий коледж НУХТ»

e-mail: koshelolena85@ukr.net, тел.: (050)1314350

e-mail: alyamoskalenko08@gmail.com, тел.: (098)8424063

e-mail: tanya\_201@ukr.net, тел.: (050)3073830

e-mail: nadezh.da@ukr.net, тел.: (096)9592819

## ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ТІСТА ДЛЯ КРУАСАНІВ

*Анотація.* У статті розглядаються актуальні проблеми розширення асортименту сучасних борошняних та хлібобулочних виробів підвищеної харчової цінності. Метою даної статті є дослідження технологічних аспектів використання рослинної сировини в технології підвищеної харчової цінності. Для визначення структурно-механічних і фізико-хімічних показників якості продукції використовують стандартні методи. У ході досліджень встановлено, що використання сушеного базилика та рисового борошна для поліпшення дріжджового тіста для круасанів дозволить покращити технологічні показники якості та знизити калорійність готових виробів. Рисове борошно не містить глютену, що значно збільшить вміст клітковини в круасанах, адже вона зараз дуже потрібна дітям. У статті описані особливості технології приготування листового тіста, розроблена технологічна схема виробництва тістової заготовки для круасанів та детально описаний підсистемний аналіз. Часткова заміна пшеничного борошна безглютеновим (рисовим) дає можливість виготовляти круасани для всіх верств населення. Встановлено, що найкращими показниками органолептичної якості є гладка поверхня, пружна та пориста структура м'якоті, без грудочок і сторонніх домішок, злегка присутній смак і запах базилика. Співвідношення рисового борошна до звичайного пшеничного борошна становить 10 %. Встановлено, що додавання рисового борошна не впливає на органолептичні показники як свіжих, так і готових круасанів. У ході досліджень встановлено, що найкращі фізико-хімічні, структурно-механічні та органолептичні



показники якості має зразок круасанів, що містить 4 г сушеного базилика та 10 % рисового борошна з пшеничного борошна.

*Ключові слова:* хлібобулочні вироби, базилік сушений, рисове борошно, вітаміни, мінеральні речовини, хімічний склад круасани, дріжджове-листяне тісто

*Постановка проблеми в загальному вигляді.* Ринок України представлений великою кількістю вітчизняних підприємств, які забезпечують населення необхідними продуктами харчування. Значна частина продуктів харчування доставляється з-за кордону. Проте характерною рисою ринку хліба та хлібобулочних виробів в Україні є майже 100% пропозиція продукції вітчизняного виробництва. Це пов'язано з тим, що хліб і хлібобулочні вироби мають невеликий термін зберігання і повинні бути реалізовані протягом доби. Здатність хлібобулочних виробів швидко втрачати свої споживчі властивості та неможливість їх транспортування на великі відстані захищає внутрішній ринок від проникнення імпортованих товарів і тим самим дає змогу уникнути конкуренції з іноземними виробниками. Водночас такі якісні характеристики продукції обмежують діяльність хлібопекарських підприємств і змушують їх працювати в умовах, коли виробництво повинно бути рівним споживанню продукції [1].

Висока соціальна значимість хліба та необхідність стабільного та своєчасного забезпечення населення якісною та свіжою продукцією вимагає вивчення реальної ємності ринку та виявлення потенційних можливостей розвитку хлібопекарських підприємств відповідно до змін у суспільстві. Дослідження стану, проблем і перспектив розвитку ринку хліба та кондитерських виробів в Україні було, є і залишатиметься актуальним у майбутньому за будь-яких умов економічного розвитку країни [2].

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Для створення збагачених хлібобулочних виробів можна використовувати різні методи. Одним із них є використання мікроелементів – вітамінно-мінеральних сумішей: комплексу вітамінів (В1, В2, В3, В6, РР, фолієва кислота та інші). Макро- і мікроелементи (залізо, йод, кальцій, магній та інші) синтетичного походження. Одним із способів реалізації є поступовий випуск хлібобулочних виробів, збагачених мікроелементами, що збільшує виробництво до 30% від загального обсягу виробленої продукції. Інший метод – використання природної сировини, особливо зерна, насіння олійних культур у вигляді цільного зерна, продуктів їх переробки (круп, борошно, висівки, мультизернові суміші), переробка плодовоовочевої, ягідної та горіхової продукції [3].

Базилік (*Ocimum*) – трава, завезена з Індії, відноситься до хрестоцвітих. Залежно від сорту це однорічний або багаторічний



трав'янистий чагарник. Велику популярність і популярність базилік отримав саме як спеція, використовувана в кулінарії. Листя і стебла використовують як свіжими, так і сушеними. Збирати їх потрібно до початку цвітіння. Базилік має неповторний аромат і смак, який неможливо сплутати ні з чим іншим. Рослина дуже корисно для здоров'я, і коли воно з'явилося в Росії в 18 столітті, спочатку використовувалося виключно як ліки. Антисептичну та антибактеріальну дію базиліка відзначали з давніх часів [4].

Таблиця 1

## Хімічний склад базиліку сушеного

Елемент	Вміст на 100 г продукту
Жири	63 г
Білки	305 г
Вуглеводи	27 г
Харчові волокна	159 г
Жирні кислоти	39 г
Моносахариди та дисахариди	3 г
Зола	15 г
Вітамін А	259 мкг
Бета-каротин	3099 мг
Вітамін В1	34 мг
Калій	289 мг
Вітамін В2	76 мг
Кальцій	169 мг
Вітамін В5	21 мг
Магній	65 мг
Вітамін В6	155 мг
Фосфор	57 мг
Вітамін В9	69 мкг
Залізо	316 мг
Вітамін С	19 мг
Цинк	81 мг
Вітамін D	4151 мкг
Марганець	115 мг
Вітамін РР	902 мг
Селен	29 мкг
Вітамін Е	8 мг
Натрій	4 мг
Холін	109 мг
Мідь	379 мг



Вплив базилика сушеного на інші органолептичні показники якості незначний.

Крім поліпшення смакових властивостей, базилік впливає на харчову цінність хлібобулочних виробів. Вміст основних поживних речовин у базилику сушеному (г на 100 г продукту): білків – 21,2; жири – 3,0; вуглеводи – 13,8. Масова частка вологи в продукті становить в середньому 10 % [5].

Так, цей продукт містить близько 35 % клітковини, яка покращує діяльність травної системи. Базилік багатий ефірними маслами і дубильними речовинами, макро- і мікроелементами (калій, кальцій, магній, фосфор, залізо, марганець, мідь і цинк), містить значну кількість вітамінів групи В, К, Е, РР і аскорбінову кислоту [6]. Ароматичні речовини базилика (евгенол, метилхавікол, цинеол, ліналоол, камфора, оцимен) збуджують апетит, покращують травлення їжі [7].

*Формування цілей статті.* Мета роботи – обґрунтувати доцільність використання сухого базилика для збагачення харчової цінності хлібобулочних виробів.

*Виклад основного матеріалу дослідження.* Для виготовлення тіста для круасанів досліджувані зразки готували за традиційною технологією, паровим методом. Для підвищення харчової цінності круасанів, додавали рисове борошно у співвідношенні 10 % до пшеничного з кроком відмірювання 0,5 %. Також за оптимальну кількість доданої сировини за органолептичними показниками прийнято 4 г базилика сухого. За контрольний зразок було обрано круасани з пшеничним борошном вищого гатунку.

Замішування тіста проводили після змішування рецептурних компонентів протягом 5-10 хвилин. Бродіння тіста тривало 60 хвилин при температурі 24-25 °С. Після чого розкатували тісто з шаруванням маргарином різної товщини. Наступним етапом було охолодження, потім повторне розкатування, формування тістових заготовок та вистоювання (при температурі 34-36 °С, відносній вологості 75-80 %, протягом 60-90 хвилин. Випікали тістові заготовки за температури 180-200 °С протягом 18-20 хвилин. Після охолодження виробів було проведено їх органолептичне дослідження.

Технологічна схема виробництва круасанів з додаванням рисового борошна і сухого базилика наведена на рисунку 1.

В таблиці 2 наведений підсистемний аналіз виробництва круасанів з рисовим борошном та сушеним базиликом.

Для оцінки органолептичних показників якості дослідних зразків круасанів використовували загальновизнані методи та нормативні документи (ДСТУ 7044:2009, ДСТУ-П 8536:2015), результати органолептичної оцінки представлено у вигляді профілограми на рис. 2.

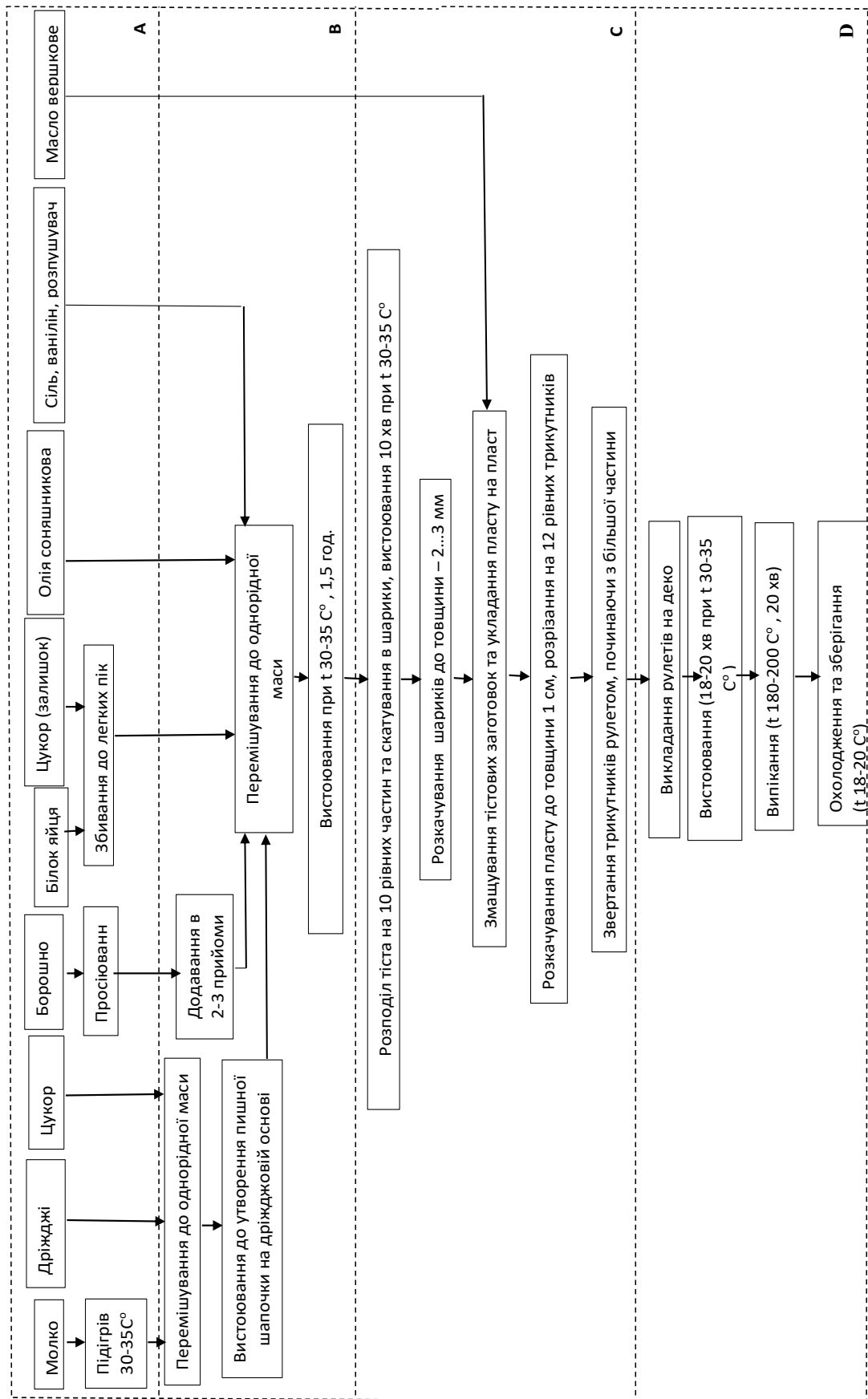


Рисунок 1. Технологічна схема виробництва круасанів з рисовим борошном та сухим базиликом.

Таблиця 2

Підсистемний аналіз виробництва круасанів з рисовим борошном та сушеним базиліком

Підсистема	Характеристика
A	Підготовка рецептурних компонентів для тіста (просіювання, змішування)
B	Замішування тіста
C	Розкатування тіста, шарування, формування виробів
D	Випікання круасанів, охолодження, зберігання

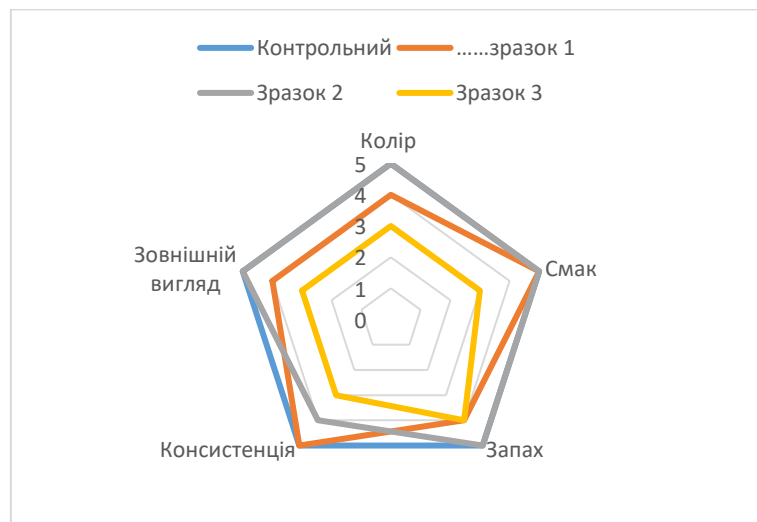


Рисунок 2. Результати органолептичної оцінки готового продукту

Отже, за результатами органолептичної оцінки встановлено, що зразок № 1 з вмістом рисового борошна 10 % та базиліку 2 г має ненасичений смак і запах сушеного базиліку, колір круасанів блідо-зелений. Зразок № 2 з вмістом рисового борошна 10 % та базиліку 4 г і зразок № 3 – з вмістом рисового борошна 10 % та базиліку 6 г досягли ідентичних результатів – присутній смак і запах базиліка, колір другого зразка зелений, а колір зразка № 3 брудно-зелений. Консистенція зразків №1 і №2 однаково однорідна, 3-й зразок мав консистенцію неоднорідну, тісто потріскалося [8]. Встановлено, що додавання рисового борошна суттєво не вплинуло на зміну органолептичних властивостей тіста для круасанів, а додавання сухого базиліку в тісто для круасанів, особливо з вмістом 4 г сприяло підвищенню органолептичних показників тіста.

*Висновки із зазначених проблем і перспектив подальших досліджень.* На підставі основних даних, отриманих у результаті дослідження, можна зробити висновок, що розроблені зразки круасанів з листкового тіста з додаванням рисового борошна та сушеного



базиліку дали позитивні харчові та сенсорні результати дослідження. Результати, отримані з додаванням базиліка та рисового борошна до круасанів, відкривають багатообіцяючі можливості для реформування інших хлібобулочних виробів. Тому базилік є перспективним інгредієнтом для вдосконалення технології приготування тіста для круасанів і не тільки. У подальших дослідженнях планується більш детально вивчити хімічний склад і харчову цінність як сушеного базиліка, так і рисового борошна.

#### Список використаної літератури

1. Перелигін М. М. Еколого-економічні аспекти виробництва хліба та хлібобулочних виробів. *Вісник ДАУ*. 2003. №1. С. 342–347. URL: [http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/6725/3/VDAU\\_2003\\_1\\_342-347.pdf](http://ir.znau.edu.ua/bitstream/123456789/6725/3/VDAU_2003_1_342-347.pdf)
2. Сафонова О. М. Наукове обґрунтування та розроблення технологій борошняних кондитерських і хлібопекарських продуктів з використанням нетрадиційної борошняної сировини : дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.01, НУХТ. К., 2007. 335 с.
3. Hug-Iten S., Escher F., Conde-Petit B. Staling of bread role of amylose and amilopectin and influence of starch-degrading enzymes. *Cereal Chem.* 2003. Vol. 80, № 6. Pp. 654–661.
4. Sancher H. D., Oletta C. A., Torre A. M. Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch. *Food Sci.* 2002. Vol. 67, № 1. Pp. 416–419.
5. Alice V. Moroni, Fabio Dal Bello, Elke K. Arendt. Sourdough in gluten-free bread-making: An ancient technology to solve a novel issue? *Food Microbiology*, Volume 26, Issue 7, 2009, Pp. 676–684.
6. Hamada S., Suzuki K., Aoki N, Suzuki Y. Improvements in the qualities of glutenfree bread after using a protease obtained from *Aspergillus oryzae*. *Journal of Cereal Science*, Volume 57, Issue 1, 2013, Pp. 91–97.
7. Luchian M. I. Influence of water on dough rheology and bread quality. *Journal of Food and Packaging Science, Technique and Technologies*. 2013. Vol.2. Is.1. Pp. 56–59.
8. Shahat M. S., Hussein A. S., Hady E. A. Preparation of Bread Supplemented with Milk Thistle Flour and its Effect on Acute Hepatic Damage Caused by Carbon Tetrachloride in Rats. *Middle East Journal of Applied Sciences*. 2016. Vol. 6. Issue 3. Pp. 531–540.
9. Hooda S., Jood S. Effect of fenugreek flour blending on physical, organoleptic and chemical characteristics of wheat bread. *Nutrition and Food Science*. Bradford. Vol. 35. № 3-4. 2005. Pp. 229–242.
10. Про культуру: базилік. Земляк. Сайт для всіх хто любить землю. URL: <https://zemliak.com/kultury/626-bazilik> (дата звернення 12.12.2022 р.)





11. Базилік – корисні властивості, склад, калорійність, а також протипоказання і шкоду до вживання. URL: <https://poradum.com.ua/health/3660-bazilk-korishn-vlastivost-sklad-kalorynst-a-takozh-protipokazannya-shkodu-do-vzhivannya.html> (дата звернення 12.12.2022 р.)

Стаття надійшла до редакції 16.12.2022 р.

**O. Koshel, A. Moskalenko, T. Marenkova, N. Lobachova**  
**Sumy National Agrarian University**

## **DETERMINATION OF DOUGH QUALITY INDICATORS FOR CROISSANTS**

### **Summary**

The article examines the current problems of expanding the assortment of modern flour and bakery products of increased nutritional value. The purpose of this article is to study the technological aspects of the use of plant raw materials in the technology of increased nutritional value. Standard methods are used to determine structural-mechanical and physico-chemical indicators of product quality. In the course of research, it was established that the use of dried basil and rice flour to improve the yeast dough for croissants will improve technological indicators of quality and reduce the calorie content of finished products. Rice flour does not contain gluten, which will significantly increase the fiber content in croissants, because it is now very necessary for children. The article describes the peculiarities of the technology of making puff pastry, developed a technological scheme for the production of dough blanks for croissants, and detailed subsystem analysis. Partial replacement of wheat flour with gluten-free (rice) makes it possible to make croissants for all segments of the population.

It was established that the best indicators of organoleptic quality are a smooth surface, an elastic and porous structure of the pulp, without lumps and foreign impurities, a slightly present taste and smell of basil. The ratio of rice flour to ordinary wheat flour is 10%. It was established that the addition of rice flour does not affect the organoleptic indicators of both fresh and ready-made croissants. In the course of the research, it was established that the sample of croissants containing 4 g of dried basil and 10% rice flour from wheat flour has the best physico-chemical, structural-mechanical and organoleptic quality indicators.

**Key words:** bakery products, dried basil, rice flour, vitamins, minerals, chemical composition of croissants, yeast puff pastry.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-26

УДК 637.5.037

А. О. Геліх<sup>1</sup>, к.т.н., доц. ORCID: 0000-0003-3769-1231  
М. П. Головка<sup>2</sup>, д.т.н., проф. ORCID: 0000-0002-1778-4847  
О. Ю. Кошель<sup>1</sup>, д.ф., доц. ORCID: 0000-0002-2184-2106  
О. О. Василенко<sup>1</sup>, к.т.н., доц. ORCID: 0000-0003-1643-0702  
С. О. Чернишов<sup>1</sup>, здобувач СВО «Магістр» ORCID: 0000-0002-6025-8172  
<sup>1</sup>Сумський національний аграрний університет  
<sup>2</sup>Харківський державний біотехнологічний університет  
e-mail: anna.helikh@snau.edu.ua, тел.: (095)9311596

## УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ ТІСТОВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗГЛЮТЕНОВОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

*Анотація.* Виконані комплексні дослідження, що дозволяють теоретично та експериментально обґрунтувати введення безглютенової рослинної сировини, далі БРС, як фізіологічно-функціонального інгредієнту для формування споживчих властивостей та підвищення біологічної цінності м'ясних тістових напівфабрикатів. Науково обґрунтовано вибір БРС, як фізіологічно-функціонального інгредієнта м'ясного тістового напівфабрикату, досліджено основні функціонально-технологічні властивості та фізико-хімічні показники. Встановлено оптимальне співвідношення БРС та допоміжних інгредієнтів у рецептурі м'ясних тістових напівфабрикатів. Теоретично обґрунтовано вибір компонентів та проведено формування оптимального рецептурного складу фаршу м'ясних тістових напівфабрикатів. Розроблено рецептуру та технологію виробництва м'ясних тістових напівфабрикатів з використанням БРС – пельменів «Безглютенові». Досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники, харчову та енергетичну цінність, основні показники безпеки та терміни придатності м'ясних тістових напівфабрикатів.

*Ключові слова:* м'ясні тістові напівфабрикати, м'ясний фарш, безглютенова рослинна сировина, дієтична їжа, целиакія, технологія пельменів, модельні тістові системи, білок, протеїн, рисове борошно, борошно сорго, льняне борошно.

*Постановка проблеми.* На існуючому етапі розвитку сучасного суспільства необхідність застосування нових наукомістких рішень, щодо виробництва спеціалізованих продуктів харчування. Це



пов'язано зі збільшенням кількості людей, які страждають на спадкові захворювання шлунково-кишкового тракту. Як показують статистичні дані, середня поширеність целиакії серед населення України становить 1:200, проте останніми роками відстежується позитивна тенденція до її зростання.

Завдяки прогресу в галузі діагностики хронічних захворювань, а також медико – клінічному досвіду, щодо можливості комфортного існування хворих на целиакію, встановлено, що дотримання адекватної довічної безглютенової дієти – єдиний шлях до відновлення дисфункцій організму та збереження якості життя.

Як показує огляд літературних джерел, найбільш перспективними видами безглютенової сировини, що широко застосовуються в технології виробництва спеціалізованих продуктів харчування, є рисове борошно, борошно сорго, амарантове борошно, льняне борошно та кукурудзяний крохмаль.

Використання БРС, що володіє різною харчовою та біологічною цінністю, функціонально-технологічним та реологічними властивостями, застосування інноваційних методів модифікації компонентів дозволяє значно знизити потребу у використанні великої кількості допоміжних структуроутворюючих компонентів. І цим самим забезпечити стабільність якості вироблених харчових виробів та отримати харчові продукти збалансовані за складом.

В Україні виробництво харчових продуктів без глютену суворо регламентується положеннями «Про безпеку окремих видів спеціалізованої харчової продукції, у тому числі дієтично-лікувального та дієтично-профілактичного харчування». Незважаючи на це, як показують аналітичні дані та результати досліджень інспекційного контролю склад деяких видів таких виробів не відповідає обов'язковим вимогам безпеки та якості. Більшість безглютенових продуктів харчування, що випускаються, відрізняється недостатнім вмістом повноцінного білка, вітамінів, зниженими органолептичними характеристиками, нетривалими термінами зберігання виробів, високою вартістю і, в окремих випадках, не відповідають специфікації, заявленої виробником.

З урахуванням першорядного значення безглютенової дієти у профілактиці та лікуванні целиакії, особливої актуальності набуває виробництво нових видів спеціалізованих харчових продуктів без глютену, максимально збалансованих за нутрієнтним складом і сенсорно адекватних споживчим властивостям традиційним аналогам.

*Аналіз останніх досліджень.* Проаналізувавши великий обсяг науково-дослідних робіт у галузі клінічної діагностики та терапії целиакії, встановлено, що єдиною ефективною та найбільш доступною можливістю покращення стану хворого та нормалізації діяльності



ШКТ залишається дотримання довічної дієти, заснованої на доборі адекватного безглютенового харчування з урахуванням віку, особливостей стану хворого у період захворювання [1, 2].

Раціон дієти будується на принципі споживання вуглеводних компонентів забезпечується за рахунок вживання безглютенових круп і борошна, овочів, фруктів та ягід. Важливе значення для дієти має наявність у раціоні білкових та жирних продуктів (нежирних сортів м'яса, яєць, молочних продуктів, рослинних та тваринних жирів). Оцінка перспективності використання рослинної сировини, виходячи з їх складу та властивостей, описана та наведена у багатьох наукових працях вітчизняних та зарубіжних учених [3-5].

Особливий інтерес становлять наукові праці, щодо вивчення модельних тістових систем з амарантовим борошном, що можуть слугувати базисом для подальших досліджень. Автори у своїх дослідженнях визначили, що монолітні частинки амаранту, що складаються з крохмалю, щільно пов'язаного з білком, надають тіста пружних властивостей [5-7].

Запропонована рецептура виробництва безглютенових кондитерських виробів на основі рисового борошна. Авторами науково обґрунтовано, що композиційне співвідношення рисового борошна та крохмалю 1:1 дозволяє знизити потребу у використанні гідрокарбонату натрію (до 40%), оптимізувати показники вологості, намокання та покращити органолептичні характеристики безглютенового печива, що дало поштовх для розширення асортименту продукції даного сегменту [8-10].

Іншою рослинною культурою родини олійних, що широко застосовується в рецептурах спеціалізованих і функціональних продуктів харчування, є льон і продукти його переробки. Авторами науково обґрунтовано технологію отримання льняного борошна з різним вмістом ліпідів та білка. Введення льняного борошна у рецептуру сприяє поліпшенню пружних властивостей клейковини, значень ефективної в'язкості, показників питомого об'єму та пористості хліба [11,12].

В останні роки в науковому плані значно зріс інтерес до дослідження властивостей сорго та продуктів його переробки у різних харчових системах. Це насамперед обґрунтовано унікальними технологічними властивостями цієї рослинної сировини. Питаннями вивчення хімічного складу сорго різних сортів присвячено низку робіт вітчизняних та зарубіжних учених [13]. У численних роботах учених докладно описано хімічний склад борошна сорго [14].

Проблема підвищення якості безглютенових продуктів залишається на сьогоднішній день відкритим питанням для фахівців харчової індустрії в усьому світі. Сформувані якісні фізико - хімічні та



органолептичні показники харчових виробів – складне технологічне завдання. Отже удосконалення технології м'ясних тістових напівфабрикатів з використанням безглютенової рослинної сировини є актуальним завданням сьогодення.

*Формулювання мети статті.* Удосконалення технології м'ясних тістових напівфабрикатів та встановлення оптимального співвідношення БРС та допоміжних інгредієнтів у рецептурі м'ясних тістових напівфабрикатів, дослідження їх органолептичних та фізико-хімічних показників, встановлення харчової, біологічної цінності, основних показників безпеки м'ясних тістових напівфабрикатів, визначення термінів придатності.

*Основна частина.* У зв'язку з тим, що хімічний склад БРС може впливати на функціонально-технологічні та реологічні властивості дисперсних систем, на наступному етапі проведено дослідження їх хімічного складу, результати яких представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

Хімічний склад БРС ( $\alpha = 0,05$ )

Найменування	Волога, %	Білок, %	Вуглеводи, %	Жир, %	Зола, %
Рисове борошно	10,6	7,9	78,6	2,5	0,4
Борошно сорго	8,3	24,3	57,2	6,8	3,4
Льняне борошно	6,0	33,8	36,5	18,9	4,8
Амарантове борошно	6,9	8,6	75,3	6,4	2,8
Кукурудзяний крохмаль	11,3	1,0	87,3	0,1	0,3

Як видно з наведених даних, льняне і борошно сорго відрізняються підвищеним вмістом білка, що визначають високі структуроутворюючі властивості, в той же час, підвищений вміст жиру обмежує використання даного виду БРС у великій кількості в рецептурах напівфабрикатів, що передбачають тривалі терміни зберігання. Рисове, амарантове борошно та кукурудзяний крохмаль за рахунок наявності великої кількості крохмальних полісахаридів та здатності до клейстеризації при невисоких температурах, забезпечать модельним тістовим системам необхідні реологічні характеристики, зменшать калорійність та збагатять продукт високозасвоюваними вуглеводами.

Динаміка біохімічних змін і перетворень основних компонентів БРС при замісі тіста знаходяться в кореляційній залежності від функціонально-технологічних властивостей сировини, таких як: жиропоглинаюча здатність (ЖПЗ), водопоглинаюча здатність (ВПЗ), водоутримуюча (ВУЗ) і жирутримуюча здатність (ЖУЗ), що



дозволяють обґрунтувати вибір технологічних параметрів замісу. Для проведення експериментальних досліджень використовували борошно та крохмаль з температурою  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ .

Результати дослідження функціонально-технологічних властивостей БРС, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Функціонально-технологічні властивості БРС ( $\alpha = 0,05$ )

Найменування	ВУЗ, %	ЖПЗ, %	ЖУЗ, %	ВПЗ, %
Борошно пшеничне	89,3	109,0	91,4	109,0
Рисове борошно	93,5	107,6	82,2	146,0
Амарантове борошно	89,9	108,7	91,3	182,0
Борошно сорго	95,1	122,0	95,4	188,0
Льняне борошно	124,3	115,0	110,3	289,0
Кукурудзяний крохмаль	77,3	102,0	80,1	103,6

Експериментальні дані свідчать, що максимальними показниками ВУЗ, ЖУЗ, ВВЗ і ВПЗ має льняне борошно, а найвищий рівень ЖПЗ (122 %) відзначений у борошна сорго. Дані результати обумовлені, перш за все, співвідношенням основних груп біополімерів та фракційним складом білків сировини. Високий вміст у лляному та амарантовому борошні водорозчинних білків (альбумінів - до 44 % і 57 % відповідно) та некрохмальних полісахаридів, що характеризуються високою гідрофільною здатністю, обумовлює максимальні значення ВПЗ та набухання. Присутність у рисовому борошні крохмальних полісахаридів (до 55 %), спирторозчинної фракції білка (глютенінів) до 70 % від загального фракційного складу, а також у пшеничному борошні до 50 % амінокислот з вираженими гідрофобними властивостями, визначає низькі значення ВПЗ та ЖПЗ.

Отримані результати підкреслюють необхідність використання рисового, амарантового та борошна сорго в рецептурі безглютенової борошняної суміші. Цей факт підтверджується аналізом досліджень, отриманих під час вивчення структурно-механічних властивостей та хімічного складу сировини. Перспектива композиційного доповнення льняним борошном обумовлена можливістю підвищення функціонально-технологічних властивостей безглютенової борошняної суміші, внаслідок високих показників ВУЗ, ЖУЗ, ВПЗ, наявності великої кількості жирів і пентозанів, що мають кріопротекторну дію і підвищують пластичність тіста.

При виробництві безглютенового пельменного тіста використовувалися борошно і крохмаль, що відповідають основним вимогам вмісту глютену в БРС ( $<10$  мг/кг).



Зважаючи на результати дослідження, композиції безглютенового пельменного тіста були вироблені в партії дослідних та контрольних зразків заморожених тістових напівфабрикатів за наведеними в табл. 3 рецептурами.

Таблиця 3

## Рецептури контрольних та дослідних зразків пельменів

Сировина, прянощі та матеріали	Норма витрат	
	Контрольний зразок	Пельмені «Безглютенові»
Основна сировина, кг/100 кг несолоної сировини		
Яловичина жилована	34,7	34,7
М'ясо курчат-бройлерів	14,0	14,0
Жир-сирець	5,0	5,0
Борошно пшеничне	35,0	-
Безглютенова борошняна суміш*	-	33,4
Яйця курячі харчові	3,2	4,0
Цибуля свіжа ріпчаста	7,3	7,3
Масло оливкове	-	0,8
Олія соняшникова рослинна	0,8	-
Допоміжна сировина та матеріали, г/100кг сировини		
Перець чорний мелений/перець запашний	100	100
Коріандр	100	100
Часник свіжий	100	100
Сіль харчова кухонна	1700	1700
Борошно пшеничне на підсіпку	1000	-
Борошно рисове на підсіпку	-	1500

\*Безглютенова борошняна суміш (кг): рисове борошно - 23,2; борошно сорго – 5,2; льняне борошно – 1,2; кукурудзяний крохмаль – 3,8.

Під час виробництва тіста для контрольних зразків пельменів використовували питну воду. Тривалість замісу тіста проводилася до пластичної однорідної консистенції тіста і для контрольних зразків пельменів становила близько 15 хвилин. Після замісу тіста передбачалося його витримання протягом 40 хвилин за температури не вище 20-25°C. Вироблені контрольні та дослідні зразки пельменів досліджували за основними показниками якості. У ході проведення



досліджень хімічного складу визначили вміст харчових речовин та енергетичну цінність пельменів (табл. 4).

Таблиця 4

Хімічний склад контрольних та дослідних зразків пельменів ( $\alpha = 0,05$ )

Найменування зразка пельменів	Масова частка, %					Енергетична цінність/ Калорійність, кДж/ккал
	вологи	білка	жиру	вуглеводів	золи	
Контрольний	53,5	11,6	11,3	22,5	1,1	973/226
Пельмені «Безглютенові»	54,6	12,1	11,7	20,3	1,3	962//230

На підставі отриманих результатів досліджень встановлено, що пельмені «Безглютенові» відрізняються підвищеним вмістом вологи, білка та жиру. Співвідношення даних нутрієнтів (1:1:4,5) у дослідних зразках напівфабрикатів наближається до оптимального засвоєння продукту організмом людини (1:1:4).

Вихід контрольного зразка пельменів становить 121 %, пельменів «Безглютенові» – 124 %. Масова частка вологи безглютенового пельменного тіста, визначена розрахунковим шляхом, дорівнювала 42 %, пшеничного – 40 %. Температура безглютенового пельменного тіста становила  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ , контрольного зразка пельменного тіста –  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ .

У ході проведення експериментальних випробувань встановили, що контрольні та дослідні зразки пельменів відповідають основним показникам якості, властивим даному виду напівфабрикатів. На підставі проведених дегустаційних досліджень встановлено, що пельмені «Безглютенові» відрізняються пластичною, м'якою та однорідною консистенцією тіста, контрольні зразки пельменів – більш еластичною та щільною тістовою оболонкою. Фарш заморожених тістових напівфабрикатів характеризувався однорідною соковитою консистенцією, без видимих включень сполучної тканини. Для досягнення найкращих органолептичних характеристик готового продукту рекомендовано кулінарну обробку пельменів «Безглютенові» протягом 6-7 хвилин.

Згідно положення «Про безпеку м'яса та м'ясної продукції» заморожені напівфабрикати у тісті мають відповідати показникам безпеки – за рівнем вмісту токсичних елементів, антибіотиків, пестицидів та радіонуклідів. Гігієнічні вимоги та показники пельменів «Безглютенові» представлені у таблиці 5.

За отриманими результатами досліджуваних показників безпеки, можна зробити висновок, що токсичних елементів та радіонуклідів, які





Таблиця 5

## Гігієнічні вимоги та показники безпеки пельменів «Безглютенові»

Найменування речовини (елемента)		Допустимий рівень його вмісту, мг/кг (для радіонуклідів - Бк/кг), не більше	Результати випробовувань
Токсичні елементи:	Свинець	0,5	Не виявлено
	Миш'як	0,1	Не виявлено
	Кадмій	0,05	Не виявлено
	Ртуть	0,03	Не виявлено
Радіонукліди:	Цезій-137	200	Не виявлено

викликають харчові отруєння та токсикози в організмі людини, у пельменях «Безглютенові» не виявлено.

Встановлені терміни придатності пельменів «Безглютенові» – не більше двох місяців з моменту виготовлення при температурі зберігання не вище – 18 °С.

*Висновки.* На основі комплексу проведених експериментальних досліджень можна стверджувати, що ефективною можливістю підвищення якості безглютенового пельменного тіста є комбінування безглютенових видів борошна та крохмалю з різними функціональними та реологічними властивостями, харчовою та біологічною цінністю. Встановлено, що рецептурний склад безглютенової борошняної суміші повинен включати 69,46 % - рисового борошна, 15,57 % – борошна сорго, 3,59 % – льняного борошна та 11,38 % – кукурудзяного крохмалю.

За підсумками проведених експериментальних досліджень отримано співвідношення основних та допоміжних компонентів, розроблено рецептуру та технологію виготовлення пельменів «Безглютенові». На підставі отриманих результатів досліджень встановлено, що пельмені «Безглютенові» відрізняються підвищеним вмістом вологи, білка та жиру. Співвідношення даних нутрієнтів (1:1:4,5) у дослідних зразках напівфабрикатів наближається до оптимального засвоєння продукту організмом людини (1:1:4).

За отриманими результатами досліджуваних показників безпеки, можна зробити висновок, що токсичних елементів та радіонуклідів, які викликають харчові отруєння та токсикози в організмі людини, у пельменях «Безглютенові» відсутні. Встановлені терміни придатності пельменів «Безглютенові» - не більше двох місяців з моменту виготовлення при температурі зберігання не вище -18°С.

Пельмені «Безглютенові» є якісним та біологічно цінним



продуктом для дієтичного харчування та сприяють розширенню асортименту безглютенової продукції.

#### Список використаних джерел

1. Губська О. Г. Целиакія. Про проблеми діагностики і лікування цієї хвороби в Україні. *Харчова та переробна промисловість*. 2008. № 7. С. 24–26.
2. Дробот В. І., Грищенко А. М. Вимоги до хлібобулочних виробів для хворих на целиакію. *Хлібопекарська і кондитерська промисловість України*. 2009. № 6 (55). С. 33–34.
3. Tuire I., Marja-Leena L., Teea S., Katri H. et al. Persistent duodenal intraepithelial lymphocytosis despite a long-term strict gluten-free diet in celiac disease. *Am. J. Gastroenterol.* 2012. Vol. 107, N 10. Pp. 1563–1569.
4. Lanzini A., Lanzarotto F., Villanacci V., Mora A. et al. Complete recovery of intestinal mucosa occurs very rarely in adult coeliac patients despite adherence to gluten-free diet. *Aliment. Pharmacol. Ther.* 2009. Vol. 29, N 12. Pp. 1299–1308.
5. Coțovanu I., Stoenescu G. & Mironeasa S. Amaranth influence on wheat four dough rheology: Optimal particle size and amount of four replacement. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 10, 2020. Pp. 336–373. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2020.10.3.366-373>
6. Coțovanu, I., Mironeasa, S. Impact of diferent amaranth particle size addition level on wheat four dough rheology and bread features. *Foods* 10, 1539. <https://doi.org/10.3390/foods10071539>.
7. Kotsiou K., Sacharidis D. D., Matsakidou A., Boliaderis C. G., Lazaridou A. Physicochemical and functional aspects of composite wheat-roasted amaranth flours in relation to dough rheology, bread quality and staling phenomena. *Food Hydrocoll.* 2022, 124, 107322.
8. Boye J., Zare F., Platch A. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Int. Food Res. J.* 2010, 43, Pp. 414–431.
9. Kaur R., Prasad K. Technological, processing and nutritional aspects of rice flour. A review. *Trends Food Sci. Technol.* 2021, 109, Pp. 448–463.
10. Parenti O., Guerrini L., Zanoni B. Techniques and technologies for the breadmaking process with unrefined rice flours. *Trends Food Sci. Technol.* 2020, 99, Pp.152–166.
11. Bajka B. H., Pinto A. M., Ahn-Jarvis J., Ryden P., Perez-Moral N.; van der Schoot, A.; Stocchi C., Bland C., Berry S. E., Ellis P. R. et al. The impact of replacing line flour with cellular legume powder on starch bioaccessibility, glycaemic response and bread roll quality: A double-blind randomised controlled trial in healthy participants. *Food Hydrocoll.* 2021,



114, 106565.

12. Boukid F., Folloni S., Ranieri R.; Vittadini E. A compendium of line germ: Separation, stabilization and food applications. Trends Food Sci. Technol. 2018, 78, Pp. 120–133.

13. Codină, G. G. Recent Advances in Cereals, Legumes and Oilseeds Grain Products Rheology and Quality. Appl. Sci. 2022, 12, 1035 p.

14. Garrido-Galand S., Asensio-Grau A., Calvo-Lerma J., Heredia A., Andrés A. The potential of fermentation on nutritional and technological improvement of cereal and legume flours: A review. Int. Food Res. J. 2021, 145, 110398/

Стаття надійшла до редакції 16.12.2022 р.

A. Helikh<sup>1</sup>, M. Golovko<sup>2</sup>, O. Koshel<sup>1</sup>, O. Vasylenko<sup>1</sup>, S. Chernyshov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sumy national agrarian university

<sup>2</sup>Kharkiv State University of Biotechnology

## IMPROVING THE TECHNOLOGY OF SEMI-FINISHED MEAT PRODUCTS USING GLUTEN-FREE VEGETABLE RAW MATERIALS

### *Summary*

Complex research have been conducted that allow to theoretically and substantiate experimentally the introduction of gluten-free vegetable raw materials as a physiological and functional ingredient for the formation of consumer properties and the increase of the biological value of meat semi-finished products in dough.

The choice of gluten-free vegetable raw materials as a physiological-functional ingredient of meat semi-finished products in dough was substantiate scientifically, were investigated the main functional-technological properties and physical and chemical parameters. Has been established the optimal ratio of gluten-free vegetable raw materials and auxiliary ingredients in the recipe of meat semi-finished products in dough. Was theoretically substantiated the choice of components and the formation of the optimal recipe composition of minced meat for meat semi-finished products in dough.

Have been developed the recipe and production technology of meat semi-finished products in dough using gluten-free vegetable raw materials - "Gluten-free" dumplings. Were studied the organoleptic, physical and chemical indicators, nutritional and energy value, main safety indicators and expiration dates of meat semi-finished products in dough.

It can be stated, based on the set of experimental studies, that an effective way to improve the quality of gluten-free dumpling dough is to combine gluten-free types of flour and starch with different functional and rheological properties, nutritional and biological value. It was determined that the recipe composition of gluten-free flour mixture should include 69.46% rice flour, 15.57% sorghum flour, 3.59% flax flour and 11.38% corn starch. The ratio of these nutrients (1:1:4.5) in experimental samples of semi-finished products is close to the optimal assimilation of the product by the human body (1:1:4).

"Gluten-free" dumplings are a high quality and biologically valuable product for dietary nutrition and help expand the range of gluten-free products.

**Key words:** meat semi-finished products in dough, minced meat, gluten-free vegetable raw materials, dietary food, celiac disease, dumpling technology, model dough systems, protein, rice flour, sorghum flour, linseed flour



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-27

УДК 621.311

В. С. Волошин, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-9922-5618

О. Ю. Азархов, д.мед.н., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2085-4786

*ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»*

e-mail: alexazarhov@gmail.com

## ДО ПИТАННЯ РОЛІ ЛЮДИНИ В ЕНЕРГЕТИЧНОМУ ОБМІНІ СОНЦЕ-ЗЕМЛЯ

*Анотація.* В роботі розглянуті можливості людини в аспекті її енергетичної діяльності, як невідчужуваної частини екосистеми нашої планети, звертаючи увагу на її антропологічні, соціальні та мислячі здібності. Зроблено припущення, що загальна мисляча субстанція людини, унікальна в середовищі всіх інших живих істот на планеті, має свою унікальну ж місію, пов'язану з енергетичними обмінами на нашій планеті. Підтверджено посилення на точку зору, що людина в своїй діяльності несе одночасно об'єктивну складову, у вигляді дій, які вона робить, і суб'єктивну психофізичну компоненту, яка залежить від роботи нервової системи та мозку і відповідає за його відчуття. Припущено, що з енергетичної точки зору функція людини має двоєдиний зміст, що залежить від стану термодинамічної рівноваги всієї системи: використовуючи зовнішні джерела енергії задля своїх потреб, людина знаходиться в стані термодинамічної невірноваженості з навколишнім середовищем, а використовуючи внутрішню енергію тіла задля забезпечення свого існування, організм людини знаходиться в стані, близькому до термодинамічної рівноважності.

*Ключові слова:* енергетичний обмін людини і навколишнього середовища, концентрація енергії на планеті, термодинамічна рівноважність, енергетична двоєдиність, місія на Землі, дії та відчуття людини.

*Постановка проблеми.* Посилаючись на місію людини на Землі, його унікальні особливості і здібності, що різко відрізняються від усього іншого живого світу планети, як би навіть підкреслюючи своє позаземне походження, необхідно виділити його історично обґрунтовані можливості щодо участі в енергообміні між планетою і навколишнім космічним простором [1, 2].

Сонячна енергія вкрай важлива для людини, втім, як і для всього



живого на цій планеті. Відомо, що Земля отримує від Сонця теплову і світлову енергію, яка досягає поверхні, приблизно  $3,85 \cdot 10^{24}$  кДж на рік. Тут і далі порівняльні цифри ми будемо використовувати з посиланням на джерела [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], в той час як числовим розбіжностям в деяких випадках ми дамо оціночну характеристику, в тому числі, за даними, отриманими в ході наших досліджень. Ми не враховуємо енергію впливу Місяця і радіоактивних розпадів.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Отже, за 4,5 млрд років на Землю прийшло близько  $17,3 \cdot 10^{33}$  кДж сонячної енергії (табл. 1). Ця енергія, в основному тепло і світло, в цілому практично не має природного потенціалу для поліпшення її якості. В результаті тільки 16% сонячної енергії що надходить щорічно, поглинається відомими системами на землі (атмосфера всіх шарів, океани, поверхня планети, надра, загальна біологічна маса), і більше 80% залишає Землю, йдучи в космічний простір, і не бере участі в організаційних процесах на планеті.

Таблиця 1

Оціночні данні щодо обміну сонячною енергією (тепловою та світловою) на планеті Земля.

№№ п/п	Характеристика,	Абсолютна величина, кДж	Відносна величина, %
1	Кількість сонячної енергії, що досягла поверхні Землі за всю історію її існування	$17,3 \cdot 10^{33}$	-
2	Кількість сонячної енергії, що досягає поверхні Землі за рік.	$3,85 \cdot 10^{24}$	-
3	Сумарні втрати сонячної енергії планетою Земля за всю її історію	$13,86 \cdot 10^{33}$	-
4	Сонячна енергія, що залишається на планеті протягом року	$6,2 \cdot 10^{23}$	16
5	Те ж саме за весь час існування Землі	$2,8 \cdot 10^{33}$	-
6	Теплова і світлова енергія Сонця, що втрачається планетою протягом року	$3,08 \cdot 10^{24}$	84
7	Енергія Сонця, освоєна рослинами за допомогою фотосинтезу протягом одного року	$1,8 \cdot 10^{21}$	0,29
8	Енергія Сонця, освоєна на планеті фітопланктоном протягом одного року	$9,3 \cdot 10^{21}$	1,5
9	Сонячна енергія, зосереджена у вуглеводнях (розвідані дані)*	$7,5 \cdot 10^{22}$	12,1
10	Енергія Сонця, яка використовується людиною на планеті протягом року	$4,8 \cdot 10^{21}$	0,77

\*- за весь період накопичення (цифра наводиться з урахуванням розрізень у періодах накопичення вуглеводнів у Природі і термінах її використання людиною.



Природа, наскільки це дозволяє фізична реальність, не може терпіти ірраціональності. Виключно дефіцитна енергія Сонця, яка дає життя всьому живому, по ідеї, повинна залишатися на планеті в більшій мірі як інструмент структурування і природного різноманіття. Але ресурси природи тут можуть бути не безмежними.

Природа має свої і особливі механізми перетворення і зберігання сонячної енергії. Наприклад, це величезна зелена біомаса рослин, що акумулює енергію сонця за допомогою фотосинтезу, що поглинає приблизно  $1,8 \cdot 10^{21}$  кДж в рік, або 0,29% всієї сонячної енергії, виробленої на планеті. Тільки фітопланктон в екосистемах океану здатний протягом року накопичувати до  $9,3 \cdot 10^{21}$  кДж сонячної енергії і давати початок багатьом харчовим ланцюжкам в океані (див. табл. 1).

Або локалізація сонячної енергії шляхом синтезу вуглеводнів в сумарній кількості  $7,5 \cdot 10^{22}$  кДж розвіданих запасів вугілля, нафти, газу. Перетворення речовин і прихованої в них енергії за допомогою процесів розпаду біомаси, концентрації мінералів за допомогою тектонічних рухів в надрах і на поверхні Землі. Такі механізми існують дуже обмежено, але є і досить ефективними. Але цього, мабуть, недостатньо і їх актуальності для освоєння природної різноманітності надзвичайно висока. Можливо, саме тому природне різноманіття породило таку субстанцію, як мисляча людина.

*Формулювання мети статті.* Довести припущення про унікальну місію людини, що пов'язана з її впливом на енергетичні обміни та засвоєння сонячної енергії на планеті Земля.

*Основна частина.* Можна зробити спонтанне припущення, що загальна мисляча субстанція людини, унікальна в середовищі всіх інших живих істот на планеті, має свою унікальну ж місію, пов'язану з енергетичними обмінами на нашій планеті. Місія, яка не може бути реалізована жодною іншою з існуючих екосистем на Землі. Спробуємо показати це (рис. 1).

У своїй діяльності людина використовує 0,77% всієї енергії Сонця, яку освоює планета Земля. Але вже в сукупності з усім їх акумулюванням, в тому числі і ядерними накопиченнями, цей відсоток збільшується в десятки і сотні разів, роблячи діяльність людини порівнянною з сукупними технологіями фотосинтезу рослин на Землі і навіть перевищуючи їх.

Природа здавна йшла до виникнення людини як джерела і механізму концентрації енергії. Травоїдні тварини, які більшу частину часу їдять рослинну їжу, довго перетравлюють її для підтримки свого метаболізму. Хижаки, спробувавши жертву на смак, отримують швидко і в достатній кількості білків, щоб протягом 3-5 днів не вимагати поповнення енергії. Але цього було замало. Повинна була з'явитися людина, якій також був потрібен білок для підтримки

власного енергетичного потенціалу. Але, в той же час, величезна кількість мікроелементів з рослинної їжі знадобилася для розвитку і підтримки мозку і центральної нервової системи зовсім особливого типу, щоб з'явився не просто об'ємний мозок, а мисляча істота, яке потребувало нервових відчуттів, інтелекту і здатності до змін у природному середовищі.

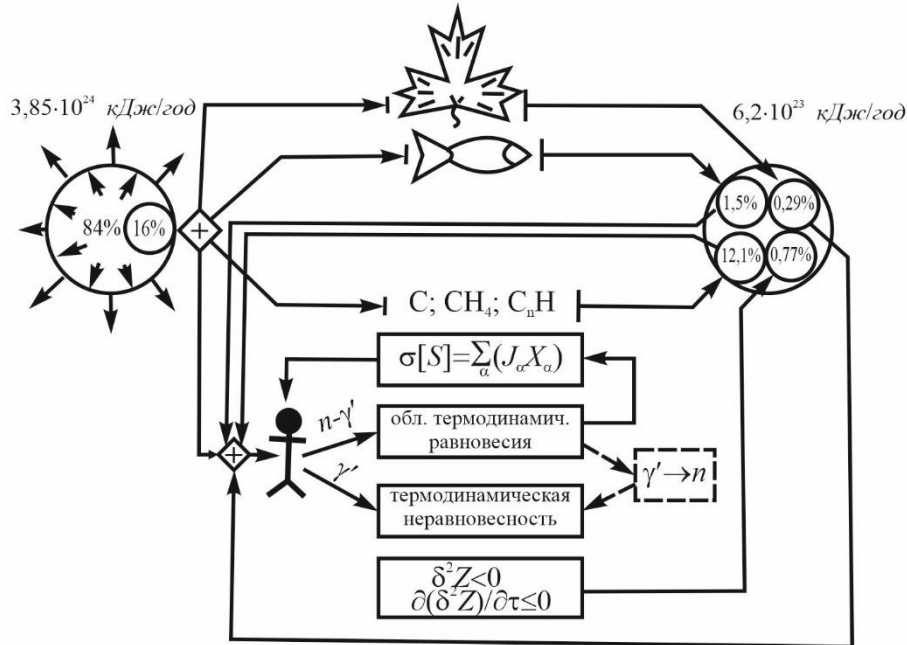


Рисунок 1. Модель реалізації сонячної енергії на планеті Земля та участь у ній людини (цифра вуглеводню оціночна, стосується їх розвіданих сумарних об'ємів)

Створивши істоту у вигляді людини, що має організовану заради процесів мислення субстанцію, Природа протягом тисячоліть витримувала послідовні етапи його розвитку, починаючи від збирання і полювання, відкриваючи перед про-людиною свої багатства і поки ще не розраховуючи на його майбутню енергоентропійну місію. І тільки після того, як людина, освоївши вогонь в вогнищі як поза біологічну енергію, придбала потребу в більшій кількості їжі, ніж йому давали традиційні для того часу методи, вона стала переходити до обробітку земель, одомашненню тварин з метою сезонного і більш тривалого накопичення їжі, Природа стала отримувати від людини те, заради чого, можливо, вона була створена як мисляча істота – Homo sapiens. А саме, використовувати опосередковану енергію Сонця, на самперед у вигляді рослинної і тваринної їжі, отриманої з її допомогою, а потім, у вигляді культурних злаків і приручених травоядних спочатку для себе, а потім і для інших представників свого роду, що призвело до появи торгівлі, грошей, промисловості, економічного розвитку та ін. Звичайно, все це, з позицій самої людини, вона робила, перш за все, для



задоволення своїх потреб, використовуючи свої почуття.

Втім Природа послідовно відкривала для людини, яка мислить свої запаси корисних копалин у вигляді металевих та ін. руд, а пізніше і запаси енергії від падаючої води і вітру, від теплоти водяної пари, від енергії, накопиченої у вигляді підземних вуглеводнів. Все це є приховані запаси сонячної енергії. Людина навчилася перетворювати її, послідовно, в нагріті тіла, в поступальні і обертальні механічні рухи. Він створював машини, яких раніше в природі не існувало. З мінеральних речовин він створює об'єкти, які просто не могли б з'явитися без його участі – від пірамід абсолютно правильної форми до гармонійних і стійких будівель, машин, заводів, посівних полів, штучних пасовищ і літаків. При цьому кожне з цих штучних речовин, предметів, матеріалів стає володарем зовсім іншого, більш високоорганізованого енергетичного потенціалу, отриманого в результаті мінімізації ентропії, в тому числі і за рахунок людської праці [12]. Як приклад можна привести вуглеводневі матеріали, поліетилен, пластмаси тощо. Це те, що за допомогою людини зосередило в собі певну енергію організованості, і не вивільняє цю енергію протягом багатьох сотень або навіть тисяч років, опираючись власному постексплуатаційному (як відхід) розкладанню. Без властивого тільки йому людського розуму і навичок такі речовини на Землі навряд чи з'явилися б. Людина навчилася за допомогою цих, вже штучних, предметів і машин створювати більш складні системи організації матерії і речовин, поступово залучаючи в свою діяльність все більшу кількість енергії від Сонця, перетворюючи її в нові енергонакопичувальні системи, що, в свою чергу, сприяло новим скупченням сонячної енергії, що надходить з небес, не даючи їй відійти до космічного простору і, таким чином, працювати на благо самої планети.

Все, коли-небудь створене або побудоване людиною, так чи інакше є результатом організації матерії, речовин, який є спрямованим на зниження зростання ентропії системи. Таким чином, в розпорядженні Природи і людини, завдяки його знанням, досвіду, розуму, зосереджений величезний енергетичний потенціал, в основі якого лежить енергія Сонця, яке коли-небудь потрапляло на Землю. В тому числі, за рахунок таких видів енергії, як організовані: електрична, інерціальна, ядерна та ін., яких, в організованому вигляді, до того на планеті не було.

Так поступово людство почало і продовжує виконувати свою місію по освоєнню сонячної енергії з метою концентрації її на Землі, з метою нових організацій на цій планеті. Ця місія пов'язана в першу чергу з діяльністю, спрямованою на мінімізацію ентропії в будь-яких енергетичних перетвореннях – природних або штучних. Для Природи





Землі людина і її 8-мільярдне співтовариство подібних людей, поступово перетворилося в реальний механізм розвитку сонячної енергії, який забезпечує цю планету надовго всім, що дозволяє їй зберігати різноманітність видів життя – атмосферу, запаси води і мінералів, підтримувати необхідні параметри клімату в його різноманітті, створювати все нові харчові ланцюжки для підтримки життя багатьох істот, що, в свою чергу, підтримує різноманіття видів живої і взаємопов'язаної проміж собою неживої матерії на планеті Земля, роблячи її унікальною в доступному для огляду космічному просторі.

Слід зазначити, що багато що в людському світі, зокрема, в фізіології людини, в суспільстві, пристосоване до енергетичних перетворень.

Антропометричний розвиток людини все більше набував цілеспрямованості, в основі якої лежали її майбутні можливості в області «приборкання» енергії Сонця, вкрай важливої для майбутнього планети. Тим самим підтверджуючи, крім усього іншого, своє енергетичне призначення. Зокрема, прямоходіння, отримання хапальних та важільних функцій у звільнених руках, розвиток їх моторики та ступенів свободи, зв'язку з розвитком головного мозку, поява таких функцій для рук, які дали можливість, врешті-решт, створити все, що існує тільки завдяки людині. Все це, за великим рахунком, забезпечувало концентрацію великих обсягів, раніше неорганізованої енергії Сонця, тим самим виконуючи місію людини що розглядатиме тут.

Навіть простий розрахунок показує [13], що людина наділена надлишковим внутрішнім енергетичним потенціалом в порівнянні з його витратами на метаболізм і гомеостатично рівноважний стан організму. Включаючи витрати на роботу мозку і всієї нервової системи. Існують дослідження, що доводять існування деякого сукупного внутрішнього енергетичного потенціалу, за допомогою якого біологічна істота визнає індивіда, з яким вона може або не може впоратися в стандартній для себе ситуації. Людина займає тут особливу нішу, мабуть, завдяки особливому сукупному внутрішньому енергетичному потенціалу на одиницю маси тіла, особливо якщо до цього додати енергетичні можливості його машин, зброї і т. д. Поза край, він навчився контролювати таких тварин, як травоядні корови і вівці, лами, кози і слони. І водночас він контролює собак, його волі підкоряються представники багатьох м'ясоїдних – кошачих, наприклад. Його обходять вовки, леви і змії. Ведмеді тощо, без причини, яка може бути лише власною безпекою, не нападають на людину. Це одне з підтверджень прояву об'єктивної, а саме енергетичної, сутності людини і її призначення з точки зору раціональної Природи.



Розглядаємої мети (синергізму) сприяють також організаційні структури, в яких знаходиться суспільство. Наприклад: держава є синонімом створення. Армія, війни є синонімом руйнування. І те, і друге є енергетичними системами, функції яких різні. Але людина не може жити поза таких систем. І тільки в системі він здатний виконувати свою антиентропійну функцію. Чим сильніше держава, тим вище його загальний енергетичний потенціал, який становить створюється масами.

Агресивність, війни, зокрема є проявом надлишкової енергії в суспільстві, спрямованої, в кінцевому результаті, на збільшення загальної ентропії і зниження енергії для творення, для її збереження на планеті. Війна – це реалізація підвищених потреб людини в дії, в енергії. Але при цьому загальний енергетичний потенціал воюючих сторін знижується, причому в найкоротші терміни. Всі дії під час війни носять руйнівний характер. А будь яка деструкція у відношенні до енергії є причиною різкого збільшення ентропії системи.

М. Веллер правильно зазначив, що сутність людини на базовому рівні зосереджена між його об'єктивною енергетичною складовою, як будь-якої фізичної системи у Всесвіті і, з іншого боку, суб'єктивним психофізичним компонентом, заснованим на діяльності його нервової системи. Така підкреслена двоєдиність об'єктивного і суб'єктивного робить людину дуже зручним і, як показала історія, дуже продуктивним суб'єктом, з точки зору самої Природи.

Людина – це система, яка енергетично існує об'єктивно, на рівні дій і суб'єктивно, на рівні відчуттів. Всі дії людини, які не пов'язані з підтриманням обміну речовин, здійснюються в основному за рахунок зовнішніх джерел енергії. Виняток становить м'язова енергія, яку важко відокремити в енергетичному плані від енергії для підтримки стану організму. Всі вони, так чи інакше, є похідними від енергії Сонця. А всі відчуття людини з енергетичної точки зору пов'язані з внутрішньою енергією самої людини і мало залежать від зовнішньої енергії, яку вона використовує.

Таким чином, людина представляється як двоєдина термодинамічна система, яка на рівні термодинамічної нерівноважності за рахунок зовнішньої енергії виконує дії, а на рівні, близькому до термодинамічного рівноваги, за рахунок внутрішньої енергії, використовує виникаючі суб'єктивні відчуття (див. рис. 1).

1. У стані термодинамічної нерівноваги використовується енергія зовнішніх джерел, завдяки якій виконуються об'єктивні дії. Базою такої термодинамічної нерівноважності є суттєва розбіжність в параметрах енергетичної можливості самої людини і енергетичних потребах задля того, що задовольнити всі ті дії, що потребує мозок. Чим більше зовнішньої енергії в розпорядженні людини, тим більші дії він може



здійснити. Зовнішня енергія в розпорядженні стародавньої людини – це, перш за все, енергія приручених тварин: коня, бика. І його дії відповідні: прості будинки, дороги, примітивні поля для обробітку рослин, пересування верхи на конях. Зовнішня енергія з інших джерел послідовно: від вітру (млина), пари, вуглеводнів, атома – і дії людини більш організовані і системні, послідовно: самохідні возки, паровози, автомобілі, літаки, атомні електростанції та ін.

2. В стані, близькому до термодинамічної рівноваги системи, використовується внутрішня енергія організму, завдяки якій центральна нервова система формує суб'єктивні відчуття. Чим більше внутрішня енергія людини, яку отримують з їжою (кількість і якість, білкова калорійна або вегетаріанська низькокалорійна), тим більше відчуттів у людини.

Таблиця 2

Особливості взаємних перетворень та накопичення деяких видів енергії

№№	Вид енергії	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Механічна		+	⊕	+	+	⊕	+	+
2.	Пружня	⊕		⊕	-	-	+	-	-
3.	Теплова	⊕	+		+	+	⊕	+	+
4.	Хімічна	+	-	⊕		-	+	-	+
5.	Електростатична	+	-	-	-		+	-	+
6.	Електродинамічна	⊕	-	⊕	+	+		+	⊕
7.	Магнітодинамічна	+	-	-	-	-	-		+
8.	Електромагнітна	+	-	+	-	-	⊕	-	

⊕- перетворення енергії з практичним застосуванням;

+ – можливе пряме перетворення;

- – відсутність трансформації.

Такий механізм, обумовлений тим, що він відсутній у більшості біологічних істот, дозволяє отримати певне різноманіття способів перетворення сонячної енергії і її похідних в структуровану систему концентрації цієї енергії. Таким чином, людину слід прийняти, як один з принципово відмінних від природних, механізм, що дозволяє концентрувати енергію Сонця на Землі, накопичувати її в таких формах (табл. 2), які не підпадають ані до фотосинтезу, ані до біологічного розкладання, до тектоніки і т. д. Людина була унікально здатна отримувати нові енергоємні матеріали і способи їх перетворення, про



які планета раніше не знала. Він масово використовує відомі і створює нові джерела енергії, раніше невідома на планеті, але в якій, так чи інакше, відстрочено в часі, зосереджена енергія Сонця. Все це, так чи інакше, є використаною людиною сонячною енергією, яка в самих різних часових проміжках прийшла на Землю, але вже виявилася концентрованою в найрізноманітніших, але високоенергоємних станах. В основі цього механізму лежить праця людини, яка з'єднує його відчуття та дії, як двуєдиність суб'єктивного та об'єктивного і є їх похідною. Саме людська праця стає одним з основних джерел мінімізації ентропії на Землі.

Людина з таких позицій має можливість за допомогою розуму, своїх відчуттів, своєї фізичної, а дещо пізніше і інтелектуальної праці, здійснювати дії, що сприяють мінімізації зростання природної ентропії, будучи джерелом багатьох штучних організаційних процесів на Землі. При цьому в такій організації задіяна величезна кількість матеріальних речовин в якості сировини і джерел енергії. Заради такої організації людина, яка, ще раз додамо, переслідує тільки свої суто людські цілі, використовуючи свій розум, придумує безліч технологічних процесів, в результаті яких з'являються все нові вироби, речі, матеріали, які раніше не були відомі природі в принципі. І вони не могли з'явитися без участі людини. Але в цих речах і матеріалах, так чи інакше, є організована по-своєму специфічним чином енергія Сонця, яка в найрізноманітніші періоди часу прийшла на Землю і тільки через людський розум не зникла, а зосередилася в тому, що не могло б з'явитися і існувати без людини. Ця енергія залишається на планеті, використовується на благо цієї планети, і не втрачається в космічному просторі.

Уже на етапі освоєння вогню, процесів організованого горіння людина прийшла до висновку, що існують такі способи збереження цього тепла, при яких горіння одиниці органічного палива може давати більше або менше теплової енергії, в залежності від того, наскільки організованим є джерело горіння, наскільки ізольоване місце теплопостачання (печера, житло, побудоване з каменю, дерева, глини), наскільки людина сама може утримувати таке тепло, користуючись індивідуальним одягом різних типів тощо.

Далі, освоївши теплові машини, людина придумав коефіцієнт корисної дії, який показав, наскільки ефективно він використовував цю теплову енергію. За великим рахунком, для Природи цей показник відображав здатність людини забезпечити збереження на планеті певної частки сонячної енергії, що з'явилася в різний час на Землі.

Таким чином, Природа створила невичерпне джерело штучних, тобто рукотворних, способів накопичення сонячної енергії на Землі. Це, мабуть, одне з головних природних призначень людини і його



розуму.

Розум тут представлений як здатність людини організувати процеси залучення і перетворення практично необмеженої кількості зовнішньої енергії на Землі, але, в принципі, у Всесвіті. Останнє ще не є остаточним, але, судячи з перших кроків людини в космосі, це може мати підтвердження.

Є побоювання, що ми не зможемо точно підрахувати, скільки саме сонячної енергії на Землі було отримано і використано людством за весь час свого існування, у вигляді біологічної (рослинної і тваринної) їжі, організованого руху тяглових тварин, падаючої води і вітру, парових поршнів і лопатей турбін, енергії горючого вугілля і нафти, деревини і газу, електричної енергії і енергії атома, що розпадається, морських припливів і підземного тепла, тощо. Вся ця кількість енергії Сонця, це те, що людина повинна перетворити в організовану матерію, тим самим залишивши її на планеті і систематизувавши цю планету більш прийнятним для Природи способом. Більш того, сьогодні наука навіть методами екстраполяції не може точно відповісти на питання: скільки людей було на планеті Земля за весь час існування Homo Sapiens. Така складна задача не може бути вирішена статистичними методами. Результат тут можна тільки оцінити.

Такий розрахунок також може бути дуже обтяжливим і неточним. Тому простіше прийняти всю концентровану енергію Сонця, яку людина використовувала в усі часи за умовну одиницю. Позначимо її як  $E_S = 1$ . І таким чином можливо робити оціночні розрахунки щодо цієї величини. Повну енергію, яка залишається на планеті у вигляді всього створеного людиною в цей момент часу, уявимо як  $E_{\text{факт}}$ . Далі. Людині потрібно не просто щось створити, а зуміти це зберегти. Тому умовні «експлуатаційні витрати» у вигляді енергії, витраченої на підтримку всього створеного, ми позначаємо як  $E_c(\tau)$ . Ця цифра завжди буде відноситися до якогось періоду часу, протягом якого відбувається збереження. І, звичайно, за час свого існування людина змогла зруйнувати частину того, що вже було створено раніше, або використовувати вже накопичену Природою енергію Сонця у вигляді, наприклад, вуглеводнів. Енергія, витрачена на руйнування (наприклад, війни) вже створеного або використання природних енергетичних ресурсів, позначимо як  $E_r$ . Нас можуть зацікавити пропорції, в яких існують ці види накопиченої енергії. Тут ми можемо оцінити їх лише в якомусь засвоєваному діапазоні, який береться виходячи з логіки даного питання.

Отже, якщо  $E_S = 1$ , то все, що зараз існує з усього створеного раніше людиною, повинно бути  $E_{\text{факт}}^{\text{min}} < E_{\text{факт}} \ll 1$ . Але емпірично можна звужити цей діапазон до  $0,4 < E_{\text{факт}} < 0,8$  з великими купюрами

на всілякі історичні події. Витрати енергії на амортизацію всього створеного, також з великим запасом, будуть братися в межах  $0,1 < E_c(\tau) < 0,6$ . І, нарешті, опосередковані концентрації того, що зруйновано або використовується людиною особисто для своїх потреб, позначимо в діапазоні  $0,01 < E_r < 0,4$ . У таких діапазонах, ще раз повторим, досить умовних, спробуємо оцінити активність людини в тій його частині, яку від нього очікує Природа, тобто в яких пропорціях і яку частину енергії зберегло людство в штучних системах, створених його працею.

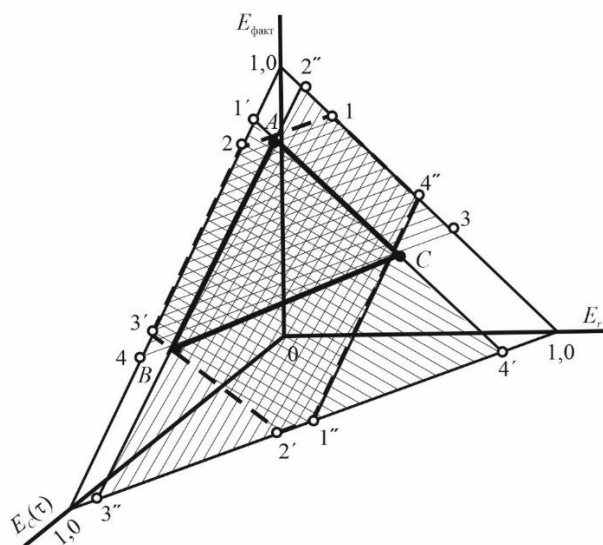


Рисунок 2. Одинична поверхня переваг в енергетичних взаємодіях людини і результатів його праці.

В одиничних координатах  $E_{\text{факт}}, E_c(\tau), E_r$  побудуємо поверхню (рис. 2), описану рівнянням (1):

$$E_S = 1 = E_{\text{факт}} + E_c(\tau) + E_r. \quad (1)$$

У ньому область трикутника  $ABC$  відображає пропорційну взаємодію всіх трьох перерахованих вище компонентів пошуку. Область, позначена як  $A, 2, 3', B, 2', 1'', C, 4'', 1$  без урахування зазначеної  $ABC$ , містить трапецієподібні області, які відображають бінарну взаємодію кожної пари шуканих параметрів. Площі цих фігур легко обчислюються за координатами кожної із зазначених точок.

Відтак:

Область  $ABC$  відображає  $E_{\text{факт}} \cup E_c(\tau) \cup E_r$  і дорівнює  $0,26$  (од.)<sup>2</sup>

Область  $C, 4'', 1, A$  відображає  $E_{\text{факт}} \cup E_r$  і дорівнює  $0,16$  (од.)<sup>2</sup>

Область  $A, 2, 3', B$  відображає  $E_{\text{факт}} \cup E_c(\tau)$  і дорівнює  $0,09$  (од.)<sup>2</sup>.

Область  $B, 2', 1'', C$  відображає  $E_c(\tau) \cup E_r$  і дорівнює  $0,17$  (од.)<sup>2</sup>



Таким чином, відношення площ, пропорційних сконцентрованої на них енергії, до її максимального значення, що визначається площею всієї одиничної тривимірної поверхні 1,1,1 в координатах,  $E_{\text{факт}}, E_c(\tau), E_r$  рівних  $0,855 (\text{од})^2$ , становить:

- для показника АВС –  $0,26/0,855 \rightarrow 30,4\%$ . Це означає, що, за оцінками, тільки 30,4% всього того, що створила людина за всю свою історію, служить Природі сьогодні, як штучно концентрована енергія Сонця. Цей показник не є високим. Аналогічно:

- для показника С, 4'', 1, А –  $0,16/0,855 \rightarrow 18,7\%$ . Іншими словами, людина витратила 18,7% концентрованої енергії на створення того, що потім було знищено;

- для показника А, 2, 3', В –  $0,09/0,855 \rightarrow 10,5\%$ . Тобто трохи більше 10% концентрованої енергії витрачається на підтримку того, що існує сьогодні на планеті, як справа рук людини;

- для показника В, 2', 1'', С –  $0,17/0,855 \rightarrow 19,9\%$ . І, нарешті, близько 20% створеної ним енергії людина витратила на руйнування або втрату того, що ним було створено раніше.

*Висновки.* Таким чином, у всьому, що створено людиною, було  $30,4\% + 18,7\% + 10,5\% = 59,6\%$  енергії Сонця, яка використовувалася в тому чи іншому вигляді і у відносних одиницях. Ця енергія використовувалася, в кінцевому результаті, для мінімізації ентропії, тобто нові форми енергії збережені на Землі як фактор її організованості, як результат діяльності людини нарівні з іншими механізмами: створенням ландшафтів, морів та інших геологічних процесів, поряд з фотосинтезом і харчовими ланцюгами в біологічному світі та ін. Ще 19,9% енергії, яка так чи інакше потрапила у володіння людини, було витрачено даремно або було втрачено з плином часу і не може бути віднесена до синергізму. Решта енергії, що сприймається людиною (трохи більше 20%) як похідна від сонячної енергії, відноситься до його внутрішнього енергоспоживання самого організму, за рахунок чого, у тому числі, центральна нервова система людини забезпечує цю синергію. Такий підхід може пояснити унікальність і унікальність екосистеми «Homo Sapiens» на нашій планеті.

#### Список використаних джерел

1. Волошин В.С. К вопросу о роли человека в экосистеме «Земля». *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення. 7-ома міжнародна науково-практична конф.* Харків-Алушта. 2011. С. 23–27.
2. Руденко А. П. Самоорганизация и прогрессивная химическая эволюция открытых каталитических систем. *Сложные системы.* 2019.



№. 1. С. 7–25.

3. Данные о мировой энергетике и климате. *Ежегодник 2022*. URL: <https://energystats.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>

4. Мегре В. Энергия жизни. *Litres*, 2022.

5. Сорохтин О.Г., Ушаков С.А. Развитие Земли. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2012. 559 с.

6. Бушуев В. В., Голубев В. С. Структурная энергия и жизнь. *Окружающая среда и энергетика*. 2021. №. 2. С. 26–44.

7. Avtar R. et al. Population–urbanization–energy nexus: a review. *Resources*. 2019. Т. 8. №. 3. С. 136.

8. Sterelny K. *The Pleistocene Social Contract: Culture and Cooperation in Human Evolution*. Oxford University Press, 2021.

9. Manabe S., Wetherald R. Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity. *Journ. Atmospheric Sciences*. 2017. V. 24. P. 241–259.

10. Schroder K.P., Smith R.C. Distant future of the Sun and Earth revisited. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2018. V. 386. P. 155–163.

11. Еськов Е. К. Эволюция Вселенной и жизни. *Энергетический баланс Земли*. Адамант Моторс, Чернигов, 2015. URL: [https://studref.com/497984/geografiya/energeticheskiy\\_balans\\_zemli](https://studref.com/497984/geografiya/energeticheskiy_balans_zemli)

12. Sima V. et al. Influences of the industry 4.0 revolution on the human capital development and consumer behavior: A systematic review. *Sustainability*. 2020. Т. 12. №. 10. С. 4035.

13. Волошин В. С., Азархов А. Ю. Сравнительный анализ термодинамики организма человека с позиций отхоодообразования в сопоставлении с искусственными технологиями. *Вісник ПДТУ. Технічні науки. Зб. наук. праць*. 2019. Вип. 39. С. 175–185.

Стаття надійшла до редакції 15.11.2022 р.

**V.S. Voloshin, O.Yu. Azarkhov**  
**Pryazovskyi State Technical University (PSTU)**

## **ON THE QUESTION OF HUMAN ROLE IN THE SUN-EARTH ENERGY EXCHANGE**

### ***Summary***

The work examines the possibilities of man in the aspect of his energy activity, as an inalienable part of the ecosystem of our planet, paying attention to his anthropological, social and thinking abilities. It is assumed that the general thinking substance of a person, unique among all other living beings on the planet, has its own unique mission related to energy exchanges on our planet. The strengthening of the point of view that a person in





his activity carries at the same time an objective component, in the form of the actions he performs, and a subjective psychophysical component, which depends on the work of the nervous system and brain and is responsible for his sensations, has been confirmed. Reasons are given for which man should be accepted as one of the fundamentally different from natural mechanisms that allows concentrating the Sun's energy on Earth, accumulating it in such forms that are not subject to photosynthesis, biological decomposition, tectonics, etc. It is assumed that from the energy point of view, the function of a person has a dual meaning, which depends on the state of thermodynamic equilibrium of the entire system: using external energy sources for his needs, a person is in a state of thermodynamic imbalance with the environment, and using the internal energy of the body to ensure his existence, the human body is in a state close to thermodynamic equilibrium. Considered anthropometric and social aspects of this issue in terms of relativity to human energy activity. The mind is presented here as the human ability to organize the processes of attraction and transformation of an almost unlimited amount of external energy on Earth, reducing the continuous entropy of the planet. A mission that cannot be accomplished by any other existing ecosystem on Earth. This approach can be one of the explanations for the unique and unlike other living world human abilities on this planet. Quantitative indicators of such activity in relation to all the energy that can be mastered by a person on Earth are added.

**Key words:** energy exchange of man and the environment, energy concentration on the planet, thermodynamic equilibrium, energy duality, mission on Earth, human actions and feelings.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-28

УДК 621.316.925

В. Б. Гулевський, к.т.н.,

ORCID: 0000-0003-1434-9724

Ю. О. Постол, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-0749-3771

І. Г. Добровенко, здобувач СВО «Магістр»

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

E-mail: vadym.hulevskyi@tsatu.edu.ua

## ОГЛЯД СУЧАСНОГО СТАНУ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

*Анотація.* Робота присвячена огляду сучасного стану релейного захисту електричних мереж.

З метою забезпечення надійного та безперебійного електропостачання споживачів, запобігання пошкодженню та руйнуванню електрообладнання та збереження стійкості енергосистеми необхідно якнайшвидше відключити пошкоджену ділянку енергосистеми.

Пристрої релейного захисту є основним видом електричної автоматики, без якої неможлива нормальна та надійна робота сучасних енергетичних систем та призначена для захисту енергосистем та її елементів від небезпечних наслідків пошкоджень та ненормальних режимів. Власне, тому вони так і називаються - пристрої релейного захисту та електроавтоматики (РЗА). Реле - це пристрій, який реагує на зміни будь-якої фізичної величини, наприклад струму, напруги, тиску, температура. При відхиленні цього значення вище допустимої межі спрацьовує реле і його контакти, замикання або розмикання, здійснюють необхідні перемикання шляхом подачі або відключення напруги в ланцюгах керування електроустановки [1,2].

З аналізу сучасного стану захисту електричних мереж, які використовують в Україні більшість пристроїв релейного захисту відносяться до покоління електромеханічних і мікроелектронних реле і не відповідають сучасним науково-технічним вимогам [3]. Принципи, які зараз застосовуються в реле захисту, були розроблені протягом перших трьох десятиліть минулого століття, такі як надструмовий, спрямований, дистанційний і диференціальний захисту. Розвиток сучасної науки і технології, особливо електронні та комп'ютерні технології, сприяв розвитку релейної техніки.

Один з напрямків удосконалювання – використання



мікропроцесорів для виконання функцій релейного захисту й автоматики. У зв'язку з цим активно спостерігається тенденція переходу систем електропостачання від релейного захисту та автоматики, реалізованої на електромеханічних реле (ЕМЗ), до мікропроцесорних пристроїв релейного захисту.

*Ключові слова:* релейний захист, програмування, автоматика, мікропроцесор.

*Постановка проблеми.* Будь-яка електроенергетична система є складним об'єктом з великою кількістю різноманітних зв'язків між багатьма своїми елементами. Порушення якогось з'єднання призводить до пошкодження або ненормальної роботи цієї системи. На сьогоднішній день існує безліч апаратів, здатних в найкоротші терміни запобігти аварії на дільниці, яку обслуговує електромережі або в крайньому випадку попередити персонал про порушення робочого режиму.

Релейний захист - область, що безперервно змінюється і розширюється електроенергетики, що використовує зараз мікропроцесорну апаратуру та комп'ютерні програми не лише для захисту, а й для комплексного керування електроустановками. Мікропроцесорна технологія залишається поки визначальною технологією на рівні всієї енергосистеми. Безперечно, що подальший розвиток технології забезпечить подальше збільшення характеристик роботи процесора, більший розмір і більш високу щільність пам'яті, високу роздільну здатність та швидке аналогове-цифрове перетворення [4].

*Аналіз останніх досліджень.* Найперші електричні реле були розроблені в 1830-х роках, коли люди почали визнавати, що такі вимикачі можуть бути надзвичайно корисними [2,3,4]. Історично склалося так, що електричні реле часто виготовлялися з електромагнітами, які продовжують використовуватися й сьогодні, хоча для деяких застосувань перевагу надають твердотільним реле [5].

Основне призначення РЗА полягає у тому, щоб забезпечити захист електроустановок від пошкоджень та ненормальних режимів роботи, які можуть призвести до поширення аварії. Щоб виключити перерву живлення, необхідно швидко відключити пошкоджений елемент, відновити електричне живлення споживачів, автоматично відключених від джерела живлення в результаті пошкодження, підтримувати на заданому рівні параметри якості електроенергії, забезпечити пуск і зупинку машин, забезпечити відключення частини споживачів при виникненні дефіциту активної потужності в енергосистемі та багато іншого [6]. З кожним роком спеціалістам у релейній галузі приходиться все глибше удосконалювати програмне забезпечення пристроїв, В



сучасних пристроях релейного захисту є тенденція на компактність та багатофункційність, що призводить до зменшення розміру та кількості задіяних пристроїв у електричних схемах. Зараз ті хто працює в експлуатації на собі відчувають, що найактуальнішим напрямком розвитку базуються навколо цифрових підстанцій, цифрових РЕМ тощо. Необхідні функційні можливості відбираються в залежності від вимог та призначаються на відповідний пристрій. Це призводить до подальшої функційної інтеграції, яка не означає, що всі функції повинні бути в одному пристрої. Залежно від умов і вимог, функціональні можливості можуть бути об'єднані по-різному. На сьогоднішній день спеціалісти з релейного захисту все тісніше працюють з програмною базою сучасних мікропроцесорних пристроїв [4,6,7].

*Формулювання цілей статті.* З огляду на тенденції використання релейного захисту формується визначення технологічного рівня такого захисту та перспективи його удосконалення.

*Основні матеріали дослідження.* Мікропроцесорні захисні пристрої сприяли створенню захисту зі складними алгоритмами дії, що на іншій елементній базі було б важко створити зі стійкими характеристиками. В даний час широко використовуються мікропроцесорні захисні пристрої та продовжується вдосконалення їх технічної реалізації, а також, що найважливіше, принципів дії. З появою нової елементної бази розробляють нові пристрої релейного захисту (РЗ), такі відомі як ARCTEQ [8], PC83, РЕЛСІС, SIEMENS SIPROTEC [9], які замінили собою пристрої релейного захисту на електронній базі як РС 80, які в свою чергу були заміною РТ80.

Як електромонтеру студенту Добровенко І.Г., під час дуальної форми здобуття вищої освіти «Магістр», яка передбачає навчання на робочому місці доводилося займатися монтажем та наладкою новітнього обладнання (рис.1).

На рисунку 2 представлено зразки панелей захисту, які використовуються на одному з підприємств України. Важливо зауважити, що на рис. 2,а зображена лише одна з панелей захистів, котрих дві, на цій панелі розташований диференційний захист на основі ДЗТ-11 та захист лише сторони 35кВ, але є також панель захисту по стороні 6кВ, на рис. 2,б зображена панель захисту на основі мікропроцесорних пристроїв на основі яких базується захист силового трансформатора.

Через специфічність деяких пристроїв, наприклад РЕЛСІС у якому відносна гнучка логіка та зі своїми певними нюансами при наладці, останні тенденції диктують виробникам новітнього обладнання у сфері релейного захисту необхідність розробки гнучкої архітектури програмної та апаратної частин, що оптимально відповідає на умови,



Рисунок 1. Монтаж та наладка новітнього обладнання



а – стара панель захисту силового трансформатора на базі електромеханічних реле



б – нова панель захисту силового трансформатора на основі мікропроцесорних пристроїв

Рисунок 2. Пристрої релейного захисту

що змінюються. Як приклад, при наладці іноземних пристроїв захисту, при спробі налаштувати логіку цих пристроїв під свої потреби, було

зіпсовано діючу логіку через непривітливості системи, завдяки тому що в них був ще один такий пристрій, вони скопіювали в ньому логіку та встановили її в цей мікропроцесорний пристрій.

Одними з найрозвинутішими та одночасно складнішими були німецькі термінали компанії SIEMENS SIPROTEC (рис. 3, рис. 4) для захисту силового трансформатора на підстанції 110/35/10кВ.

Ще одним вдосконаленням пристроїв РЗА стали технології комунікації, що вже довгий час вже були достатньо на високому рівні, ось у нових пристроях РЗА реалізовуватимуться переваги нових технологій, а особливо застосування каналів зв'язку від приєднання до рівня підстанції, що вже відбувається.

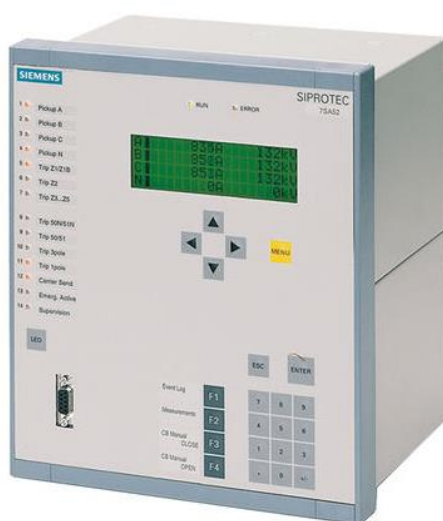


Рисунок. 3. Вид з лицьової частини мікропроцесорного термінала релейного захисту SIEMENS SIPROTEC



Рис. 4. Панель захисту силового трансформатора для підстанції 110/35/10 на основі SIEMENS SIPROTEC та РЕЛСІС

Як приклад можна привести телемеханіку, яка набула великої популярності через цифровізацію та оптимізацію робочого процесу.

На рисунку показана панель автоматики для регулювання напруги у мережі на основі сучасного мікропроцесорного пристрою РС83-В4 (рис.5).

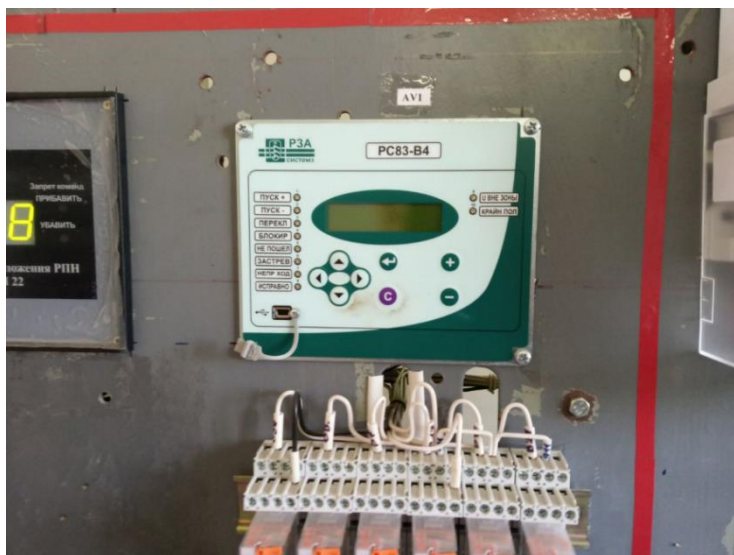


Рисунок 5. Мікропроцесорний пристрій РС 83-В4

Насправді функційна інтеграція означає, що у окремих терміналах захисту розподілені додаткові функції, такі як моніторинг, підвищена точність виміру та інше. Потреби обробки «в реальному часі», неймовірно важливою складовою, тому що необхідні для швидкого аналізу та робота захисту, процеси відбуваються впродовж декількох десятків мілісекунд, але є тенденції на зменшення часу, а у майбутньому до декількох мілісекунд. В таких малих діапазонах часу й працюють по типу RECON та REGINA, за допомогою яких визначають час і місце, де була аварійна ситуація.

*Висновки.* Трансформація енергетичної системи та впровадження нових технологій у майбутньому будуть зумовлені радикальними змінами в принципах побудови систем РЗА і автоматики. Але реалізація цих змін можлива лише за умови забезпечення високої надійності систем РЗА і, зокрема, шляхом розробки нового підходу до вирішення проблем резервування.

Збільшення продуктивності та пропускну здатності каналу зв'язку сприятиме появі нових властивостей систем РЗА. У майбутньому буде потрібна інтеграція «додаткового» стандарту: нове складання схем на «нижньому рівні» (бездротовий Ethernet, OPC-UA) або на «рівні застосування» (розподілена генерація), нова семантика (автоматизація чи графічні описи), кібербезпека тощо.



## Список використаних джерел

1. Justin, Ugwu & Josephine, Mbunwe & Victory, Madueme & Hillary, Idoko & Ejiofor, Oti. (2020). Protection of a Disturbed Electric Network Using a Solid State Protective Relay. *Technology Reports of Kansai University*. 62. 286–296.
2. ABDELMOUMENE, Abdelkader and BENTARZI, Hamid. A review on protective relays' developments and trends. *J. energy South. Afr.* [online]. 2014, vol.25, n.2 [cited 2022-11-05], Pp.91-95 URL: [http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1021-447X2014000200010](http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1021-447X2014000200010) (date of application: 05.110.2022).
3. Гулевский В. Б., Кузнецов И. А. Современные тенденции в автоматизации технологических процессов. *Науковий вісник ТДАТУ*, Вип. 9, том 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-49
4. Стаднік М. І., Видмиш А. А., Штуць А. А., Колісник М. А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. *Теорія та практика: навчальний посібник*. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с.
5. Борисов О. В. Основи твердотільної електроніки: навч. посіб. / за ред. Ю. І. Якименка. К.: Освіта України, 2011. 462 с.
6. Асланова Г. Н. Особливості електромеханічного реле або мікропроцесорних пристроїв релейного захисту. *Молодий учений*. 2015. № 23 (103). С. 101–102. URL: <https://moluch.ru/archive/103/23797/> (дата звернення: 22.10.2022).
7. Махлін П. В., Костенко С. Ю., Кузьменко О. П. Інтелектуальні пристрої релейного захисту та автоматики: навч. посібник. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2020. 256 с.
8. Protection Relays. *Arcteq*. URL: <https://www.arcteq.fi/applications/protection-relays/#content>
9. Brands We Deal In: *DSG Enterprises*. URL: <https://www.dsgenterprisesltd.com>

Стаття надійшла до редакції 06.11.2022 р.

V. Hulevskyi, Y. Postol, I. Dobrovenko  
Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

## OVERVIEW OF THE CURRENT STATE OF RELAY PROTECTION OF ELECTRICAL NETWORKS

### *Summary*

The work is devoted to the review of the current state of relay protection of electrical networks.

In order to ensure a reliable and uninterrupted power supply to consumers, prevent damage and destruction of electrical equipment, and preserve the stability of the power system, it is necessary to disconnect the damaged part of the power system as soon as





possible.

Relay protection devices are the main type of electrical automation, without which the normal and reliable operation of modern power systems is impossible and are designed to protect power systems and their elements from the dangerous consequences of damage and abnormal modes. Actually, that is why they are called so - devices of relay protection and electrical automation. A relay is a device that responds to changes in any physical quantity, such as current, voltage, pressure, temperature. When this value deviates above the permissible limit, the relay is activated and its contacts, closing or opening, carry out the necessary switching by supplying or disconnecting the voltage in the control circuits of the electrical installation.

Based on the analysis of the current state of protection of electrical networks used in Ukraine, the majority of relay protection devices belong to the generation of electromechanical and microelectronic relays and do not meet modern scientific and technical requirements. The principles currently used in protection relays were developed during the first three decades of the last century, such as overcurrent, directional, distance and differential protection. The development of modern science and technology, especially electronic and computer technologies, contributed to the development of relay technology.

One of the areas of improvement is the use of microprocessors to perform relay protection and automation functions. In this regard, there is an active trend of transition of power supply systems from relay protection and automation implemented on electromechanical relays to microprocessor relay protection devices.

**Key words:** relay protection, programming, automation, microprocessor.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-29

УДК 373.1

І. І. Сілі, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-6603-2174

О. Ю. Азархов, д.мед.н., к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2085-4786

*ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»*

e-mail: sili\_i\_i@pstu.edu

## ДЕЗІНФІКУЮЧИЙ UV-C МОБІЛЬНИЙ РОБОТ

*Анотація.* З розвитком сучасної автоматизації, використання сервісних роботів стає все більш популярним в кожній сфері життя. У цьому дослідженні представлена проста і економічно вигідна мобільна установка для дезінфекції поверхні за допомогою ультрафіолетового випромінювання С (UV-C). Забруднені поверхні є однією з основних причин передачі захворювання, через поширення збудника, наприклад таких як COVID-19. Пересувна установка ультрафіолетового випромінювання призначена для дезінфекції та стерилізації таких зон. Розроблена фізична дезінфікуюча установка має чотири лампи UV-C потужністю 30 Вт, які встановлені на мобільній рамі. Для зарядки акумулятора в ланцюзі робота використовується сонячна панель, яка живить плату Arduino, датчики і лампи. Прототип може працювати як лінійний рухомий блок, а також бути керованим системою Android через модуль Bluetooth. Система може генерувати дозу 9,67 мВтс/см<sup>2</sup> за 14 с, яке дозволить дезінфікувати 10 м<sup>2</sup> кімнати за 288 с (4,8 хв).

*Ключові слова:* автоматизація, Arduino, ультрафіолетове випромінювання, UV-C хвилі, дезінфекція, мобільний блок, робот.

*Постановка проблеми.* Забруднені вірусами, бактеріями і грибками поверхні є основними джерелами передачі хвороб. Добре розвинені фізико-хімічні дезінфікуючі методи знайшли широке застосування для знищення або інактивації патогенних мікроорганізмів у навколишньому середовищі [1]. Зазвичай для дезактивації використовуються жорсткі хімічні речовини та відбілюючі засоби, але ефективність ручного очищення методом миття і розпилення залежить від трудової майстерності, часу і частоти очищення. Досить часто доступні зони і високі тактильні поверхні стають основними точками для росту і поширення бактерій [2]. Ультрафіолет (УФ) є однією з нових технологій, яка може забезпечити вирішення проблеми санітарії. УФ-світло має бактерицидні ефекти, які були розкриті в 1903 році Нільсом Фінсеном [3]. З 1930-х років УФ-світло використовується в



лікарнях для очищення повітря і води. Згідно з глобальним сонячним УФ-індексом Всесвітньої організації охорони здоров'я, УФ-світло поділяється на три класи UV-A (315 – 400 нм), UV-B (280 – 315 нм) і UV-C (200 – 280 нм) [4]. Класи UV-A і UV-B присутні в сонячному світлі, і тривале перебування під їх дією вважається небезпечним для людини. Однак вони обидва мають обмежену здатність до знищення мікробів. Навпаки, опромінення ультрафіолетовою довжиною хвилі UV-C (200-280 нм) ефективно інактивує широкий спектр мікробних патогенів [5]. UV-C індукує зміни дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) або рибонуклеїнової кислоти (РНК) мікробів, що призводить до їх нездатності до реплікації [6].

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* В останні кілька років вдосконалення автоматизації призвело до розвитку сервісних роботів і їх застосування в медичній сфері надзвичайно зростає. У розвинених країнах багато сучасних закладів охорони здоров'я оснащені роботами-дезінфікуючими альфоліями. Лікарні вважають їх дуже привабливими в порівнянні з традиційним прибиранням, оскільки:

- UV-C має бактерицидну активність проти організмів широкого спектру дії;
- він має менший час інактивації грампозитивних і негативних бактерій;
- роботи UV-C безпечні і екологічні без небезпечних залишків;
- вони пропонують економію на вартості робочої сили і витратних матеріалів;
- обладнання відносно просте в налаштуванні і експлуатації на різних об'єктах.

У всьому світі існує понад 30 компаній, які виготовляють UVC-роботів. Безсумнівно, ці комерційні системи не тільки розумні в операційних технологіях, але і їх здатність вбивати мікроби також феноменальна. Деякі з відомих систем UV-C надаються Xenex, Dimer, Omron і IRIS3200m технологіями профілактики інфекцій мають запатентовану технологію і є дуже дорогими [7]. Багато досліджень повідомляють про перевагу вищезгаданих пристроїв, що вбивають мікроби, в порівнянні з ручним очищенням [8]. Стверджується, що системи UV-C усунули 99% бактерій, грибів і вірусів, таких як *Clostridioides difficile*, *Escherichia coli* O157, *salmonella enterica serovar typhimurium*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Aspergillus flavus*, *Alternaria japonica*, M<sub>1</sub>CoV, M<sub>2</sub>CoV і SARS-CoV [9].

Але в країнах, що розвиваються та в Україні, через обмежені ресурси та технічні можливості, використання етанолу, спиртів та бігуанідів, таких як хлоргексидин, є поширеним явищем для запобігання інфекцій. Вони не тільки суворі по відношенню до працівників, які їх використовують, але і становлять загрозу для



екології. Останнім часом, після появи нового Corona Virus, потреба в поверхневій дезактивації зросла [11]. Санітарні заходи в ці дні застосовуються повсюдно, щоб зменшити поширення вірусу. Тепер це не тільки медичні заклади, але й комерційні приміщення, такі як торгові центри, аеропорти, банки, ресторани та навчальні заклади, потребують ефективного та частого прибирання, щоб переконатися в безпеці для споживачів. Щоб уникнути впливу людини, саме роботи рекомендуються для частого прибирання. Це призвело до необхідності вивчити прості та економічно-ефективні системи дезінфекції, які могли б допомогти працівникам у періодичній санітарній обробці та не містять жорстких хімічних речовин. Завдяки наявності на ринку світлогенеруючих ламп і світлодіодів UV-C, можна розробити недорогі системи з відкритим кодом. На локальному рівні такі пристрої можуть масштабуватися відповідно до вимог споживачів і використовуватися в якості сервісного робота для періодичного безконтактного знезараження поверхні. Багато дослідників досліджували ефективність мобільних дезінфікуючих установок UV-C, розробляючи невеликі агрегати [11-13].

*Формулювання мети статті.* Метою даної роботи є розробка економічно ефективного прототипу дезінфікуючого робота ультрафіолетового випромінювання UV-C з використанням локально доступних компонентів, для заміни хімічного методу дезінфекції поверхонь.

*Основна частина.* Розробка пристрою передбачала три етапи: 1) будівництво конструкції, 2) електронне складання і 3) програмування мікроконтролера і мобільного додатку. Чотири лампи UV-C були з'єднані по колу на нерухомій колонці. Центральна нерухома колона розміщувалася на пересувній рамі, а в її нижньому кінці кріпилася коробка для розміщення блоку управління.

На рисунку 1(а) наведено складальне креслення. Легка сталева колона (1) фіксується за допомогою механічних кріплень (2). У нижній частині цієї бази було розміщено чотири обертових колеса. Навколо центральної колони кріпилися чотири тримачі ламп (3) за допомогою стяжок. Чотири світильники T8 GL UV-C потужністю 30 Вт (4) були прикріплені в тримачі. Блок управління (5) був встановлений в акриловій коробці внизу. Внизу був прикріплений дерев'яний каркас (6) для підтримки сонячної панелі (7). На рисунку 1(б) приведено ізометричний вигляд робота.

Основними електронними компонентами розробленого блоку є:

- мобільна платформа;
- чотири УФ-лампи потужністю 30 Вт, встановлені в круглій конфігурації;
- Arduino UNO;

- акумулятор на 12В;
- сонячна панель 10В;
- датчик виявлення ультрафіолету;
- PIR-датчик;
- ультразвуковий датчик.

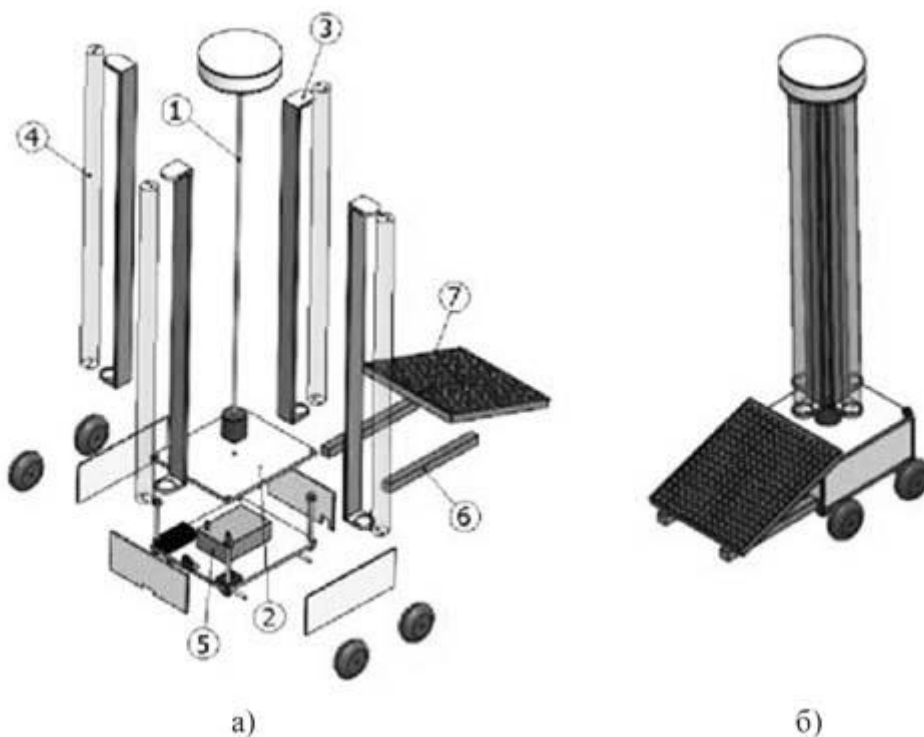


Рисунок 1. Схематичний вигляд УФ-С дезінфікуючого мобільного роботу

Висота агрегату становить 1 метр при приблизній вазі 3 кг. Акумулятор на 12В заряджається від сонячної панелі, яка живить мікроконтролер. Arduino є основним елементом, який дає можливість включення або відключення модуля Bluetooth, УФ-ламп і приводить в рух раму. Рамкою можна керувати через систему Android з більш ніж 10 метрів за допомогою модуля Bluetooth. Щоб захистити пристрій від перешкод, було встановлено два ультразвукових датчика. Також був доданий PIR-датчик, в якості заходу безпеки для відключення ламп, коли людина знаходиться поруч.

Електрична схема з'єднань наведена на рисунку 2. Для управління мобільною рамою можна застосувати мобільний додаток на Android. Інтерфейс додатка використовується для управління дезінфекцією мобільної рамки і здійснення підключення до пристрою через Bluetooth.

Розроблена дезінфікуюча система використовує чотири UV-C лампи, змонтовані по колу. Кожна лампа має потужність 30 Вт відповідно до специфікацій виробника. Доза опромінення, отримана

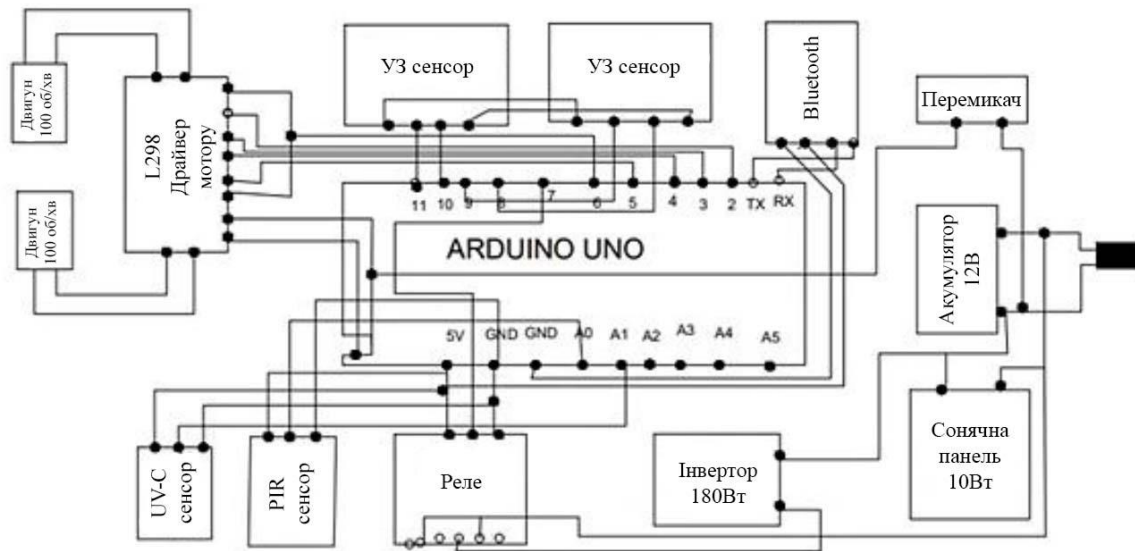


Рисунок 2. Принципова електрична схема пристрою

від пристрою на заданій відстані від робота, залежить від потужності  $P$  (мВт) і часу опромінення  $t$  (с) використовуваних ламп за наступним (1) рівнянням [14]:

$$D = \frac{Pt}{2\pi Lr}, \quad (1)$$

де  $L$  – довжина лампи,  $L = 91$  см;

$r$  – відстань від джерела випромінювання,  $r = 76$  см.

$$D = \frac{30e^7 \cdot 14}{2 \cdot 3,14 \cdot 91 \cdot 76} = 9,670 \text{ мВтс} / \text{см}^2 = 9,670 \text{ мДж} / \text{см}^2$$

Енергія на площу в даний момент часу є яскравістю (мкВт/см<sup>2</sup>). Яскравість  $B$ , що виробляється лампою на відстані 76 см, може бути розрахована нижче за формулою (2) [14]:

$$B = \frac{n \cdot P_{\text{лампи}}}{4\pi r^2}, \quad (2)$$

$$B = \frac{4 \cdot 30}{4 \cdot 3,14 \cdot 76^2} = 1,645 \text{ мВт} / \text{см}^2$$

Доза UV-C, необхідна для стерилізації 90% вірусу та бактерій, коливається від 2000 до 12000 мкВт/см<sup>2</sup> (2-12 мВт/см<sup>2</sup>), тому за допомогою значення  $D_{UV} = 10,6$  мВтс/см<sup>2</sup>, час опромінення можна виразити так рівняння (3):



$$T = \frac{D_{UV}}{B}, \quad (3)$$
$$T = \frac{10,6}{1,645} = 6,44c$$

У цьому дослідженні розроблена мобільна установка UV-C на сонячних батареях може виробляти дозу 9,670 мДж/см<sup>2</sup> на відстані 1 метр за 14 с. Відповідно до розрахункової яскравості 1,645 мВт/см<sup>2</sup>, ця система може дезінфікувати поверхню у 1 м<sup>2</sup> від патогенів за 6 сек. Отже, мобільний робот може дезінфікувати приміщення площею 10 м<sup>2</sup> за 288 сек (4,8 хв) без перешкод. Управління рухом на базі Android можна використовувати для збереження часу в заданому діапазоні.

*Висновки.* У даній роботі представлено проектування і розробку мобільного дезінфікуючого роботу на базі Arduino Uno. Розроблений прототип міг дезінфікувати поверхні в розумні терміни без участі людини. Завдяки чотирьом лампам потужністю 30 Вт ця система може дезінфікувати кімнату площею 10 м<sup>2</sup> всього за 4.8 хв без використання шкідливих хімічних речовин та відбілюючих агентів. Система може виробляти дозу 9,670 мДж/см<sup>2</sup> на відстані 1 метр в межах 14 с. Це значення приблизно наближається до 10,5 мВт/см<sup>2</sup> за інтенсивністю 0,75 мВт/см<sup>2</sup> за секунду, виміряне датчиком UVM 30A. Мобільний робот оснащений також PIR-датчиком для захисту людей від дії ультрафіолету. Робота можна легко керувати з безпечної відстані через модуль Bluetooth.

Представлений дизайн можна легко масштабувати, шляхом модифікації структури (додавання більшої кількості UV-C ламп), вдосконалення програмування (редагування відкритого вихідного коду плати Arduino) і додавання більшої кількості функцій безпеки відповідно до вимог споживачів, бюджету та вірусного навантаження. Такі дезінфікуючі пристрої з відкритим кодом можуть запропонувати значну економію в порівнянні з аналогічним фірмовим комерційним обладнанням.

#### Список використаних джерел

1. Boyce J. M., Modern technologies for improving cleaning and disinfection of environmental surfaces in hospitals. *Antimicrob. Resist. Infect. Control*, vol. 5, no. 1, p. 10, Apr. 2016, DOI: 10.1186/s13756-016-0111-x.
2. Guridi A., Sevillano E., I. de la Fuente, Mateo E., Eraso E., and Quindós G. Disinfectant activity of a portable ultraviolet C equipment. *Int. J. Environ. Res. Public. Health*, vol. 16, no. 23, 2019. P. 4747.
3. The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1903 NobelPrize.org. URL: <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/1903/summary/>



(accessed Mar. 19, 2021).

4. Bahnfleth W., Levin B., and Sylvania O. IUVA Draft Guideline IUVA-G02A-2005 International Ultraviolet Association 2015.

5. Narita K. et al. Ultraviolet C light with wavelength of 222 nm inactivates a wide spectrum of microbial pathogens. *J. Hosp. Infect.*, vol. 105, no. 3, 2020. Pp. 459–467.

6. Lindblad M., Tano E., Lindahl C., and Huss F. Ultraviolet-C decontamination of a hospital room: Amount of UV light needed. *Burns*, vol. 46, no. 4, 2020. Pp. 842–849.

7. Ackerman E. Autonomous robots are helping kill coronavirus in hospitals. *IEEE Spectr.*, vol. 11, 2020.

8. Casini B. et al. Evaluation of an ultraviolet C (UVC) light-emitting device for disinfection of high touch surfaces in hospital critical areas. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 16, no. 19, 2019. P. 3572.

9. Sampathkumar P. et al. A trial of pulsed xenon ultraviolet disinfection to reduce *Clostridioides difficile* infection. *Am. J. Infect. Control*, vol. 47, no. 4, 2019. Pp. 406–408.

10. Coronavirus disease (COVID-19) – World Health Organization. URL: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019> (accessed Mar. 19, 2021).

11. Zeng Z., Chen P.-J., and Lew A. A., From high-touch to high-tech: COVID-19 drives robotics adoption. *Tour. Geogr.*, vol. 22, no. 3, 2020. Pp. 724–734.

12. Wang X.V. and Wang L. A literature survey of the robotic technologies during the COVID-19 pandemic. *J. Manuf. Syst.*, 2021.

13. Bentancor M. and Vidal S. Programmable and low-cost ultraviolet room disinfection device. *HardwareX*, vol. 4, 2018. P. E00046.

14. Owens M. U., Deal D. R., Shoemaker M. O., Knudson G. B., Meszaros J. E., and Deal J. L. High-dose ultraviolet C light inactivates spores of *Bacillus atrophaeus* and *Bacillus anthracis* Sterne on nonreflective surfaces. *Appl. Biosaf.*, vol. 10, no. 4, 2015. Pp. 240–247.

Стаття надійшла до редакції 17.11.2022 р.

**I. Sili, O. Azarkhov**  
**Pryazovskyi State Technical University (PSTU)**

## **UV-C DISINFECTING MOBILE ROBOT**

### ***Summary***

With the development of modern automation, the use of service robots is becoming more and more popular in every sphere of life. This study presents a simple and cost-effective mobile device for surface disinfection using ultraviolet C (UV-C) radiation. Surfaces contaminated with viruses, bacteria and fungi are the main sources of disease





transmission. Well-developed physical and chemical disinfection methods have found wide application for the destruction or inactivation of pathogenic microorganisms in the environment. Usually, harsh chemicals and bleaching agents are used for decontamination, but the effectiveness of manual cleaning by washing and spraying depends on labor skill, time and frequency of cleaning. Quite often, accessible areas and high tactile surfaces become the main points for the growth and spread of bacteria. Ultraviolet (UV) is one of the new technologies that can provide a solution to the sanitation problem.

Sanitation measures are being used everywhere these days to reduce the spread of the virus. Now it is not only medical facilities, but also commercial premises such as shopping malls, airports, banks, restaurants and educational institutions need efficient and frequent cleaning to ensure safety for consumers. To avoid human influence, robots are recommended for frequent cleaning. This led to the need to explore simple and cost-effective disinfection systems that could assist workers in periodic sanitation and do not contain harsh chemicals.

Mobile ultraviolet radiation installation is designed for disinfection and sterilization of such areas. The developed physical disinfection unit has four 30 W UV-C lamps mounted on a mobile frame. To charge the battery in the robot circuit, a solar panel is used, which powers the Arduino board, sensors and lamps. The prototype can work as a linear moving unit and can also be controlled by the Android system via a Bluetooth module. The system can generate a dose of  $9.67 \text{ mW/cm}^2$  in 14s, which will allow to disinfect a  $10 \text{ m}^2$  room in 288s (4.8 min).

**Key words:** automation, Arduino, ultraviolet radiation, UV-C waves, disinfection, mobile unit, robot.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-30

УДК 378.14

О. О. Дереза, к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-8933-782X

С. В. Дереза, інж.

ORCID: 0000-0001-9797-0967

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: olena.dereza@tsatu.edu.ua, тел: (097)5784218

## ІНСТРУМЕНТИ КОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ АПК

*Анотація.* В статті розглянуто основні інструменти комунікації в освітньому процесі. Якість підготовки фахівців та проблеми, з якими стикається сьогодні освіта, вимагають значних змін та реформ у сфері форм та методів викладання. Розвиток цифрових технологій увійшов і до освітньої сфери, зокрема у засоби трансляції професійних знань і навичок.

Зроблено огляд наявних онлайн-ресурсів і способів використання інструментів комунікації для спілкування та створення навчальних матеріалів, які зараз застосовують у всіх сферах діяльності особливо в умовах пандемії та воєнного стану. Нові технології мають значний вплив на життя «цифрового покоління», роблячи кращу комунікацію та впровадження найновіших інформаційних систем. Важливою перевагою інструментів комунікації є їх повна сумісність між собою та можливість взаємної інтеграції.

Важливим компонентом з підвищення якості вищої освіти, у тому числі і фахівців АПК як майбутніх постачальників сільськогосподарської продукції, є оновлення системи підготовки та супроводу компетентного вчителя. Висвітлено актуальність впровадження підготовки фахівців АПК, адже агропромисловий комплекс займає особливе місце у житті суспільства, оскільки забезпечує людей продовольством.

*Ключові слова:* інструменти комунікації, браузер, Google Chrome, інтерактивна віртуальна дошка, агроінженерія.

*Постановка проблеми.* Під час пандемії, яка вже змусила всіх освітян адаптуватись та перелаштувати свою роботу на дистанційний режим, а потім війна в Україні привнесла нові виклики – руйнування, вимушено переселення викладачів та здобувачів, стає проблема організації освітнього процесу і якісної підготовки фахівців АПК.



Сьогодення змушує нас переосмислити підходи до навчання, науки, роботи, засобів комунікації, управління і роль талантів у майбутньому житті. Перехід споживача в он-лайн, пришвидшена в рази цифровізація призвели до того, що перелік ключових викликів для освіти очолив ризик дефіциту фахівців [1]. Вивчення і використання комп'ютерної техніки в учбовому процесі і в подальшій роботі - це найважливіший компонент підготовки студентів до трудового життя.

В умовах зростання конкурентоспроможності фахівців в області агроінженерії виникає проблема щодо удосконалення сучасних методів їх підготовки. Сучасний освітній процес вимагає впровадження і використання сучасних інформаційних технологій. Нові технології мають значний вплив на життя «цифрового покоління», роблячи кращу комунікацію та впровадження найновіших інформаційних систем. Є системи, які підтримують індивідуальне навчання, співпрацю, управління навчальним контентом, процесом навчання та інші. Важливою перевагою всіх цих засобів є їх повна сумісність між собою та можливість взаємної інтеграції. Важливим компонентом з підвищення якості вищої освіти, у тому числі і фахівців АПК як майбутніх постачальників сільськогосподарської продукції, є оновлення системи підготовки та супроводу компетентного вчителя. Адже для викладання будь-яких дисциплін потрібно володіння всіма інструментами комунікації, які є на даний час, щоб мати змогу впровадження функціонування оффлайн - та онлайн-ресурсів.

*Аналіз останніх досліджень.* Основні положення щодо використання інформаційно-комунікаційних технологій в освіті викладено в багатьох наукових роботах. Це стосується освіти у будь-якій сфері діяльності, у тому числі і для підготовки фахівців АПК.

Так, керівникам департаментів освіти і науки, закладів вищої і післядипломної освіти, громадам Міністерством освіти і науки України запропоновано розглянути питання відкриття сервісних центрів технопарку, які, як і сам технопарк, можуть існувати у віртуальному або в реальному просторі та часі [2].

Сучасні інформаційно-комунікаційні технології та принципи їх застосування розглянуті у роботі таких науковців, як д-р. техн. наук, проф. Г. Г. Швачич, В. В. Толстой, Л. М. Петречук, Ю. С. Іващенко, О. А. Гуляєва, О. В. Соболенко [3]. Значну увагу приділено новим технологіям, які працюють на базі розподілених архітектур і використовують різноманітні комбінації технологій для обробки електронної інформації. У роботі [4] описано ІКТ-обладнання з акцентом на те, як вчителі використовують інтерактивну дошку та ІКТ-програмне забезпечення з прикладами програмного забезпечення, яке часто використовують вчителі мов.

У вітчизняних навчальних закладах в останні роки комп'ютерна



техніка й інші засоби ІКТ стали все частіше використовуватися при вивченні більшості навчальних предметів, а під час пандемії і воєнного стану майже всі перейшли на дистанційне навчання. Але дуже гостро постає проблема при формуванні професійних практичних умінь та навичок при викладанні технічних дисциплін, що вивчаються майбутніми фахівцями АПК.

При викладанні гуманітарних дисциплін можна спілкуватися за допомогою будь-якої платформи або інструментів комунікації, використовуючи презентації, електронні посібники, відео, тощо. Навіть застосовувати кейс методи, мозкові штурми, рольові ігри та інші методи спілкування. Для вивчення технічних дисциплін цього буде замало, адже навіть віртуальні симулятори та роботи не замінять вивчення, складання та регулювання реальних машин. Крім того, потрібно ще навчитися працювати з цією машиною або керувати нею, тобто потрібна практична підготовка [8, 9, 13, 14].

Питанням впровадження інформаційних технологій в навчальний процес, а саме для навчання фахівців з технічних дисциплін майже не приділялося уваги. Агропромисловий комплекс займає особливе місце у житті суспільства, оскільки забезпечує людей продовольством, тому тема підготовки фахівців АПК дуже актуальна.

*Формулювання мети статті.* Висвітлення ролі інтерактивних методів навчання в навчальному процесі при підготовці фахівців АПК.

*Основна частина.* Вимоги до володіння інструментами комунікації викладачів постійно зростають. Це стосується і викладачів технічних дисциплін.

Дві найперспективніші галузі вітчизняної економіки – сільське господарство та ІТ. Це бізнес-протилежності, які перебувають на різних полюсах технологічного прогресу: існуюча в онлайн індустрія і максимально приземлена робота, прив'язана до місця й часу [5].

Ключовий і найголовніший фактор, що гальмує інновації в сільському господарстві, – людський. Проблема у відсутності компетентних співробітників, здатних керувати надскладною технікою та/або системами, а також небажанні нести за неї відповідальність – часто механізатори і трактористи просто бояться сідати за кермо або торкатися до клавіатури, розуміючи, що ціна помилки тягне на десятки тисяч доларів.

Приклад застосування технологій в АПК – дрони. У сільському господарстві їх використовують для контролю застосування ресурсів, внесення добрив, спостереження посівів – агромоніторингу полів. Як констатують у компанії DroneUA, одному з найбільших операторів комерційних дронів, близько 96% замовлень у їхньому пакеті – це аграрні обльоти [5]. Для отримання і використання цієї інформації в повному обсязі необхідно досвід у процесі моделювання (розробка



математичних моделей, програмної частини, графічної частини тощо).

Інноваційний підхід до ведення агробізнесу на основі концепції розумне сільське господарство (smart agriculture), який нині поширюється у всьому світі, містить технології та рішення Інтернету речей (Internet of Things), спрямовані на досягнення покращеної операційної ефективності, максимальної врожайності та мінімізованих витрат завдяки збиранню даних у реальному часі, їх аналізу та застосуванню цифрових систем керування виробництвом [6, 15].

На початковому етапі цифровізації агробізнесу потрібно бути готовими відповісти на непрості запитання. Які технологічні рішення потрібно впроваджувати в першу чергу. Значна частина проєктів у підсумку може не принести швидкого очікуваного результату. Основною причиною цього є часткове впровадження цифрових інноваційних рішень за відсутності комплексного підходу. Недостатньо купити дороге цифрове обладнання, чекаючи, що впровадження й інтеграція технологій почне приносити зразу великий прибуток, але потрібно бути готовими до глибокої трансформації агробізнесу.

Технології докорінно змінили концепцію сільського господарства, зробивши його більш вигідним, ефективним, безпечним та простим. П'ять найкращих новітніх технологій в сільському господарстві, визнаних фермерами: ПС технології в сільському господарстві та GPS сільське господарство, супутникові знімки, дрони та інші аерофотознімки, інформаційні технології для сільського господарства та онлайн-дані, об'єднання наборів даних [7].

Проведення моніторингу полів практично в реальному часі з метою виявлення різноманітних загроз за допомогою супутникових даних ще ніколи не було таким простим, як із застосуванням інноваційних технологій в сільському господарстві.

Використовуючи геоінформаційні технології в сільському господарстві, фермери можуть скласти карту поточних і майбутніх змін кількості опадів, температури, врожайності, здоров'я рослин тощо. Але для створення якісної карти потрібно знання певних прикладних та графічних програм, у які можна завантажувати фото з дронів і будувати саме карту.

Щоб пришвидшити процес прийняття рішень, звертаються до Stop Monitoring – цифрової платформи, розробленої в EOS, яка використовує супутниковий моніторинг. Перспективні технології в сільському господарстві рухаються в майбутнє семимильними кроками. І треба вміти користуватися цими технологіями.

Інформаційно-комунікаційні технології надають такі можливості в освіті майбутніх фахівців, як:

- пошук інформації – можна використати з цією метою інтернет-



ресурси, інформацію на дисках, відео- й аудіоносіях;

- зберігання інформації – дозволяє накопичувати фотоальбоми в електронному вигляді; відеоархіви; сайти і т.д.;

- оброблення інформації – створення бази; побудова діаграм, графіків у процесі відслідковування динаміки тих або інших процесів в освітній діяльності;

- представлення інформації – презентації й інші демонстраційні форми, створення відеофільмів, видавнича діяльність і т.д.

- засоби комунікації – веб-сайт, пошта, форум, проведення телеконференцій.

Здобувач вищої освіти має опанувати теоретичними і прикладними знаннями, необхідними для здійснення освітньої діяльності; прийомами роботи з основними сервісами Інтернет і інструментами підготовки рисунків, створення мультимедійних презентацій і веб-сторінок. Для перегляду сторінок, змісту веб-документів, комп'ютерних файлів та їх каталогів; управління веб-додатками; а також для вирішення інших завдань використовують прикладне програмне забезпечення – браузер.

Оскільки браузер є вашим вікном в інтернет, його швидкість, безпека, приватність і зручність є першорядними. В останні роки Google Chrome став вибором багатьох користувачів. Але в той час, коли реклама, здається, переслідує нас всюди, а витрати даних з'являються в заголовках новин, багато людей починають вимагати більшої приватності й поваги від свого браузера. Правильний браузер може змінити сприйняття роботи в мережі. найбільш популярні браузери: Google Chrome, Firefox, Safari, Opera, Brave, Microsoft Internet Explorer та Edge.

Найбільш популярний браузер для роботи є Google Chrome – це один із найкращих проєктів для перегляду інтернет-сторінок. Він націлений на підвищення швидкості, безпеки та стабільності роботи, а численні переваги роблять його лідером на ринку браузерів. Всі додаткові функції можна впроваджувати за допомогою розширень - мікропрограм, які розширюють (доповнюють) функціонал браузера, вони також можуть через браузер вбудовуватися в хмарний софт і розширити його функціонал.

Інструменти цифрової комунікації дають можливість електронно передавати, управляти, підтримувати та здійснювати оцінку творчого процесу. Використання цифрових технологій забезпечує високий рівень задоволення, мотивації, ефективності та продуктивності слухачів.

У цифровій комунікації використовують як синхронні, так і асинхронні інструменти. Частина цих інструментів, як вікі, блоги та чати, містять потужний соціальний компонент та дозволяють людям



працювати разом над створенням спільних продуктів [7, 16-18].

Асинхронні інструменти, такі як форуми чи wiki, більш підходять до завдань, що вимагають рефлексії та більше часу на виконання. Асинхронні інструменти особливо цінні там, де учасники є дещо сором'язливими, або якщо погане знання мови ускладнює ефективну співпрацю у розмовах в реальному часі.

Понад 65% людей є візуалами (при засвоєнні інформації людиною на першому місці стоїть зорова пам'ять, а на другому слухова), тому саме візуалізація стала одним з трендів передачі інформації в сучасному світі, так як вона сприяє засвоєнню інформації нашим мозком швидше ніж текст чи розповідь. Інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) дають змогу поєднати між собою ці фізіологічні особливості організму і цим самим збільшити об'єм засвоєної інформації. Письмовий текст є важливим «медіа» у передачі контенту й значну увагу треба приділяти його графічному відображенню та інтеграції з рисунками. Можливість візуалізувати комунікацію дають інтерактивні дошки. Вони дозволяють демонструвати контент та взаємодіяти з ним. Наприклад, Google Jamboard – інтерактивна віртуальна дошка, яка дозволяє викладачу демонструвати ключову інформацію під час заняття в Zoom чи Google Meet.

При користуванні будь-яким цифровим інструментом приділяють увагу й кольоровому оформленню сторінок. Щоб забезпечити найкращу читабельність та чіткість, висвітлюють текст на екрані, міняють фон. Якщо це можливо, використовують діаграми, графіки, блок-схеми, формули, щоб допомогти учасникам зрозуміти контент.

Графіка включає ілюстрації, рисунки, діаграми, іконки. Це можуть бути фотографії, схематичні презентації, таблиці. Для виділення тексту можна використати геометричні фігури. Наприклад, запропонувати текст, добірку термінів, назв, приклади формул та інше, які необхідно класифікувати за певним принципом. Для цього кожен частину необхідно виділити за допомогою геометричної фігури відповідного кольору (рис. 1). Безкоштовний шаблон можна скопіювати за посиланням (текст, колір, розмір та розміщення фігур можна змінювати), треба тільки надати посилання на раніше зроблений шаблон.

Можна втілити будь-які ідеї для урізноманітнення та доповнення дистанційних занять з використанням цього зручного та багатофункціонального інструмента, викласти відео, створити анімацію тощо. З'явилося багато нових технологічних пристроїв, які допомагають у процесі викладання та навчання. Зараз цей процес вийшов за межі аналогового світу та очного навчання та увійшов у цифровий світ, де створюються нові навчальні середовища з дедалі більшою дозою реалізму.







- електронна пошта – це стандартний сервіс інтернету, що забезпечує передавання повідомлень як у формі звичайних текстів, так і в інших формах у відкритому чи зашифрованому вигляді. У системі освіти електронна пошта використовується для організації спілкування;

- соціальні мережі, служби обміну миттєвими повідомленнями та мобільні застосунки на кшталт Telegram дозволяють створювати закриті групи, спільноти, чати, вести обговорення тем, завдань, проблем, інформації.

Крім вивчення будови вузла або машини необхідно також знати принцип роботи, регулювання, технологічні налагодження тощо. Викладання таких предметів пов'язане з використанням величезного обсягу найрізноманітнішої інформації, включаючи ознайомлення з іноземними машинами та технологіями. Процес роботи будь-якого агрегату для роботи на фермі чи в полі неможливо опанувати тільки теоретичними дослідженнями, навіть якщо є обґрунтування економічної доцільності цього обладнання [11, 12].

Застосування електронних підручників та посібників не завжди вирішує цю проблему, а створення анімації вимагає певного часу. Обов'язковою складовою частиною процесу підготовки фахівців у вищих навчальних закладах є практика на сучасних підприємствах, де здобувачі вивчають значну за обсягом ділянку виробництва і набуваючи навичок організування, управління і контролю.

В умовах пандемії та воєнного стану роботу на виробництві просто неможливо здійснити, можна працювати тільки дистанційно. Це має свої недоліки, особливо при поганому зв'язку або його відсутності в умовах окупації. Тому викладання і вивчення технічних дисциплін в умовах обмеження якісного спілкування – це значна проблема. Вміння користуватися багатьма якщо не всіма інструментами комунікації дає змогу отримати якісні знання.

*Висновки.* Проведений аналіз показує, що інтерактивні методи навчання по своїй суті є електронними освітніми ресурсами, які передбачають багаторазове виконання здобувачами вищої освіти завдань з метою закріплення досліджуваного матеріалу і формування навчальних навичок.

В умовах пандемії і під час воєнного ключова роль належить викладачу, який впроваджує повною мірою цифрові технології в освіті. Це не лише використання онлайн інструментів, а й створення середовища існування, яке відкриває нові можливості для навчання в як для викладачів, так і для студентів. Це безперервна освіта, проєктування індивідуальних освітніх маршрутів, розробка та поширення власних освітніх продуктів. Тому, є необхідність у розвитку та удосконаленні рівня володіння цифровими інструментами, який



дозволяє використовувати електронні освітні ресурси з метою пошуку, логічного відбору, систематизації, використання навчального матеріалу та організації результативного освітнього процесу.

#### Список використаних джерел

1. Дереза О. О., Мовчан С. І., Болтянський Б. В., Дереза С. В. Використання VR-технологій в наукових дослідженнях / Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. – Вип. 12, том 1. URL: <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik>. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-1-32.
2. Освіта України в умовах воєнного стану. Інноваційна та проєктна діяльність: Науково-методичний збірник. За загальною ред. С. М. Шкарлета. Київ-Чернівці «Букрек». 2022. 140 с.
3. Швачич Г. Г., Толстой В. В., Петречук Л. М., Іващенко Ю. С., Гуляєва О. А., Соболенко О. В. Сучасні інформаційно-комунікаційні технології: *Навчальний посібник*. Дніпро: НМетАУ, 2017. 230 с.
4. IM Štrbo, «Modern Information and Communication Technologies as a Part of Teaching Process During Pandemy», *2021 Universitas Riau International Conference on Education Technology (URICET)*, 2021, pp. 71-76, doi: 10.1109/URICET53378.2021.9865883.
5. Інновації та АПК: чому за таким союзом майбутнє. URL: <https://mind.ua/publications/20202576-innovaciyi-ta-apk-chomu-za-takim-soyuzom-majbutne> (дата звернення: 20.11.2022).
6. Інноваційна агротехніка та технології URL: <http://agro-business.com.ua/agro/ekonomichnyi-hektar/item/21782-innovatsiina-ahrotekhnika-ta-tekhnologii.html> (дата звернення: 25.11.2022).
7. Сучасні організаційні форми реалізації інновацій URL: <https://elearn.nubip.edu.ua/mod/book/view.php?id=357314&chapterid=131094> (дата звернення: 25.11.2022).
8. Дереза О. О., Водяницький І. О. Використання інструментів комунікації підготовки фахівців АПК під час війни. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції “Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі”* 01-25.11.2022 р., С. 226–230.
9. Дереза О. О., Дереза С. В. Застосування інтерактивних методів навчання при викладанні технічних дисциплін. *Зб. наук.-метод. пр. ТДАТУ «Удосконалення освітньо-виховного процесу в закладі вищої освіти»*. 2022. Вип. 25. С. 104–110.
10. Teaching and Learning in digital worlds: strategies and issues in higher education URL: [https://www.researchgate.net/publication/303907548\\_Teaching\\_and\\_Learning\\_in\\_digital\\_worlds\\_strategies\\_and\\_issues\\_in\\_higher\\_education](https://www.researchgate.net/publication/303907548_Teaching_and_Learning_in_digital_worlds_strategies_and_issues_in_higher_education)



(accessed: 28.11.2022).

11. The process of operation of a mobile straw spreading unit with a rotating finger body-experimental Research. Syrotyuk S. and others. *Processes* 2021. 9(7). 1144 <https://doi.org/10.3390/pr9071144>.

12. Болтянська Л. О. Обґрунтування економічної доцільності технічного сервісу обладнання тваринницьких підприємств. *Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»*. НУБіП. Київ, 2022.

13. Meyers C., Shaw K., Irlbeck E., Doerfert D., Abrams K., Morgan Ch. Identifying Agriculturists' Online Communication Tool Training Needs. *Journal of Applied Communications*. 2015. 99(3):6. DOI: 10.4148/1051-0834.1052.

14. Abrams K. M. & Baker L. M. The effect of a new media course on students' thinking and behavior. *Paper presented at the American Association of Agricultural Education North Central Region Conference: Champaign, IL.* (2012, October).

15. Baumgarten C. (2012, August 31). The agriculture industry goes social. Mashable.com. URL: <http://mashable.com/2012/08/31/agriculture-industry-social-media/> (accessed: 02.12.2022).

16. Kaye B. K. (2010). Going to the blogs: Toward the development of a uses and gratifications measurement scale for blogs. *Atlantic Journal of Communication*, 18, 194–210. DOI: 10.1080/15456870.2010.505904.

17. Kelleher T. & Sweetser K. (2012). Social media adoption among university communicators. *Journal of Public Relations Research*, 24(2), 105–122. DOI: 10.1080/1062726X.2012.626130.

18. Moore M. L., Meyers C., Irlbeck E., & Burris S. (2013). Exploring U.S. agricultural commodity organizations' use of blogs as a communications tool. *Paper presented at the Southern Association of Agricultural Scientists Conference.* Orlando, FL.

Стаття надійшла до редакції 02.12.2022 р.

**O. Dereza, S. Dereza**

**Dmytro Motornyi Tauria state agrotechnological university**

## **COMMUNICATION TOOLS FOR THE TRAINING OF AGRICULTURE SPECIALISTS**

### ***Summary***

The article discusses the main communication tools in the educational process. The quality of specialist training and the problems facing education today require significant changes and reforms in the field of teaching forms and methods. The development of digital technologies has also entered the educational sphere, in particular, the means of



broadcasting professional knowledge and skills.

An overview of available online resources and ways of using communication tools for communication and creating educational materials, which are currently used in all spheres of activity, especially in the conditions of a pandemic and martial law, was made. New technologies have a significant impact on the lives of the "digital generation", making better communication and the introduction of the latest information systems. An important advantage of communication tools is their complete compatibility with each other and the possibility of mutual integration.

An important component for improving the quality of higher education, including agribusiness specialists as future suppliers of agricultural products, is the renewal of the system of training and support of a competent teacher. The relevance of the implementation of the training of agro-industrial complex specialists is highlighted, because the agro-industrial complex occupies a special place in the life of society, as it provides people with food.

In the conditions of distance learning, the key role belongs to the teacher who fully implements digital technologies in education. It is not only the use of new online tools, but also the creation of a living environment that opens up new opportunities for learning at any time, both for teachers and students. This is continuous education, design of individual educational routes, development and distribution of own educational products. Therefore, there is a need to develop and improve the level of mastery of digital tools, which allows the use of electronic educational resources for the purpose of search, logical selection, systematization, use of educational material and organization of an effective educational process.

**Key words:** communication tools, browser, Google Chrome, interactive virtual whiteboard, agricultural engineering.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-31

УДК 004.942

Ю. В. Холодняк, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8966-9269

Є. А. Гавриленко, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0003-4501-445X

М. Ю. Мірошніченко, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-4596-3110

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: yuliya.kholodnyak@tsatu.edu.ua, тел. (097)6189003

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КРИВОЛІНІЙНИХ ПОВЕРХОНЬ НА ОСНОВІ МАСИВУ ТОЧОК

*Анотація.* Розроблено метод формування каркасів поверхонь, заданих масивом точок. З вихідного масиву точок виділяються підмножини – точкові ряди, на основі яких формуються лінійні елементи каркасу поверхні. Каркас формується на основі сімейства напрямних та сімейства твірних кривих ліній. На даний момент найбільш актуальним є завдання формування каркасів, що задають поверхню, функціональне призначення яких – взаємодія із середовищем. Запропоновано способи формування лінійних елементів каркасу із забезпеченням регулярної зміни геометричних характеристик вздовж кривої при контролі виникнення особливих точок. Зазначені властивості елементів каркасу забезпечують необхідні властивості поверхні. Розроблений метод випробуваний при моделюванні функціональних поверхонь, що обмежують міжлопатковий канал робочого колеса турбокомпресора. Випробування турбокомпресора, робочі поверхні якого виготовлені на основі запропонованого методу, показало збільшення продуктивності на 2,5%.

*Ключові слова:* масив точок, каркас поверхні, напрямна крива, твірна лінія, геометричні характеристики, осциляція.

*Постановка проблеми.* Формування геометричної моделі виробу за реальним фізичним зразком (реверс-інжиніринг) вимагає розробки методів моделювання поверхонь за заданими умовами. Такі методи доцільно використовувати при моделюванні складних динамічних поверхонь, до яких належать поверхні, функціональним призначенням яких є взаємодія із середовищем (робочі органи сільськогосподарських машин, канали двигуна внутрішнього згорання, лопатки турбін та ін.) [1-3].



У САД-системі модель поверхні формується на основі лінійчастого каркасу, лінійними елементами якого є обводи, одержані в результаті інтерполяції точкових рядів. На даний момент найбільш розроблено методи формування обводів на основі аналітично заданих кривих ліній. Формується крива лінія, що складається з аналітично заданих ділянок, яка проходить через ряд точок із забезпеченням заданих характеристик обводу в цих точках. Сучасні САД-пакети використовують саме таку методику формоутворення обводів.

*Аналіз останніх досліджень та публікацій.* Існуючі методи формування обводів на основі аналітично заданих функцій можна розділити на методи глобального моделювання та методи кусково-гладких наближень. Методи глобального моделювання визначають геометричний образ одним рівнянням. У роботах [4-5] обвід описується алгебраїчними поліномами Ерміта та Ньютона. При формуванні обводів зазначеними методами ступінь рівняння інтерполюючої кривої зростає при збільшенні кількості вихідних точок. При збільшенні рівняння збільшується параметричне число кривої лінії. Це призводить до неконтрольованого виникнення особих точок. Для поліноміальної кривої лінії це, насамперед, точки перегину. В силу зазначеного недоліку розглянуті методи не можуть бути використані для формування лінійних елементів динамічних каркасів поверхонь.

Запобігти неконтрольованому виникненню точок перегину (виникнення осциляції) можна при використанні методу інтерполяції на основі тригонометричних функцій, розробленому в роботі [6]. Недоліком методу є те, що він вміщує інтерполяцію незначної кількості точок. Ця особливість методу зменшує сферу його практичного застосування. Крім того, метод не передбачає контроль закономірності зміни кривизни вздовж ділянок обводу.

Відсутність осциляції при інтерполяції будь-якої кількості вихідних вузлів забезпечує метод формування обводів ділянками кривих другого порядку, запропонований у роботі [7]. Метод забезпечує єдину дотичну до обводу в точці стикування його ділянок. Використання кривих другого порядку гарантує відсутність виникнення осциляції вздовж ділянок обводу. Недоліком методу є порушення регулярності значень кривини в точках стикування ділянок обводу. Цей недолік визначається другим ступенем рівняння кривої.

Забезпечити регулярність значень кривизни вздовж обводу дозволяє метод, розроблений у роботі [8]. Цей метод передбачає використання кривих Безьє третього чи вищих порядків. Основним недоліком формування обводів на основі сплайнів Безьє є те, що вони не забезпечують локальність контролю форми кривої на ділянках обводу. Відсутність можливості локального коригування ділянок не дозволяє керувати динамікою зміни значень кривизни вздовж обводу.



У роботі [9] розроблено метод формування обводів на основі В-сплайну. Використання сплайну збільшує локальність управління формою кривої в порівнянні з іншими відомими методами безперервного геометричного моделювання. Локальність управління формою сплайну обмежена: вона зменшується при збільшенні ступеня рівняння сплайну. Кількість ділянок сплайну, які одночасно змінюють форму при коригуваннях на одиницю більше ступеня його рівняння. Додаткові умови, що накладаються на сплайн, вимагають збільшення ступеня рівняння. Такими умовами є призначення у вузлових точках фіксованих положень дотичних і значень кривизни, поліпшення якості стикування ділянок сплайну.

Локальне коригування форми дозволяє забезпечити монотонну зміну кривизни вздовж В-сплайну при інтерполяції невеликої кількості вихідних точок. Забезпечити закономірну зміну кривизни вздовж обводів складної конфігурації, що складаються з великої кількості ділянок, при формуванні В-сплайном неможливо.

Якщо динамічна поверхня моделюється з урахуванням лінійчастого каркаса, властивості поверхні забезпечуються властивостями лінійних елементів – плоских і просторових кривих ліній. З геометричної точки зору підвищені динамічні якості поверхні можна забезпечити за рахунок закономірної зміни кривизни та скруту вздовж елементів каркасу. Під закономірною зміною характеристик кривої лінії розумітимемо монотонне зростання або спадання їх значень уздовж ділянок кривої. При цьому кількість монотонних ділянок має бути мінімальною. Недоліки методів безперервного геометричного моделювання обмежують їх можливості формування обводів, вздовж яких значення геометричних характеристик змінюються закономірно.

Методи формування кривих ліній із закономірною зміною диференціально-геометричних характеристик запропоновані у роботах [10-15]. Вихідними даними для формування кривої є точковий ряд та її геометричні властивості. Таку криву називатимемо дискретно представленою кривою (ДПК).

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є розробка методу формування лінійного каркасу динамічної поверхні, лінійними елементами яких є плоскі та просторові обводи, на основі масиву точок та випробувати розроблений метод для формування моделей функціональних поверхонь робочого колеса турбокомпресора осерядіального типу.

*Основна частина.* Метод, що розробляється, передбачає формування одновимірних обводів на основі області їх можливого розташування. Ця область визначається виходячи з відомих геометричних властивостей обводу.

Вихідний точковий ряд розбивається на ділянки, які можна інтерполювати ДПК постійного ходу, вздовж якої радіуси кривизни і стичних сфер монотонно змінюються. Такі ділянки кривих називатимемо монотонними.

Розглянемо точковий ряд, розташований на монотонній кривій лінії  $l$ . Кожні чотири послідовні точки визначають сферу –  $S\phi_i(i-1, i, i+1, i+2)$  і два кола, що їй належать –  $Окр_i(i-1, i, i+1)$  та  $Окр_{i+1}(i, i+1, i+2)$  (рис. 1).

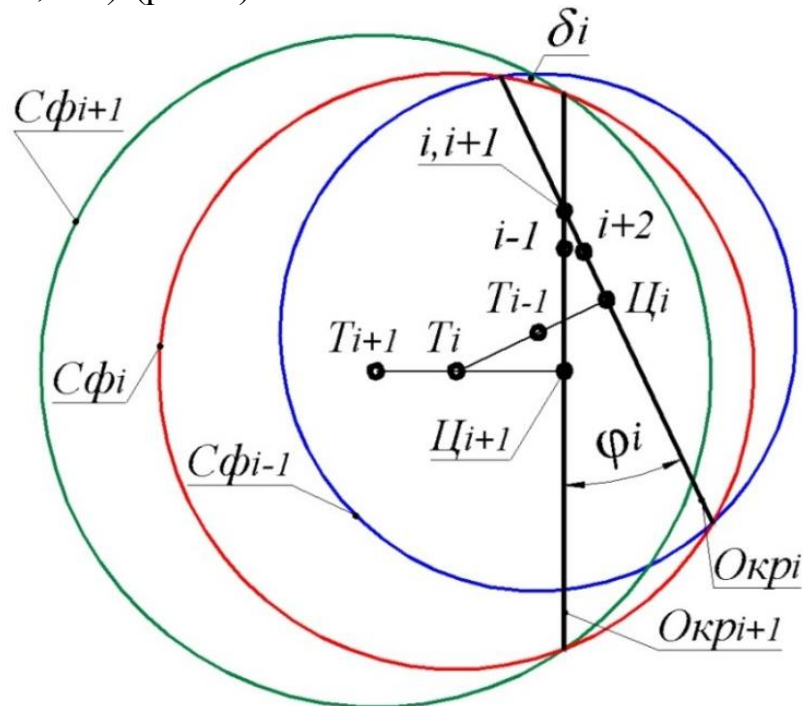


Рисунок 1. Формування характеристик просторової кривої

На рис. 1 крива  $l$  розташована таким чином, що погляд спостерігача спрямований вздовж прямої  $(i, i+1)$ . Контури  $S\phi_{i-1}$ ,  $S\phi_i$ ,  $S\phi_{i+1}$  – кола максимального радіуса, розташовані в площині  $P_i$ , що проходить перпендикулярно хорді  $[i, i+1]$  через її середину.  $Окр_i$  та  $Окр_{i+1}$  проектується в хорди контуру  $S\phi_i$ . Коли відстань між точками нескінченно мала, то вони визначають стичну сферу і два стичних кола. При збільшенні відстаней між послідовними точками, що належать  $l$ , кола та сфери, що визначаються чими точками, будуть перетинати криву.  $S\phi_i$  перетинає  $l$  в точках  $i-1, i, i+1, i+2$ . Ділянки кривої  $\dots i-1, i-1, i+1, i+2 \dots$  розташовані за межами  $S\phi_i$ , а ділянки  $i-1-i$  та  $i+1-i+2$  – всередині неї. З цього випливає, що послідовні  $S\phi_{i-1}$ ,  $S\phi_i$ ,  $S\phi_{i+1}$  обмежують область  $(\delta_i)$ , всередині якої розташовано ділянку  $i-i+1$  кривої  $l$ . На рис. 1 показано перетин  $\delta_i$  площиною  $P_i$ . Монотонні ділянки ДПК формуються призначенням точок згущення всередині області, можливого розв'язку  $\delta_i$ .



Аналогічні області, визначені на інших ділянках, складають область можливого розташування ДПК. Всі криві лінії, що інтерполюють точковий ряд, характеристики яких відповідають характеристикам  $l$ , знаходяться в цій області.

У разі формування плоскої ДПК монотонною називатимемо ділянку гладкої кривої, вздовж якої значення радіусів кривизни монотонно зростають або спадають.

Крива формується всередині ланцюга базисних трикутників (БТ), обмежених дотичними, що проходять через сусідні точки, і хордами, що з'єднують ці точки. Після призначення точки згущення ( $i_{32}$ ) та дотичної в цій точці ( $t_{32}$ ) усередині вихідного БТ отримано два нових трикутники (рис. 2). Положення дотичних призначається таким чином, щоб параметри послідовних БТ забезпечували можливість інтерполяції ряду точкового монотонної кривої.

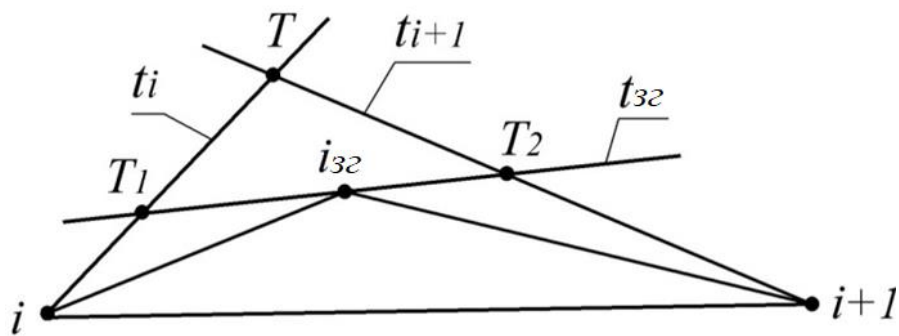


Рисунок 2. Схема згущення плоскої ДПК

Визначення області можливого розташування кривої дозволяє оцінювати максимальну абсолютну похибку, з якою ДПК представляє обвід, що формується. ДПК вважається сформованою, коли область її можливого розташування стає меншою за задану величину (похибку).

Після цього обвід формується ділянками безперервних кривих. На основі запропонованих методів розроблено програмне забезпечення, яке дозволяє формувати ДПК, що складається з будь-якої великої кількості точок. Отриманий точковий ряд інтерполюється В-сплайном або обводом з дуг кривих другого порядку, який розташовується всередині області можливого розташування монотонних кривих.

Представлені методи моделювання кривих лінії випробувано для формування моделі робочих поверхонь, що обмежують міжлопатковий канал турбокомпресора. Міжлопатковий канал обмежений поверхнями робочого колеса та корпусу турбокомпресора.

Необхідність створення моделі в САД-системі викликана рішенням керівництва підприємства, що замовило їхню розробку, про самостійне виготовлення робочого колеса з використанням верстатів з

числовим програмним управлінням. Вихідні дані про конструкцію робочого колеса взяті з креслення, що містить інформацію, необхідну для перевірки якості готового виробу.

Якість моделювання визначається виконанням вимоги підприємства: продуктивність виробу, виготовленого із застосуванням нової технології, не повинна бути нижчою за продуктивність вихідного виробу.

Поверхні, що обмежують міжлопатковий канал, повинні забезпечити виконання таких вимог [1-2]:

- ламінарний характер обтікання поверхонь каналу потоком газу;
- зростання тиску газу вздовж міжлопаткового каналу;
- зміна напрямку потоку з осьового на вході в канал на радіальний на виході з каналу.

Необхідні властивості потоку забезпечуються за рахунок геометричних характеристик робочих поверхонь та параметрів міжлопаткового каналу. Необхідні функціональні властивості робочих поверхонь турбокомпресора забезпечуються геометричними властивостями лінійних елементів каркасу, що задає поверхню. Цими властивостями є регулярна зміна значень кривизни і скруту при мінімальній за умовами задачі кількості особливих точок кривої: точок перегину, зміни ходу, зміни напрямку зростання значень кривизни і скруту вздовж кривої.

Робоче колесо виготовляється литтям і є маточиною з лопатками. Вихідними даними для проектування геометричної моделі робочого колеса є креслення маточини та положення 154 точок, що належать поверхні лопатки, координати яких задані вихідним кресленням.

Модель поверхні лопатки сформована на основі каркасу, що складається з сімейства 22 плоских перерізів, та двох просторових напрямних кривих ліній (рис. 3,а).

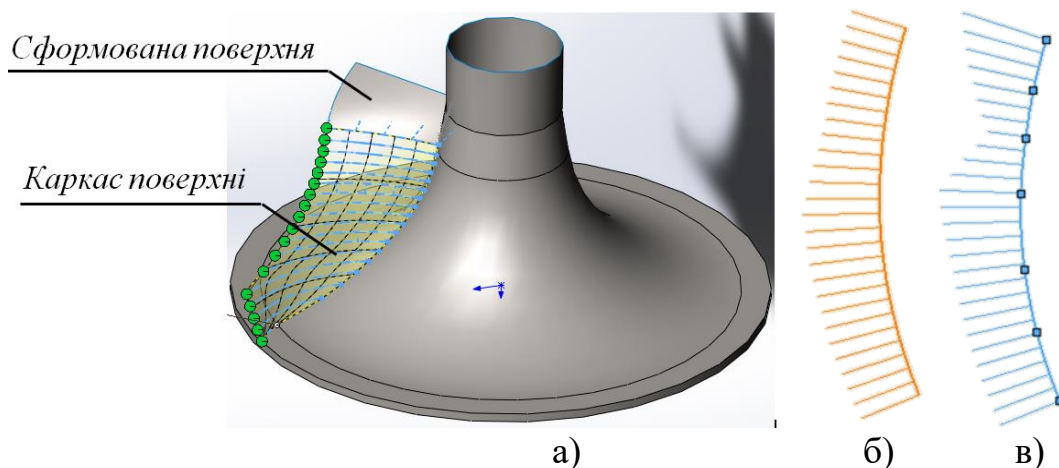


Рисунок 3. Формування каркасу поверхні лопатки



Кожен плоский перетин сформовано на основі 7 точок, виділених з вихідного масиву. На рис. 6, б представлено один з горизонтальних перетинів поверхні лопатки. Похибка, з якою вихідний точковий ряд представляв криву із закономірною зміною кривини, не перевищує  $10^{-2}$  мм. В результаті згущення точкового ряду отримано 58 вузлів, що задають горизонтальний перетин лопатки. Похибка, з якою отриманий точковий ряд представляє криву із закономірною зміною кривини становить від  $2 \cdot 10^{-4}$  мм до  $8 \cdot 10^{-4}$  мм. Вузли отриманих ДПК інтерпольовані В-сплайнами, які використовуються в якості лінійних елементів моделі поверхні в системі автоматизованого проектування SolidWorks.

На рис. 3, б показано графік зміни кривини вздовж горизонтального перерізу, сформованого В-сплайном, який інтерполює точковий ряд, що складається з 58 вузлів, отриманий нашим методом. На рис. 3, в для порівняння представлено графік зміни кривини вздовж перетину, сформованого В-сплайном, який інтерполює вихідний точковий ряд, що складається з 7 вузлів.

Застосування нашого методу дозволило зменшити кількість точок зміни напряму зростання кривини вздовж кривої з 3 у В-сплайна, що інтерполює вихідний точковий ряд (рис. 3, в) до 1 у В-сплайна, що інтерполює сформований точковий ряд (рис. 3, б).

Напрявні лінії каркасу сформовані на основі точкових рядів, розташованих на маточині та кромці лопатки. На основі вихідного точкового ряду сформовані просторові ДПК правого ходу, вздовж яких радіуси стичних кіл монотонно зростають.

Отримані ДПК інтерпольовані неперіодичним кубічним сплайном. Після цього елементи каркасу імпортовані в САД-систему SolidWorks та за допомогою функції САД-системи «Поверхня по перерізах» отримано модель робочої поверхні лопатки.

Після формування робочих поверхонь лопаток робочого колеса була створена модель міжлопаткового каналу, обмеженого поверхнями робочого колеса, які обмежують лопатки та маточину, а також поверхнею кришки.

Моделі поверхонь маточини та кришки компресора отримані за допомогою функцій САД-системи SolidWorks «Поверхня обертання». Лінія руху, яка задає поверхню обертання, вказується у вікні Property Manager. Це крива, що складається з дуг двох кіл, параметри яких взяті з кресленника деталі.

Після створення геометричної моделі виконано газодинамічний аналіз міжлопаткового каналу. Аналіз проводився з допомогою модуля SolidWorks Flow Simulation. Вихідними параметрами потоку є: тиск на вході (0,8 атм) та виході (1,64 атм), швидкість потоку на вході (90 м/с) та виході (205 м/с).

Аналіз вихідної моделі робочого колеса показав, що під час руху потоку тиск у середній частині міжлопаткового каналу зменшується на 11% (рис. 4). Зменшення тиску може бути викликане виникненням турбулентності у потоці.

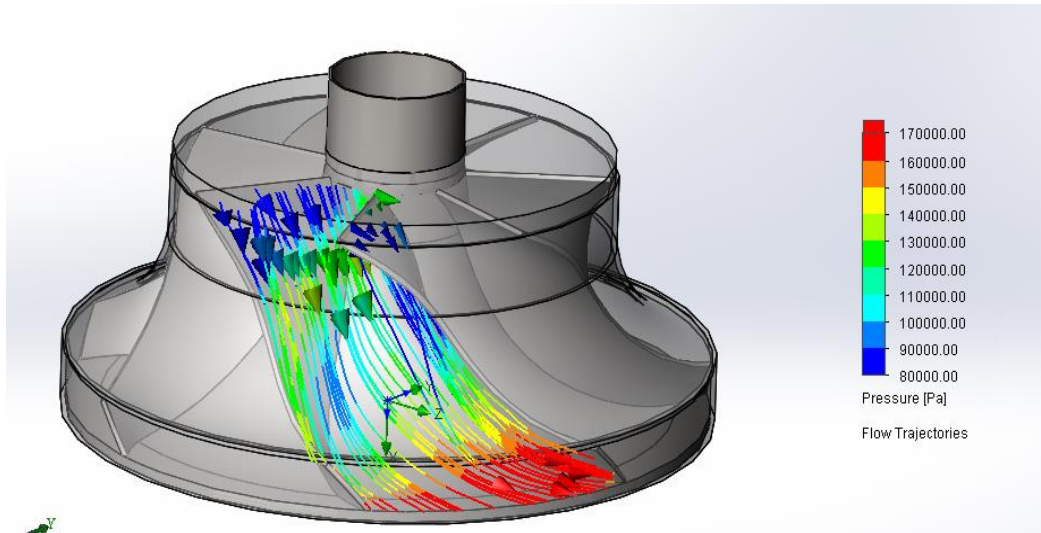


Рисунок 4. Розподіл тиску всередині потоку всередині міжлопаткового каналу

З метою запобігання виникненню турбулентності виконано коригування поверхонь, що обмежують канал. Коригування здійснено з метою оптимізації графіка площ нормальних перетинів каналу. В якості осьової лінії використовується просторова крива постійного ходу, що не містить особих точок. Основна вимога до нормальних перетинів - монотонна зміна їх площ уздовж осьової лінії.

Вихідними даними для формування осьової лінії каналу є лінії, уздовж яких рухається середовище, що проходять через центри ваги вхідного та вихідного перерізів. Лінії, уздовж яких рухається середовище, отримано автоматично за допомогою функцій FlowWorks. Сформовано вихідний точковий ряд, що задає осьову лінію, що складається з 9 вузлів. Вихідні точки призначені на відрізках, що з'єднують вихідні вузли, які поділяють лінії на рівні частини (рис. 5).

На основі вихідних точок сформована ДПК постійного ходу, яка не містить особих точок та складається з 72 вузлів. У дев'яти точках, рівномірно розподілених уздовж сформованої ДПК, визначено положення її нормальних площин. Нормальні площини задані проходженням через відповідну точку перпендикулярно прямій, дотичній до ДПК у цій точці. Нормальні площини перетинають поверхню вихідного міжлопаткового каналу за 9 нормальними перетинами: вхідне, вихідне та 7 проміжних перетинів каналу.

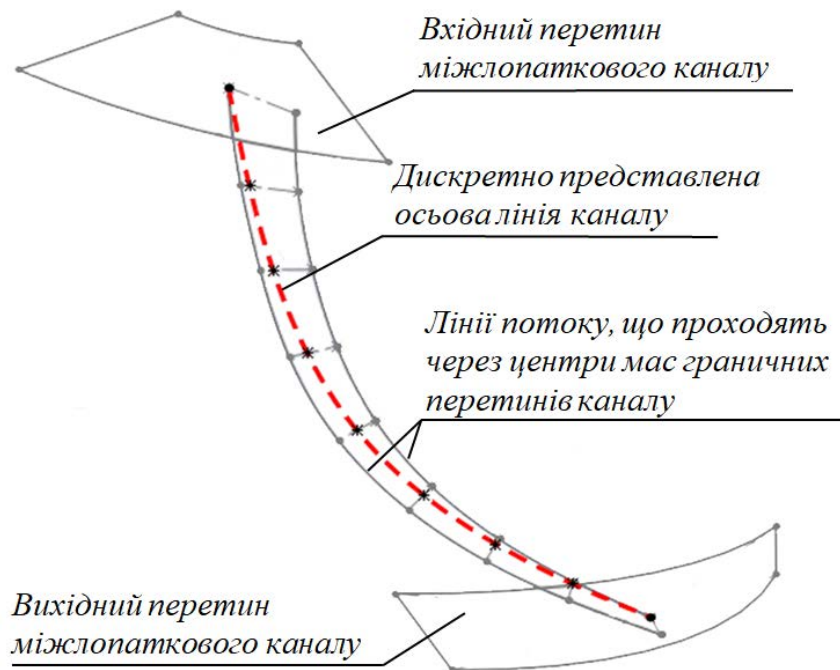


Рисунок 5. Формування осьової лінії міжлопаткового каналу

За допомогою функцій системи SolidWorks визначено площі нормальних перетинів, що склали  $145,02 \text{ мм}^2$ ,  $144,06 \text{ мм}^2$ ,  $142,85 \text{ мм}^2$ ,  $143,15 \text{ мм}^2$ ,  $141,89 \text{ мм}^2$ ,  $138,28 \text{ мм}^2$ ,  $129,83 \text{ мм}^2$ ,  $123,28 \text{ мм}^2$  та  $116,11 \text{ мм}^2$ . Значення площин трьох нормальних перетинів ( $143,15 \text{ мм}^2$ ,  $141,89 \text{ мм}^2$ ,  $138,28 \text{ мм}^2$ ) визначають наявність двох точок перегину на вихідному графіку зміни площі нормальних перетинів каналу (рис. 6).

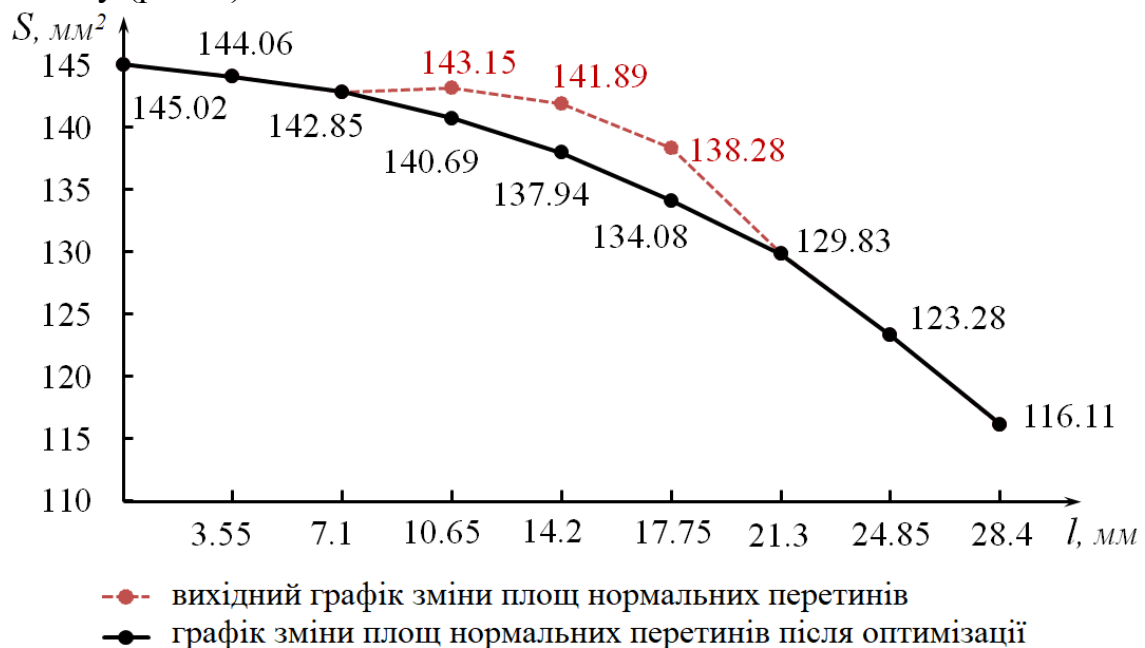


Рисунок 6. Оптимізація графіка зміни площі нормальних перетинів каналу

Для забезпечення плавної зміни площ було проведено коригування форми перетинів каналу. Коригування проведено за рахунок зміни форми твірної маточини робочого колеса. Робоча поверхня лопатки робочого колеса не коректувалася. Площі змінених перетинів склали  $140,69 \text{ мм}^2$ ,  $137,94 \text{ мм}^2$  та  $134,08 \text{ мм}^2$ . Отриманий графік зміни площ нормальних перетинів каналу наближений до параболи.

Оптимізація поверхні маточини виконана за рахунок зміни форми твірної лінії поверхні, яка вказується у вікні «Property Manager». Змінена твірна сформована на основі ДПК, уздовж якої значення кривизни змінюються монотонно. ДПК сформована на основі дев'яти вихідних точок, у яких твірна лінія вихідної поверхні маточини перетинається площинами нормальних перетинів поверхні каналу.

Нумерація вихідних точок ДПК відповідає нумерації нормальних перетинів починаючи з вхідного. Положення шести точок 1-3 та 7-9 визначаються на межі відповідного нормального перетину каналу. Ці межі належать поверхні маточини робочого колеса. Положення точок 4-6 визначаються виходячи з величини, яку змінюється площа відповідного перерізу в результаті оптимізації.

Визначення положення такої точки розглянемо з прикладу точки 4, яка призначається межі нормального перерізу, площа якого після оптимізації становить  $137,94 \text{ мм}^2$ .

Спосіб визначення нової границі оптимізованого нормального перетину показано на рис. 7. Коригування площі перетину здійснюється за рахунок зміни границі перетину, що належить лінії на маточині. На рис. 7 це ділянка 1-2. Формується нова границя перетину 1'-2'-еквідистанта до вихідної границі 1-2. Площа області, яку лінія 1'-2' відсікає від вихідного перетину (криволінійний чотирикутник 1-2-2'-1'), дорівнює різниці площ вихідного та оптимізованого перетинів  $\Delta S = 141,89 - 137,94 = 3,95 \text{ мм}^2$ .

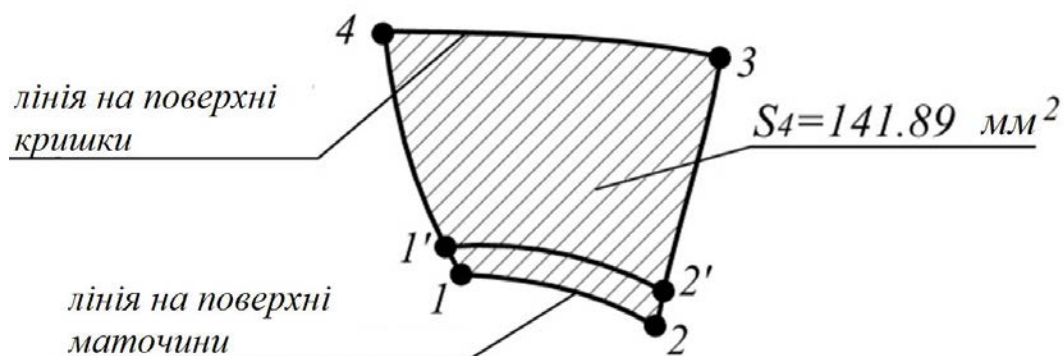


Рисунок 7. Оптимізація графіка зміни площ нормальних перерізів каналу

Положення вихідної точки ДПК 4 визначається в результаті перетину границі  $1'-2'$  та площини, яка проходить через вісь маточини на однаковій відстані від точок  $1'$  та  $2'$ .

На основі точеного ряду, що складається з дев'яти точок, сформовано ДПК, що складається з 56 точок. Отримані точки інтерпольовані сплайном.

Оптимізована поверхня маточини робочого колеса забезпечує плавну зміну площ нормальних перетинів уздовж каналу. При цьому значення площ у дев'яти контрольних перетинах відповідають графіку зміни площ, представленою на рис. 6.

На основі отриманих поверхонь було створено оптимізовану модель робочого колеса. Повторний аналіз потоку в міжлопатковому каналі показав монотонне зростання тиску потоку вздовж каналу.

Діаграма розподілу тиску всередині оптимізованого каналу (рис. 8) свідчить про зменшення турбулентності потоку.

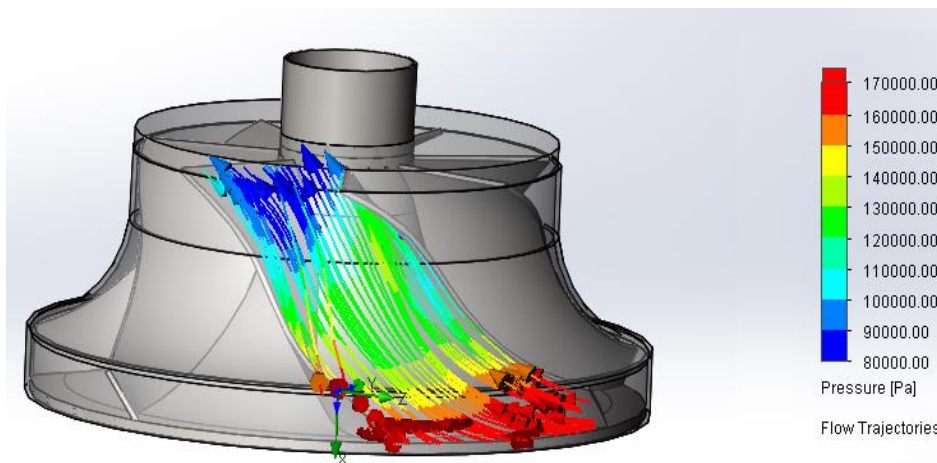


Рисунок 8. Діаграма розподілу тиску всередині міжлопаткового каналу після оптимізації

На основі отриманого каркаса створено CAD-модель робочого колеса компресора. Отримана модель використовується в скості вихідних даних для створення програми для верстата з ЧПУ в САМ-системі PowerMill. Виготовлені на верстаті з ЧПУ деталі пройшли випробування на стенді типу «замкнутий контур». Випробування показали збільшення продуктивності турбокомпресора на 2,5%.

Якість моделювання можна оцінити динамічними характеристиками потоку середовища на поверхні. Сформований міжлопатковий канал був протестований у системі SolidWorks Flow Simulation. Тестування показало вирівнювання значень тиску потоку в каналі як уздовж каналу в цілому, так і в межах кожного з поперечних перерізів. Розподіл тиску потоку всередині окремого нормального



перетину ми оцінили значеннями мінімального, максимального та середнього тиску. Значення тисків оцінювалися виходячи з колірної діаграми, отриманої SolidWorks Flow Simulation. Значення зазначених характеристик для дев'яти нормальних перетинів каналу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Розподіл тиску потоку вздовж міжлопаткового каналу

Номер ділянки	Перед оптимізацією			Після оптимізації		
	$P_{сер},$ МПа	$P_{min},$ МПа	$P_{max},$ МПа	$P_{сер},$ МПа	$P_{min},$ МПа	$P_{max},$ МПа
1	95	80	122	95	80	122
2	111	86	127	111	86	127
3	117	94	131	117	94	131
4	120	91	136	129	108	137
5	114	86	140	138	110	144
6	130	92	154	153	121	161
7	159	108	168	164	136	172
8	171	129	178	175	143	181
9	181	146	195	184	152	203

На рис. 9 відображено зміну значень тиску потоку в 5 нормальному перерізі каналу до і після оптимізації.

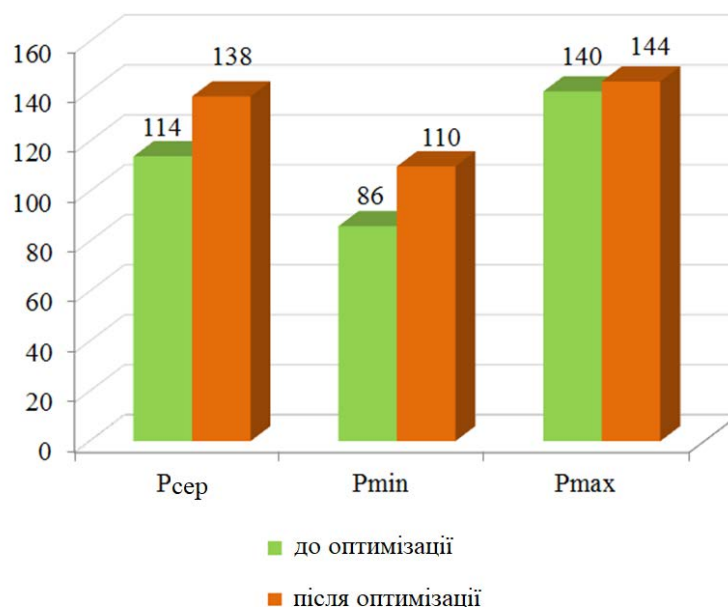


Рисунок 9. Графік зміни значень тиску потоку для нормального перетину каналу до і після оптимізації

Рівномірне розподілення тиску всередині каналу свідчить про





ламінарний характер руху потоку газу. Підвищення продуктивності турбокомпресора, укомплектованого робочим колесом, розробленим за новою технологією, на 2,5% свідчить про покращення динамічних характеристик потоку всередині міжлопаткового каналу.

Поліпшення характеристик потоку всередині міжлопаткового каналу свідчить, що динамічні якості поверхонь, виготовлених із застосуванням запропонованого методу, перевершують динамічні якості вихідних поверхонь. Виготовлення робочого колеса із застосуванням розробленого методу не призвело до зниження продуктивності турбокомпресора.

Основна сфера використання розробленого методу – моделювання динамічних поверхонь, у тому числі з використанням технології реверс-інжинірингу.

Перспективою подальшого розвитку методу є розширення сфери його можливого застосування. Адаптація методу під вирішення різних завдань може бути забезпечена за рахунок збільшення числа умов, які можуть бути накладені на ДПК. Такими умовами можуть бути збільшення числа геометричних характеристик, значення яких призначені у вихідних точках, формування ДПК заданої довжини, забезпечення торкання ДПК з лініями чи поверхнями та інші. Кожна умова, що накладається на ДПК, призводить до зменшення сфери її можливого розташування. Розробка алгоритмів, які дозволяють контролювати локалізацію області можливого розташування кривої виходячи із сукупності умов, що накладаються на неї, дозволить вирішити поставлене завдання.

*Висновки.* У роботі запропоновано метод формування лінійних елементів каркасів поверхонь, функціональне призначення яких – взаємодія із середовищем на основі масиву точок. В результаті досліджень отримано такі результати.

1. Розроблено спосіб аналізу вихідного точкового ряду, що дозволяє визначати ділянки, які можна інтерполювати монотонною кривою лінією. Аналіз дозволяє формувати криву за монотонними ділянками в межах області їх можливого розташування. Розміри області дозволяють оцінити похибку, з якою сформована крива є кривою, що належить поверхні.

2. Розроблено способи формування плоских та просторових обводів, які з заданою точністю представляють криві лінії з заданими геометричними властивостями: регулярна зміна значень кривизни та скруту при мінімальній кількості особих точок: точок перегину, точок зміни напрямку зростання значень кривизни та скруту, точок зміни ходу кривої. Отримані обводи використовуються в CAD-системі SolidWorks в якості твірних та напрямних кривих при формуванні моделі поверхні за допомогою функції "Поверхня по перетинах".



3. Розроблений метод випробувано під час моделювання функціональних поверхонь, що обмежують робоче колесо турбокомпресора. Якість формування моделі робочого колеса оцінена за допомогою:

- газодинамічного аналізу потоку в міжлопатковому каналі, який обмежений поверхнями робочого колеса та кришки турбокомпресора;
- випробування готового виробу, укомплектованого робочим колесом, яке виготовлено з використанням нашого методу, на стенді типу «замкнутий контур».

Випробування на стенді та газодинамічний аналіз показали, що виготовлення поверхонь робочого колеса на основі розробленого методу забезпечило покращення їх динамічних якостей порівняно з вихідним виробом.

#### Список використаних джерел

1. Fooladi M., Foroud A. A. Recognition and assessment of different factors which affect flicker in wind turbine. *IET Renewable Power Generation*. 2016. Vol. 10, no. 2. P. 250-259. DOI: 10.1049/iet-rpg.2014.0419
2. Jadhav Y. P., Chougule V. N., Mulay A. V. Free-form surface models generation using reverse engineering techniques - an investigation. *IOSR Journal of Mechanical & Civil Engineering*. 2016. P. 379–385. DOI: 10.9790/1684-15008030311-15.
3. Farhad Hosseini S., Moetakef-Imani B. Innovative approach to computer-aided design of horizontal axis wind turbine blades. *Journal of Computational Design and Engineering*. 2017. Vol.4, Iss. 2. P. 98-105. DOI: 10.1016/j.jcde.2016.11.001
4. Ivan M. A note on the Hermite interpolation. *Numerical Algorithms*. 2015. Vol. 69, Iss. 3. P. 517-522.
5. Argyros I. K., George S. On the convergence of Newton-like methods restricted domains. *Numerical Algorithms*. 2017. Vol. 75, Iss. 3. P. 553-567.
6. Samreen Sh., Sarfraz M., Hussain M.-Z. A quadratic trigonometric spline for curve modeling. *Plos One*. 2019. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208015>
7. Li H. Geometric error control in the parabola-blending linear interpolator. *Journal of Systems Science and Complexity*. 2013. Vol. 26, Iss. 5. P. 777-798.
8. Pérez-Arribas F., Pérez-Fernández R. A B-spline design model for propeller blades. *Advances in Engineering Software*. 2018. Vol. 118. P. 35–44. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2018.01.005
9. Kvasov B. Monotone and convex interpolation by weighted cubic splines. *Advances in Computational Mathematics*. 2014. Vol. 40. P. 91-116.



DOI: 10.1007/s10444-013-9300-9

10. Havrylenko Ye., Kholodniak Yu., Halko S., Vershkov O., Miroshnyk O., Suprun O., Dereza O., Shchur T., Śrutek M. (2021) Representation of a Monotone Curve by a Contour with Regular Change in Curvature. *Entropy (Basel)*. Vol. 23 (7):923. DOI: 10.3390/e23070923

11. Havrylenko Y., Kholodniak Y., Vershkov O., Naidysh A. Development of the method for the formation of one-dimensional contours by the assigned interpolation accuracy. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 1. Iss. 4(91). P. 76-82. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.123921

12. Havrylenko Ye., Kholodniak Yu., Halko S., Vershkov O., Bondarenko L., Suprun O., Miroshnyk O., Shchur T., Śrutek M., Gackowska M. Interpolation with Specified Error of a Point Series Belonging to a Monotone Curve. *Entropy (Basel)*. 2021. Vol. 23(5):493. DOI: 10.3390/e23050493

13. Havrylenko Y., Cortez J. I., Kholodniak Y., Aliksieieva H., Garcia G. T. Modelling of surfaces of engineering products on the basis of array of points. *Tehnicki Vjesnik*. 2020. Vol. 27(6). P. 2034–2043. DOI: 10.17559/tv-20190720081227

14. Kholodniak Yu., Havrylenko Ye., Pykhtieieva I., Shcherbyna V. Design of Functional Surfaces in CAD System of SolidWorks via Specialized Software. *Modern Development Paths of Agricultural Production*. Cham. 2019. P. 63-74. DOI: 10.1007/978-3-030-14918-5\_7

15. Холодняк Ю. В., Гавриленко Е. А., Ивженко А. В., А. В. Найдыш Моделирование участка пространственной монотонной кривой линии. *Сучасні проблеми моделювання: наукове фахове видання*. Мелітополь: МДПУ, 2020. Вып.17. С. 131-137.

Стаття надійшла до редакції 06.12.2022 р.

**Y. Kholodnyak, Y. Havrylenko, M. Miroshnychenko**  
**Dmytro Motornyi Tauria State Agro-technological University**

### **COMPUTER SIMULATION OF CURVILINEAR SURFACES BASED ON AN ARRAY OF POINTS**

#### ***Summary***

The method of forming linear elements of surface frameworks, the functional purpose of which is to interact with the environment based on an array of points is proposed in this article. A method of analyzing the original point series has been developed, which allows you to determine areas that can be interpolated by a monotone curved line. The analysis allows you to form a curve for monotonous sections within the area of their possible location. The dimensions of the area allow us to estimate the error with which the formed curve is a curve belonging to the surface. Methods of forming flat and spatial contours have been developed, which with a given accuracy represent curved



lines with given geometric properties: a regular change in the values of curvature and twist with a minimum number of individual points: points of inflection, points of change in the direction of growth of values of curvature and twist, points of changes in the course of the curve. The obtained contours are used in the SolidWorks CAD system as generating and guiding curves when forming a surface model using the "Surface by intersections" function. The developed method was tested during modeling of functional surfaces limiting the turbocharger impeller. The quality of the formation of the impeller model is evaluated using: gas-dynamic analysis of the flow in the interblade channel, which is limited by the surfaces of the impeller and the turbocharger cover; testing of the finished product, equipped with an impeller, which is manufactured using our method, on a "closed circuit" type stand. Bench tests and gas-dynamic analysis showed that the manufacturing of the impeller surfaces based on the developed method improved their dynamic qualities compared to the original product. The prospect of further development of the method is to expand the scope of its possible application. Adaptation of the method to the solution of various tasks can be ensured by increasing the number of conditions that can be imposed on the curve. Such conditions can be an increase in the number of geometric characteristics, the values of which are assigned at the starting points, the formation of a curve of a given length, ensuring the touching of a curve with lines or surfaces, and others.

**Key words:** array of points, surface frame, guide curve, generating line, geometric characteristics, oscillation



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-32

УДК 004.891

Д. В. Лубко, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-2506-4145

С. В. Шаров, к.пед.н.

ORCID: 0000-0001-5732-9980

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: dmytro.lubko@tsatu.edu.ua

e-mail: sergii.sharov@tsatu.edu.ua

## РОЗРОБКА СУЧАСНОЇ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ГАЛУЗІ СВИНАРСТВА У ПРИВАТНИХ ГОСПОДАРСТВАХ

*Анотація.* Мета даної статті – виконати розробку спеціалізованої експертної системи для галузі свинарства у приватних господарствах. Проводиться проектування експертної системи, яка дозволить досягнути більш ефективного продажу сільськогосподарської продукції у приватному фермерському господарстві, а саме реалізації м'яса свиней, у якій ми використали технологію продукційної моделі, розробили відповідну базу даних до неї та реалізували її за допомогою мови програмування РНР. Використання даної системи дозволить приватному фермерському господарству передбачити, а у подальшому і збільшити вихід чистого м'яса з свиней, збільшити кількість потомства свиноматки за 1 опорос, а це в свою чергу дозволить покращити товарообіг та продаж м'яса свиней, зменшити витрати на технологію при їх вирощуванні, зберегти час свиноводу, при пошуку потрібної інформації при вирощуванні свиней на відкорм, що в свою чергу підвищить усі економічні показники приватного фермерського господарства та принесе йому значні прибутки.

*Ключові слова:* свинарство, експертна система, підвищення продуктивності, приватні господарства, кнур, свиноматка.

*Постановка проблеми.* Свинарство для України є традиційною галуззю, але в сучасних умовах воно перебуває в депресивному стані. Пріоритет розвитку цієї галузі пов'язаний з винятково важливими біологічно-господарськими особливостями свиней, зокрема багатоплідністю, всеїдністю та економічним використанням кормів. М'ясо свиней містить усі незамінні амінокислоти: лізин, триптофан, метіонін, а також всі вітаміни та незамінні жирні кислоти. Найближчими роками цілком реально довести загальне виробництво свинини до 1,4-1,5 млн. т.



Слід зауважити, що свинина – повноцінний продукт харчування. Навіть попри те, що її з релігійних чи інших міркувань не споживають окремі нації і деякі регіони світу, в загальному виробництві м'яса на її частку припадає близько 90 млн. т (39,6%), тоді як на курятину – 27,1 %, яловичину – 24,2, баранину й козлятину – 4,7, а на всі інші види тварин і птиці – 4,4% [1]. На думку міжнародних експертів, свинина збереже своє лідерство і в найближчі десятиріччя XXI ст.

Існуючі, працюючі та розроблені на сьогодні експертні системи (ЕС) обраного напрямку, а саме – свинарства, як показали наші дослідження, повністю відсутні. Відсутність схожих аналогів програмного забезпечення, яке розробляється, для його використання у приватних та фермерських господарствах країни, а саме для розробки та вибору раціональних технологій вирощування свиней на відкорм, безпосередньо і викликали нагальну потребу на проектування такої сучасної системи та створення відповідного програмного забезпечення (експертної системи). Саме тому, проектування такої спеціалізованої експертної системи у даній проблемній області є дуже актуальною задачею на сьогодні для нашого південного регіону, а також і для країни взагалі.

*Аналіз останніх досліджень.* Проблеми виробництва свинини є предметом досліджень таких учених, як Т.В. Алексійчук, Г.І. Грицаєнко, В.О. Кібенко, Л.В. Клименко, І.В. Охріменко, С.М. Приліпко та ін. Вони визначали сутність, чинники, методику дослідження та шляхи подальшого розвитку свинарства. Крім того, значний теоретичний внесок у вирішення проблеми розвитку і підвищення ефективності виробництва свинини зробили вітчизняні науковці, такі як В.І. Бойко, Б.В. Данилів, В.Ф. Іванюта, Г.В. Ільїна, П.М. Макаренко, І.В. Свиноус, О.М. Шпичак, О.А. Шуст та ін. У їхніх працях детально описано ситуацію, що склалася в галузі, а також окреслено шляхи виведення її з кризи. Однак сьогодні ставить перед свинарством все нові й нові задачі, реагувати на які потрібно своєчасно та якісно.

*Формулювання цілі статті.* Мета даної статті – підвищити продуктивність свиней на відкорм для приватних господарств за допомогою розробки сучасної спеціалізованої експертної системи.

*Основна частина.* Забезпечити конкурентоспроможність свинарства і домогтися якихось значущих успіхів у розвитку галузі можливо лише поєднанням ефективного використання наявних ресурсів, докорінних змін у селекції тварин, технології їх годівлі і утримання. А також впровадженням та використанням сучасних комп'ютерних технологій, які допоможуть значно підвищити продуктивність галузі.

Експертна система – це комп'ютерна система, тобто відповідне



програмне забезпечення, яке здатне частково або навіть повністю замінити фахівця-експерта у вирішенні певної проблемної ситуації. Під час створення та проектування такої експертної системи була створена база даних, обрана відповідна мова програмування та обрані інструментальні засоби для реалізації такої експертної системи [2-5].

При проектуванні системи було вирішено, що на підставі вхідних даних, будуть виводитися рекомендації з вибору раціональної технології вирощування свиней на відкорм, а саме для відкорму кастрованих кнурів та свиноматок після вибраковки – це і будуть вихідні дані системи, яка розробляється.

Вся наша ЕС розділяється на два блоки – вхідний і вихідний.

Та на дві категорії – вирощування кнурів і вирощування свиноматок на відкорм.

Вхідними даними експертної системи для вирощування кнурів на відкорм є запланована: вага кнурів; вихід чистого м'яса з туші кнуру; забійний вихід з туші та товщина шпику.

Вхідними даними експертної системи для вирощування свиноматок є: запланована вага свиноматок; запланована забійний вихід з туші; передбачувана кількість потомства свиноматки за 1 опорос; передбачуваний вихід чистого м'яса з туші; передбачувана кількість молока від свиноматки за одну лактацію (60 днів); передбачувана товщину шпику свиноматки.

Вихідними даними ЕС для вирощування кнурів на відкорм є: основна норма годування; спеціальні корма для відкорму кнурів; кількість води (водний раціон); вибрані рівні поживних речовин в різних комбікормових інгредієнтах; кількість годувань за добу; рекомендовані породи кнурів для відкорму.

Вихідними даними експертної системи для вирощування свиноматок є: основна норма годування; спеціальні корма для відкорму свиноматок; кількість води (водний раціон); кількість годувань за добу; необхідні корма підсосним свиноматкам на період вигодовування; рівні поживних речовин в різних комбікормових інгредієнтах; рекомендовані породи свиноматок для відкорму.

При запуску програми на виконання на екрані одночасно видно обидва блоки. Вибір потрібних пунктів здійснюється за допомогою вибору відповідних елементів на формі. Розрахунок рекомендацій у розробленій системі здійснюється при натисканні на кнопку „Виведення рекомендацій”.

Складемо поетапно, які критерії будуть на вході та, які повинні бути рекомендації на виході.

Маючи ПК користувач вибирає критерії вирощування кнурів і свиноматок (вхідні дані) у вхідному блоку в розробленій системі та отримує рекомендації по вирощуванню у вихідному блоці.



Дані (вхідні параметри системи), які будуть критеріями вибору для вирощування кнурів наступні:

- Запланована вага кнурів, кг: 170-250; 250-300; 300-350.
- Запланований вихід чистого м'яса з туші, %: 47-50; 54-58; 58-60.
- Запланований забійний вихід з туші, %: 70-75; 69-70; до 85.
- Запланована товщина шпику, мм: 20-30; 31-37; 38-45.

Наведемо дані, які являються рекомендаціями з вирощування (вихідні параметри системи): рекомендована основна норма годування; рекомендовані спеціальні корма для відкорму кнурів; рекомендована кількість води (водний раціон); вибрані рівні поживних речовин в різних комбікормових інгредієнтах; рекомендована кількість годувань за добу; рекомендовані породи кнурів для відкорму при заданих вхідних даних.

Дані, які будуть критеріями вибору вирощування свиноматок наступні (вхідні параметри системи):

- Запланована вага свиноматок, кг: 170-250; 250-300; 300-350.
- Запланований забійний вихід з туші, %: 70-75; 69-70; до 85.
- Запланований кількість потомства свиноматки за 1 опорос, поросят: 6-8; 9-11; 10-12.
- Запланований вихід чистого м'яса з туші, %: 47-50; 54-58; 58-60.
- Запланована кількість молока від свиноматки за одну лактацію (60 днів), л: 150-200; 200-250; 250-300.
- Передбачувана товщину шпику, мм: 20-30; 31-37; 38-45.

Дані, які є рекомендаціями з вирощування (вихідні параметри системи):

- рекомендована основна норма годування;
- рекомендовані спеціальні корма для відкорму свиноматок;
- рекомендована кількість води (водний раціон);
- рекомендована кількість годувань за добу;
- необхідні корма підсосним свиноматкам на період вигодовування;
- вибрані рівні поживних речовин в різних комбікормових інгредієнтах;
- рекомендовані породи свиноматок для відкорму при заданих вхідних даних.

За цими даними можна скласти схему експертної системи з тваринництва вирощування свиней.

Далі виконаємо проектування бази даних системи. Для роботи експертної системи з технології вирощування свиней треба розробити базу даних, в яку буде заноситися інформація за всіма критеріями (вхідні дані), та при запиті ЕС з цієї бази даних будуть генеруватися відповідні рекомендації [3, 4].

На рисунку 1 зображена схема компонентів розробленої експертної системи.



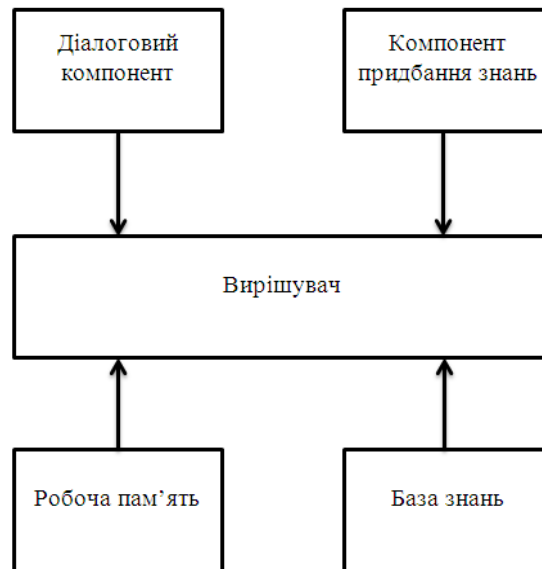


Рисунок 1. Схема компонентів розробленої експертної системи

Для роботи ЕС ми розробили сім таблиць нашої бази даних: «feeding», «feedingday», «boarprovender», «recommendedwater», «thicknesslard», «sowprovender» та «recommendations», в які далі будуть занесені такі дані:

– В таблиці «feeding» будуть такі дані (колонки): «id»; «group»; «feedUnits»; «protein»; «salt»; «calcium»; «phosphor»; «cuprum»; «zinc»; «cobalt»; «iodine»; «carotin».

– В таблиці «feedingday» будуть такі дані (колонки): «id»; «group»; «fatteningPeriod1»; «fatteningPeriod2»; «weightSlaughter»; «duration»; «bones»; «muscle»; «fat».

– В таблиці «boarprovender», будуть такі дані (колонки): «id»; «text».

– В таблиці «recommendedwater», будуть такі дані (колонки): «id»; «group»; «piglets»; «weaners»; «fattening»; «gestatingSows»; «lactatingSows»; «boars».

– В таблиці «thicknesslard», будуть такі дані (колонки): «id»; «group»; «text».

– В таблиці «sowprovender», будуть такі дані (колонки): «id»; «text».

– В таблиці «recommendations», будуть такі дані (колонки): «id»; «group»; «sex»; «text».

Далі потрібно вибрати систему керування базами даних. Після аналізу систем керування базами даних було вирішено використати MySQL. SQL – універсальна комп'ютерна мова, застосовувана для створення, модифікації й керування даними в реляційних базах даних. Гнучкість СУБД MySQL забезпечується



підтримкою великої кількості типів таблиць: користувачі можуть вибрати як таблиці типу MyISAM, що підтримують повнотекстовий пошук, так і таблиці InnoDB, що підтримують транзакції на рівні окремих записів.

Прийнятною до розробки бази даних. Для роботи з MySQL будемо використовувати phpMyAdmin. phpMyAdmin – веб-інтерфейс для адміністрування MySQL.

Також в процесі проектування бази даних була обрана система управління базами даних MySQL. MySQL є рішенням для малих і середніх застосувань. Входить до складу серверів WAMP, AppServ, LAMP і в портативні зборки серверів Денвер, XAMPP.

В процесі проектування експертної системи з вирощування свиней на відкорм нами вибрано середовище для розробки NetBeans 7.

Для реалізації системи логічного виведення нами вибрана веб-мова PHP з використанням фреймворку Yii.

Експертна система реалізована з використанням таких мов програмування та інструментів проектування [6-12]:

- вся серверна частина проекту написана на мові програмування PHP, а вже клієнтська частина на мові JavaScript за допомогою технології AJAX;
- робота з базами даних виконана з використанням мови SQL та СУБД MySQL.

Експертна система буде мати вигляд веб-сайту, зверху якого знаходиться навігаційне меню, яке дозволяє користувачу пересуватись по розділам.

Основними розділами системи будуть 2 розділи: вирощування кнурів та вирощування свиноматок.

Ці сторінки будуть містити два блоки. В першому блоці буде критерії вибору вхідних даних з технології вирощування свиней на відкорм. У другому блоці будуть виводитися рекомендації з вибраних вхідних даних.

Головною вимогою було зробити розрахунок швидким та зручним для користувача. Це було реалізовано за допомогою технології Ajax. Він дозволяє робити інтерактивні веб-додатки. Усі данні при розрахунку будуть отримуватися в фоновому режимі та автоматично оновлюватися на сторінці не перезавантажуючи її.

На рисунку 2 зображено сторінка вирощування кнурів до розрахунку.

Для зручності адміністрування експертної системи була розроблена адміністративна панель керування контентом. На рисунку 3 показана таблиця керування рекомендаціями для норм годування.

Навігаційне меню (рис. 3) зверху дозволяє швидко пересуватись між розділами керування рекомендаціями.

**Вибір вхідних даних**

Вкажіть передбачувану вагу кнурир, кг

170-250

250-300

300-350

Вкажіть вихід чистого м'яса з туші, %

47-50

54-58

58-60

Вкажіть забійний вихід з туші, %

70-75

69-70

до 85

Вкажіть передбачувану товщину сала в шпикі, мм

20-30

31-37

38-45

**Рекомендації**

Рекомендована основна норма годування

Рекомендовані спеціальні корма для відкорму кнурир

Рекомендована кількість води (водний раціон)

Вибрані рівні поживних речовин в різних комбікормових інгредієнтах

Рекомендована кількість годувань за добу

Рекомендовані породи кнурир для відкорму при заданих вхідних даних

**Розрахувати**

Рисунок 2. Інтерфейс користувача для розрахунку кнурів

ЕС Головна Норма годування Спеціальні корма Водний раціон Поживні речовини Кількість годування Рекомендації Вийти

Головна » Норми годування

Кнури

Свиноматки

### Норми годування

Показано 1-4 з 4 результатів.

№	Група	Кормові одиниці	Протеїн	Сіль	Кальцій	
1	150-200	3,6	436	16	26	
2	200-250	3,8	460	17	28	
3	250-300	4,1	496	18	30	
4	300-350	4,4	533	20	32	

Рисунок 3. Таблиця керування рекомендаціями

В кожному розділі можна вибрати, для кого редагувати рекомендації – для кнурів або для свиноматок.

Після розрахунку в правій колонці з'являться рекомендації як показано на рисунку 4.

Щоб перейти у режим редагування запису (рис. 3), треба клікнути по іконці «олівця» в таблиці, після чого з'явиться форма з даною рекомендацією, яку можна змінити. Після збереження її, зміни, які були внесені в запис відразу стають доступні на сайті.

Основною вимогою до експертної системи – зручність використання для користувача. За допомогою даної адміністративної панелі (рис. 3), користувачі, які мають до неї доступ можуть змінювати всю текстову інформацію веб-додатку.

### Вибір вхідних даних

**Вкажіть передбачувану вагу кнурів, кг**

170-250

250-300

300-350

**Вкажіть вихід чистого м'яса з туші, %**

47-50

54-58

58-60

**Вкажіть забійний вихід з туші, %**

70-75

69-70

до 85

**Вкажіть передбачувану товщину сала в шпик, мм**

20-30

31-37

31-37

38-45

### Рекомендації

**Рекомендована основна норма годування, на голову за добу**

Кормові одиниці	4,1
Перетравлюваний протеїн, г	496
Сіль поварена, г	18
Кальцій, г	30
Фосфор, г	24
Мідь, мг	54
Цинк, мг	278
Кобальт, мг	5
Йод, мг	1,1
Каротин, мг	37

**Рекомендовані спеціальні корма для відкорму кнурів**

**Зернові:** ячмінь, пшениця, горох, сочевиця, просо.

**Соковиті:** цукровий та полцукровий буряк, морква, гарбуз, картопля. Картопля в останній період відгодівлі дають в обмеженій кількості.

**Зелені корми:** конюшина, кропива. Корми тваринного походження- сироватка, зняте молоко, пахта.

---

**Рекомендована кількість води (водний раціон), на голову за добу**

Група	Добове споживання води, л
Поросята	1-2
Відлучені поросята	1-5
Поросята на відкормі	5-10
Супоросні свиноматки	12-20
Лактуючі свиноматки	25-35
Кнури	8-10

**Вибрані рівні поживних речовин в різних комбікормових інгредієнтах**

Інгредієнти	Сирий протеїн	Лізин	Метіонін + Цистин	Триптофан	Кальцій
Ячмінь, зерно	10	0,37	0,38	0,14	0,04
Жом буряка, висушений	8	0,6	0,02	0,10	0,60
Макуха ріпаку	35	2,2	1,10	0,40	0,60
Кукурудза, зерно	8	0,25	0,36	0,07	0,01
Рибне борошно, середн.	60	5,2	2,30	0,67	5,50
Лляна макуха	32	1,1	1,06	0,47	0,35
Молоко цільне, сухе	25	2,2	1,00	0,40	0,90
М'ясо-кісткове борошно	45	2,2	0,80	0,18	11,00
Овес, зерно	11	0,4	0,40	0,18	0,10
Соева макуха	42	2,7	1,00	0,58	0,20
Соняшникова макуха, очищ.	42	1,7	2,20	0,50	0,40
Соняшникова макуха, частк. очищ.	34	1,4	1,20	0,35	0,30
Пшениця, зерно, тверда	13	0,4	0,53	0,18	0,05
Пшениця, зерно, м'яка	10,5	0,3	0,34	0,12	0,05
Пшеничні висівки	14,8	0,6	0,50	0,30	0,14

**Рекомендована кількість годувань за добу**

Годування свиней в період відгодівлі	Жива маса при забої, кг	Тривалість відгодівлі, доби	Склад туші, %			
I	II		Кістки М'язи Жир			
обільне	обмежене	90	240	11	45	33

**Рекомендовані породи кнурів для відкорму при заданих вхідних даних**  
Біла довговука, Біла коротковука, Семіренська, Северокавказька

**Розрахувати**

Рисунок 4. Інтерфейс користувача розробленої системи для розрахунку кнурів з розрахованими рекомендаціями

Розроблена програма (ЕС) має однаково виглядати на дисплеях з різною роздільною здатністю. Мінімальна роздільна здатність, за якої програма виглядатиме цілісно без видимих проблем – 1024×768рх. Максимальна роздільна здатність не має значення.

Після розрахунку вихідну інформацію можна роздрукувати на

листок паперу або зберегти у файл за допомогою діалогового вікна. Можливість друку надає кожен сучасний веб-браузер, для цього треба натиснути Ctrl+P або по кнопці «Друк» біля виводу рекомендацій. Діалогове вікно для друку зображено на рисунку 5.

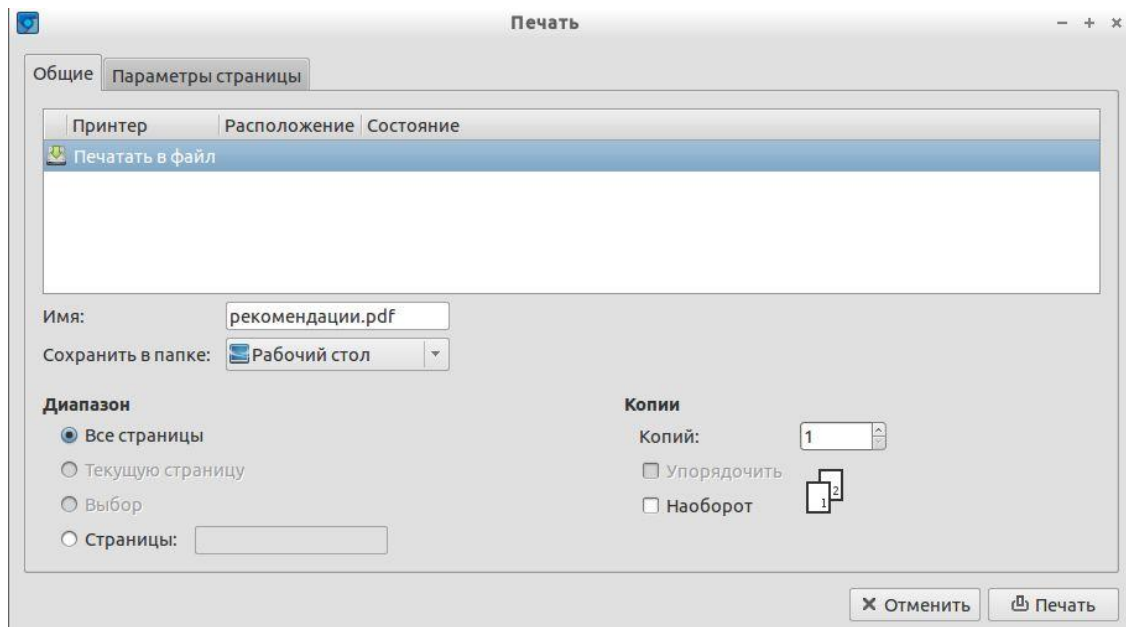


Рисунок 5. Результат роботи системи логічного виведення експертної системи.

Для успішного функціонування програми розробленої експертної системи та апаратних засобів висуваються певні вимоги.

В процесі роботи над ЕС здійснено проектування інтерфейсу користувача, який є логічним та простим. В лівій частині – критерії технології, в правій – рекомендації до технології.

Були прийняті вимоги до технічних засобів та апаратного забезпечення. Наведемо їх докладніше.

Вимоги до технічних засобів. Передбачається, що розроблене програмне забезпечення буде працювати при наступній мінімальній конфігурації комп'ютера, а саме: процесор: Intel Celeron 1.2 ГГц або AMD Sempron; обсяг оперативної пам'яті: 512 Мб; обсяг вільного місця на диску: 50 Мб; відеокарта з обсягом оперативної пам'яті: 128 Мб або 256 Мб.

Вимоги до програмного забезпечення. Для роботи системи мінімально необхідна операційна система Windows XP із встановленим сервіс-паком №3 (SP3), або подальші версії Windows (Windows 7, 8, 10, 11).

Розроблено інтерфейс передачі даних між людиною-користувачем, та машиною логічного виведення.

Також розроблена адміністративна панель керування системою.

На мові програмування PHP та JavaScript розроблена машина логічного виведення [3, 4]. На сучасному етапі розвитку системи цей набір інструментальних засобів розробки є найліпшим.

Головна сторінка розробленої системи наведена на рисунку 6.

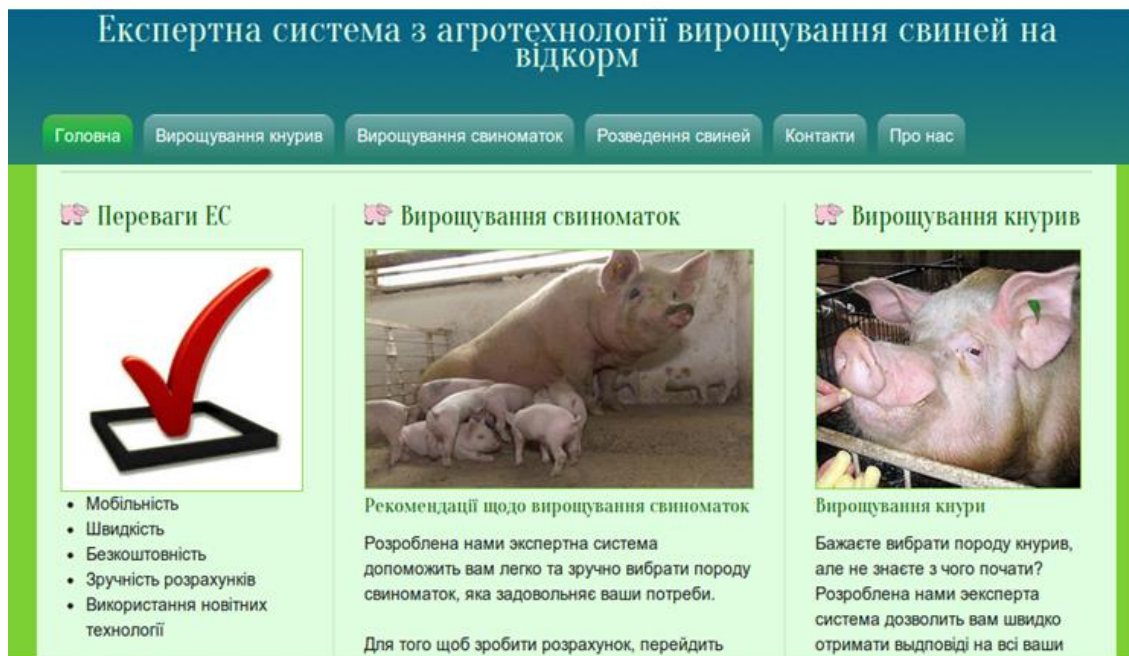


Рисунок 6. Головна сторінка розробленої системи

У верхній частині назва «Експертна система з агротехнології вирощування свиней на відкорм».

Щоб перейти на сторінки розрахунку рекомендацій, у головному меню треба вибрати розрахунок чого буде проводитися – «Вирощування кнурів» або «Вирощування свиноматок».

Сторінка розрахунку рекомендацій складається з двох частин: у лівій частині критерії з вибору технології, у правій – рекомендації до технології

У лівому блоці треба вибрати один з критеріїв вибору технології з наведених. У правому блоці є блоки виводу текстової інформації для виведення рекомендацій технології.

Також є такі кнопки: «Розрахувати» – для вибору рекомендацій з технології вирощування свиней; «Друкувати» – для посилання на друк рекомендацій з технологій;

Після вибору потрібних прапорців треба натиснути кнопку «Розрахувати», буде виведені рекомендації з технології.

Для кнурів буде виводитися наступна інформація:

- рекомендована основна норма годування;
- рекомендовані спеціальні корма для відкорму кнурів;
- рекомендована кількість води (водний раціон);
- вибрані рівні поживних речовин в різних комбікормових



інгредієнтах;

- рекомендована кількість годувань за добу;
- рекомендовані породи кнурів для відкорму при заданих вхідних даних.

Для свиноматок буде виводитися наступна інформація:

- рекомендована основна норма годування;
- рекомендовані спеціальні корма для відкорму свиноматок;
- рекомендована кількість води (водний раціон);
- рекомендована кількість годувань за добу;
- необхідні корма підсосним свиноматкам на період вигодовування;
- вибрані рівні поживних речовин в різних комбікормових інгредієнтах;
- рекомендовані породи свиноматок для відкорм при заданих вхідних даних.

Після виведення потрібних рекомендацій користувач системи може роздрукувати отримане або зберегти у файл загальну рекомендацію за допомогою кнопки «Друк» або клавіатурного скорочення Ctrl+P.

*Висновки.* Спеціалізована експертна система, яку ми спроектували: має простий, логічний та зручний веб-інтерфейс. Система дозволяє: робити запити у базу даних та робити виведення рекомендацій на екран комп'ютера; вона має доступ з будь-якої частини світу (при наявності Інтернету); вона має дворівневу структуру, а саме – вибір вхідних критеріїв (даних), а також модуль обробки та виведення раціональних рекомендацій по технології (вихідні дані); дозволяє давати рекомендації найбільш раціональної технології вирощування свиней на відкорм у приватних господарствах в залежності від різних вхідних критеріїв (даних).

Реалізація даної експертної системи, дозволяє досягнути більш ефективного продажу продукції тваринництва у приватному фермерському господарстві, а саме реалізації м'яса свиней, у якій ми використали технологію продукційної моделі, розробили відповідну базу даних до неї та реалізували її за допомогою мови програмування РНР. Використання даної системи дозволить приватному фермерському господарству передбачити, а у подальшому і збільшити вихід чистого м'яса з свиней, збільшити кількість потомства свиноматки за 1 опорос, а це в свою чергу дозволить покращити продаж м'яса свиней, зменшити витрати на технологію при їх вирощуванні, зберегти час свиноводу, при пошуку потрібної інформації при вирощуванні свиней на відкорм, що в свою чергу підвищить усі економічні показники приватного фермерського господарства та принесе йому значні прибутки.



## Список використаних джерел

1. Шавалюк О., Попівняк Р. Свинарство як ефективна галузь продовольчого комплексу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Економіка АПК*. 2014. №. 21 (1). С. 357–360.
2. Шаров С.В. Печерський Р.В. Аналіз інструментальних засобів для розробки експертної системи медичної лабораторії. *Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення: зб. тез доп. Міжнар. наук. Інтернет-конф.* (м. Тернопіль, 17 травня 2017 р.). Тернопіль. 2017. С. 87–90.
3. Лубко Д.В. Проектування комп'ютерної системи з агротехнології вирощування овочевих на базі експертної системи. *Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі. Матеріали ІХ Всеукраїнської науково практичної WEB конференції аспірантів, студентів та молодих вчених (22-24 березня 2016 р.)*. Кривий Ріг: ДВНЗ «Криворізький національний університет», 2016. С. 67–72.
4. Лубко Д.В. Зінов'єва О.Г. Проектування експертної системи для тваринництва. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропроми-словому комплексі: матеріали І Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції*. ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 310–315.
5. Гнатовська Ю.О. Розробка медичних діагностичних систем реального часу. *Наукові праці [Чорноморського державного університету імені Петра Могили]. Сер.: Комп'ютерні технології*, Том. 90, Вип. 77, 2008. С. 130–136.
6. Роббинс Дж. HTML5, CSS3 и JavaScript. Исчерпывающее руководство. Пер. с англ. М.А. Райтман. 5-е изд. Электрон. текстовые дан. Издательство: ЭКСМО, 2016. 622 с.
7. Julie C. Melon, Jennifer Kyrynin. HTML, CSS, and JavaScript All in One: Covering HTML5, CSS3, and ES6, Sams Teach Yourself. 3rd Edition. 2018. 800 p.
8. Ben Frain. Responsive Web Design with HTML5 and CSS: Develop future-proof responsive websites using the latest HTML5 and CSS techniques. 3rd Edition. 2020. 613 p.
9. John Brock, Arun Gupta, Geertjan Wielenga. Java EE and HTML5 Enterprise Application Development (Oracle Press). 1st Edition. 2014. 176 p.
10. Joshua Bloch. Effective Java. 3rd Edition. 2017. 416 p.
11. LCF Publishing, Jamie Chan. Java: Learn Java in One Day and Learn It Well. Java for Beginners with Hands-on Project. (Learn Coding Fast with Hands-On Project Book 4). 2016. 237 p.
12. Brian Goetz, Tim Peierls, Joshua Bloch, Joseph Bowbeer, David Holmes, Doug Lea. Java Concurrency in Practice. 1st Edition. 2008. 432 p.





Стаття надійшла до редакції 17.11.2022 р.

**D. Lubko, S. Sharov**  
**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

## **INCREASING THE PRODUCTIVITY OF FEED PIGS FOR PRIVATE FARMS WITH THE HELP OF THE DEVELOPMENT OF A MODERN EXPERT SYSTEM**

### *Summary*

Existing, working and currently developed expert systems of the chosen field, namely, pig farming, as our research has shown, are completely absent. The lack of similar analogues of the software that is being developed for its use in private farms and farms of the country, namely for the development and selection of rational technologies for raising pigs for fattening, directly and caused an urgent need for the design of such a modern system and the creation of appropriate software (expert system). That is why designing such a specialized expert system in this problem area is a very urgent task today for our southern region, as well as for the country in general.

The specialized expert system we designed: has a simple, logical and user-friendly web interface. The system allows: to query the database and display recommendations on the computer screen; it can be accessed from any part of the world (if the Internet is available); it has a two-level structure, namely - the selection of input criteria (data), as well as the processing module and the output of rational recommendations on technology (output data); allows you to give recommendations on the most rational technology for raising pigs for fattening in private farms, depending on various input criteria (data).

The implementation of this expert system allows to achieve a more effective sale of livestock products in a private farm, namely the sale of pig meat, in which we used the technology of the production model, developed the appropriate database for it and implemented it using the PHP programming language. The use of this system will allow a private farm to predict and, in the future, to increase the yield of pure meat from pigs, to increase the number of offspring of a sow per farrowing, and this, in turn, will allow to improve the sale of pig meat, reduce the costs of technology during their breeding, to save the pig breeder's time when searching for the necessary information when raising pigs for fattening, which in turn will increase all the economic indicators of a private farm and bring him significant profits.

**Key words:** pig breeding, expert system, productivity improvement, private farms, boar, sow.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-33

УДК 004.94

О. Г. Зінов'єва

ORCID ID: 0000-0003-3760-8952

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: olha.zinovieva@tsatu.edu.ua, тел.: (096)5482226

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ**

*Анотація.* Підвищення ефективності сільськогосподарського підприємства неможливе без грамотної організації обслуговування і ремонту техніки, яку використовують господарства. Стаття присвячена проблемам підвищення ефективності технічного сервісу сільськогосподарської техніки. В роботі пропонується використання методів імітаційного моделювання для визначення параметрів ефективності обслуговування машинно-тракторного парку, який розглядається як система масового обслуговування. Такий підхід дозволяє визначити оптимальну стратегію проведення технічного обслуговування та ремонту сільськогосподарської техніки. Імітаційне моделювання - це метод дослідження, при якому система, що вивчається, замінюється моделлю, з достатньою точністю описує реальну систему, і з нею проводяться експерименти з одержання інформації про цю систему. Імітаційне моделювання дозволяє імітувати поведінку системи у часі. Для розробки моделі використана програмне середовище імітаційного моделювання GPSS – найбільш універсальна система для моделювання процесів і систем масового обслуговування.

*Ключові слова:* імітаційна модель, системи масового обслуговування, технічне обслуговування, ефективність

*Постановка проблеми.* У сучасних економічних умовах найгострішою проблемою технічного прогресу в агропромисловому комплексі є відновлення ресурсу техніки та підтримання її у робочому стані з мінімальними витратами. Підвищення ефективності технологій технічного обслуговування та ремонту у машинно-тракторних станціях може суттєво скоротити витрати фермерських та селянських господарств. Технічне обслуговування сільськогосподарською технікою здійснюється службою технічного обслуговування. З метою



ефективного функціонування цієї служби необхідно оптимізувати кількість основних системоутворювальних об'єктів, до яких належать заправники, агрегати технічного обслуговування та машини польового ремонту. Розробка імітаційних моделей дозволить вибрати оптимальні параметри для цього

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженню застосування імітаційного моделювання у різних галузях присвячені праці вітчизняних та іноземних авторів. У роботах Братушки С.М. [1] розкривається питання застосування імітаційного моделювання в економічних процесах і системах. Томашевський В.М. розглядає можливість розробки комп'ютерних програм для цих моделей. Застосуванню систем масового обслуговування, як дискретно-подієвого напрямку імітаційного моделювання, присвячені роботи Ю.В. Жернового [2].

Проте застосуванню імітаційного моделювання саме для підвищення ефективності обслуговування сільськогосподарської техніки присвячено недостатньо уваги.

*Формулювання мети статті.* Метою даної статті є застосування методів імітаційного моделювання для оптимізації технічного обслуговування сільськогосподарської техніки

*Основна частина.* Імітаційне моделювання, на думку Р. Е. Шеннона, доцільно застосовувати за наявності будь-якої з наступних умов: не існує закінченої математичної постановки досліджуваного завдання або не існує опрацьованих аналітичних методів її вирішення, для вирішення необхідні математичні процедури високої складності, трудомісткості, кінцеві користувачі недостатньо підготовлені математично. На сьогоднішній день саме метод імітаційного моделювання є одним із найпотужніших і найефективніших методів дослідження процесів та виробничих систем

Імітаційне моделювання - метод, що дозволяє будувати моделі, які описують процеси так, якими вони будуть у реальності. За допомогою імітаційного моделювання можна побудувати гіпотези та прогнози, на основі яких можна передбачити майбутню поведінку систем. Мета імітаційного моделювання полягає у розробці симулятора досліджуваної предметної області щодо різноманітних експериментів. Імітаційне моделювання дозволяє імітувати поведінку системи у часі. Причому плюсом є те, що часом у моделі можна керувати: уповільнювати у разі швидкоплинних процесів і прискорювати для моделювання систем з повільною мінливістю. Імітаційні моделі, що є особливим класом математичних моделей, принципово відрізняються від аналітичних тим, що використання ЕОМ у процесі реалізації грає визначальну роль. Імітаційні моделі не накладають жорстких обмежень на вихідні дані, що використовуються, дозволяють в процесі

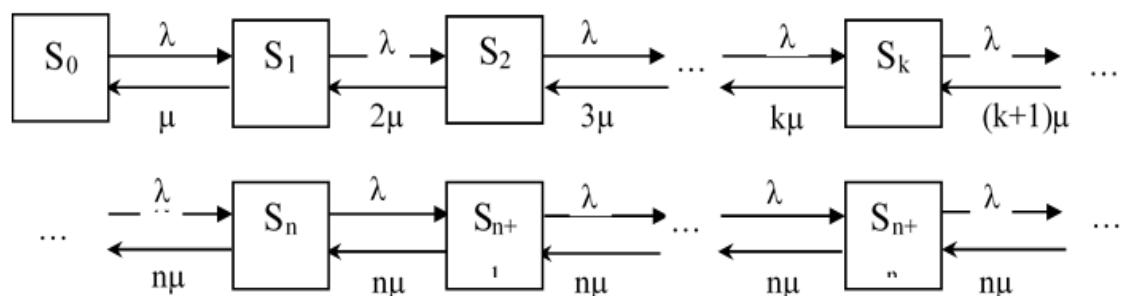
дослідження використовувати всю зібрану інформацію незалежно від її форми подання і ступеня її формалізації.

Підтримка якості та надійності сільськогосподарської техніки в період експлуатації багато в чому зумовлює ефективність роботи всього агропромислового комплексу. Одним з основних показників є надійність техніки. Особливу роль в підвищенні надійності сільськогосподарської техніки надається системі її обслуговування і ремонту. Технічний сервіс є вимушеною та необхідною умовою підтримки сільськогосподарської техніки в працездатному стані.

Систему технічного сервісу сільськогосподарської техніки можна розглядати як систему масового обслуговування, яка включає наступні елементи: джерело вимог (несправна техніка), вхідний потік вимог (група машин або тракторів, яка підлягає ремонту), канал обслуговування (пересувні або стаціонарні майстерні), черга (сукупність вимог, що очікують обслуговування, коли канали зайняті обслуговуванням інших вимог), вихідний потік вимог. Основні параметри цих моделей детально вивчені і проаналізовані [2].

Для цих багатоканальних систем технічного сервісу тракторів, комбайнів та сільськогосподарських машин є необхідним визначення впливу таких параметрів, як середня інтенсивність потоку вимог, середній час обслуговування однієї вимоги, продуктивність майстерні. Інтенсивність замовлень на технічне обслуговування є стохастичною величиною, тому що залежить від сезону роботи. Під час важливих сільськогосподарських робіт (оранка, посів, збирання врожаю тощо) вона може збільшуватися і перевищувати можливості майстерні і черга на обслуговування починає зростати.

Розглянемо граф станів досліджуваної багатоканальної системи з чергою (рис. 1).



$\lambda$  - інтенсивність потоку вимог;  $\mu$  - інтенсивність потоку обслуговування (середнє число вимог, що обслуговуються за одиницю часу);  $S_0, S_1, \dots, S_n$  - стани системи;  $n$  - загальна кількість каналів.

Рисунок 1. Граф станів багатоканальної системи технічного сервісу з чергою



Дана система має  $n$  майстерень. Якщо хоча б одна майстерня незайнята, то вимога, яка надходить в систему, відразу обслуговується. Якщо всі майстерні зайняті, то машини, що потребують ремонту, становляться в чергу.

Якщо протягом певного часу працюють дві ( $n = 2$ ) майстерні, то швидкість обслуговування подвоюється і дорівнює  $2\mu$ . Якщо несправні машини обслуговуються  $n$  майстернями, то швидкість обслуговування дорівнює  $n\mu$ .

При  $S_0$  в систему не надходить жодної вимоги, всі комбайни справні, майстерні вільні. При  $S_1$  в систему надходить одна вимога, тобто один комбайн несправний, одна майстерня зайнята його обслуговуванням. При  $S_n$  число вимог дорівнює  $n$ , зайняті всі  $n$  майстерень та, відповідно, при  $S_{n+1}$  зайняті всі майстерні і несправні комбайни становляться в чергу на обслуговування.

Момент надходження вимог у систему технічного обслуговування тракторів або комбайнів не завжди може бути визначений. При проведенні планового технічного обслуговування іноді доводиться виконувати і незаплановані ремонтні роботи у випадках відмови техніки. Тому надходження вимог на технічне обслуговування та усунення наслідків вимог має ймовірнісний характер. Також і тривалість обслуговування має ймовірнісний характер, тому може з'являтися черга на виконання ремонтно-обслуговуючих робіт.

Оскільки процес обслуговування техніки ідентифікується як система масового обслуговування, то основою критерію ефективності цієї системи можуть бути наступні параметри: середнє число зайнятих постів обслуговування, середній час очікування обслуговування, коефіцієнти простою майстерні та інші. Ці параметри системи дозволяють оцінити ступінь її завантаженості. Шляхом зміни операційних характеристик системи можна досягнути більш ефективного використання машинно-тракторної станції.

Для визначення параметрів системи в якості середовища моделювання використана програма імітаційного моделювання GPSS Word. Вибір обумовлений високим рівнем інтерактивності та візуального подання інформації.

Якщо інтенсивність надходження запиту на обслуговування складає  $\lambda = 0,41$  в годину, а середній час технічного обслуговування кожного запиту  $t = 2,61$  годин для тракторів, тоді модель для визначення параметрів технічного обслуговування на мові GPSS буде мати вигляд:



```

INITIAL X$TRAK,10 ;кількість техніки, що надходить на
обслуговування
INITIAL X$OBSL,2.61 ;середній час обслуговування
In EQU 0.41 ;інтенсивність надходження техніки на
обслуговування
*****
POST STORAGE 2
INFORM QTABLE QR,0,2,20
GENERATE ,,X$TRAK
WORK ADVANCE (Exponential(1,0,1/In))
QUEUE QR
ENTER POST
DEPART QR
ADVANCE (Exponential(1,0,X$OBSL)) ;обслуговування техніки
LEAVE POST
TRANSFER ,WORK
*****
GENERATE 1920
SAVEVALUE Lch QA$QR ;середня довжина черги
SAVEVALUE Tch QT$QR ;середній час техніки в черзі
TERMINATE 1
    
```

Після запуску моделі на виконання отримуємо звіт з результатами моделювання, в якому визначені основні характеристики системи

TABLE	MEAN	STD.DEV.	RANGE	RETRY	FREQUENCY	CUM. %
INFORM	7.738	3.398		0		
			0.000 -	0.000	4	0.27
			0.000 -	2.000	29	2.21
			2.000 -	4.000	147	12.06
			4.000 -	6.000	318	33.38
			6.000 -	8.000	346	56.57
			8.000 -	10.000	303	76.88
			10.000 -	12.000	180	88.94
			12.000 -	14.000	100	95.64
			14.000 -	16.000	36	98.06
			16.000 -		29	100.00

SAVEVALUE	RETRY	VALUE
TRAK	0	10.000
OBSL	0	2.610
LCH	0	6.020
TCH	0	7.722
TP	0	10.332

FEC	XN	PRI	BDT	ASSEM	CURRENT	NEXT	PARAMETER	VALUE
11	0		1921.865	11	2	3		
8	0		1922.768	8	2	3		
10	0		1922.860	10	6	7		
1	0		1925.501	1	2	3		
5	0		1928.646	5	6	7		
12	0		3840.000	12	0	9		

Рисунок 2. Звіт з результатами роботи програми

З отриманих результатів можна побачити, що час очікування техніки в черзі на обслуговування складає 7,72 год за рік, довжина черги – 6,02 од. при двох постах обслуговування та ремонту.

Завантаженість системи становить 100%. Для зменшення часу простою техніки необхідно додати ще пости для обслуговування. На рисунку 3 наведений графік залежності часу простою від кількості постів технічного обслуговування

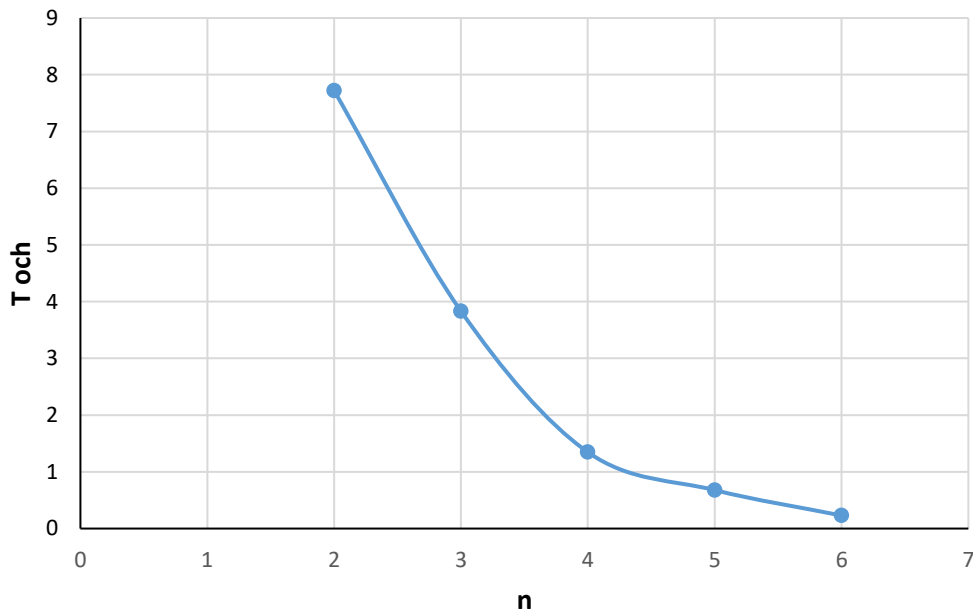


Рисунок 3. Зміна часу очікування техніки на обслуговування по відношенню до кількості постів технічного обслуговування

На діаграмі показано, що середній час простою техніки при очікуванні ремонту суттєво знижується при збільшенні кількості постів обслуговування. Але ж при цьому знижується коефіцієнт завантаженості системи. При  $n = 5$  коефіцієнт завантаженості складає 0,8, тобто пости технічного обслуговування завантажені недостатньо.

Якщо інтенсивність потоку збільшується при п'яти постах обслуговування час простою суттєво не змінюється. Наприклад, при збільшенні інтенсивності надходження техніки до майстерні до 3,3 одиниць за годину, час простою становить 7,02 годин за рік. Якщо ще далі збільшувати кількість постів, коефіцієнт завантаженості починає зменшуватися.

Таким чином, можна визначити оптимальну кількість постів обслуговування, при якій час очікування знижується при достатньо високому коефіцієнту завантаженості майстерні.

*Висновки.* В ході дослідження було визначено, що для оптимізації технічного обслуговування сільськогосподарської техніки необхідно збільшити кількість майстерень при збільшенні числа вимог, але Використовуючи теорію масового обслуговування, визначені основні параметри технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Прийняття остаточного рішення щодо чисельності ремонтних бригад



залежить від того, яка ситуація буде вважатися прийнятною за критерієм компромісу між середньою кількістю елементів МТП, які очікують ремонту та ремонтуються і середнім часом від моменту виявлення поломки до завершення ремонту.

Список використаних джерел:

1. Братушка С. М. Імітаційне моделювання як інструмент дослідження складних економічних систем. *Вісник Української академії банківської справи*. 2009. № 2(27). С. 113–118.
2. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: практикум. Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2007. 307с
3. Жадлун З. О., Галаєва Л. В., Жадлун О. А. Імітаційне моделювання економічних процесів: методичний посібник Київ: НАУ, 2008. 40 с.
4. Томашевський В. М., Нехай В.В. Засоби імітаційного моделювання для навчання, які ґрунтуються на мові GPSS. *Технічні науки та технології*. 2015. №2. С. 101–105.
5. Шамрін Р. В. Імітаційне моделювання економічних систем: програмні засоби та напрями їх вдосконалення. *Економіка та держава*. 2016. № 1. С. 35–39.
6. Лубко Д. В., Шаров С. В., Зинов'єва О. Г. Проектування імітаційної моделі роботи технологічної лінії прибирання гною на тваринницькій молочній фермі. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського*. Серія: Технічні науки, 2022. Том 33(72) №3, с. 56–60.
7. Kleijnen J. P. C. Sensitivity Analysis of Simulation Models. CentER Discussion Paper Series. 2009. N. 11. Social Science Research Network. URL: <http://ssrn.com/abstract=1340449>
8. Anish Amin, Piyush Mehta, Abhileh Sahay, Pranesh Kumar and Arun Kumar, Optimal Real-Time Problem Solving Using Queuing Theory, *International Journal of Engineering and Innovative Technologies*, Vol. 3 Issue 10, 2014. Pp. 268–270.
9. János Sztrik. Queueing Theory and its Applications, A Personal View, 8th International Conference on Applied Computer Science, Vol. 1, Pp. 9–30.
10. Harchol-Balter, M. Performance Modeling and Design of Computer Systems: *Queueing Theory in Action*. Cambridge University Press, Cambridge. 2013. 576 p.

Стаття надійшла до редакції 15.12.2022 р.





**O. Zinovieva**

## **OPTIMIZATION OF MAINTENANCE OF AGRICULTURAL EQUIPMENT USING THE SIMULATION METHOD**

### *Summary*

Increasing the efficiency of an agricultural enterprise is impossible without a competent organization of maintenance and repair of the equipment used by farms. A new approach to the organization of technical service of machines in the agricultural sector, including grain harvesters, is needed. At the same time, it is necessary to use the experience accumulated both in our country and in other countries with a developed market economy. The effectiveness of the use of grain harvesters depends significantly on the organization of the maintenance system. The need for maintenance of grain harvesters is caused by many circumstances: they require periodic refueling with fuel and coolant; in the process of use, performance is lost, and its restoration requires field repair; they require periodic maintenance to prevent failures and malfunctions, which is provided by such types of work as inspection and inspection, cleaning and washing, lubrication, adjustment and diagnosis, and fastening. Maintenance of combine harvesters is carried out by the maintenance service. In order for this service to function effectively, it is necessary to optimize the number of main system-forming objects, which include refueling stations, maintenance units and field repair machines. The article is devoted to the problems of increasing the efficiency of the technical service of agricultural machinery. The paper proposes the use of simulation modeling methods to determine the parameters of the maintenance efficiency of the machine-tractor fleet, which is considered as a mass service system. This approach allows you to determine the optimal strategy for maintenance and repair of agricultural machinery. Simulation modeling is a research method in which the system being studied is replaced by a model that describes the real system with sufficient accuracy, and experiments are conducted with it to obtain information about this system. Simulation modeling allows you to simulate the behavior of the system over time. The GPSS simulation software environment was used to develop the model - the most universal system for modeling mass service processes and systems

**Key words:** simulation model, mass service systems, maintenance, efficiency



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-3-34

УДК 004.774.6

Д. В. Лубко, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-2506-4145

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: dmytro.lubko@tsatu.edu.ua

## **ВИКОРИСТАННЯ WEB-ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

*Анотація.* Мета даної статті – розглянути методи використання web-технологій для автоматизації розробки технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур. Розглянуто методи використання web-технологій для автоматизації розробки технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур. Виконана робота вирішує одне з найважливіших питань для будь-якого фермера: дозволяє автоматизувати формування технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур враховуючи технічні та технологічні показники свого господарства. Розробка такої автоматизованої web-системи значно спрощує роботу фермеру по розробці технологічних карт вирощування культур у господарстві. Це дозволить значно підвищити ефективність праці та зберегти робочий час аграрія.

*Ключові слова:* web-технології, процес автоматизації, сільськогосподарські культури, вирощування, технологічні карти.

*Постановка проблеми.* Слово «технологія» в перекладі з грецької («техно» – ремесло, «логос» – наука) означає науку про виробництво. Класичне визначення технології розглядає її як науку про способи переробки сировини і матеріалів у засоби виробництва і предмети споживання. По суті технологія – це наука про найбільш економічні способи і процеси виробництва сировини, матеріалів і виробів.

Вирощування сільськогосподарських культур у різних природно-кліматичних зонах країни пов'язане з виконанням різних технологічних операцій, здійснених у певній послідовності: весь комплекс механізованих робіт має бути взаємозв'язаним; потрібно, щоб кожна попередня операція підготовляла необхідні умови для проведення наступної.

Послідовність, способи та засоби виконання



сільськогосподарських робіт і виробничого процесу загалом називають технологією. Складові технології (техніка, матеріальні засоби, організація) тісно між собою зв'язані. Сільськогосподарські технології визначаються, в першу чергу, специфічними засобами виробництва – ґрунтом, рослинами і тваринами.

Розрізняють технологію вирощування і збирання сільськогосподарської культури; технологію виробництва сільськогосподарської продукції (крім вирощування і збирання, вона охоплює роботи, необхідні для отримання готового продукту); технологію окремих сільськогосподарських робіт.

Для раціональної організації виробництва окремих видів продукції рослинництва складають технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур.

Технологічна карта є найважливішим документом, в якому відображено всю технологію обробки конкретної культури. Вона визначає порядок проведення операцій та передові прийоми використання машин з урахуванням досягнень науки і досвіду.

Кожен фермер стикається з потребою створення технологічних карт вирощування певних культур у своєму господарстві (колгоспі).

Технологічна карта - це, перш за все, планово-нормативний документ, в якому відображена технологія вирощування культури, розраховані планові витрати праці і матеріально-грошові витрати, визначені нормативи витрат на одиницю площі та одиницю продукції культури, що вирощується. На основі технологічних карт виконується комплекс агротехнічних і організаційно-економічних заходів, які найбільшою мірою відповідають конкретним умовам господарювання: для кожної сільськогосподарської культури під кожен операцію комплектуються найбільш економічні машинно-тракторні агрегати, розраховуються витрати праці, розмір додаткової, підвищеної і заохочувальної оплати праці, а також загальний фонд оплати праці з нарахуванням на соціальне страхування.

При ручній розробці технологічних карт є проблеми з правильним підбором всіх факторів, обладнання, техніки, тощо, тому її заповнення та структурування може викликати значні труднощі. Саме тому ми пропонуємо розглянути методи використання web-технологій для автоматизації процесу розробки технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур.

*Аналіз останніх досліджень.* Темати обробки ґрунту, висаджування сільськогосподарських культур та розробкою технологічних карт для них в свій час займалися такі вчені-науковці як В. В. Адамчук, В. М. Булгаков, В. Т. Надикто, В. М. Кюрчев, Є. І. Ігнат'єв, М. М. Борис, Т. С. Чорна. Вони внесли значний вклад у вирішення проблем які є в цих галузях та розробили вагомий



теоретичний наробіток для опису цих процесів.

*Формулювання цілі статті.* Мета даної статті – розглянути методи використання web-технологій для автоматизації розробки технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур.

*Основна частина.* Коротко розглянемо методику розробки та складання технологічних карт.

Розроблення технологічної карти починається з визначення операцій, які необхідно виконати для одержання урожаю конкретної культури. Ці операції записують послідовно в календарному порядку. Операції минулого року під врожай конкретної культури також записуються у технологічну карту. Це необхідно в зв'язку з тим, що під час розрахування собівартості продукції враховують також і витрати минулого року під врожай цього року.

Обсяг роботи вказують у фізичних одиницях (га, т, т·км і т.п.).

Дуже важливо обґрунтувати найраціональніший склад машинно-тракторного агрегату для виконання кожної роботи з метою повного використання потужності тракторів і досягнення високої якості роботи. Діленням обсягу робіт на норму виробітку визначають кількість нормозмін, а множенням останніх на кількість обслуговуючого персоналу і на 7 год – затрати праці в людино-годинах.

У технологічних картах планують витрати на виробництво продукції, насамперед на оплату праці (їх визначають множенням тарифних ставок на кількість нормозмін та кількість працівників за категоріями з урахуванням відповідних надбавок, доплат і премій), амортизаційні відрахування і витрати на поточний ремонт сільськогосподарської техніки (обчислюють за встановленими нормативами і кількістю таких гектарів), вартість пально-мастильних матеріалів (за нормами витрат, обсягом механізованих робіт у фізичних одиницях, тощо). Передбачають також послуги допоміжних галузей (автотранспорт, електроенергія тощо). Для цього відповідний обсяг робіт у тонно-кілометрах, коне-днях, кіловат-годинах множать на планову собівартість одиниці роботи, яку визначають окремо.

Технологічні карти складають на 100 га посіву кожної культури і на кілька років із відповідним коригуванням щороку, що дозволяє за показниками такої карти визначати витрати на будь-яку площу посіву конкретної сільськогосподарської культури.

Технологічні карти вирощування основних сільськогосподарських культур розроблені з урахуванням досвіду кращих сільськогосподарських підприємств, досягнень науки, сучасного стану техніко-технологічного забезпечення сільськогосподарського виробництва та прогнозованих позитивних зрушень в найближчій перспективі. Технологічні карти передбачають можливі зміни технологій, техніки та підвищення норм внесення добрив, а також



використання інших засобів захисту рослин. Враховуються вимоги ресурсозбереження та мінімального обробітку ґрунту, а також ґрунтозахисних технологій.

Технологічна карта складається з трьох груп показників:

1. Агротехнічні: найменування операцій, агротехнічні показники якості, обсяги виконуваних робіт, календарні та робочі терміни виконання.

2. Експлуатаційні: склад агрегату, продуктивність, витрата палива, кількість обслуговуючого персоналу, потрібної кількості агрегатів.

3. Техніко-економічні: затрати праці в людино-годинах, прямі експлуатаційні витрати на одиницю і весь обсяг робіт.

Операційна технологічна карта складається на конкретну операцію і містить: умови роботи; агротехнічні вимоги; склад і підготовку агрегату до роботи; підготовку поля, спосіб руху, швидкість руху; показники організації процесу; контроль за якістю та охороною праці.

Якщо технологічні карти на вирощування і збирання сільськогосподарських культур відповідають на питання, що необхідно зробити, щоб отримати запланований обсяг продукції за визначених затрат, то конкретні рекомендації, по проведенню окремих механізованих робіт містять операційно-технологічні карти.

На сьогодні існують три варіанти розрахунку технологічних карт [1, 2], а саме: вибір типових технологічних карт; розрахункові таблиці Excel; програмні комплекси. Але всі ці існуючі сьогодні способи розрахунку технологічних карт мають вагомні недоліки.

У першому випадку, при використанні типових технологічних карт, розробка технологічної карти проводиться вручну. У другому випадку, при використанні розрахункових таблиць Excel, розробникам потрібно спочатку знайти всю потрібну інформацію, а вже потім ввести її, тож знову доводиться використовувати довідники.

У третьому випадку – не потрібно вручну вводити всю інформацію, а треба лише встановити програму та із сформованих списків вибрати потрібні дані. Недолік – база даних часто є неповною. А в таких програмах немає змоги ввести власні дані.

Технологічні карти розроблені на перспективу і дають змогу виявити та використати резерви підвищення продуктивності праці і знизити витрати на виробництво продукції за рахунок впровадження більш нової техніки та прогресивної технології і організації праці. З метою спрощення розрахунків технологічні карти розраховані на 100 га або 10 га посіву (посадки) культур. За допомогою них можна швидко визначити витрати на будь-яку площу, в них можна вносити корективи для удосконалення технології, використання нових машин і механізмів, зміни норм виробітку, оплати праці та інше.



Сама технологічна карта складається з багатьох граф (стовбців), певні з яких потрібно розраховувати [1].

Вихідні дані для заповнення технологічної карти [2]: назва культури; попередник; площа, га; планована врожайність, т/га (основної та побічної продукції); норма витрати, т/га (насіння, розчину гербіцидів); відстань перевезення, км (насіння, гербіцидів, добрив, отриманої основної та побічної продукції); питомий опір, кН/м; кут ухилу, градуси.

Ці дані необхідні для вибору технологічних операцій, підбору марки машин, їх кількості, визначення обсягу робіт, кількості МТА та транспорту.

Для розробки та моделювання технологічних карт вирощування культур з використанням сучасних комп'ютерних web-технологій було запропоновано створити інформаційну web-систему (сайт).

Розроблений web-ресурс дозволить нам у режимі онлайн формувати, обчислювати та моделювати технологічні карти для різних сільськогосподарських культур. Для доступу до такого ресурсу, введення даних та проведення розрахунків карт потрібний лише доступ до глобальної мережі та інтернет-адреса сайту.

Програмну реалізацію web-системи було зроблено з використанням мов програмування HTML, CSS, PHP, Ajax і баз даних MySQL [3-10]. Як середовище розробки проекту на локальному комп'ютері був обраний пакет розробника Wamp Server. Для оновлення даних, та щоб web-сторінка не перезавантажувалась повністю, і web-додатки стали швидшими і зручнішими було обрано Ajax. Цей підхід до побудови інтерактивних користувацьких інтерфейсів web-додатків, що полягає в «фоновому» обміні даними браузера з web-сервером.

Під час виконання роботи були вирішені питання верстки web-сторінок з використанням HTML і CSS, програмування вигляду та інтерфейсу користувача web-ресурсу, створення структури бази даних системи MySQL керування доступом до web-ресурсу [11, 12].

За допомогою даної web-системи можна не виходячи з дому швидко провести всі потрібні розрахунки, а також скорегувати дані в залежності від показників родючості землі чи можливостей автопарку.

Також у цій інформаційній web-системі присутня можливість редагування, тобто у будь-який момент створення карти можна повернутися назад та виправити помилку чи змінити вхідні дані. У перспективі розвитку створеної інформаційної web-системи буде підготовлена база даних не лише сільськогосподарських культур, але і для інших культур.

Головна панель розробленої web-системи наведена на рисунку 1.

На рисунку 2 наведена форма для внесення даних в web-систему.

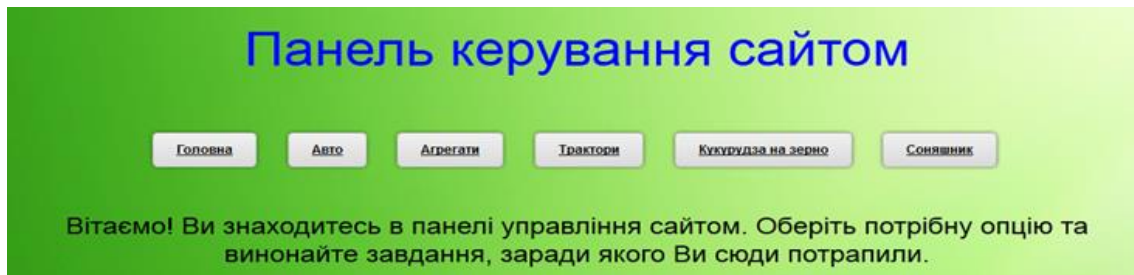


Рисунок 1. Головна панель розробленої web-системи

Площа під сільськогосподарською культурою, га	<input type="text"/>
Довжина гонів, м	<input type="text"/>
Врожайність:	
Основної продукції, т/га	<input type="text"/>
Побічної продукції, т/га	<input type="text"/>
Норма витрати:	
Насіння, т/га	<input type="text"/>
Розчинів гербіцидів, т/га	<input type="text"/>
Розчинів отрутохімікатів, т/га	<input type="text"/>
	<input type="button" value="Прийняти"/>

Рисунок 2. Форма для внесення даних в web-систему

"Кукурудза на зерно"

[Додати в таблицю "Кукурудза на зерно"](#)

№	Тип	Назва	Початок	Кінець	Тривалість	Агро умови	Од. виміров.	Редагувати	Видалити
1	ОБРОБІТОК ГРУНТУ	Луццїня стерні перше	2012-07-09	2012-07-18	5	6...8 см	га		
2	ОБРОБІТОК ГРУНТУ	Луццїня стерні друге	2012-07-20	2012-07-27	3	8...10см	га		
3	ОБРОБІТОК ГРУНТУ	Луццєння стерні третє	2012-08-10	2012-08-20	5	12...14см	га		
4	ОБРОБІТОК ГРУНТУ	Оранка	2012-09-05	2012-09-25	15	25...27 см	га		
6	ОБРОБІТОК ГРУНТУ	Чизелювання	2012-10-05	2012-10-12	5	16...18 см	га		
7	ОБРОБІТОК ГРУНТУ	Снігозатримання	2013-01-01	2013-02-25	10	сн.покр.>10см	га		
8	ОБРОБІТОК ГРУНТУ	Боронування весняне	2013-03-01	2013-03-10	3	4...6 см	га		
9	ПЕРЕДПОСІВНИЙ ОБРОБІТОК ГРУНТУ ТА СІВБА	Передпосівна культивация	2013-04-25	2013-05-10	6	6...8 см	га		
10	ВНЕСЕННЯ ДОБРІВ	Завантаження мінеральних добрив подрібнювач	2013-08-10	2013-08-20	5	1,3 т/га	т		

Рисунок 3. Приклад заповненої таблиці «Кукурудза на зерно» у розробленій web-системі



Приклад заповненої таблиці «Кукурудза на зерно» у розробленій web-системі наведено на рисунку 3.

*Висновки.* Розглянуто методи використання web-технологій для автоматизації розробки технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур. Виконана робота вирішує одне з найважливіших питань для будь-якого фермера: дозволяє автоматизувати формування технологічних карт вирощування сільськогосподарських культур враховуючи технічні та технологічні показники свого господарства. Тому розробка такої автоматизованої web-системи значно спрощує роботу фермеру по розробці технологічних карт вирощування культур у господарстві. Це дозволить значно підвищити ефективність праці та зберегти робочий час аграрія.

#### Список використаних джерел

1. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням. За ред. Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнева. Харків: ХНТУСГ. 2008. 725 с.
2. Шабала М. О. Розрахунок технологічної карти польової культури. Мелітополь: ТДАТУ, 2008. 10 с.
3. Elisabeth Robson, Eric Freeman. *Head First HTML and CSS: A Learner's Guide to Creating Standards-Based Web Pages*. 2nd Edition. 2012. 762 p.
4. Brian Goetz, Tim Peierls, Joshua Bloch, Joseph Bowbeer, David Holmes, Doug Lea. *Java Concurrency in Practice*. 1st Edition. 2008. 432 p.
5. LCF Publishing, Jamie Chan. *Java: Learn Java in One Day and Learn It Well. Java for Beginners with Hands-on Project. (Learn Coding Fast with Hands-On Project Book 4)*. 2016. 237 p.
6. Jennifer Robbins. *Learning Web Design: A Beginner's Guide to HTML, CSS, JavaScript, and Web Graphics*. Fourth Edition. 2012. 624 p.
7. Jon Duckett. *HTML and CSS: Design and Build Websites*. 1st Edition. 2011. 490 p.
8. Alexis Goldstein, Louis Lazaris, Estelle Weyl. *HTML5 & CSS3 For The Real World: Powerful HTML5 and CSS3 Techniques You Can Use Today*. 2015. 398 p.
9. Мейер Э. *CSS-каскадные таблицы стилей: подробное руководство. Cascading Style Sheets: The definitive Guide*. М.: Символ, 2008. 576 с.
10. Купер А., Рейман Р., Кронин Д. Алан Купер об интерфейсе. *Основы проектирования взаимодействия*. Пер. с англ. Издательство: Символ-Плюс, 2009. 688 с.
11. Лубко Д. В., Нестеренко Є. В. *Проектування інформаційного сайту. Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали IV Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції*





пам'яті В. В. Овчарова. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С.122–123.

12. Лубко Д. В., Литвин Ю. О. Проектування веб-ресурсу для кафедри університету з підсистемою підтримки контролю дистанційного навчання та обліку успішності. *Комп'ютерні інтелектуальні системи та мережі*. Матеріали VIII Всеукраїнської науково-практичної Web-конференції аспірантів, студентів та молодих вчених. Електронне видання. Кривий Ріг: ДВНЗ „Криворізький національний університет”, 2015. С.54–57.

Стаття надійшла до редакції 17.11.2022 р.

**D. Lubko**

**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

### **USE OF WEB TECHNOLOGIES FOR AUTOMATION OF THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL MAPS OF GROWING OF AGRICULTURAL CROPS**

#### ***Summary***

The purpose of this article is to consider the methods of using web technologies to automate the development of technological maps of growing agricultural crops. The methods of using web technologies to automate the development of technological maps of growing agricultural crops are considered. The completed work solves one of the most important issues for any farmer: it allows you to automate the formation of technological maps for the cultivation of agricultural crops, taking into account the technical and technological indicators of your farm. The development of such an automated web system greatly simplifies the work of the farmer in developing technological maps of growing crops in the farm. This will significantly increase labor efficiency and preserve the farmer's working hours.

The technological map is, first of all, a planning and normative document, which shows the culture cultivation technology, calculated planned labor costs and material and monetary costs, defined standards of costs per unit of area and unit of production of the culture being grown. On the basis of technological maps, a complex of agrotechnical and organizational and economic measures is carried out, which to the greatest extent correspond to the specific conditions of management: for each agricultural crop, the most economical machine-tractor units are assembled for each operation, labor costs, the amount of additional, increased and incentive wages are calculated, and as well as the general wage fund with accrual to social insurance.

During the manual development of technological maps, there are problems with the correct selection of all factors, equipment, techniques, etc., therefore, its filling and structuring can cause significant difficulties. That is why we propose to consider methods of using web technologies to automate the process of developing technological maps of growing agricultural crops with the help of creating a special web resource (site).

**Key words:** web technologies, automation process, agricultural crops, cultivation, technological maps.