



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-1

УДК 637.134.001.57

К. О. Самойчук, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-3423-3510

С. В. Кюрчев, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0001-6512-8118

Н. О. Паляничка, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8510-7146

В. О. Верхоланцева, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-1961-2149

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: [nadiia.palianychka@tsatu.edu.ua](mailto:nadiia.palianychka@tsatu.edu.ua), тел.: (098)9875160

## **ВПРОВАДЖЕННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДИСПЕРГУВАННЯ ЕМУЛЬСІЙ В ТЕХНОЛОГІЧНУ ЛІНІЮ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА**

*Анотація.* Диспергування жирової емульсії шляхом гомогенізації є одним із найважливіших технологічних процесів в лінії переробки молока та виробництва молочної продукції. Від якості гомогенізації напряму залежать харчова цінність молока та продуктів його переробки, смакові властивості та засвоюваність його організмом людини. Тож до гомогенізаторів, які використовуються на підприємствах висуваються підвищені вимоги щодо якості кінцевого продукту. Окрім якості важливу роль в підборі обладнання відіграє показник питомих затрат енергії на процес. Так склалося, що найбільш розповсюджений тип гомогенізаторів є дуже енергозатратним. Дана стаття присвячена дослідженню ефективності диспергування жирової емульсії в імпульсному гомогенізаторі та впровадженню промислового зразка в технологічну лінію переробки молока.

*Ключові слова:* диспергування емульсій, гомогенізація, імпульсний гомогенізатор, якість, енергозатрати, технологічна лінія, жирова емульсія, ступінь гомогенізації.

*Постановка проблеми.* Диспергування жирової емульсії шляхом гомогенізації є невід'ємним та одним із найважливіших технологічних процесів в лінії переробки молока та виробництві молочної продукції [1]. Завдяки даній технологічній операції молочний жир, який міститься в молоці, подрібнюється до мікроскопічних розмірів, що в свою чергу значним чином підвищує харчову цінність молока та продуктів його переробки та покращує його сенсорно-смакові властивості. Молоко після гомогенізації значно краще засвоюється організмом людини, набуває більш однорідного кольору, смаку,



жирності, зменшується прояв жирової плівки при кип'ятінні та знижуються втрати молочного жиру при транспортуванні під час його переробки на підприємстві [2,3]. Тож до технологічного обладнання для гомогенізації пред'являються підвищені вимоги щодо якості кінцевого продукту. В умовах реалій сьогодення при виборі технологічного обладнання для диспергування молочного жиру звертають увагу не лише на якість гомогенізації, а й на питомі енергозатрати на процес, оскільки від цього напряму залежить собівартість готового продукту. Так склалося, що найбільш розповсюдженим типом гомогенізаторів, які на сьогоднішній день поставляються промисловістю є клапанні гомогенізатори. Вони забезпечують високу ступінь гомогенізації молочного жиру, однак при цьому споживають велику кількість електроенергії. Тому пошук та впровадження нових типів обладнання для диспергування молочного жиру в технологічну лінію переробки молока є дуже актуальним питанням.

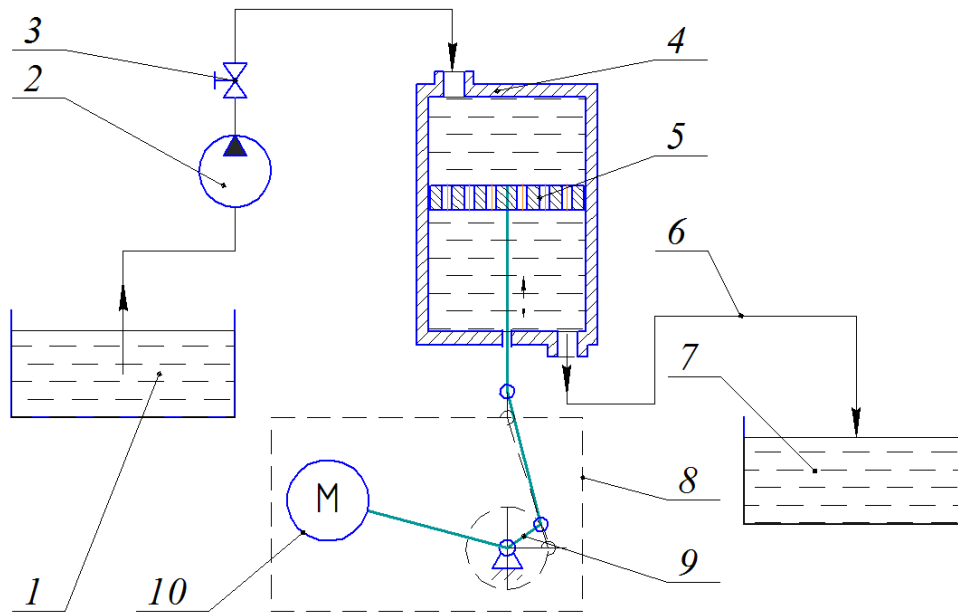
*Аналіз останніх досліджень.* Останнім часом дослідженням процесу диспергування молочного жиру шляхом гомогенізації займалася значна кількість вчених, таких, як Нужин Є. В., Орешина М. М., Фіалкова Є. О., Самойчук К. О., Innings F., Glawdel T., Liu C., Lu Y., Trägårdh C., тощо [2-8]. Слід зазначити, що більша частина робіт спрямована на вдосконалення вже існуючого технологічного обладнання з метою підвищення якості гомогенізації та зниження енергозатрат на процес і лише невелика кількість робіт присвячена дослідженню нових типів технологічного обладнання [7, 8]. Однак, все ж більшість із запропонованих пристроїв потребують подальшого вдосконалення, щоб отримати більш оптимальні показники ступеню диспергування та енерговитрат на процес диспергування.

В результаті проведеного аналізу було виділено найбільш перспективний тип гомогенізатора – імпульсний, який дозволяє отримати високу ступінь диспергування емульсії, при невисоких енерговитратах на процес.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Метою даної статті є дослідження ефективності диспергування молочного жиру в імпульсному гомогенізаторі та впровадженню промислового зразка в технологічну лінію переробки молока.

*Основна частина.* Проведений аналіз останніх досліджень, дозволив виділити з поміж багатьох апаратів імпульсний гомогенізатор, як найбільш перспективний для отримання високого ступеня гомогенізації молока при низьких затратах енергії [9]. Для проведення подальших досліджень на кафедрі обладнання переробних і харчових виробництв імені професора Ф.Ю. Ялпачика було

розроблено експериментальну модель імпульсного гомогенізатора (рис.1).



1, 7 – технологічні ємності відповідно для подачі та збирання молока; 2 – насос; 3 – вентиль; 4 – робоча камера гомогенізатора; 5 – поршень; 6 – трубопроводи; 8 – привід руху робочого органу; 9 – кривошипний механізм з регулятором амплітуди; 10 – електродвигун з електричним регулятором частоти обертання валу.

Рисунок 1. Схема експериментальної установки для дослідження імпульсної гомогенізації молока

Пристрій складається з ємностей для подачі молока у гомогенізатор 1 і накопичення обробленого молока 7, насоса подачі молока 2, вентиля 3 і робочої циліндричної прозорої камери імпульсного гомогенізатора 4, всередині якого розташований поршень 5 з отворами. Поршень приводиться в коливальні рухи приводом 8, який складається з електродвигуна 10 з електричним регулятором частоти обертання валу та кривошипного механізму 9 з можливістю регулювання радіусу кривошипу.

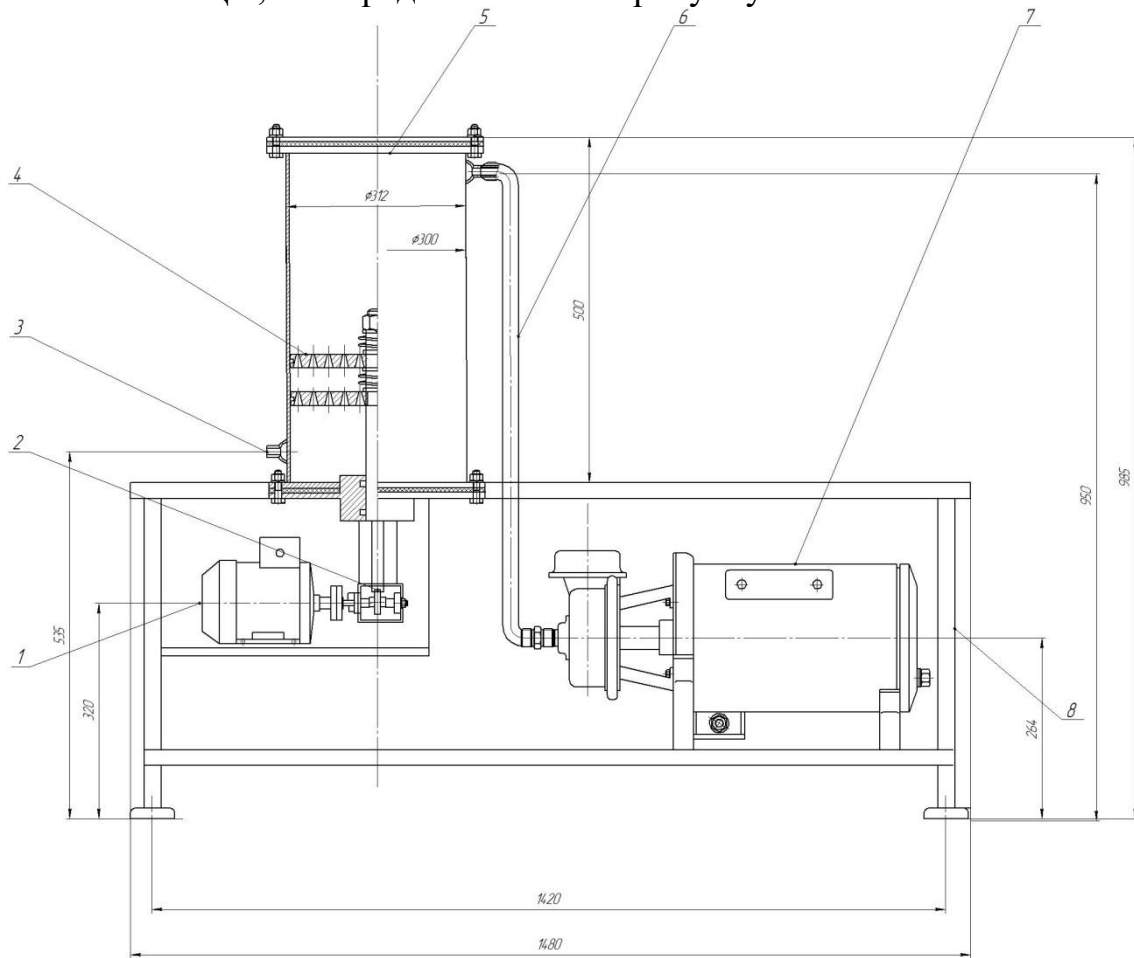
Диспергування жирових кульок молока в імпульсному типі гомогенізатора відбувається за рахунок утворення градієнту швидкості потоку емульсії, який виникає завдяки імпульсному коливанню поршня-ударника. Це призводить до подрібнення жирової емульсії молока і при цьому не потребує великих затрат енергії [8,9].

В результаті проведеного дослідження було визначено, що ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі становить  $N_m = 4...5$ , а енерговитрати на процес при цьому складають 0,82 Дж/кг, а це в свою чергу свідчить про високу ефективність технологічного обладнання.

З метою перевірки працездатності запропонованої конструкції імпульсного гомогенізатора в промислових умовах було розроблено дослідний зразок імпульсного гомогенізатора, який в подальшому пройшов виробничі випробування на базі приватного підприємства «Молочно-жировий комбінат «Південний» в технологічній лінії виробництва питного пастеризованого молока [10].

В якості насоса для імпульсного гомогенізатора було запропоновано використовувати відцентровий насос марки ОНЦ 1,5/15 ГОСТ 15150-69. Ці насоси досить універсальні і найчастіше застосовуються саме в молочній промисловості. Даний насос забезпечує подачу молока до 3500 л/год при частоті обертання 3000 об/хв. Кавітаційний запас насоса складає 1,5 м, коефіцієнт корисної дії – 38 %.

Варіант конструктивного рішення імпульсного гомогенізатора з насосом ОНЦ 1,5/15 представлений на рисунку 2.



1 – електродвигун; 2 – кривошип; 3 – робоча камера гомогенізатора; 4 – шток з поршнями-ударниками; 5 – трубопровід для подачі молока в камеру; 6 – ємність для сировини; 7 – насос; 8 – зварний каркас; 9 – ємність для готового продукту.

Рисунок 2. Промисловий зразок імпульсного гомогенізатора молока

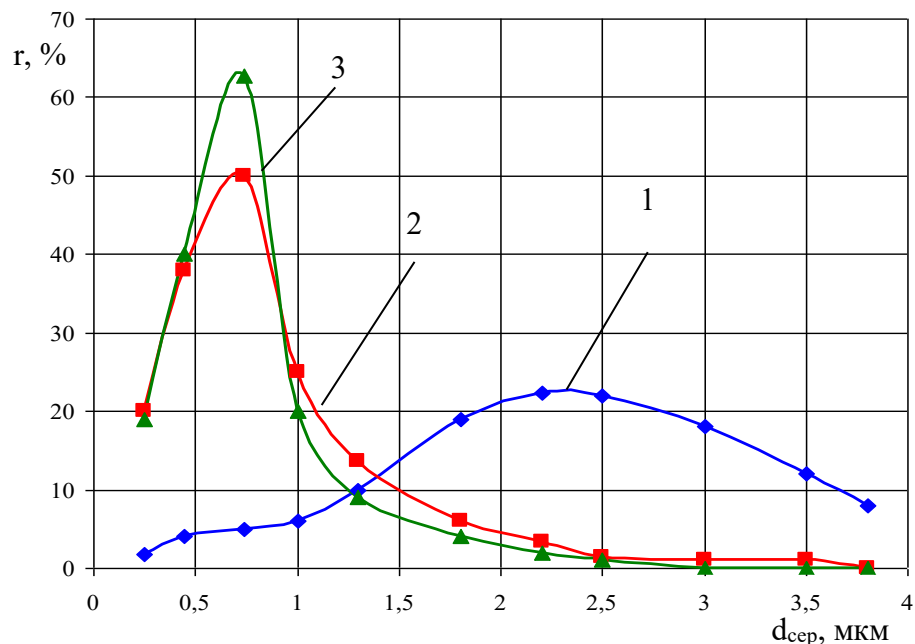


Машина представляє собою зварний каркас 8, в нижній частині якого знаходиться ємність для готового продукту 9, а у верхній частині – робоча камера гомогенізатора 3, ємність для сировини 6, під якою змонтований насос 7. Робоча камера являє собою циліндр, в середині якого знаходиться шток з поршнями-ударниками 4, який приводиться в дію кривошипним механізмом 2 і електродвигуном 1.

При проведенні дослідження технологія виробництва питного молока залишилася не змінною, крім режимів роботи імпульсного гомогенізатора. Рациональною температурою молока для імпульсної гомогенізації було встановлено 65...70 °С; частота і амплітуда коливання поршнів-ударників імпульсного гомогенізатора становила відповідно 55...59 Гц та 10...12 мм, а подача молока складала 1800...2000 кг/год.

Випробування показали, що використання імпульсного гомогенізатора дозволило знизити потужність на привід з 18,5 кВт до 2 кВт.

Крім цього було досліджено зміни у фракційному складі жирових кульок за розмірами після гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі в порівнянні з клапанною гомогенізацією, результати яких показані на рисунку 3.



1 – необроблене молоко; 2 – після гомогенізації в клапанному гомогенізаторі при тиску 16 МПа та  $t=65$  °С; 3 – після гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі при тиску 1,5 МПа та  $t=65$  °С.

Рисунок 3. Диференційні розподілення жирових кульок за розмірами



До гомогенізації молоко (жирністю 2,5 %) характеризується такими параметрами: середній діаметр жирових кульок  $d_{сеп} = 2,48$  мкм, дисперсія  $\sigma = 1,66$ , коефіцієнт варіації (частка розсіювання признаку відносно середнього)  $V = 67$  %. Після клапанної гомогенізації і відповідно імпульсної гомогенізації ці показники становлять:  $d_{сеп} = 0,98$  мкм та  $0,80$  мкм,  $\sigma = 0,50$  та  $0,46$ ,  $V = 51$  та  $56$  %.

Середній діаметр жирових кульок при обробці імпульсним гомогенізатором зменшився на 19 % у порівнянні з клапанним, також зменшилося значення дисперсії, що в свою чергу свідчить про те, що використання імпульсного гомогенізатора в технологічній лінії переробки молока забезпечують стабільність жирової фази готового продукту після гомогенізації.

Для перевірки якості готового пастеризованого молока після використання імпульсного гомогенізатора зразки молока були відправлені на незалежну експертизу до випробувальної лабораторії харчової продукції, продовольчої сировини та будівельних матеріалів Мелітопольської філії випробувального центру «ЗАПОРІЖЖЯСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ». Висновок лабораторії свідчить про відповідність питного пастеризованого молока, що пройшло гомогенізацію в імпульсному гомогенізаторі, вимогам ДСТУ 2661-94, які затверджені і введені в дію наказом Держстандарту України № 79 від 02.08.1999 р.

*Висновки.* Отже, не втрачає своєї актуальності питання дослідження технологічного обладнання для диспергування молочного жиру з метою виявлення найбільш ефективного, яке дозволить отримати високу якість готового продукту при мінімальних затратах енергії на процес та впровадити промисловий зразок в технологічну лінію переробки молока. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження показали, що перспективним в даному сенсі є імпульсний гомогенізатор молока. Випробування промислового зразка гомогенізатора у виробничих умовах в лінії виробництва питного пастеризованого молока показали, що використання імпульсного гомогенізатора дозволяють отримати високу ступінь диспергування молочного жиру  $H_m = 4 \dots 5$  та знизити потужність на привід з 18,5 кВт до 2 кВт.

Список використаних джерел:

1. Дейниченко Г. В., Самойчук К. О., Івженко А. О., Левченко Л. В. Аналіз конструкцій гомогенізаторів молочної промисловості. Праці ТДАТУ.: Мелітополь, 2016. Вип.16, Т.1. С. 9–15.
2. Drankhar P. Homogenization fundamentals. IOSR Journal of Engineering. 2014. Vol. 4. Iss. 5. 8 p.



[http://iosrjen.org/Papers/vol4\\_issue5%20\(part-4\)/A04540108.pdf](http://iosrjen.org/Papers/vol4_issue5%20(part-4)/A04540108.pdf).

3. Нужин Е. В., Гладушняк А. К. Гомогенизация и гомогенизаторы: монография. Одесса: Печатный дом, 2007. 264 с.

4. Innings F., Trägårdh C. Visualization of the Drop Deformation and Break-Up Process in a High Pressure Homogenizer. *Chemical Engineering & Technology*. Volume 28, Issue 8, August, 2015. Pages 882–891. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ceat.200500080>

5. Фиалкова Е.А. Гомогенизация. Новый взгляд. Монография–справочник. Спб.: ГИОРД, 2006. 392 с.

6. Liu C., Li M., Liang C., Wang W. Measurement and analysis of bimodal drop size distribution in a rotor-stator homogenizer. *Chemical Engineering Science*. 2013. Vol. 102. P. 622–631. ISSN 0009-2509. DOI 10.1016/j.ces.2013.08.030

7. Орешина М. Н. Импульсное диспергирование многокомпонентных пищевых систем и его аппаратная реализация: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.18.12. М.: 2010. 50 с.

8. Glawdel T., Elbuken C., CL Ren I. Droplet formation in microfluidic T-junction generators operating in the transitional regime. *Experimental observations*. - *Physical Review E*, 2012. APS.

9. Паляничка Н. О. Визначення основних параметрів і режимів роботи промислового зразка імпульсного гомогенізатора молока. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15, Т.1. С. 187–191. <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/886/1/24.pdf>

10. Самойчук К. О., Паляничка Н. О., Циб В. Г., Антонова Г. В. Використання імпульсного гомогенізатора в молочній промисловості. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. Вип. 19, т. 2. С. 12–17. <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/7003>

Стаття надійшла до редакції 12.04.2022

**K. Samoichuk, S. Kiurchev, Palianychka, V. Verkholtantseva**  
**Dmytro Motorny Tavria state agrotechnological university**

## **INTRODUCTION OF HIGHLY EFFICIENT EQUIPMENT FOR DISPERSION OF EMULSIONS INTO THE TECHNOLOGICAL LINE OF MILK PROCESSING**

### **Summary**

The article is devoted to the study of effective equipment for dispersing emulsions and the introduction of industrial design in the technological line of milk processing. Dispersion of fat emulsion by homogenization is one of the most important technological processes in the line of milk processing and dairy production. The nutritional value of



milk and products of its processing, taste properties and digestibility by the human body directly depend on the quality of homogenization. Therefore, the homogenizers used in enterprises are subject to increased requirements for the quality of the final product. In addition to quality, the indicator of specific energy costs for the process plays an important role in the selection of equipment. It so happened that the most common type of homogenizers is very energy consuming. As a result of the analysis, the most promising type of homogenizer was identified - pulsed, which allows to obtain a high degree of dispersion of the emulsion, with low energy consumption for the process.

Dispersion of fat balls of milk in the pulse type of the homogenizer occurs due to the formation of a gradient of the emulsion flow rate, which occurs due to the pulse oscillation of the piston-drum. This leads to the grinding of the fat emulsion of milk and does not require large expenditures of energy.

As a result of the study it was determined that the degree of homogenization in the pulse homogenizer is 4...5, and energy consumption for the process is 0.82 J / kg, which in turn indicates the high efficiency of technological equipment.

In order to test the performance of the proposed design of pulse homogenizer in industrial conditions, a prototype of pulse homogenizer was developed, which subsequently passed production tests on the basis of the private enterprise «MZK «Pivdenniy "in the production line of pasteurized drinking milk.

Tests have shown that the use of a pulse homogenizer has reduced the power per drive from 18.5 kW to 2 kW.

**Key words:** dispersion of emulsions, homogenization, pulse homogenizer, quality, energy consumption, production line, fat emulsion, degree of homogenization.





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

УДК 631.3.07

Д. П. Журавель, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

А. М. Бондар, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4761-9084

Г. І. Дашивець, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-2612-6077

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

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

## **МЕТОДИКА ОБРОБКИ ЕМПІРИЧНИХ ДАНИХ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ КОЛІСНОЇ МАШИНИ**

*Анотація.* Сучасні колісні трактори в даний час використовуються в усіх кліматичних зонах на різних сільськогосподарських операціях. Однак враховуючи різні умови експлуатації усі їх можливості використовуються не завжди раціонально. Головним напрямком підвищення продуктивності тракторів під час виконання технологічних операцій є максимальне підвищення швидкості руху із дотриманням агротехнічних вимог. Однак робота на таких швидкісних режимах часом призводить до погіршення стабільності технологічних процесів у зв'язку із збільшенням чутливості рульового керування. Сучасна промисловість не випускає таку сільськогосподарську техніку, рульове керування якої повністю відповідало усім вимогам. У статті розглянуті параметри руху машинно-тракторного агрегату під час виконання технологічних операцій на підвищених швидкостях руху. Наведені припущення, які дають змогу проаналізувати запропоновану математичну модель на різних швидкісних режимах. За допомогою формул математичної статистики для отриманих у результаті експерименту даних були обчислені моменти й визначені числові характеристики. Було проведено визначення на відповідність нормальному закону розподілення, яке знайдено шляхом порівняння значень коефіцієнтів асиметрії й ексцесу, стандартних відхилень.

При дослідженні діаграм розсіювання досліджувалися форми залежностей для вибору відповідного перетворення даних. На підставі цих перетворень з'явилася можливість «лінеаризувати» дискретні значення змінних. Для розрахунку й побудови спектральної характеристики був використаний алгоритм прямого Швидкого Перетворення Фур'є.



*Ключові слова:* рульове керування, добротність, передаточне відношення рульового механізму, колісна база, відхилення, якість роботи.

*Постановка проблеми.* Сучасні колісні трактори в даний час використовуються в усіх кліматичних зонах на різних сільськогосподарських операціях. Однак враховуючи різні умови експлуатації усі їх можливості використовуються не завжди раціонально [1-3].

Головним напрямком підвищення продуктивності тракторів під час виконання технологічних операцій є максимальне підвищення швидкості руху із дотриманням агротехнічних вимог. Однак робота на таких швидкісних режимах часом призводить до погіршення стабільності технологічних процесів у зв'язку із збільшенням чутливості рульового керування [4,5].

Сучасна промисловість не випускає таку сільськогосподарську техніку, рульове керування якої повністю відповідало усім вимогам. Тому актуальними є наукові роботи, направлені на дослідження рульових керувань, які можуть працюють на підвищених швидкісних режимах та забезпечувати дотримання агротехнічних вимог [6-8].

*Аналіз останніх досліджень.* Для дослідників дуже важливо мати уявлення про методологію та методи емпіричних досліджень, оскільки саме на перших кроках до оволодіння необхідними навичками наукової роботи найбільше виникає питань саме методологічного характеру. Передусім бракує досвіду у використанні методів наукового пізнання, застосуванні логічних законів і правил, нових засобів і технологій.

Розв'язанням проблем, пов'язаних із методологією дослідження процесів у сільському господарстві займалась велика кількість вітчизняних науковців: М. Г. Білуха, О. В. Крушельницька, О. М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін. Підходи, які вони пропанують, дають змогу значно скоротити час на дослідження та підвищити її якість [9-15].

Тому є сенс розглянути ці роботи докладніше та використати їх у поточному дослідженні.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Підвищення ефективності роботи колісних тракторів при виконанні сільськогосподарських операцій шляхом використання рульового керування із адаптивним передаточним відношенням.

*Основні матеріали дослідження.* Суттю експериментального моделювання є намагання отримати максимальне значення добротності на підвищених швидкостях руху МТА. При цьому обумовимо наступні припущення та умовності:



- швидкість МТА буде змінюватись від 1 до 4 м/с (3,6 - 14,4 км/год);

- передаточне відношення рульового механізму (стандартного рульового керування) дорівнює 12;

- передаточне відношення рульового механізму (експериментального варіанта) змінюється в автоматичному режимі (адаптивно) від 2 до 12;

- збурюючі впливи зовнішніх факторів впливають на керуючі колеса та відхиляють їх від нейтрального положення в межах від  $0^0$  до  $5^0$ ;

- початок формування даних буде відбуватися лише після того, коли машинно-тракторний агрегат досягне визначеної швидкості руху;

- довжина колісної бази 2,7 м.

Для отриманих у результаті експерименту даних були обчислені моменти й визначені числові характеристики за допомогою формул математичної статистики [16-17].

Для вибірки об'єму  $N$  (одномірний масив  $x_i$ ) отримані:

- початкові моменти  $k$ -го порядку ( $k = 1 \div 4$ )

$$m_k(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^k, \quad (1)$$

- середнє значення абсолютних величин вибірки, (а також розмах вибірки)

$$m_1(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i|, \quad (2)$$

- центральні моменти  $k$ -го порядку ( $k = 1 \div 4$ )

$$M_2 = m_2 - m_1^2, \quad (3)$$

$$M_3 = m_3 - 3m_1 m_2 + 2m_1^3, \quad (4)$$

$$M_4 = m_4 - 4m_1 m_3 + 6m_1^2 m_2 - 3m_1^4, \quad (5)$$

- середнє значення

$$\bar{x} = m_1(x), \quad (6)$$

- дисперсія

$$D = M_2, \quad (7)$$



- виправлена дисперсія

$$D_0 = \frac{N}{N-1} \cdot M_2, \quad (8)$$

- стандартне відхилення

$$\sigma_0 = \sqrt{D_0}, \quad (9)$$

- асиметрія

$$A_s = \frac{M_3}{\sigma_3^3}, \quad (10)$$

- ексцес

$$E = \frac{M_4}{\sigma_4^4} - 3, \quad (11)$$

Визначення на відповідність нормальному закону розподілення було знайдено шляхом порівняння значень коефіцієнтів асиметрії й ексцесу, стандартних відхилень на підставі формул:

$$U_3 = \sqrt{\frac{6(N-1)}{(N+1)(N+3)}}, \quad (12)$$

$$U_4 = \sqrt{\frac{24(N-2)(N-3)N}{(N-1)^2(N+3)(N+5)}}, \quad (13)$$

При

$-|A_s| \leq 2 \cdot U_3$ ,  $|E| \leq 2U_4$  - розподіл досить близький до нормального (правило трьох сигм);

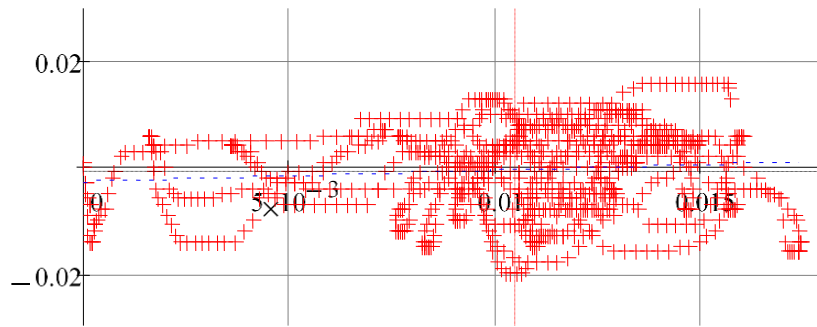
$-2U_3 < |A_s| \leq 3 \cdot U_3$ ,  $2U_4 < |E| \leq 3U_4$  - розподіл близький до нормального за скошеністю та гостровершиністю; інакше - не підкоряється нормальному закону розподілу.

У якості перевірки діючого обладнання додатково були зроблені розрахунки в пакеті Mathcad числових характеристик для випадкових величин X (відхилення трактора від базової лінії) і Y (відхилення рульового колеса від нейтрального положення), перевірка на нормальний закон розподілу.

Додатково розглядався регресійний аналіз і коефіцієнт кореляції двох випадкових величин X і Y (рис. 1).

$$r_{xy} = \frac{m_2(X, Y) - m_1(X) \cdot m_1(Y)}{\sqrt{m_2(X) - m_1(X)^2} \cdot \sqrt{m_2(Y) - m_1(Y)^2}} \quad (14)$$

$$a = r_{xy} \frac{\sigma_Y}{\sigma_X}, \quad b = \bar{Y} - a\bar{X}. \quad (15)$$



Відхилення рульового колеса від нейтрального положення

де +++ - відповідні значення X та Y;  
 ..... - середнє значення величини X;  
 ----- - середнє значення величини Y.

Рисунок 1. Регресійний аналіз випадкових значень X та Y  
 Обробка даних розглядалася в пакеті Statistica 6 і Mathcad.

Для розглянутих вибірок, можна стверджувати, що випадкові величини підпорядковуються нормальному закону розподілу. Лінійні залежності для кореляційного аналізу мають малий коефіцієнт кореляції, що говорить про слабку лінійну залежність. По діаграмах розсіювання (рис. 2) спостерігається нелінійна залежність, (крапки утворюють овальну «хмару»).

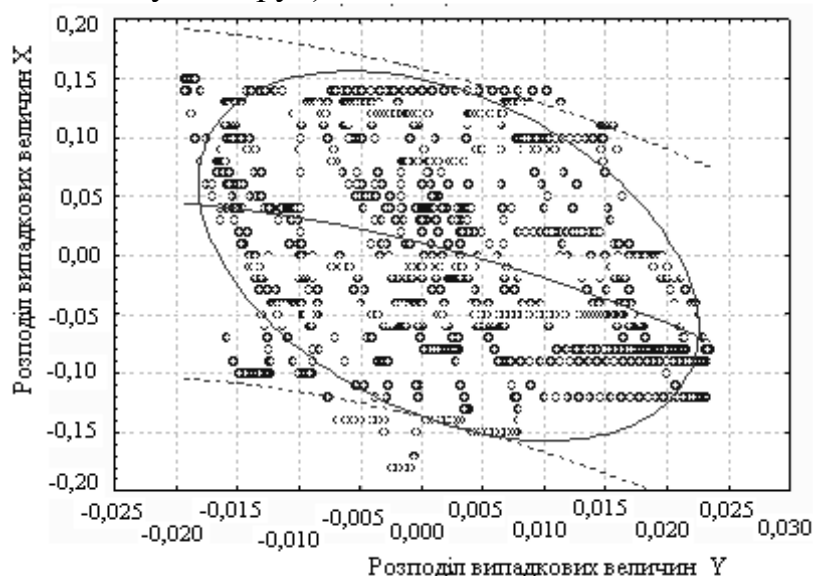


Рисунок 2. Залежність розсіювання випадкових величин X і Y

Для випадкової величини  $Y$  можна відзначити гостровершинність стосовно нормального закону розподілу (рис. 3).

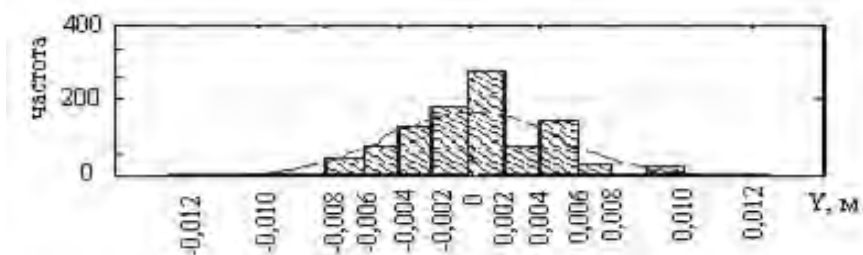


Рисунок 3. Гістограма та вирівняна крива розподілу значень відхилення МТА від базової лінії  $Y$

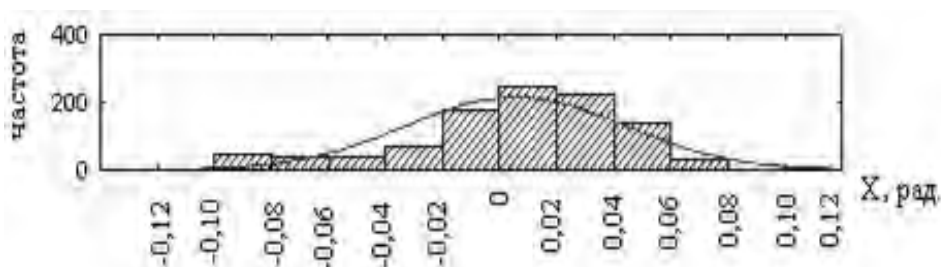


Рисунок 4. Гістограма та вирівняна крива розподілу значень зміни кута повороту рульового колеса  $X$

За результатами розрахунків отримуємо наступну залежність:

$$Y=0,0014+0,1813 \cdot x-27,5303 \cdot x^2$$

При дослідженні діаграм розсіювання досліджувалися форми залежностей для вибору відповідного перетворення даних. На підставі цих перетворень з'явилася можливість «лінеаризувати» дискретні значення змінних.

З метою усунення шуму використовується спектральний аналіз.

Для розрахунку й побудови спектральної характеристики був використаний алгоритм прямого Швидкого Перетворення Фур'є (ШПФ) (рис. 5).

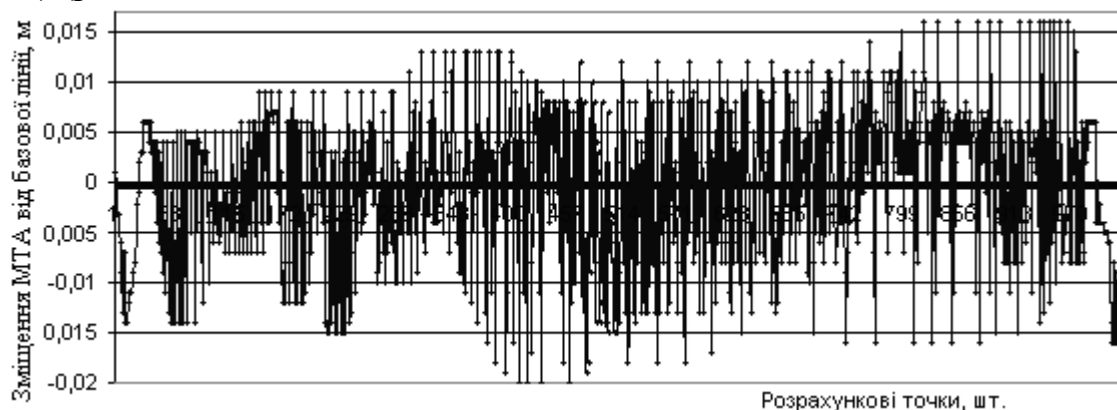


Рисунок 5. Вихідні модельні дані для Швидкого Перетворення Фур'є.

Лістинг демонструє розрахунок Фур'є спектра по  $N = 256$  крапках, причому передбачається, що інтервал дискретизації даних  $y_i$  дорівнює  $\Delta$  (рис. 6).

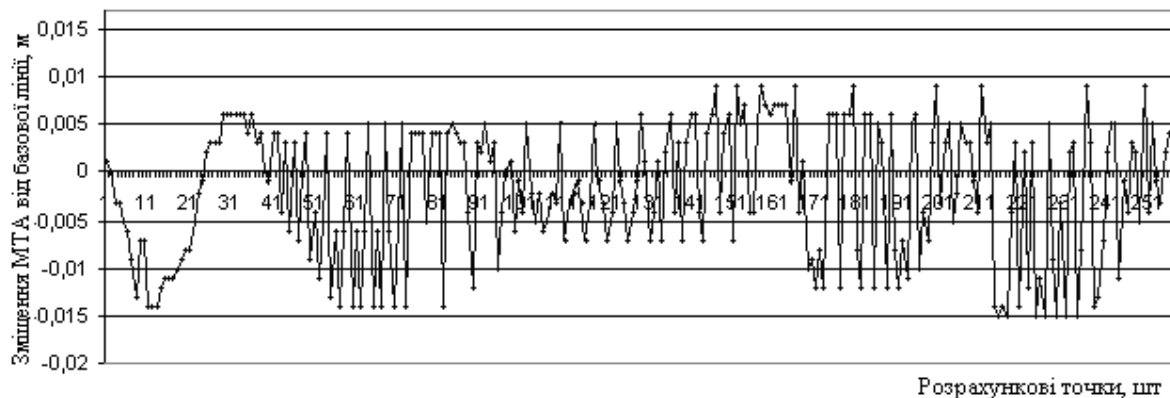


Рисунок 6. Модельні дані для вибірки об'єму  $N = 256$ .

У середині лістингу застосовується вбудована функція  $\text{fft}(V)$ , а інша частина, що залишилася, призначена для коректного перерахування відповідних значень  $\Omega_i$  частот.

Два параметри, які задані в лістингу, називають відповідно граничною частотою й частотою Найквіста. Гранична частота  $\Omega_0$  визначає нижню межу Найквіста,  $\Omega_N$  - верхню межу аргументу обчислення спектра.

Для розрахунку зворотного Фур'є-перетворення (відновлення сигналу по наявному спектру) використовуються вбудовані функції:

$\text{ifft}(v)$  - вектор зворотного дійсного перетворення Фур'є;

$v$  - вектор даних Фур'є-спектра, взятих через рівні проміжки значень частоти.

Лістинг програми проведений у пакеті Mathcad.

Бачимо, що сигнал відновлений з великою точністю. Зсув вздовж осі  $X$  відбувається за рахунок того, що абсолютна величина комплексного спектра в програмному блоці знищує інформацію про відносну фазу звітів даних (рис. 7).

Визначається спектр потужності сигналу – Фур'є–перетворення його кореляційної функції.

Алгоритм розрахунку спектра потужності зводиться до наступного:

- обчислення автокореляційної функції;
- проріджування й згладжування функції (з метою зменшення впливу кінцівки вибірки);
- розрахунок її Фур'є - перетворення.

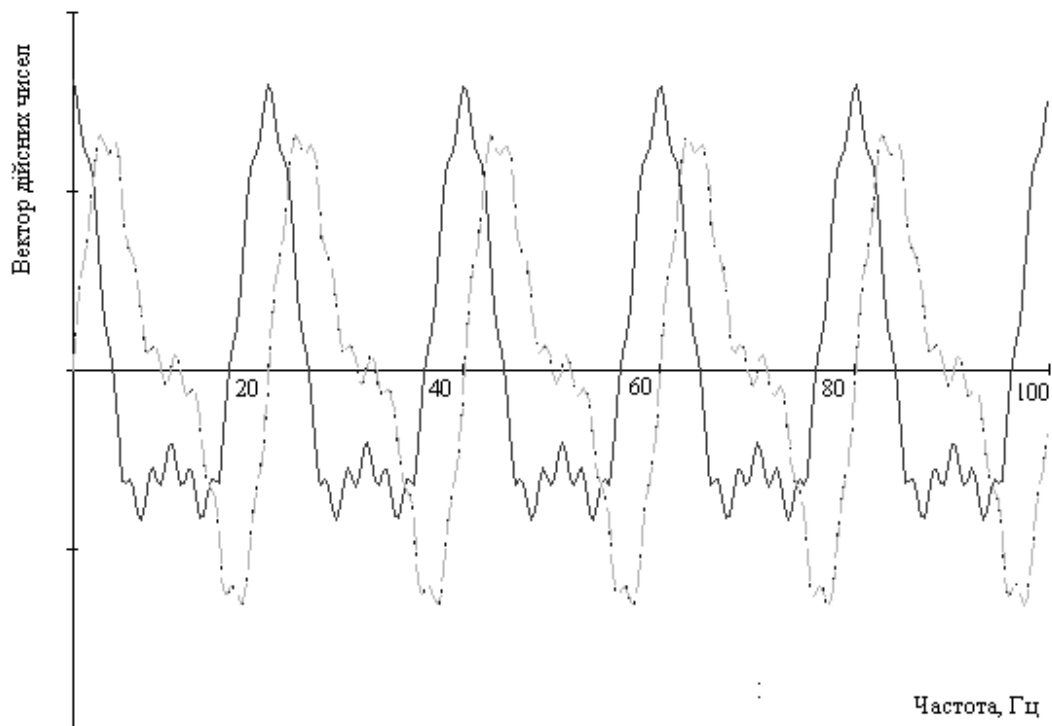


Рисунок 7. Зворотне перетворення Фур'є

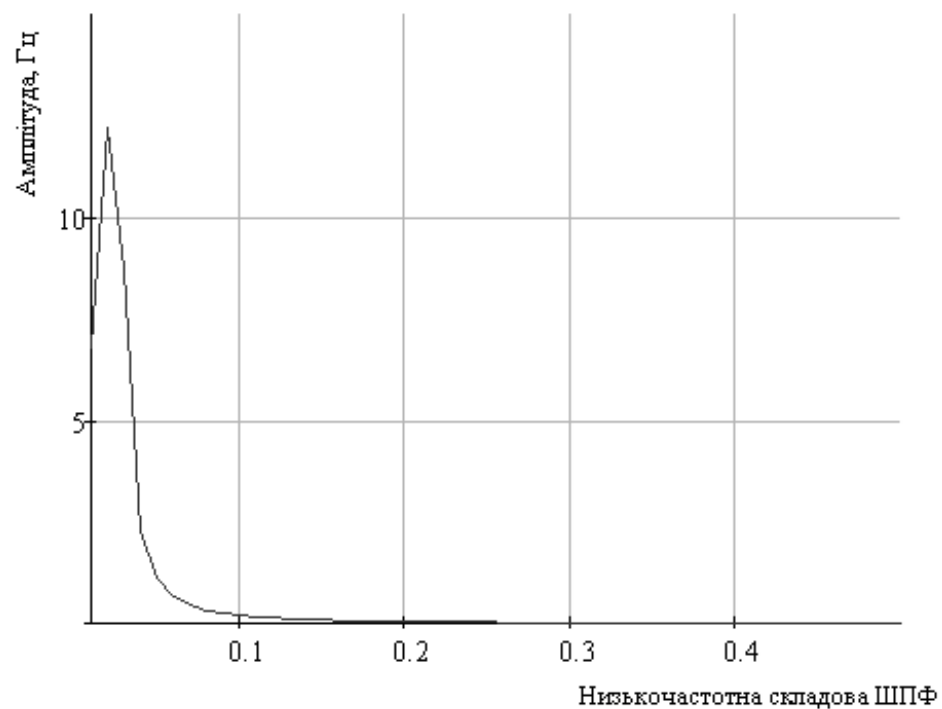


Рисунок 8. Графік Фур'є-спектра даних

При побудові спектральних характеристик аналізованих числових рядів застосовувалася процедура згладжування послідовно за трьома і п'ятьма точками [7,8].

Крім цього виділені гармоніки з максимальною амплітудою по формулах:





$$T_1 = \sum_{i=0}^{N/2-1} A_i \cdot i, \quad (16)$$

$$T_2 = \sum_{i=0}^{N/2-1} A_i \quad (17)$$

$$\nu_{хар} = \frac{T_1 \cdot N}{T_2 \cdot \Delta t} \quad (18)$$

$$A_{хар} = \frac{2T_2}{N}, \quad (19)$$

де  $A_i$  - амплітуда гармоніки;

$i$  - номер гармоніки, що визначає число коливань за час  $N \cdot \Delta t$

$N$  - число реалізацій аналізованого процесу;

$\Delta t$  - крок дискретизації за часом;

$\nu_{хар}$  - характерна частота, Гц;

$A_{хар}$  - характерна амплітуда (середня) процесу.

Спектральний аналіз представлений графічно на рисунку 9.

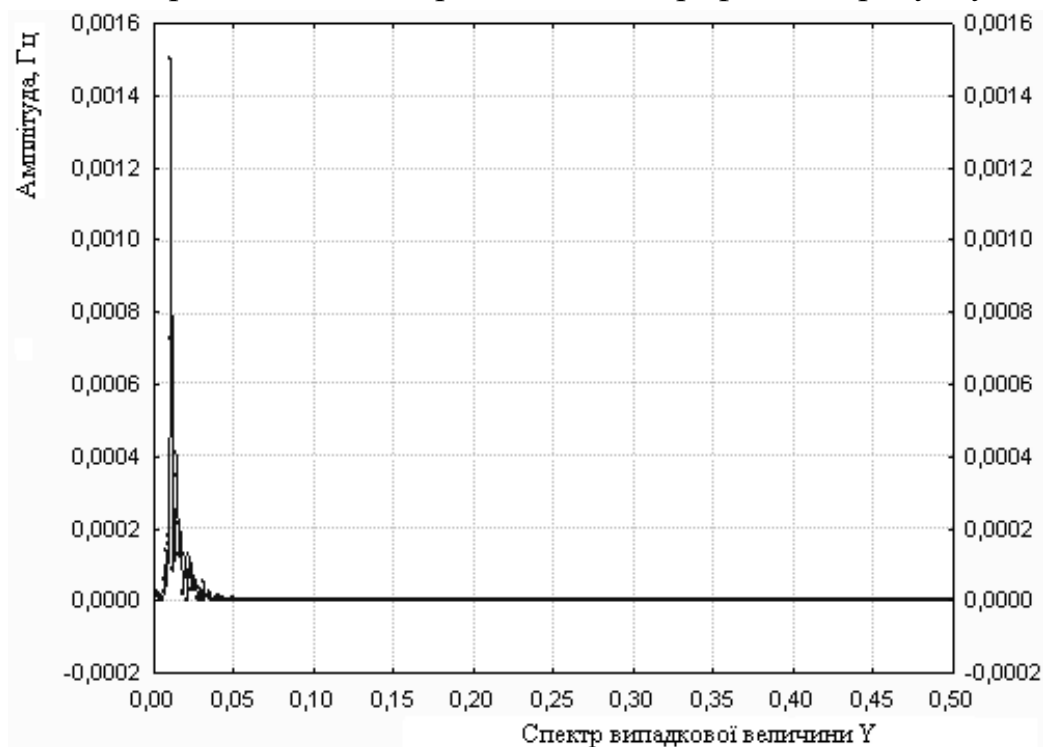


Рисунок 9. Спектральний аналіз випадкової величини Y



Значення автокореляційної функції представлені в табл. 1.

*Таблиця 1.*

Автокореляційні значення та похибки

№	Автокореляція	Стандартна похибка
1	0,98	0,03
2	0,96	0,03
3	0,93	0,03
4	0,90	0,03
5	0,85	0,03
6	0,80	0,03
7	0,75	0,03
8	0,69	0,03
9	0,63	0,03
10	0,57	0,03
11	0,50	0,03
12	0,43	0,03
13	0,36	0,03
14	0,29	0,03
15	0,23	0,03

*Висновки.*

1. Проаналізована схема переміщення машинно-тракторного агрегату вздовж базової лінії та математична модель руху МТА під час виконання сільськогосподарських операцій, при цьому передаточне відношення рульового механізму змінюється в залежності від швидкості руху - адаптивно.

2. Для розрахунку й побудови спектральної характеристики був використаний алгоритм прямого Швидкого Перетворення Фур'є (ШПФ).

3. Розроблений алгоритм розрахунку спектра потужності, який зводиться до наступного: обчислення автокореляційної функції; проріджування й згладжування функції (з метою зменшення впливу кінцівки вибірки); розрахунок її Фур'є - перетворення.

4. Внаслідок розрахунку математичної моделі були отримані дані і з'ясовано, що досліджувані процеси підпорядковуються нормальному закону розподілення, і можуть бути обчислені за допомогою формул математичної статистики.

5. Розраховані автокореляційні функції для величин  $X$  (зміщення рульового колеса від нейтрального положення) та  $Y$  (зміщення машинно-тракторного агрегату від базової лінії).



## Список використаних джерел

1. Boltianskyi B., Sklyar R., Dereza S., Grigorenko S., Syrotyuk S., Jakubowski T. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research. *Processes*, 2021, 9(7), 1144; <https://doi.org/10.3390/pr9071144>
2. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. Pp. 18–20.
3. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. Pp. 478-480.
4. Grigorenko S. Technical means for mechanization of processes in livestock farms. *Theory, practice and science: Abstracts of V International Scientific and Practical Conference*. Tokyo, Japan 2021. Pp. 255-257.
5. Manita I. Y. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). pp. 7–12.
6. Новік О. Ю., Петренко К. Г., В'юник О. В. Технічний сервіс мехатронних систем: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 140 с.
7. Сорваніді Ю. Г., Новік О. Ю. Технічний сервіс в АПК: навчально-методичний посібник до самостійної роботи. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2021. 157 с.
8. Журавель Д.П. Перспективний спосіб підвищення керованості колісних машин. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 4. 279 с.
9. Патент України на корисну модель UA № 134295 МПК B62D1/18. Тактильне рульове керування транспортного засобу з проекцією напрямку руху / Д. П. Журавель, А.М. Бондар. - № у 2018 12298; заявл. 11.12.2018; опубл. 10.05.2019, бюл. №9.
10. Патент України на корисну модель UA № 146117 МПК B62 D 1/18. Тактильне рульове керування транспортного засобу з GPS корекцією напрямку руху. / В.О. Петров, Г.І. Дашивець - № у 2020 05305. Дата публікації відомостей про видачу патенту 21.01.2021, бюл. №3.
11. Патент України на корисну модель UA № 146463 МПК B62 D 1/04. Рульове керування транспортного засобу з GPS корекцією напрямку руху / В.О. Петров, О.Ю. Новік. № у 2020 05323. Дата публікації відомостей про видачу патенту 25.02.2021, бюл. №8.



12. Бондар А.Н. Пути повышения качества отслеживания траектории мобильных машин. *Motrol. Lublin*, 2015, Vol. 17, №9. P. 3–8.

13. Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. *Multidisciplinary academic research. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference*. Amsterdam, Netherlands 2021. P.83–86.

14. Бондар А.Н. Метод контроля системы управления колесной машины с целью обеспечения эффективной работы. *Motrol. Lublin*. 2016. Vol. 17, №9. P. 8.

15. Boltianska N. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens, Greece 2021. P. 231–233.

16. Serebryakova N. Safety measures during operation of biogas plant. *OSHAgro – 2021: Збірник тез I Міжн. наук.-практ. конф.* Київ: НУБіП, 2021. С. 22–24.

17. Neparko T. Increasing the performance of the park of equipment with Telematics. *Інформаційні технології в енергетиці та АПК: матер. X-ої Міжн. наук.-практ. конф.* ЛНАУ, 2021. С. 51–54.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2022 р.

**D. Zhuravel, A. Bondar, H. Dashyvets**

**Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University  
METHOD OF PROCESSING EMPIRICAL DATA OF QUALITATIVE  
INDICATORS OF WHEEL MACHINE OPERATION**

*Summary*

At the article, the parameters of the movement of the machine-tractor unit (MTA) are examined for the hour of the completion of technological operations on moving the movement of the movement.

Introduced allowances, to give an opportunity to analyze the offered mathematical model in different modes. For additional formulas of mathematical statistics for subtracting from the results of the experiment, data were calculated moments and assigned numerical characteristics. Was carried out the appointment for compliance with the normal law of division, as it was found by way of matching the values of the coefficients of asymmetry and excess, standard deviations. At the cost of the re-verification of the acting stand, there were additionally expanded the calculation in the Mathcad package of numerical characteristics for the yaw values X (tractor swivel in the base line) and Y (steering wheel swivel in the neutral position), re-verification to the normal law of the sub-line.

With the additional diagrams of the distribution, the forms of fallows were added for the selection of the appropriate transformation of the data. On the basis of these transformations, the possibility of “linearizing” the discrete values of the changes appeared. For calculation and induce the spectral characteristics of the letters of used, the algorithm of the direct Fast Reworking Fur'e.



Was guidance algorithm for spreading the tension spectrum, which was brought to the offensive: calculation of the autocorrelation function, progeny and smoothing of the function (with the method of changing the infusion of vibrating vibes), the spreading of Fur'e - transformation.

When prompting the spectral characteristics of the analysis of the numerical series, the smoothing procedure was carried out sequentially for three and five points.

**Key words:** steering wheel steering, good quality, gear ratio of the steering mechanism, wheel base, resilience, work quality.



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

UDC 339.45

Taras Shchur<sup>1</sup>, PhD., Assoc.

ORCID: 0000-0003-0205-032X

Katarzyna Markowska<sup>2</sup>, PhD., Prof.

ORCID: 0000-0003-2184-1995

Tomasz Kawka<sup>2</sup>Sina Khodae<sup>3</sup>Patrycja Struzik<sup>2</sup>Damian Ciesielski<sup>2</sup><sup>1</sup>Lviv National Environmental University<sup>2</sup>Silesian University of Technology<sup>3</sup>K. N. Toosi University of Technology

e-mail: shchurtg@gmail.com, тел.: (097)7892816

## THE MAIN ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF INTERNATIONAL TRANSPORT TRANSPORTATION IN THE EUROPEAN ECONOMIC SPACE

*Summary.* On 24 February 2022 the armed forces of the Russian Federation carried out an armed aggression on the territory of Ukraine. Due to the invasion on Ukraine, rail freight forwarders look for new routes. The article discusses new transport route from China to Europe – the Middle Corridor. The Middle Corridor started activity in 2013, in this time national railway companies of Kazakhstan (KTZ - Kazakhstan Temir Zholy), Georgia (JSC Georgian Railway) and Azerbaijan (ADY - Azerbaijan Railways) [11, 13] create the Coordination Committee for the development of the corridor. This route has been developed since July 2015, when the first pilot train with containers from China arrived at Azerbaijan. In October 2016, Kazakhstan, Azerbaijan and Georgia adopted a document to inaugurate the Trans-Caspian International Transport Route Association with its headquarter in Astana, the capital of Kazakhstan. From this time the association promoting traffic on the corridor. The Trans-Caspian International Transport Route is also known as the Middle Corridor. The Trans-Caspian International Transport Route is relatively unknown way among China and Europe as part of the Belt and Road initiative (BRI). This route was developed to give a new and different possibilities for the northern routes of the New Silk Road. Main New Silk Road route transportation goods through Russia, Kazakhstan and Belarus, to enter Europe at the border with Poland. The Middle Corridor is alternative for classic routes of New Silk Road [12]. The Middle Corridor is alternative and another entrance from China to Europe by the Black Sea. The route is steadily gaining popularity. The Middle Corridor is new opportunity for all



the countries along the route. Connecting China and Europe via the Caspian Sea, the Trans-Caspian International Transport Route is next of the Belt and Road initiative corridor. The war in Ukraine also gives renewed dynamism for development [5].

*Keywords:* rail freight, Middle Corridor, intermodal, BRI

*Formulation of the problem.* Rail operators in intermodal transport, based on the European Union decision to impose sanctions on the Russian Federation stop to accept and transport cargo destined for or originating in Russia or going through Russia. This measure applies to all operations with containers destined for Russia and includes rail transportation, handling and storage or related road transportation.

By February 2022, about 90 per cent of the transports from China went via the Northern Corridor, the route from China via Kazakhstan or Mongolia through Russia. Intermodal operators due to customers' expectations, who want to avoid Russia and Belarus due to ethical reasons, financial, insurance and logistics risks offer a solution (new routes). Rail operators in intermodal transport, based on the European Union decision to impose sanctions on the Russian Federation stop to accept and transport cargo destined for or originating in Russia or going through Russia. This measure applies to all operations with containers destined for Russia and includes rail transportation, handling and storage or related road transportation [7].

The solution is worth paying attention to the Middle Corridor. The Middle Corridor has two variants (routes). First is China – Kazakhstan - Caspian Sea Azerbaijan – Georgia –Turkey. Second variant is the Trans-Caucasus Transit Corridor China Kazakhstan – Baku – Poti – Constanta (Romania) / Varna (Bulgaria) [6].

The Trans-Caucasus Transit Corridor is a segment of the Middle Corridor. The Middle Corridor is independent of the Russian territory, described in the documents as the China-Central Asia-West Asia Economic Corridor. Its route was developed under the TRACECA initiative in the 1990s. It connects China through Kazakhstan, the Caspian Sea, Azerbaijan, Georgia, the Black Sea, Ukraine with Poland, and Western Europe, and runs from Georgia to Turkey in another branch [10].

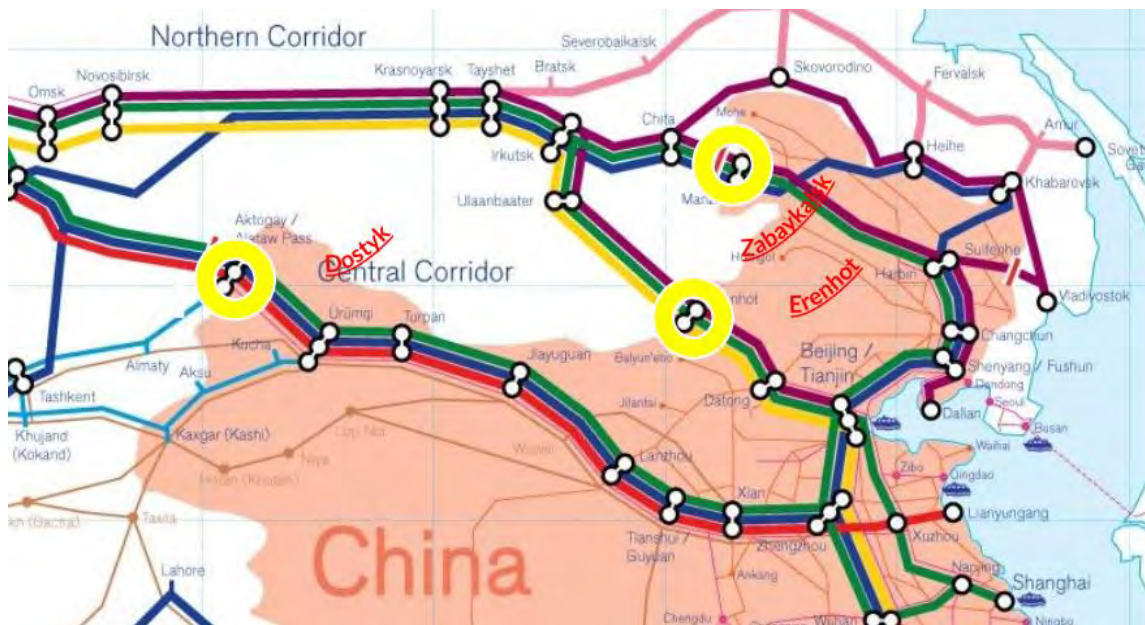


Figure 1. New Silk Road (Northern Corridor)

*The middle corridor.* The Middle Corridor is characterized by a high complexity in the organization of the transport process, due to the necessity of multiple transshipments and at least one ferry crossing through the Caspian Sea. In the variant reaching Poland via Ukraine, there is a need for an additional crossing through the Black Sea – current it is not possible. An alternative is transport on the Baku-Tbilisi-Kars line to Turkey and the recently opened Marmaray tunnel to Europe. Due to the complexity of the transport process, transport time, its cost and punctuality deficit, it is not attractive compared to the northern corridors running through Russian territory. The development of this corridor can be seen as a political counterbalance to the corridors dependent on Russia. Currently, this corridor is start used for transport from China to Europe [16].

The development of this corridor can be seen as a political counterbalance to the corridors dependent on Russia. The countries along the corridor are gradually developing it, optimizing transport between countries along the way, e.g. Kazakhstan with Turkey. Integration is served by various bodies, such as the "Trans-Caspian Transport Route" Association, where efforts are made to develop the corridor, including organization of regular feeder transports (a feeder is a small vessel transporting 300-500 TEU at a time) in the Caspian Sea, or the use of preferential rail tariffs for cargo. The Polish representative in the association is PKP Linie Hutnicza Szerokotorowa, i.e. the manager of the western most broad-gauge line in Europe. Due to the conflict between Ukraine and Russia, the Middle Corridor is gaining in importance. However, capacities are insufficient [9]. The problem with the central corridor: customers are reluctant to buy a





product that – compared to the northern corridor – takes significantly longer and demands much more investment. Multimodal services and creativity are in demand. But the decision-makers for this are situated in the customer-oriented companies. In general, rail transport can be considered very important because the arguments of rail are still valid. Rail transport is quicker than sea, cheaper than air and more sustainable than other transport modalities [14].

In November 2013, during the II International Transport and Logistics Business Forum "New Silk Road" in Astana, the authorities of Kazakhstan Railways, Azerbaijan Railways, Georgian Railways signed document about flourish Coordination Committee for the development of the Trans-Caspian International Transport Route. In relation to raise the movement of goods to the Trans-Caspian International Transport Route in February 2014, more companies joined to the Coordination Committee. To the initiative joined following companies: Azerbaijan Caspian Shipping, Baku International Sea Trade Port, Aktau International Sea Commercial Port, Batumi Sea Port. The Coordination Committee consisted of seven companies [2].

The consequences of working together all members were [8]:

- engage complex prices for container services, preferential tariffs for transportation of fuel oil, gasoil, grain,

- approved the scheme of communication between transportation firms, rail carriers, sea transportation companies for the flow of container trains by the China, Kazakhstan, Azerbaijan, Georgia and Turkey,

- launched „Nomad Express" – the container service,

- lunched three test cointainers trains "Nomad Express". First test train launched at 28.07.2015 from Shihezi (China) to Kishli (Azerbaijan). Second test train lauched at 29.11.2015. from Lianyungang (China) to Istanbul (Turkey). Third test train lauched at 15.01.2016 from Ilyichevsk (Ukraine) to Dostyk (Kazakhstan).

- new associates were added to the initiative,

- held image events and road shows.

In December 2016, the members of the Coordination Committee for the development of the Trans-Caspian International Transport Route agree to establish the International Association "Trans-Caspian International Transport Route". Since February 2017, the International Association "Trans-Caspian International Transport Route" has started activity.

Members of the Association are commercial and non-commercial organizations, which are interested in cooperation with the Association and in contributing to the development of its activity. The rights of Regular member of the Association [8]:

- participation in administration of the Association's affairs with the right of casting vote in adoption of decisions,

- authority to make decisions on the activity of the Association by

- participating in its scheduled and special Common Meetings,
- authority to form the agenda of the Common Meeting,
  - electing the Managing Board of the Association,
  - contributing of suggestions on the activities of the Association to the Managing Board of the Association and participation in their discussion,
  - proposal of candidates and being elected to the Managing Board of the Association,
  - convening of an extraordinary Common Meeting.
- The rights of Associate member of the Association:
- participation in sessions of the Common Meeting with the right to advisory vote in adoption of decisions,
  - participation in the discussions of the issues related to the activities of the Association,
  - submit for consideration own proposals on the activities of the Association to the Managerial Board of the Association,
  - getting communication on the activities of the Association, its research and information materials,
  - applying of guidelines and decisions concerning the activity of members of the Association in own work.



Figure 2. The Trans-Caspian International Transport Route

Figure 2 shows the Trans-Caspian International Transport Route (the Middle Corridor) on the map. It starts from Southeast Asia and China, runs through Kazakhstan, the Caspian Sea, Azerbaijan, Georgia and further to European countries [3, 4]. The Trans-Caucasus Transit Corridor (CTC) is a segment of the Middle Corridor.



Figure 3. The Trans-Caucasus Transit Corridor

The Trans-Caucasus Transit Corridor is comprised of roads, railways, the Caspian seaport of Alat, and the Black Sea seaports of Poti and Batumi in Georgia. The length of the corridor in Azerbaijan is about 503 km from Baku to the Georgian border. In Georgia, it further extends for about 272 km eastward from the Azerbaijan-Georgian border to Samtredia, where it splits into two directions to the Georgian Black Sea ports of Batumi and Poti [1, 8, 15].

Figure 4 and 5 shows variants of the Middle Corridor at maps.

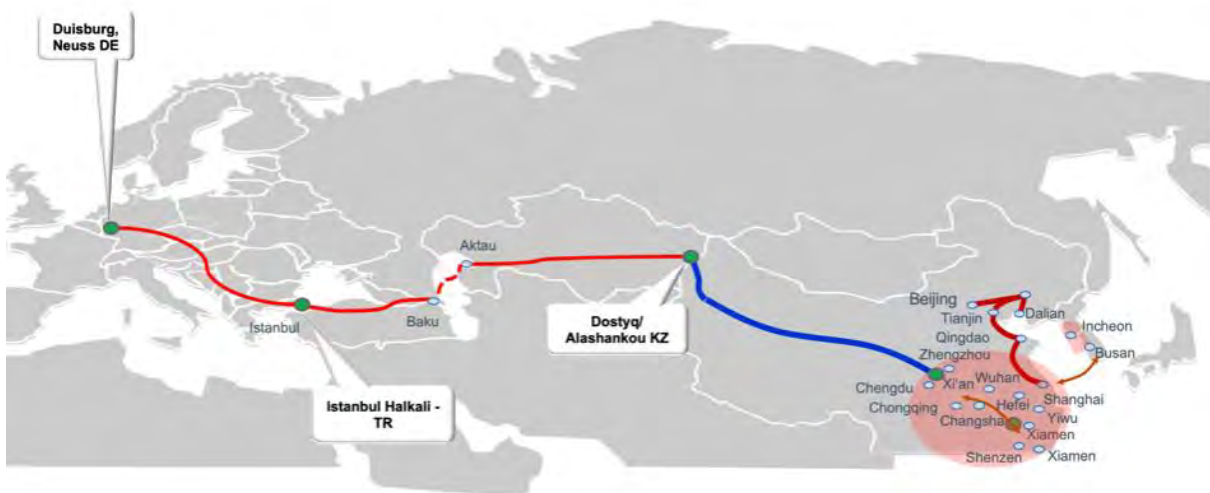


Figure 4. China – Europe (the Middle Corridor via Kazakhstan through the Caucasus, Azerbaijan, Georgia and Turkey to Europe)

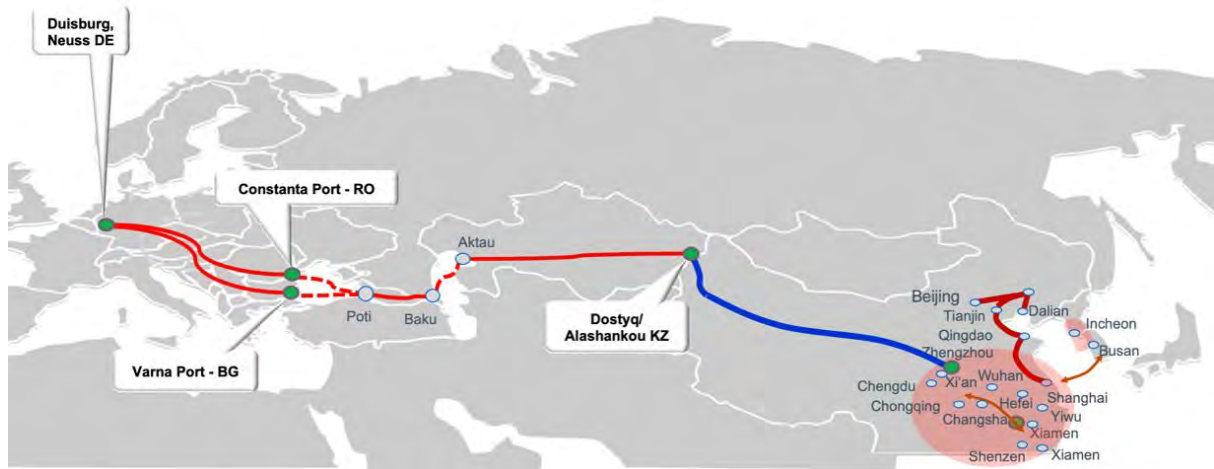


Figure 5. China – Europe (The Middle Corridor via China - Kazakhstan - Baku – Poti – Constanta (Romania) / Varna (Bulgaria))

*Conclusions.* The Trans-Caspian International Transport Route, known as the Middle Corridor, is a multilateral institutional development linking the containerized rail freight transport networks of the People's Republic of China (PRC) and the European Union through the economies of Central Asia, the Caucasus, Turkey, and Eastern Europe.

In the event of a major military conflict that would affect all or most of Ukraine, there is practically no other convenient route for railways to maintain the China-EU road. It seems more likely that there will be a strong pressure from business on political leadership and the maintenance of the existing transport routes through Belarus and Ukraine. Even in the event of changes to the map, regardless of who will be in power in this area, the complete abandonment of the above-mentioned. The roads seem very unlikely.

The Middle Corridor can't take over all the cargo volume and capacity from the Northern Corridor of New Silk Road (through Russia). The corridor can meet for about 3-5 per cent of the total capacity of classic routes. Volumes transiting through northern routes passing through Russia reach approximately 1,5 million TEU. This corridor has bottlenecks and limitations like efficient operations or lack of vessels in the Caspian Sea. Also, the port of Constanța is heavily congested. The middle corridor could be a good option, but they need to invest in new infrastructure and improve the crossing of the Caspian Sea.

The transportation need is burgeoning over the Middle Corridor and the new services commenced give a positive perspective for 2022. In May 2022, an overall session of the Trans-Caspian International Transport Route association estimated increase of container traffic compared to 2021 and increase in cargo volumes. The container traffic will be doubled. Kazakhstan



Railways inform that the traffic boost to approximately 50 000 TEUs transported through the Middle Corridor in 2022. Cargo volume will increase 6 times. It means that the Middle Corridor will reach 3,2 million tons of transported cargo in 2022.

During the overall session, organized in the Turkish capital Ankara, the association's representative agreed that the hoping prognosis also carries new tasks needing debate and engaging in.

### References

1. Aliyev W. 2018. Trans-Caspian International Transport Rote (Middle Corridor): role and current condition. *Conference materials*
2. Azerbaijan Caspian Shipping Company ASCO. 2022. Accessed 5 May 2022. <https://www.asco.az/en>
3. Bucsky, P. 2018. "China–European Union Rail Freight Traffic: Slow Growth Despite Media Spotlight." *Transport Economics and Logistics* 76: 123–42.
4. Bucsky, P. 2020. "The Iron Silk Road: How Important Is It?" *Area Development and Policy* 5(2): 146–66.
5. Kenderdine, T. 2017. "China's Industrial Policy, Strategic Emerging Industries, and Space Law." *Asia and the Pacific Policy Studies* 4(2): 325–420.
6. Kenderdine, T., Bucsky P. 2021. Middle Corridor–Policy Development and Trade Potential of the Trans-Caspian International Transport Route. ADBI Working Paper 1268. Tokyo: Asian Development Bank Institute. URL: <https://www.adb.org/publications/middle-corridor-policy-development-trade-potentia>
7. Markowska K., Sładkowski A., Sirbiladze B. 2021. Modelling the quality of the passenger and cargo transport services . STRAHOS 2022: 19th Seminar of Track Management, P. 27–32.
8. Middle Corridor. 2022. URL: <https://middlecorridor.com/en>
9. Miecznikowski, Stanisław, and Radzikowski, Tomasz. 2017. "Over Capacity of Container Shipping as a Challenge to Rail Silk Road Competitiveness". *Research Journal of the University of Gdańsk. Transport Economics and Logistics*, Vol. 70, Pp. 121–132.
10. Miholjic, Nina. 2018. "Trans-Caspian International Transportation Route: A Way to Steadfast Economic Development and Connectivity in the South Caucasus and Central Asia." *World Diplomacy—Journal of the Ministry of Foreign Affairs of the Republic of Azerbaijan* 49. Accessed 5 May 2022. URL: [https://www.mfa.gov.az/files/shares/Diplomatiya%20alemi/Diplomatiya\\_Alemi\\_49.pdf](https://www.mfa.gov.az/files/shares/Diplomatiya%20alemi/Diplomatiya_Alemi_49.pdf)
11. OSJD. 2018. Report on the activities of the organisation for co-operation between railways for 2017.



12. RailFreight.com. Capacity or not, the Middle Corridor is on the rise. Accessed 10 May 2022. URL:

<https://www.railfreight.com/beltandroad/2022/03/30/capacity-or-not-the-middle-corridor-is-on-the-rise>

13. Rodemann, Hendrik, and Templar, Simon. 2014. “The Enablers and Inhibitors of Intermodal Rail Freight between Asia and Europe.” *Journal of Rail Transport Planning and Management* 4(3): Pp. 70–86.

14. Russell, Martin. 2019. Connectivity in Central Asia Reconnecting the Silk Road. European Parliament. Accessed 29 May 2020. URL: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637891/EPRS\\_BRI\(2019\)637891\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2019/637891/EPRS_BRI(2019)637891_EN.pdf).

15. World Bank. 2020. Improving Freight Transit and Logistics Performance of the Trans-Caucasus Transit Corridor: Strategy and Action Plan. World Bank, Washington, DC. © World Bank. URL: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/33554> License: CC BY 3.0 IGO.

16. Uysal O. 2019. “Marmaray Opened for Freight Trains.” *Rail Turkey*. Accessed 10 May 2022. URL: <https://railturkey.org/2019/10/28/marmaray-opened-for-freight-trains>.

17. Vinokurov E., Lobyrev V., Tikhomirov A., Tsukarev T. 2018. Silk Road Transport Corridors: Assessment of Trans-EAEU Freight Traffic Growth Potential. EDB Centre for Integration Studies Report No. 49. Saint Petersburg: Eurasian Development Bank.

Стаття надійшла до редакції 23.02.2022 р.

Т. Щур<sup>1</sup>, К. Марковська<sup>2</sup>, Т. Кавка<sup>2</sup>,  
С Кходає<sup>3</sup>, П. Стружік<sup>2</sup>, Д. Цісельські<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Львівський національний університет природокористування

<sup>2</sup>Сілезійський технічний університет в Катовіце, Польща

<sup>3</sup>Технологічний університет ім. К.Н. Тусі, Іран

## ОСНОВНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ ЕКОНОМІЧНОМУ ПРОСТОРИ.

### Анотація

24 лютого 2022 року збройні сили Російської Федерації здійснили збройну агресію на територію України. Через вторгнення в Україну міжнародні залізничні експедитори шукають нові маршрути. У статті описано про новий транспортний шлях з Китаю до Європи – Середній коридор. Який розпочав діяльність у 2013 році, в цей час національні залізничні компанії Казахстану (КТЗ – Казахстан Темір Жоли), Грузії (АТ «Грузинська залізниця») та Азербайджану (АДҮ – Азербайджанські залізниці) [11, 13] створили Координаційний комітет з розвитку коридору. Цей маршрут розроблено в липні 2015 року, коли в Азербайджан прибув перший пілотний потяг з контейнерами від Китаю. У жовтні 2016 року Казахстан,



Азербайджан і Грузія прийняли документ про відкриття Асоціації Транскаспійських міжнародних транспортних маршрутів зі штаб-квартирою в столиці Казахстану Астані. З цього часу, асоціація продовжує вдосконалювати рух по коридору. Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут, також, відомий як Середній коридор. Він є відносно невідомим для Китаю та Європи в рамках ініціативи «Один пояс, один шлях» (BRI). Цей маршрут був розроблений, щоб дати нові та інші можливості для північних маршрутів Нового шовкового шляху. Основний маршрут Нового шовкового шляху - перевезення вантажів через Росію, Казахстан та Білорусь, щоб в'їхати в Європу на кордоні з Польщею. Середній коридор є альтернативою класичним маршрутам Нового шовкового шляху [12]. Середній коридор є альтернативним і ще одним в'їздом з Китаю в Європу через Чорне море. Маршрут неухильно набирає популярності. Середній коридор – це нова можливість для всіх країн на цьому маршруті. Транскаспійський міжнародний транспортний маршрут, який з'єднує Китай і Європу через Каспійське море, є наступним із коридору ініціативи «Один пояс і шлях». Війна в Україні також дає новий динамізм розвитку [5].

**Ключові слова:** залізничні вантажні перевезення, середній коридор, інтермодальні перевезення, BRI



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-4

UDK 621.9.048

P. Kondrashev, k.t.s, docent ORCID: 0000-0002-7428-710X  
National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky  
Kyiv Polytechnic Institute»  
e-mail: kondrashev@ukr.net, phone: (097)1523820

## STATISTICAL METHODS FOR ANALYZING THE EFFICIENCY OF THE LASER SINTERING PROCESS OF POWDER

*Summary.* In this article shows the author's method aimed at improving the performance of products received by the technology of laser fusion of the powder material. The task was implemented using statistical techniques, namely the construction of a mathematical model of the performance of the second order, followed by analysis of the response function. Developed in the paper, the method allows to manage the performance of the process of laser fusion of the powder material.

As a result of the studies cited in this article are of both scientific and practical interest. The author shows the possibility of applying statistical techniques to control the output of the process of laser fusion of the powder material.

*Key words:* laser technologies, powder, productivity.

*Formulation of the problem.* «Rapid Prototyping» technology, the basic part of which is the process of laser fusion of powder material, is widely used by highly developed countries around the world for production, such as stamps, molds, etc. For example, compared to traditional high-speed cutting, «Rapid Prototyping» technology, which uses a focused laser beam as a tool, which allows to create products not only from metal but also from ceramic materials. Despite the impressive advances in the development of laser technology, in front of developers face challenges with the issue of improving the productivity and quality of products made by «Rapid Prototyping».

*Analysis of previous research.* Considering a high difficulty of the physical processes associated with the introduction of laser fusion of powder material in this article, was used an active experimental strategy, which gives an opportunity more reliable results compared to the passive strategy. Analysis of literary sources [1-4] showed the different degree of statistical significance of technological factors, which has an impact on the





productivity of the laser fusion of powder material. Let's look at them in more detail. Changing the position of the substrate providing the device for feeding powder material, influences in such indicators as morphological properties, internal microstructure (hollow fragments, shells, microcracks).

Mass consumption of powder material is an important factor of influence the productivity of the laser fusion process of the powder composition, but the increase of the mass consumption it is necessary to increase the power of laser radiation. The thermodynamic properties of the powder material, such as the melting temperature depend on the power of the laser radiation, the higher the temperature of melting of the powder material, the greater the power is needed for its efficient fusion. Given these circumstances assume that among the basic powder materials which used for the technology of laser fusion widely used powders based on nickel, titanium, cobalt. The widest of this group powder it called PGSR-3 the basic component of which is nickel it has the smallest temperature of melting  $1453^{\circ}\text{C}$  [5] compared with other powders of this group. The type of transporting gas significantly influences the quality of fusion powder material that is for more efficient fusion of powder transport of the dispersed phase must be carried out in an inert environment, such as argon, noted in [6, 7]. This makes an ability to prevent the formation of oxide pellicle while exposed to laser radiation, which has a large gradient of temperature of melting but this requires a special equipment with the ability a constantly of refuel expensive inert gases (argon, helium, neon). Therefore, in terms of economic feasibility the experiment was conducted with the use of compressed air. One of the main factors which influence the productivity and quality of fusion of the powder composition is the configuration of the device for feeding the powder material (nozzles of different constructions) [8, 9]. So based on the analysis of literature information the main technological factors which influence the productivity of the laser fusion of powder material can divide into two groups. The first is the factors the values of which need to fix in a stable state, they include the length of wave, power of the laser radiation, the type of powder composition, the geometric properties of the powder, the type of transporting gas. Factors that need to set a certain range of variation are the configuration of the feeder and the mass consumption of the powder material, the speed of movement of the substrate, the position of the substrate.

*Formulation of the aim of work.* The aim of this work is finding of solutions which are aimed at increase of productivity of the process of fusion of the powder composition PGSR-3.

*The main part.* For a study of the productivity of the laser fusion process of powder material, PGSR-3 was chosen non-composite plan of Box-Benken for 4 technological factors, which have good statistical characteristics and are realized by the regression equation of the second-order [10].



$$y = b_0 + \sum_{i=1}^{i=k} b_i x_i + \sum_{i \leq j}^{i=k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{ii=1}^{i=k} b_{ii} x_i^2, \tag{1}$$

where  $k$  – amount of technological factors;

$b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$  – coefficients of the regression equation;

$i, j$  – indexes.

As productivity ( $T$ ) was used as a response function. As technological factors that influence the productivity of the laser fusion process of the powder composition (previously defined) provided the stabilization of the factors of laser beam diameter, density, and power of laser radiation, the geometry of nozzle angles ( $x_1$ ), mass flow rate of powder ( $x_2$ ), speed of movement substrate ( $x_3$ ), the position of the substrate relative to the cut nozzle ( $x_4$ ). The coefficients of the regression equation  $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$ -model (1) were calculated by using specialized software using the mathematical apparatus of linear algebra [10], dependence (2). The matrix of conditions of experiment was formed using a balanced block diagram for 4 independent variables ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ), which consist of 6 blocks (full-factor experiment 22) [10], variation of technological factors was conducted on three levels (minimum, center, maximum).

$$B = (X^T X)^{-1} (X^T Y), \tag{2}$$

The hypothesis about the adequacy of the received mathematical model of the productivity of the laser fusion process of the powder material was checked using Fisher's criteria  $F$  [10]. The certainty of the experimental results according to this criterion corresponds to a 5% error (3).

$$F^{calc.} \leq F^{tabl.}, \tag{3}$$

where  $F^{calc.}$  – calculating value of Fisher criteria [10];

$F^{tabl.}$  – tabled value of Fisher criteria [10].

Levels of variation of technological factors ( $x_i$ ) were identified experimentally (tabl. 1).

Table 1

Levels of variation of technological factors

Levels of variation of technological factors	Independent variables			
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
Dimension	deg.	g/s	mm/s	mm
Main level	40	0,3	2,0	5
Interval of variation	10	0,1	1,0	2
Upper level	50	0,4	3,0	7
Lower level	30	0,2	1,0	3

It was conducted the statistical processing of the results of experimental studies which showed that all the coefficients of the regression equation are statistically significant for the obtained mathematical model of the productivity of the laser fusion of powder material ( $T$ ) the statistical hypothesis of adequacy has been confirmed the regression equation is adequate so the condition is fulfilled (3). For a more detailed idea about the degree of statistical significance of each of the technological factors on the productivity of the process of laser fusion of powder, PGSR-3 was built rank chart (fig. 1, a).

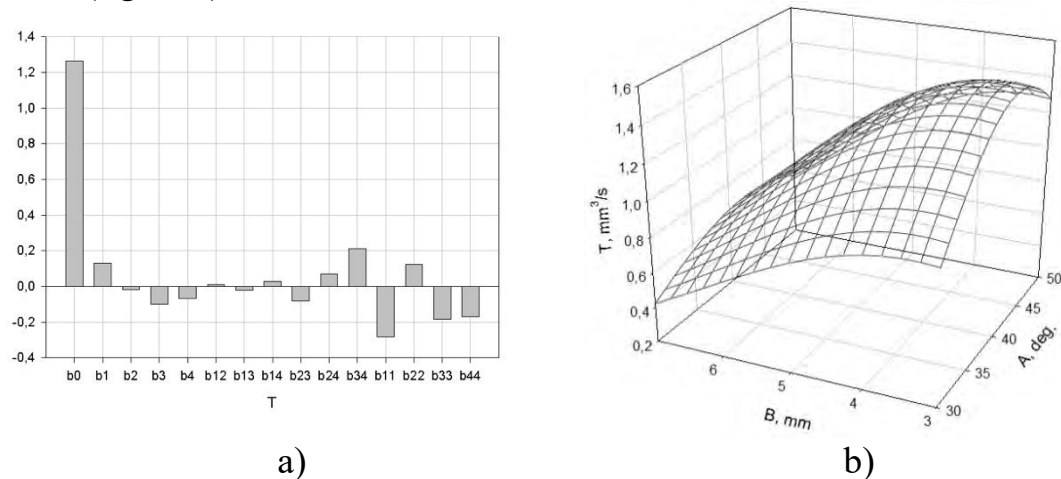
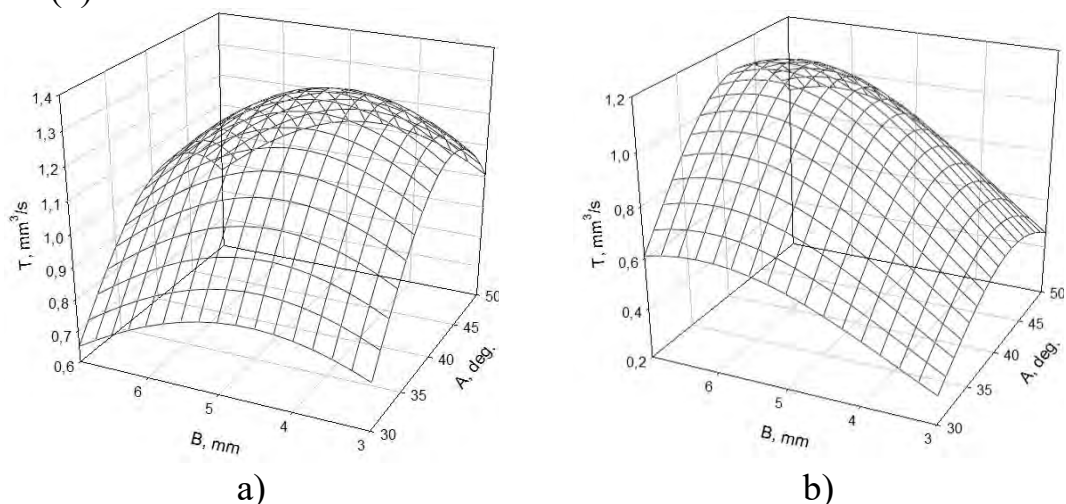


Figure 1. Rank diagram of the degree of statistical significance of technological factors on the response function ( $T$ ) (a) and the dependence of the productivity of the fused component ( $T$ ) from the geometry of generatrix angles of nozzle ( $A$ ) for different positions of the substrate ( $B$ ) with mass consumption of powder 0,2 g/s and the speed of movement of the substrate 1 mm/s (b).



a)-mass consumption of powder 0,3 g/s, speed of movement of the substrate 2 mm/s, b)-mass consumption of powder 0,4 g/s, speed of movement of the substrate 3 mm/s.

Figure 2. Dependence of productivity ( $T$ ) from the geometry of generatrix angles of nozzle ( $A$ ) for different positions of the substrate ( $B$ )



As can be looked from fig. 1, a) the most significant linear influence on the response function has the geometry of the nozzles, the speed of movement and the position of the substrate relative to the cut of the nozzle, factors  $x_1, x_3, x_4$  and coefficients  $b_1, b_3, b_4$ . Also, it should note that all factors have a significant quadratic effect on the response  $x_1, x_2, x_3, x_4$  coefficients  $b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{44}$ . A more detailed picture of the change in the response function can watch guiding the graphical dependencies which presented in fig. 1, b) і 2, a), b). Reduction productivity ( $T$ ) in general case to the figure 0,7...0,8 mm<sup>3</sup>/s (fig. 1, a) and fig. 2, a), b) happens by removing the position of the substrate in both directions from the "focus" of the gas powder flow. Also, an important factor in reducing productivity ( $T$ ) is a geometry of generatrix angles of nozzle, so nozzles with angles 30° and 50° form large cross-sectional areas of the powder gas flow with low dispersed phase in the area influence of laser radiation (fig. 1, b) and fig. 2, b). Increase of productivity, range 1,1...1,3 mm<sup>3</sup>/s happens due to the location of the substrate in the "focus" of the gas powder flow, for the nozzle with geometry of generatrix angles 40° (fig. 1, b) and fig. 2, b), as a result in the zone of laser processing forms, gas-powder flow with a high content of the dispersed phase. Also, it should note that the maximum productivity ( $T$ ) 1,3 mm<sup>3</sup>/s (fig. 1, b) observed at the following values of independent variables, the geometry of the geometry of generatrix angles of nozzle 40°, the mass flow rate of the powder material 0,2 g/s, the speed of movement of the substrate 1 mm/s, the position of the substrate relative to the cut nozzle 5 mm (area of «focus» of gas-powder flow), this is due to the high content of the dispersed phase in the area of focused laser radiation. Minimum productivity ( $T$ ) 0,2 mm<sup>3</sup>/s (fig. 2, b) it was got by the following indicators of technological factors the geometry of generatrix angles of nozzle 30°, the mass flow rate of the powder material 0,4 g/s, the speed of movement of the substrate 3 mm/s, the position of the substrate relative to the cut nozzle 3 mm, it can explain the low dispersed phase in the zone of laser processing due to the distance of the substrate from the "focus" of the gas powder flow. In fig. 3, a)-c) as an example are photos of the morphological structure of the fused components of the powder material for different geometry of generatrix angles of nozzles.

### *Conclusions*

1. It was received the mathematical model of productivity of process of laser fusion of powder composition PGSR-3 which can use as calculation of the controlled influences directed on growth of productivity of future products.

2. It was confirmed the adequacy of theoretical calculations and the possibility of using mathematical models of the process of laser fusion of powder material for their further use in the implementation of technology of laser fusion of powder material.

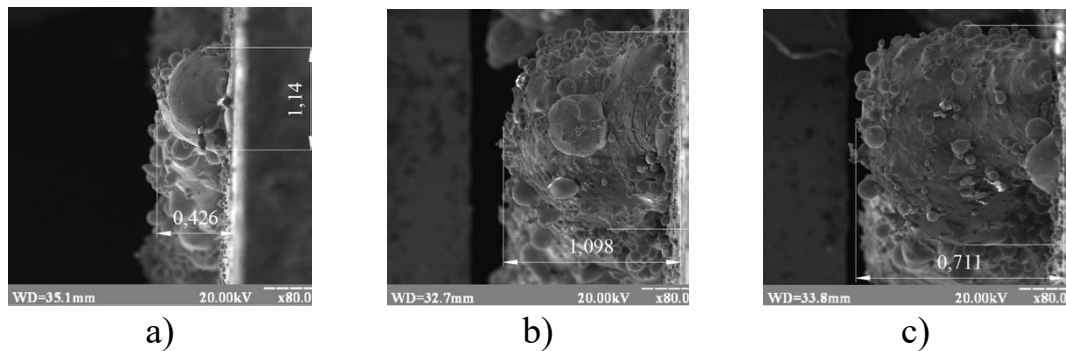


Figure 3. Morphological structure of fused components with real dimensions in height and width at eighty times the optical zoom: a)-geometry of generatrix angles of nozzle  $30^\circ$ , mass flow rate of the powder material 0,2 g/s, speed of movement of the substrate 3 mm/s, position of the substrate relative to the cut nozzle 7 mm, b)-geometry of generatrix angles of nozzle  $40^\circ$ , mass flow rate of the powder material 0,3 g/s, speed of movement of the substrate 1 mm/s, position of the substrate relative to the cut nozzle 5 mm, c)-geometry of generatrix angles of nozzle  $50^\circ$ , mass flow rate of the powder material 0,2 g/s, speed of movement of the substrate 2 mm/s, position of the substrate relative to the cut nozzle 7 mm.

### Conclusions

1. It was received the mathematical model of productivity of process of laser fusion of powder composition PGSR-3 which can use as calculation of the controlled influences directed on growth of productivity of future products.

2. It was confirmed the adequacy of theoretical calculations and the possibility of using mathematical models of the process of laser fusion of powder material for their further use in the implementation of technology of laser fusion of powder material.

### References

1. Alimardani M. On the 3d modeling of geometrical formation in laser solid freeform fabrication process. Proceedings of International Congress "ICALEO'2006", Scottsdale, USA, Oct. 2006, LIA.-1 elektron. opt. dysk (CD-ROM).-System. vymohy: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Nazva z konteynera.

2. Magdi Azer. Laser net shape manufacturing using an adaptive toolpath deposition method. Proceedings of International Congress "ICALEO'2007", Orlando, USA, Oct. 2007, LIA.-1 elektron. opt. dysk (CD-ROM).-System. vymohy: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Nazva z konteynera.

3. Lusquicos F. Rapid fabrication of electrical discharge machining (EDM) electrodes by laser surface cladding: Proceedings of International



Congress "ICALEO'2007", Orlando, USA, Oct. 2007, LIA.-1 elektron. opt. dysk (CD-ROM).-System. vymohy: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Nazva z konteineru.

4. Alimardani M. A Coupled time-dependent numerical simulation on temperature and stress fields in laser solid freeform fabrication process: Proceedings of International Congress "ICALEO'2007", Orlando, USA, Oct. 2007, LIA, 1 elektron. opt. dysk (CD-ROM).-System. vymohy: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Nazva z konteineru.

5. Samsonov G.V. Fiziko-khimicheskiie svoistva elementov / G.V. Samsonov, A.L. Burykina, Yu.M. Goriachev i dr.-Izd-vo Naukova dumka, K., 1965.806s.

6. Pinkerton A.J. A Comparative Study of Multiple Layer Laser Deposition using Water and Gas Atomised 316L Stainless Steel Powders: Proceedings of International Congress "ICALEO'2002", Scottsdale, USA, Oct. 2002, LIA.-1 elektron. opt. dysk (CD-ROM).-System. vymohy: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Nazva z konteineru.

7. Kutsuna M. Clack behavior and microstructure of clad layer in laser cladding of stellite 6 and wc powder: Proceedings of International Congress "ICALEO'2004", Oct. 4-7, 2004, San Francisco, California, USA, LIA.-1 elektron. opt. dysk (CD-ROM).-System. vymohy: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Nazva z konteineru.

8. Mei J. Finite Element Analysis of the Thermal Behaviour and Its Implications to the Microstructure of Direct Laser Fabricated Samples (905): Proceedings of International Congress "ICALEO'2003", Jacksonville, USA, Oct. 2003, LIA.-1 elektron. opt. dysk (CD-ROM).-System. vymohy: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Nazva z konteineru.

9. Pinkerton A.J. A Verified model of laser direct metal deposition using an analytical enthalpy balance method: Proceedings of International Congress "ICALEO'2007", Orlando, USA, Oct. 2007, LIA.-1 elektron. opt. dysk (CD-ROM).-System. vymohy: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 95, 98, 2000, XP.-Nazva z konteineru.

10. Novik F.S. Arsov Ya.B. Optimizatsiia protsessov tekhnologii metallov metodami planirovaniia eksperimentov. M.: Nauka, 1980. 304s.

Стаття надійшла до редакції 18.02.2022 р.

**П. В. Кондрашев**  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**СТАТИСТИЧНІ МЕТОДИ АНАЛІЗУ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ  
ЛАЗЕРНОГО СПЛАВЛЕННЯ ПОРОШКУ**

*Анотація*



Широке застосування технології «Rapid Prototyping», базовою складовою якої є процес лазерного сплавлення порошкової композиції обумовлено подорожчанням сировини, енергоносіїв, мінімізацією часу, який витрачається на впровадження у виробництво нових видів продукції. Дана технологія, завдяки використанню в якості інструменту технологічного лазера дозволяє значно розширити спектр використовуваних матеріалів, а також отримувати вироби складної геометричної конфігурації. Тому перед розробниками стоять питання підвищення продуктивності та якості формоутворення виробів з порошкових матеріалів.

У даній роботі була показана розроблена автором методика, спрямована на підвищення продуктивності виробів, отриманих технологією лазерного сплавлення порошкового матеріалу. Були проаналізовані та встановлені основні технологічні фактори впливу на продуктивність процесу лазерного сплавлення порошкового матеріалу. Поставлена задача була реалізована з використанням методів математичної статистики, а була побудована математична модель у вигляді поліному другого порядку з подальшим аналізом функції відгуку. В якості функції відгуку була використана продуктивність процесу лазерного сплавлення порошкового матеріалу. Розроблений в статті метод дозволяє керувати а також знаходити оптимальні параметри керування продуктивністю процесу лазерного сплавлення порошкової композиції для різного технологічного обладнання зокрема засобів доставки порошкового матеріалу безпосередньо у зону сфокусованого лазерного променя.

Таким чином, результати досліджень, наведених у даній статті, представляють як науковий, так і практичний інтерес. Автором показана можливість застосування методів математичної статистики для управління продуктивністю процесу лазерного сплавлення порошкового матеріалу з урахуванням різноманітного технологічного обладнання.

**Ключові слова:** лазерні технології, порошок, продуктивність.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-5

УДК 619:615.246.2

O. Skliar, PhD

ORCID: 0000-0002-0456-2479

O. Shokarev, PhD

ORCID: 0000-0001-8646-4524

A. Komar, engineer

ORCID: 0000-0001-7037-8402

Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University

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

## STATE AND PROBLEMS OF IMPLEMENTATION OF INNOVATIONS IN THE FIELD OF ANIMAL HUSBANDRY

*Summary.* Ukraine's agriculture is currently facing serious challenges: high price pressures, fierce international competition, global economic constraints and growing demands on food quality and environmental protection. The article analyzes the level of livestock development in Ukraine, which indicates negative trends in livestock development: reduction of livestock, significant decline in productivity, deterioration of the quality of animals. It is noted that there is a difficult situation in the development of the industry, caused by a number of negative phenomena, some of which are long-lasting and systemic, without overcoming the current situation could lead to complete loss of certain segments of livestock and further deteriorate food security. Transforming livestock into a competitive high-tech industry with high productivity and low unproductive costs requires a technological breakthrough, an integral part of which is the introduction of digital technologies. Digital technologies in animal husbandry allow to implement the targeted needs of animals feeding, milking, product quality control, remote control of production processes in real time, provide continuous collection, analysis and use of information to ensure safety and care for the environment. The current level of development of information and communication technologies and means of their implementation in animal husbandry is analyzed and the factors that slow down their development are identified, problems of their implementation are identified, including high equipment prices, acute shortage of IT specialists, legal and ethical issues, compatibility of knowledge and experience of farmers with these technologies, stable Internet and electricity supply.

*Key words:* animal husbandry, intelligent digital technologies, efficiency, implementation problems

*Formulation of the problem.* Agriculture in Ukraine is currently facing serious challenges: high price pressure, fierce international competition,





global economic constraints and increasing demands for food quality and environmental protection [1]. The livestock industry is one of the foundations of the country's agriculture, which forms about 30% of its gross output [2]. Livestock is a supplier of raw materials for the meat and dairy industry and fertilizers for crop production; it is able to provide the population with high-quality, high-calorie, dietary and fortified food products [3]. However, there is a difficult state in the development of the industry caused by a number of negative phenomena, some of which are of a long-term and systemic nature without overcoming which the current state can lead to a complete loss of certain segments of animal husbandry and will further worsen the food security of the state. Therefore, without the revival and sustainable development of animal husbandry it is practically difficult to imagine positive changes in the standard of living of the population of Ukraine.

*Analysis of recent research.* Domestic researchers Yu. A. Yarmolenko [4], V. M. Rudenko [5], D. M. Sherstiuk, A. E. Nezdoyminoga [5], Yu. V. Voloschuk [6,7] and others. Foreign scientists such as A. Helwatkar [8], DS Ochs [9], S. Neethirajan [10], L. Klerkx, E. Jakku [11], A. Baldi [12], Samuel Varas [13] investigated and laid the foundations for the theoretical and practical aspects of studying the phenomenon of the digital economy and studied the possibility of obtaining a positive effect from digitalization.

Despite all the advances in the digital economy, agriculture is lagging behind in digital adoption. The transformation of animal husbandry and, in general, agriculture into a competitive high-tech industry with high labor productivity and low overhead costs requires a technological breakthrough, an integral part of which is the introduction of digital technologies into agro-industrial production. This describes the relevance of this research.

The purpose of this work is to analyze the current level of development of information and communication technologies and the means of their implementation in animal husbandry, to determine the factors that slow down their development, to identify the problems of their implementation.

In the context of a decrease in the livestock population, a very low average annual production growth rate is observed. For 10 years, it dropped to the level of 0.4%. For comparison, the growth rate in crop production is 4.8%. In addition, the rate of capital investment in animal husbandry decreased by 9.8%. Since 2015, the number of cattle in Ukraine has decreased by almost 20%. At the beginning of 2015 the number of cattle was 3.88 million heads, and at the beginning of 2020 it decreased to 3.09 million heads [6,7] (Fig. 1).

Accordingly, there is a decrease in the number of cows over the past five years; the number of farms of all types and forms of ownership has decreased by 21%. So, as of January 1, 2015, the number of cows amounted to 2.26 million heads, and at the beginning of 2020 it was already 1.78

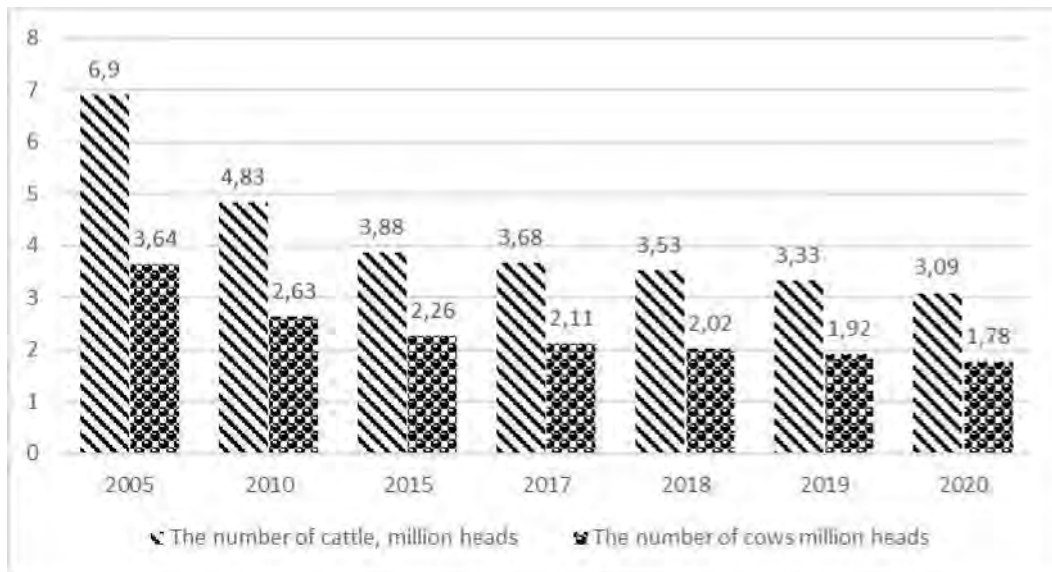


Figure 1. Dynamics of the number of cattle and cows

million heads.

Reducing livestock and falling milk yields, rising feed prices and a liberal import regime created conditions for a decrease in beef and milk production. Since 2015, beef production has decreased by 4% (Fig. 1), and milk production – by 12% (Fig. 2, 3) [6, 7].

The level of milk production also remains low. Recently there has been a tendency for this indicator to grow: over the past year the level of milk yield has increased by 1.5–5%, depending on the form of ownership (agricultural enterprise or household). But this increase is not enough to compensate for the annual decline in livestock. This leads to the fact that less milk is produced and milk prices are constantly growing and in the near future the trend towards price increases will not change.

Assessment of the state of animal husbandry in Ukraine indicates negative trends in the development of animal husbandry: a decrease in livestock, a significant decrease in productivity, deterioration in the qualitative composition of animals. These circumstances led to a deterioration in the quality of products and a decrease in production volumes, and hence a decrease in the consumption of valuable food products [14]. That's why this branch of agricultural production needs revolutionary changes, a technological breakthrough to ensure the country's food independence, an increase in export potential, and transformation into a competitive high-tech industry with high labor productivity and low costs [15, 16].

The most significant are those factors that can provide cardinal shifts in the revival of the livestock industry and the structure of livestock production, accompanied by innovative processes (modern technologies, organic livestock products, qualified personnel, modern farm machinery and

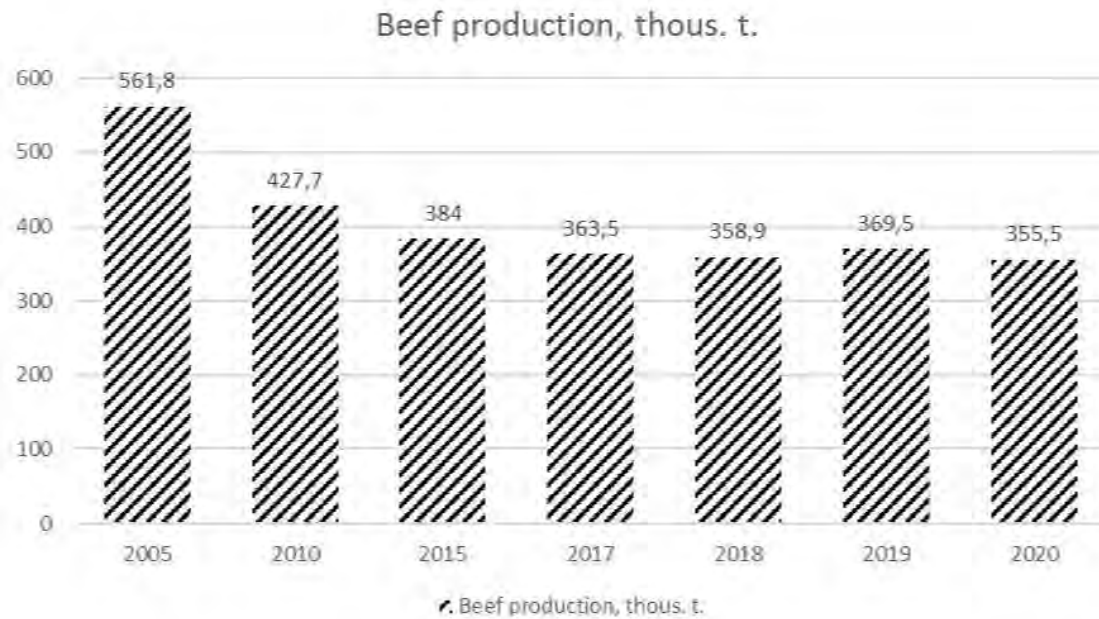


Figure 2. Beef production dynamics

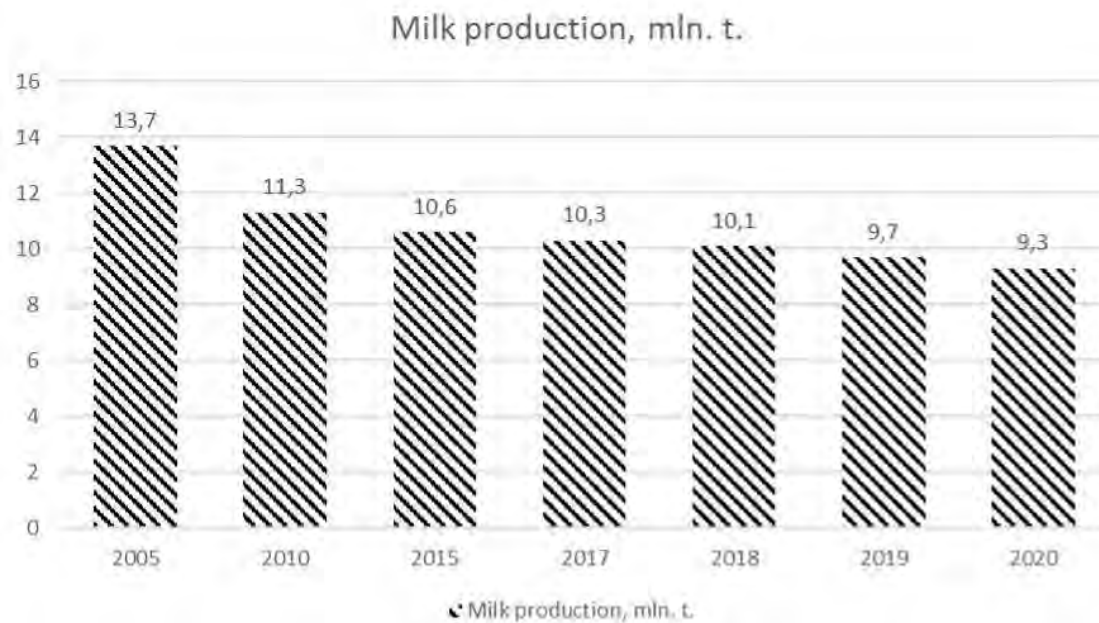


Figure 3. Milk production dynamics

equipment) and end results (reduction of production costs and costs products, improving its quality, increasing labor productivity and profitability) [17].

*Formulation of the purpose of the article.* The purpose of this work is to analyze the current level of development of information and communication technologies and the means of their implementation in animal husbandry, to determine the factors that slow down their development, and to identify the problems of their implementation.

*Main part.* A key trend in the global economy over the past decade has

been the widespread adoption of digital technologies. Modernizing their economies foreign developed countries are rapidly developing innovative technologies using artificial intelligence, automation and digital platforms [18].

Agriculture is one of the oldest spheres of human activity, but today it can't remain away from total digitalization. In most developed countries, the agricultural sector is moving away from the conservative approach, “peasant with a plow” and “milkmaid with a bucket”, towards an automated harvester and a robotic milker. In Fig. 4 information and communication (digital) technologies in the agrarian sector are shown [19].

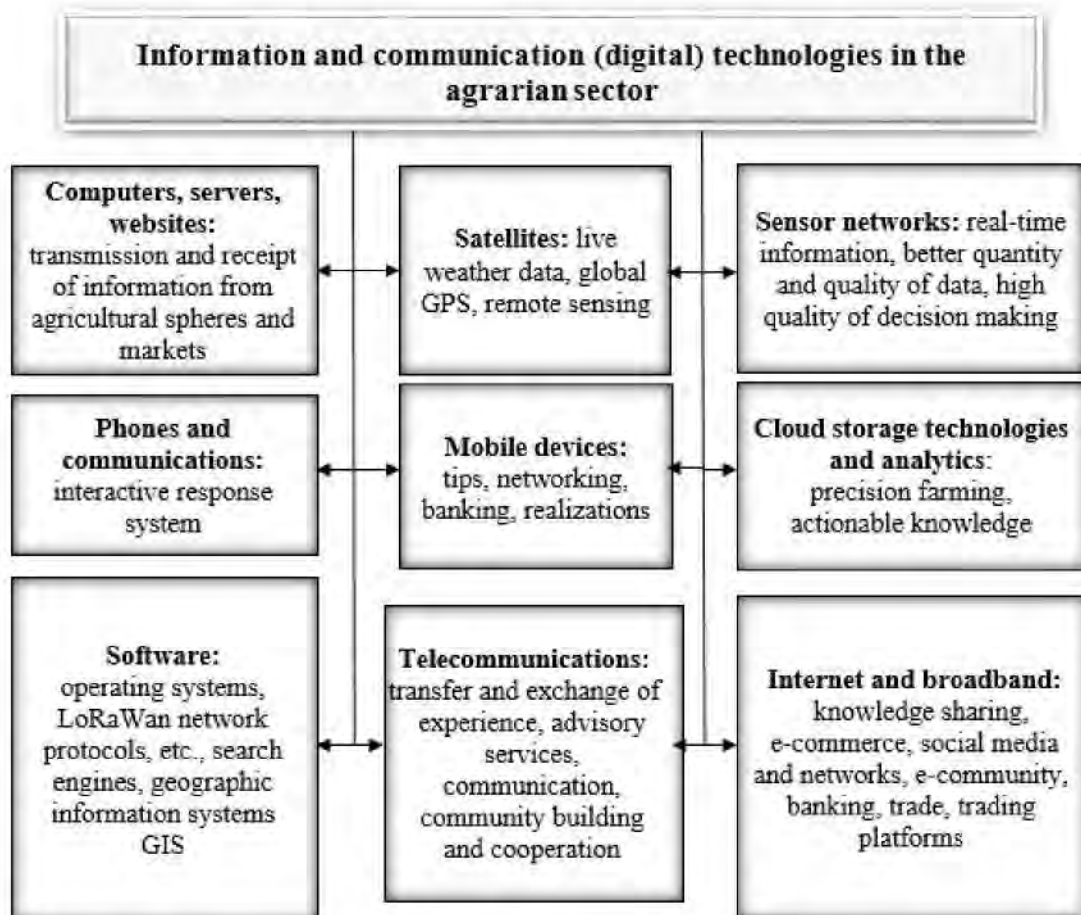


Figure 4. Information and communication (digital) technologies in the agrarian sector

Intense competition in the production of milk, beef, pork and poultry, in meat processing, which has been typical for the industry in recent years, forces all market participants to look for opportunities to reduce costs by automating managerial decision-making, efficient management of purchases, sales, warehouse stocks and optimization of cost production [20–22]. Therefore, digital technologies that help solve all of the listed tasks are in great demand in this sector. Digital technologies in animal husbandry make it possible to implement systems of feeding, milking, product quality



control, remotely control production processes in real time, and ensure the continuous collection, analysis and use of information to comply with safety measures and respect to the environment [23, 24].

An important task in the digitalization process is the adequate calculation and control of the implementation of rations across the entire spectrum of nutrient, mineral and biologically active substances, including vitamins, trace elements and other necessary components of the diet. For highly productive cows, it is extremely necessary to analyze the consumption of dry matter and the concentration of metabolizable energy, protein, fiber in it, as well as the operational management of these indicators through the software of the feed shops of the enterprises. Thus, a new concept “digital livestock breeding” is formed.

In general, digital livestock farming is understood as a set of solutions aimed at increasing production efficiency through the use of special systems, as well as means that ensure the targeted use of resources and accurate control of all processes [25, 26]. In the future, the farms will be autonomous robotic enterprises, where a person is freed from the routine of manual labor. He must be engaged in intellectual work, adjust the control algorithms of production processes, receive information about the state of animals, their location at any time, be aware of emerging malfunctions in the main functional subsystems: milking, feeding, ensuring the microclimate, etc.

The effectiveness of digitalization of animal husbandry lies primarily in the creation of experimental digital enterprises in animal husbandry (smart dairy farm, automatic pig farm, etc.) based on intelligent automated and robotic biomachine complexes of a new generation. The use of these technologies everywhere will lead to a decrease in the level of import dependence of the industry by 35–40%, an increase in the quality and quantity of products produced by 25–30%, an increase in labor productivity in the main subsectors of animal husbandry by 1.5–2 times, and will also contribute to the preservation of health and productive longevity of animals [27, 28]. In particular, centralized and local intelligent systems for managing these biomachine complexes and subsystems in animal husbandry will ensure the harmonization of the interaction of biological, technological and machine objects, effective management, a reduction in production costs by 35–40% and an increase in animal productivity by 15–20%.

Digital innovation in animal husbandry is represented by the following technologies (Fig. 5).

The dairy industry was one of the first among other livestock sectors to use intelligent production management systems, including radio frequency animal identification systems, computer control systems for milking, feeding, climate control, manure removal, milking robots and other solutions. An important step is the introduction of milk meters with the ability to measure blood and conductivity. Monitoring these indicators helps

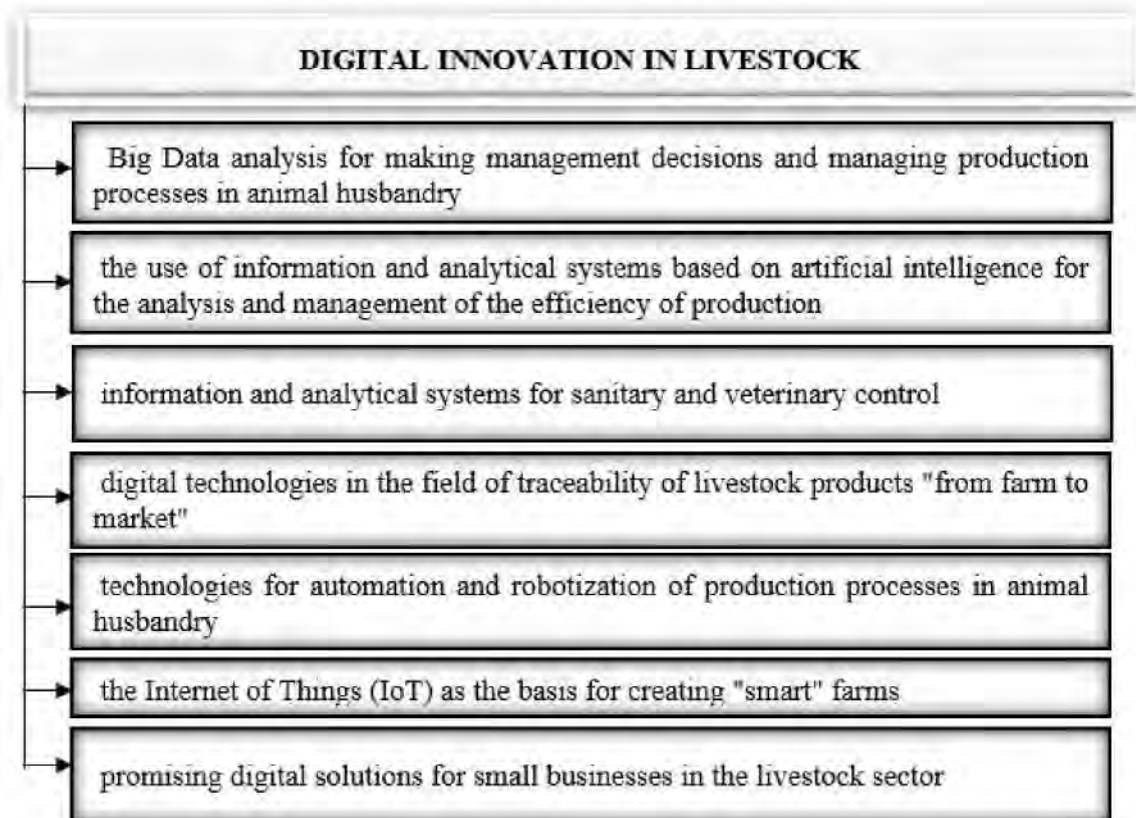


Figure 5. Digital innovation in livestock

to identify animals with mastitis at an early stage, which, in turn, allows you not to lose marketable milk. The automatic body condition determination system is becoming more and more popular in the market. Analyzing the information obtained in this way, it is possible to improve the performance of reproduction and feeding. A sought-after element is a tool that allows you to monitor indicators such as progesterone, LDH, BHB and urea in milk. Of course, the means of processing all this data is the herd management software, which combines data from all sensors and nodes to help make the right decisions with the right animal at the right time

Now the system for monitoring the activity and rumination of cows SCR is actively used. The system is represented by special collars that are assigned to each cow to accumulate individual information. The system monitors two important indicators: rumination (number of chewing repetitions) and activity (number of movements) of animals. A sudden change in rumination usually indicates a disease that is identified at an early stage, which allows the veterinary service to provide timely treatment for the cow and minimize the risks associated with milk loss and animal retirement from the herd. The activity monitoring function is used primarily by the herd reproduction service. It allows you to identify abnormalities in the normal activity of the cow and to identify the cow in heat. In addition, the system will tell you the time at which the insemination will be the most fruitful.



Advanced farms are actively introducing the technology of automatic feeding of calves which is represented by feeding stations for portioned milk feeding. The first 60 days of a calf are critically important in his life. They determine its subsequent development, the age of the first insemination of the animal, as well as all subsequent lactation. The work of the stations is controlled by software which regulates the amount of milk dispensed to a specific individual calf depending on its age. The software records the number of approaches and the amount of milk consumed by the calf and provides a list of those calves that did not drink the amount they were entitled to. This helps to identify the disease early and provide appropriate, timely treatment, which helps to reduce the risk of calves leaving in a group by up to two months and increase weight gain.

The software also regulates the calf weaning scheme and builds the required number of approaches and the amount of milk consumed in accordance with the approved scheme. Correct reduction of the amount of milk to zero stimulates the consumption of roughage and concentrates. This contributes to the normal development of the animal's rumen and has a positive effect on its viability, and subsequently on the reproductive capacity, milk yield and life expectancy of the cow. In addition, the stations are equipped with special scales for monitoring body weight gain in accordance with the required weight gain at a given age.

Despite the obvious advantages of digital technologies, there are certain factors that slow down or even make it impossible to master them. Equipment for digitalization is often imported, and high prices for equipment make the construction and modernization of production facilities too expensive.

But not only the financial side of the issue slows down mass adoption. There is an acute shortage of IT specialists for agriculture, and they will be indispensable for global digitalization at every enterprise. Implementing is not a problem, the problem is to teach how to work in a new system, not all employees, and even the leaders themselves, are psychologically ready to change, as this requires mental and physical costs. To implement a digital transformation strategy, a large number of IT specialists are required: these are experts in machine learning, robotics, big data processing and analysis, etc.

One of the most important questions to be answered is who owns the data, who owns the information? The emergence of programs and gadgets that collect data and provide information has raised the issue of ownership of the use of data. Further use of this data raises legal and ethical issues. With the improvement of new devices and software, the problem of responsibility and control of new technologies has become more acute. The need for accountability is dictated by the risk of errors that can have negative economic or environmental consequences.



Industrialization has led to a 2% reduction in the number of people employed in agriculture. The “digitization” of agriculture could further affect the number of jobs in the industry. Will it motivate talented people to go to agriculture or vice versa? Will the shift of responsibility from farmers to robots and programs increase or decrease? Another challenge is how to combine the knowledge and experience of farmers with these technologies.

And, finally, digitalization requires a stable Internet and electricity supply which not all farms can boast of.

*Conclusions.* The current level of development of information and communication technologies and means of their implementation in various areas of agricultural production creates the preconditions for the formation of a qualitatively new information environment in the domestic agricultural sector, stimulating the process of accelerated modernization of its industries. Gradually, digital technologies penetrate agriculture, including the livestock sector helping to optimize and simplify many production processes, increase the profitability and profitability of the business.

The future of Ukrainian animal husbandry is seen in the development of intelligent digital production management systems, harmonization of the interaction of all elements and connections in the complex biotechnical system «man – machine – animal».

To ensure the competitiveness of the livestock industry, it is necessary to increase the level of digitalization at an accelerated pace, using new advances in information development.

#### Reference

1. Nabokov V. I., Novopashin L. A., Denyozhko L. V., Sadov A. A., Ziablitskaia N. V. Applications of feed pusher robots on cattle farmings and its economic efficiency. *International Transaction Journal of Engineering, Management, & Applied Sciences & Technologies*. 2020. Vol. 11 (14), No.11A14C. P. 1–7.

2. Ярмоленко Ю. О. Формування економічного механізму сталого розвитку аграрного виробництва в умовах цифровізації: монографія. Київ: ТОВ «СІК ГРУП УКРАЇНА», 2018. 328 с.

3. Руденко М. В. Цифровізація сільськогосподарських підприємств та її економічна ефективність: монографія. Черкаси: Чабаненко Ю. А., 2020. 342 с.

4. Сільське господарство України 2019: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2020. 221 с. URL: [http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat\\_u/2020/zb/05/zb\\_tvaryny\\_2019.pdf](http://www.ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/05/zb_tvaryny_2019.pdf).

5. Тваринництво України. 2019: статистичний збірник. Київ: Державна служба статистики України, 2020. 157 с.

6. Helwatkar A., Riordan D., Walsh J. September. Sensor technology





for animal health monitoring. *8th international conference on sensing technology*, Liverpool. 2014. P. 266–271.

7. Ochs D. S., Wolf C. A., Widmar N. J., Bir C. Consumer perceptions of egg-laying hen housing systems *Poult. Sci.*, 2018. 97 (10), P. 3390–3396.

8. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. P. 18–20.

9. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. P. 478–480.

10. Маніта І. Ю. Питання цифровізації сільського господарства в Україні. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 346–350. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/manita-2020.pdf>*

11. Skliar R. Definition of priority tasks for agricultural development. *Multidisciplinary research: Abstracts of XIV International Scientific and Practical Conference*. Bilbao. 2020. P. 431–433.

12. Boltyanska, N., Podashevskaya, H., Skliar, O., Sklyar, R. Problems of implementation of digital technologies in animal husbandry. *CEUR Workshop Proceedings*. 2022. T. 3109. С. 75–82.

13. Podashevskaya H., Sklar R. Directions of automation of technological processes in the agricultural complex of Ukraine. Мінск: БГАТУ, 2020. С. 519–522.

14. Zhang Xu A., Dai Bin, Xu Zhiyuan and Chang Chih-Hao *3D Nanostructures: Sculpting Asymmetric, Hollow-Core, Three-Dimensional Nanostructures Using Colloidal Particles (Small 11/2015) 1226* Version of Record online: 12 MAR 2015.

15. Podashevskaya H., Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33–37.

16. Serebryakova N. Selection of optimal modes of heat treatment of grain. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 20–24.*

17. Manita I. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали. II Міжнар. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357–361. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/podashevskaya-2020.pdf>*



18. Болтянська Н. І., Маніта І. Ю. Інноваційний розвиток техніки для молочного скотарства. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 2. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsstt/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2020-vypusk-10-tom-2.pdf>
19. Grigorenko S. 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. P. 255–257.
20. Дреза О.О., Дреза С.В. Використання сучасних енергозберігаючих матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві та реконструкції тваринницьких підприємств. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1.
21. Zhuravel D., Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. *Multidisciplinary academic research*. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands P. 83–86.
22. Komar A. Basic methods of preparation of organic fertilizer from quail manure. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: мат. III Міжн. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 183–187.
23. Komar A. Ways to reduce influence of air components on health of AIC workers. *OSHAgro – 2021*: Збірник тез I Міжн. наук.-практ. конф. Київ: НУБіП, 2021. С. 65–67.
24. Скляр О. Г., Болтянська Н. І. Технології наукових досліджень: підручник. Мелітополь: ФОП Однорог Т. В., 2022. 682 с.
25. Skliar O., Neparko T. Increasing the performance of the park of equipment with Telematics. *Інформаційні технології в енергетиці та АПК*: матеріали X-ої Міжн. наук.-практ. конф. ЛНАУ, 2021 р. С. 51–54
26. Скляр О. Г., Скляр Р. В, Маніта І. Ю. Механізація доїння і первинної обробки молока: підручник. К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. 401 с.
27. Boltianskyi B. V. Reducing energy expenses in the production of pork. *WayScience*. Dnipro, Ukraine, 2021. P.1. С. 27–29.
28. Skliar A., Boltyanskyi B., Demyanenko D. Research of the cereal materials micronizer for fodder components preparation in animal husbandry. *Modern Development Paths of Agricultural Production (Scopus)*. Springer Nature Switzerland AG. 2019. P.249–258.
29. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155–158
30. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. *Topical issues of development of agrarian science in Ukraine: Research Practice Conf*. Nizhin, 2019. P. 84–91.



31. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens, Greece 2021. P. 231–233.

32. 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, Italy 2021. P. 171–176.

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

Стаття надійшла до редакції 23.02.2022 р.

**О. Г. Скляр, А. М. Шокарев, А. С. Комар**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**

## **СТАН ТА ПРОБЛЕМИ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ У ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА**

### *Анотація*

В даний час сільське господарство України стикається з серйозними проблемами: високим ціновим тиском, жорсткою міжнародною конкуренцією, глобальними економічними обмеженнями та зростаючими вимогами до якості продуктів харчування та захисту навколишнього середовища. У статті проведено аналіз рівня розвитку тваринництва в Україні, що свідчить про негативні тенденції у розвитку скотарства: скорочення поголів'я, значне зниження продуктивності, погіршення якісного складу тварин. Відзначено, що спостерігається складний стан у розвитку галузі, викликаний низкою негативних явищ, деякі з яких мають тривалий і системний характер, без подолання яких нинішній стан може призвести до повної втрати окремих сегментів тваринництва і надалі погіршуватиме продовольчу безпеку держави. Перетворення тваринництва на конкурентоспроможну високотехнологічну галузь із високою продуктивністю праці та низькими непродуктивними витратами вимагає технологічного ривка, невід'ємною частиною якого є впровадження цифрових технологій. Цифрові технології у тваринництві дозволяють впроваджувати орієнтовані потреби тварин системи годівлі, доїння, контролю якості продукції, дистанційно управляти виробничими процесами у режимі реального часу, забезпечують безперервний збір, аналіз та використання інформації для дотримання заходів безпеки та дбайливого ставлення до навколишнього середовища. Проаналізовано сучасний рівень розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів їх реалізації у тваринництві та визначено фактори, що уповільнюють їх освоєння, виявлено проблеми їх впровадження, серед яких високі ціни на обладнання, гостра нестача ІТ-фахівців, питання правового та етичного характеру, скорочення кількості працівників, сумісність знань та досвіду фермерів з цими технологіями, стабільний інтернет та електропостачання.

**Ключові слова:** тваринництво, інтелектуальні цифрові технології, ефективність, проблеми впровадження.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-6

УДК 629.331

В. В. Дідур, д.т.н. доц.

ORCID: 0000-0001-7584-5073

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, м. Мелітополь, Україна

e-mail: olga.viunyk@tsatu.edu.ua, тел.: (098)7240967

## ДІАГНОСТУВАННЯ – ВАЖЛИВИЙ РЕЗЕРВ ЕКОНОМІЇ ВИТРАТ НА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТ АВТОМОБІЛІВ

*Анотація.* Технічна політика країни вимагає розроблення нових методів і засобів технічного обслуговування, що призведе до росту економічної ефективності роботи автомобільного парку в цілому. Діагностика дає змогу виявити приховані несправності та попередити відмови механізмів, визначити їх придатність для подальшої експлуатації, уточнити обсяги ремонтних і профілактичних робіт, дати оцінку якості технічного обслуговування чи ремонту. В процесі виконання транспортної роботи, технічний стан автомобіля погіршується, що може привести до часткової або повної втрати працездатності. Існує два способи підтримання автомобільного транспортного засобу у справному стані – технічне обслуговування і ремонт. Дійсним інструментом зниження витрат на технічне обслуговування і ремонт автомобілів є широке використання засобів діагностування, тобто визначення технічного стану автомобілів і їх агрегатів без розбирання з метою прогнозування можливостей їх подальшої безвідмовної роботи чи застосування ощадних технологій технічного обслуговування і ремонту. В роботі надано критерії визначення оптимальної періодичності профілактичних робіт, методи визначення періодичності технічного обслуговування автомобілів, вказані задачі технічного діагностування. Представлено схему класифікації діагностичних параметрів. Описано підхід, що дає можливість встановити таку періодичність діагностування, яка, з одного боку, зменшує витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт, з другого – дає змогу підтримувати працездатність автомобіля на оптимальному рівні.

*Ключові слова:* технічне діагностування, автомобіль, технічне



обслуговування, технічний стан.

*Постановка проблеми.* Технічна політика країни вимагає розроблення нових методів і засобів технічного обслуговування, що призведе до росту економічної ефективності роботи автомобільного парку в цілому. Дійсним інструментом введення режиму економії є зниження витрат на технічне обслуговування (ТО) і ремонт автомобілів за рахунок широкого використання засобів діагностування, тобто визначення технічного стану автомобілів і їх агрегатів без розбирання з метою прогнозування можливостей їх подальшої безвідмовної роботи чи застосування ощадних технологій ТО і ремонту. Діагностика дає змогу виявити приховані несправності та попередити відмови механізмів, визначити їх придатність для подальшої експлуатації, уточнити обсяги ремонтних і профілактичних робіт, дати оцінку якості ТО чи ремонту.

Таким чином, питання оптимізації системи технічного обслуговування і ремонту автомобілів за результатами діагностування їх технічного стану є актуальним.

*Аналіз останніх досліджень.* В процесі виконання транспортної роботи, технічний стан автомобіля погіршується, що може привести до часткової або повної втрати працездатності. Існує два способи підтримання автомобільного транспортного засобу (АТЗ) у справному стані – технічне обслуговування і ремонт. Основна мета ТО – випередити і попередити момент настання відмови, та забезпечити безвідмовну роботу автомобіля на певному пробігу.

За критерії визначення оптимальної періодичності профілактичних робіт можуть бути використані такі характеристики експлуатаційної надійності автомобілів: ймовірність безвідмовної роботи, середнє напрацювання на відмови, інтенсивність відмов, гамма-відсоткове напрацювання на відмови, середнє напрацювання на відмови, параметр потоку відмов, математичне сподівання відмов за пробіг [1, 2].

При обґрунтуванні режимів ТО автомобілів застосовують такі методи визначення періодичності ТО автомобілів [2-8]: метод визначення періодичності ТО за допустимим рівнем безвідмовності; метод визначення періодичності за допустимим значенням і закономірністю зміни параметра технічного стану; техніко-економічний метод; економіко-імовірнісний метод; метод статистичних випробувань; за параметрами технічного стану; за найбільшою продуктивністю; за зовнішнім виглядом автомобіля, створенням безпеки руху; метод коректування періодичності залежно від напрацювання; метод визначення періодичності профілактичного



обслуговування після безвідмовної роботи  $l_0$  км пробігу; профілактичне обслуговування здійснюється після загального напрацювання  $l_1$  пробігу, незалежно від проміжних відмов; поглиблене профілактичне обслуговування з введенням операцій поточного ремонту після  $k$ -ої відмови; метод визначення оптимальної періодичності ТО за витратою палива.

Кожен з цих методів має свої переваги та недоліки [2-8].

*Формування мети статті.* Метою є дослідження резервів економії витрат на технічне обслуговування і ремонт автомобілів

*Основна частина.* Необгрунтоване розбирання та складання деталей спряжень порушують припрацювання вузлів і деталей і, таким чином, прискорюють їх зношування, вносять непередбачені несправності, такі як перекося осей, збільшені або зменшені зазори, забруднення та інші технологічні дефекти, які скорочують строк служби машини і потребують нових ремонтних робіт. Розірвати це коло покликана діагностика.

Задачами технічного діагностування [3] є контроль технічного стану, пошук місця та визначення причини відмови (несправності), прогнозування технічного стану.

Успішне розв'язання задач діагностування технічного стану автомобілів можливе за наявності науково обгрунтованих, перевірених на практиці та зручних у використанні, методів та засобів визначення технічного стану агрегатів, систем і спряжень машин та прогнозування їх ресурсу.

Для діагностування автомобіля використовують різні методи і різноманітні діагностичні засоби, які безперервно вдосконалюються завдяки новітнім досягненням науки і техніки [1, 3-10]. Застосування ЕОМ різко розширило можливості діагностики. Доведено, що чим досконаліші методи діагностування і засоби діагностики, тим точніше і з більшою ймовірністю буде визначений дійсний технічний стан автомобіля і залишковий ресурс його роботи.

В основі діагностування лежить встановлення зміни конструктивно-технологічних параметрів машини за рядом ознак діагностичних параметрів, які необхідно вимірювати. Вимірювання їх здійснюються за зовнішніми ознаками, які відтворюють зміну технічного стану систем і спряжень машини. Деякі зовнішні ознаки одночасно є параметрами, що характеризують робочі процеси машини. Стосовно до АТЗ ці ознаки наступні: потужність двигуна, витрата палива чи моторної оливи, гальмівний шлях автомобіля і т.п. Вони вимірюються, як правило, під час роботи автомобіля і часто на найбільш характерних робочих режимах, що відповідають експлуатаційним режимам, чи близькі до них. Параметри робочих процесів машини найповніше і комплексно відтворюють технічний стан агрегату, механізму чи машини в цілому [1, 6-10].



Зовнішні ознаки технічного стану АТЗ – стукіт, шум, вібрація, димність, нагрів і т.п. – показують стан окремого механізму чи спряження – окремого елемента АТЗ (чи системи). Деякі з цих параметрів можуть бути виміряні в неробочому, статичному стані механізму чи системи, коли система чи механізм не виконують свої прямі функції. Такі виміри легше здійснити на практиці, але вони не завжди вичерпно показують технічний стан елемента машини, який в робочому режимі під час експлуатації може відрізнитися від стану, коли механізм не працює.

Одна з особливостей діагностичних параметрів складальних одиниць механізмів і агрегатів автомобіля полягає в тому, що вони представлені як механічними, так і електричними сигналами. Стосовно ходової частини автомобіля Daewoo “Ланос”, то у його підвісці відсутні електричні сигнали, оскільки його конструкція не передбачає жодних електричних систем, наприклад, керованого рівня чи ходу підвіски, контролю за зносом шин чи тиску у них.

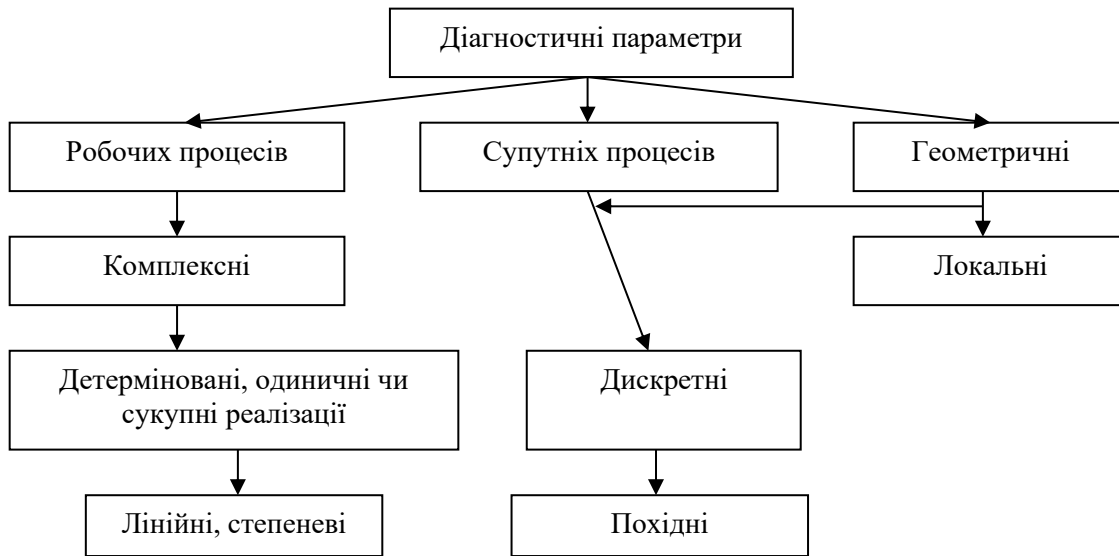
Діагностичні параметри, які вимірюють під час проведення діагностування, вибирають з множини принципово можливих параметрів деякої обмеженої кількості для дослідження інформативності ознак, сформованих на цих параметрах. Від правильного вибору параметрів залежить якість діагностування.

Зазвичай вплив параметрів на технічний стан системи є різний, тому з всіх параметрів необхідно виділити ті, що найбільш впливають на зміну працездатності системи.

Отримання інформації про технічний стан об'єкта за допомогою будь-якого діагностичного параметра пов'язане з матеріальними витратами. Економічна цілеспрямованість цих витрат залежить, з однієї сторони, від вартості діагностичних засобів, а з другої – від ймовірності відмов і вартості їх усунення, тобто вартості ремонту. Тому кінцева оцінка раціональної повноти інформації визначається вартісними критеріями і критеріями надійності об'єкта діагностування.

З усього різноманіття можливих діагностичних параметрів вибирають і використовують з практичною метою лише ті параметри, які відповідають вимогам однозначності, стабільності, широти вимірювань, доступності і зручності вимірювання, інформативності і технологічності [1].

Класифікацію діагностичних параметрів можна подати за такою схемою [1]:



Класифікація діагностичних параметрів

Для оцінки технічного стану важливо своєчасно встановити момент настання передвідмовного стану агрегату або системи автомобіля, за якого для відновлення працездатності необхідно провести профілактику або заміну окремих деталей, щоб запобігти відмові.

Передвідмовним вважається стан, за якого діагностичний параметр  $Z(\ell)$  ( $\ell$  – пробіг автомобіля) досягає гранично-допустимого значення  $Z_{\partial}$  на момент пробігу [11]:

$$\ell_{\partial on} = \ell_c - \tau_{onm},$$

де  $\ell_c$  – середній пробіг на відмову, км;

$\tau_{onm}$  – оптимальна періодичність діагностування, км.

Отже, згідно з представленим виразом передвідмовний стан завжди буде своєчасно виявлений.

Оптимальну періодичність діагностування  $\tau_{onm}$  прийнято вибирати з огляду на техніко-економічний критерій, а саме на основі мінімуму витрат на виконання чергового діагностування  $C_{\partial}$  та поточного ремонту  $C_{np}$  [11].

Зауважимо, що техніко-економічне обґрунтування вибору оптимальної періодичності діагностування справедливе для всіх агрегатів та механізмів автомобіля, крім тих, що забезпечують безпеку руху.

Результати прогнозування обґрунтовують рішення стосовно можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для забезпечення нормативного ресурсу основних агрегатів.





Для прийняття рішення про необхідність можливих позапланових ремонтно-профілактичних робіт для конкретного вилученого з експлуатації автомобіля спочатку визначають ймовірність відсутності відмови  $P_k$  і порівнюють її з допустимою ймовірністю відсутності відмови  $[P]$ . Якщо  $P_k \geq [P]$ , то для даного автомобіля позапланових робіт не проводять, в протилежному випадку їх виконують одразу ж після діагностування для зменшення інтенсивності зношування деталей агрегату.

Ймовірність відсутності відмови  $[P]$  можна використати для розв'язання багатьох інших задач, зокрема планування заміни деталей агрегату; формування комплекту запасних частин та інструменту, що необхідно мати в спорядженому автомобілі; планування обсягів робіт зон ТО та ПР тощо.

Вибір стратегії керування працездатним станом автомобіля ґрунтується на визначенні оптимальної періодичності контрольно-діагностичних перевірок.

Даний підхід дає можливість встановити таку періодичність діагностування, яка, з одного боку, зменшує витрати на ТО та ПР, з другого – дає змогу підтримувати працездатність автомобіля на оптимальному рівні.

*Висновок.* Таким чином, своєчасне та якісне діагностування дозволить запобігти виникненню серйозних відмов, мінімізувати витрати на ремонт і підтримувати техніку в працездатному стані.

#### Список використаних джерел

1. Люлька В. С., Коньок М. М., Перинський Ю. Є., Клімов О. М. *снови діагностики автомобіля: Навчально-методичний посібник до практичних та самостійних робіт студентів вищих навчальних закладів України.* Чернігів: ЧНПУ імені Т.Г. Шевченка, 2013. 188 с
2. Канарчук В. Є., Лудченко О. А., Чигринець А. Д. *Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: підручник. У 3-х кн.* К.: Вища школа, 1994. Книга 1: Теоретичні основи. Технологія. 344 с.
3. ДСТУ 2389-94 «Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення»
4. Кисликов В. Ф., Лущик В. В. *Будова й експлуатація автомобілів: підручник. 6-те вид.* К.: Либідь, 2006. 400 с.
5. Шокарев О. М. *Забезпечення надійності складних систем на різних етапах експлуатації. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: Мат. II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 483–487.
6. Filipczyk J., Madej H. The methods of assessment of car technical condition regarding environmental protection. *ournal of KONES Powertrain*



and Transport. 2009. Vol. 16, No. 2

7. Filipezyk, J., Madej, H., The typical faults of automotive engines and analysis for fault diagnosis possibility, *Combustion Engines*, SC1, pp. 229-233, 2009.

8. Heyes, A. M., Automotive component failures, *Engineering Failure Analysis*, Vol. 5, No. 2, pp. 129-141, 1998.

9. Christensen, P., Elvik, R., Effects on accidents of periodic motor vehicle inspection on Norway, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 39, pp. 47-52, 2007.

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

11. Гогайзель А. В. Игровое моделирование систем обеспечения работоспособности автотранспортных средств: Учебн. Пос. К.: УМК ВО, 1988. 88 с.

Стаття надійшла до редакції 24.02.2022 р.

V. Didur<sup>1</sup>, O. Viunyk<sup>2</sup>, A. Komar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uman National University of Horticulture

<sup>2</sup>Dmytro Motornyi Tavriya State Agrotechnological University

## DIAGNOSIS IS AN IMPORTANT RESERVE OF COST SAVINGS FOR MAINTENANCE AND REPAIR OF CARS

### *Summary*

The country's technical policy requires the development of new methods and means of maintenance, which will increase the economic efficiency of the car fleet as a whole. Diagnosis makes it possible to identify hidden faults and prevent failures of mechanisms, determine their suitability for further operation, specify the scope of repair and maintenance work, assess the quality of maintenance or repair. In the process of transport work, the technical condition of the car deteriorates, which can lead to partial or complete loss of ability to work. There are two ways to keep a vehicle in good condition - maintenance and repair. A real tool to reduce the cost of maintenance and repair of cars is the widespread use of diagnostic tools, namely determining the technical condition of cars and their units without disassembly in order to predict the possibility of their further trouble-free operation or use of cost-effective maintenance and repair technologies. Diagnostic parameters, which are measured during the diagnosis, are selected from a set of fundamentally possible parameters of a limited number to study the informativeness of the signs formed on these parameters. The quality of diagnosis depends on the correct choice of parameters. The choice of strategy for managing the working condition of the car is based on determining the optimal frequency of control and diagnostic tests. The paper presents the criteria for determining the optimal periodicity of preventive maintenance, methods for determining the periodicity of maintenance of cars, and the tasks of technical diagnostics. The diagram of classification of diagnostic parameters is presented. An approach is described that allows establishing such a periodicity of diagnosis, which, on the one hand, reduces the cost of maintenance and repair, on the other - allows you to maintain the performance of the car at an optimal level.

**Key words:** technical diagnostics, car, maintenance, technical condition.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-7

УДК 631.674.6

Л. Ю. Бондаренко, к.т.н.,

ORCID: 0000-0001-5858-7375

О. О. Вершков, к.т.н.

ORCID: 0000-0001-5137-3235

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: larysa.bondarenko@tsatu.edu.ua, тел.: (098)8460056

## **ВИБІР ТИПУ НАСОСА ДЛЯ СИСТЕМИ КРАПЕЛЬНОГО ЗРОШЕННЯ НАСАДЖЕНЬ ЧЕРЕШНІ В ТОВ «САН МІЛЕТ»**

*Анотація.* Робота присвячена розробці елементів системи зрошення плодкових насаджень черешні ТОВ «САН МІЛЕТ» шляхом вибору типу насоса із множини альтернатив для дослідної ділянки площею 13,8 га. Землі дослідної ділянки знаходяться у зоні Сухого Степу. Тип клімату континентальний. Територія розташована у сухостеповій ґрунтово-екологічній зоні. Ґрунтовий покрив території, де проектується система зрошення насаджень черешні, представлений темно-каштановими ґрунтами.

Для вибору оптимального варіанту типу промислового насоса системи крапельного зрошення використано аналітичний метод. Для досліджень обрано наступні насоси К90/20, СМ100-65-250/4, СД 16/25, К 50-32-125. Розрахунки проведено з використанням програми «Вибір». Встановлено, що для забезпечення якісної роботи системи крапельного зрошення дослідної ділянки необхідно прийняти насос відцентровий консольного типу К90/20 з подачею  $Q = 90 \text{ м}^3/\text{год}$  та напором 20 м.

*Ключові слова:* зрошення, крапельниця, черешневий сад, насосний агрегат, поливна норма, множина альтернатив.

*Постановка проблеми.* В даний час у зв'язку з розвитком зрошення немає сумніву в тому, що серед перспективних способів поливу одним з основних є крапельне зрошення, яке дозволяє створити найбільш сприятливі умови для росту рослин. Підвищення ефективності цього способу поливу засноване на отриманні максимуму продукції при мінімумі витрат поливної води та праці. Основна маса кореневої системи клонових карликових підщеп зерняткових культур у ґрунті розвивається поверхнево, досягаючи глибини в середньому – 50-60 см, напівкарликових та середньорослих – до 80 см [1].

Тому постійне підтримання вологості ґрунту на оптимальному

рівні саме у цих шарах є необхідним для формування стабільної та високої врожайності інтенсивних садів і можливе лише за умов штучного (краплинного) зрошення [2-4]

Системи краплинного зрошення - дієвий фактор розкриття потенціалу плодкових культур. Перевагою цього способу стали ширші можливості регулювання водного режиму ґрунту.

Тому дослідження з розробки та вдосконалення систем крапельного зрошення в черешневих садах товариства з обмеженою відповідальністю «САН МІЛЕТ» в умовах сухостепової зони з погляду розподілу та нормування води рослинам є актуальною задачею.

*Аналіз останніх досліджень.* Системи краплинного зрошення – ефективний чинник розкриття потенціалу плодкових культур. З усіх способів зрошення технологічно найбільш виправданими для садівництва є системи краплинного зрошення (рис. 1).



Рисунок 1. Система краплинного зрошення черешневого саду.

Перевагою цього способу стали ширші можливості регулювання водного режиму ґрунту. При традиційних способах зрошення досягнення критичних параметрів вологості ґрунту (65% Н.В.) є сигналом для початку поливу. Продовжують його до насичення ґрунту, тобто до 100% Н.В [2,5,6]. У передполивний період рослини страждають від дефіциту води, а в кінці поливу і деякий час після нього відчувають дефіцит ґрунтового повітря. Системи краплинного зрошення дозволяють виробляти полив за значних коливань параметрів водного балансу ґрунту.



За допомогою системи краплинного зрошення та агротехнічного потенціалу, який дана система привносить у практику, можливе не тільки підтримання вологості ґрунту на оптимальному рівні, а й штучне зниження його у певні фенофази розвитку рослин. Зниження вологості ґрунту в саду під час цвітіння сприяє збільшенню відсотка продуктивної зав'язі. Більш напружений водний режим під час диференціації плодкових бруньок також, на думку ряду дослідників, сприяє збільшенню кількості генеративних бруньок [6-10]. Застосування систем краплинного зрошення значно збільшує ступінь керованості садом, знижує залежність від стресових факторів, дозволяє максимально розкрити потенціал сортово-підщепних комбінацій [11-13].

*Формулювання мети статті.* Розробити елементи системи зрошення плодкових насаджень черешні ТОВ «САН МІЛЕТ» шляхом вибору типу насоса із множини альтернатив для дослідної ділянки площею 13,8 га.

*Основна частина.* Товариство з обмеженою відповідальністю «САН МІЛЕТ» розташовано в селі Костянтинівка Мелітопольського району. Село *Костянтинівка* знаходиться у південно-східній частині Запорізької області на лівому березі річки Молочна, вище за течією на відстані 0,5 км розташоване село Вознесенка, нижче за течією на відстані 3,5 км розташоване село Мордвинівка, на протилежному березі на відстані 0,5 км знаходиться місто Мелітополь і залізнична станція Мелітополь. Річка в цьому місці звивиста, утворює лимани, стариці та заболочені озера. Через село проходить автомобільна дорога. Рельєф ділянки рівнинний з ухилом від 0,5 до 1,30 південної експозиції.

Землі ТОВ «САН МІЛЕТ» знаходяться у зоні Сухого Степу. Тип клімату континентальний. Територія розташована у сухостеповій ґрунтово-екологічній зоні, сухій підзоні, фація V зимово-помірно тепла і належить до ґрунтово-екологічної провінції засушливої у першу і дуже сухої у другу половину вегетаційного періоду.

Тривалість вегетаційного періоду дорівнює 215-220 дням, кількість днів з температурою вище 10°C (період активної вегетації) 180-185 днів.

У таблиці 1 наведені значення середньомісячної температури повітря і кількості опадів за багаторічними даними метеостанції м. Мелітополь.

За морфологічною структурною характеристикою територія ділянки зрошення розташована в межах Причорноморської низини у її південній частині у долині ріки Молочна.

У геологічному відношенні Причорноморська низина співпадає з Причорноморською западиною. Поверхня ділянки має загальний ухил до 1,3° південної експозиції. За рельєфом ділянка, на якій проектується



система зрошення (СЗ), представлена слабохвилястою рівниною та

Таблиця 1

Середні багаторічні показники температури повітря та кількості опадів (за даними МС Мелітополь)

Показ- ник	Місяць												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Темпе- ратура повітря, °С	-4,2	-3,4	1,7	8,7	15,6	20,0	23,1	21,8	16,2	9,8	3,2	-1,4	9,5
Опади, мм	22	20	24	28	36	59	53	25	25	28	25	23	368
Відносна вологість повітря, %	86	84	79	68	64	63	60	60	66	75	86	88	73
Середня швид- кість вітру, м/сек	4,8	5,0	5,0	4,4	4,1	3,6	3,4	3,4	3,0	3,7	4,4	4,7	4,1

терасою ріки Молочної.

Ґрунтовий покрив території, де проектується СЗ насаджень черешні, представлений темно-каштановими слабодефльованими ґрунтами легкосуглинкового гранулометричного складу.

Найкращі водно-повітряні умови для плодкових культур забезпечуються при вологості ґрунту у межах 75–100 % НВ.

Враховуючи багаторічні показники природного зволоження зони розміщення насаджень у ТОВ «САН МІЛЕТ» Мелітопольського району Запорізької області (сума опадів 254 мм за вегетаційний період, 124 мм в літні місяці) для черешні на підщепі Gisela 5 рекомендується наступний режим поливів:

- полив після садіння (локальний полив) – 30 дм<sup>3</sup>/саджанець;
- 1, 2, 3-й рік догляду по 100 м<sup>3</sup>/ га – 12 поливів (система крапельного зрошення).

Якісну роботу системи зрошення можливо забезпечити за умови використання насосного агрегату, який буде мати задану подачу та забезпечить розрахунковий напір для всієї мережі поливних насосів. Для вибору оптимального варіанту типу насоса для системи крапельного зрошення використаємо аналітичний метод. Насос повинен перекачувати чисту технічну воду з температурою до 85 °С та буде використаний у системі зрошення черешневого саду, яка



складається з 2-х поливних модулів у блоці зрошення [14].

Для вибору технічних об'єктів в сільському господарстві є сімейство геометричних згорток критеріїв, де мета повинна бути формалізована у вигляді «ідеальної» альтернативи, а в якості цільової функції буде відстань між ідеальною  $X^{ид}$  альтернативою та тією, що розглядається.

Алгоритм вибору є таким:

- формують множину альтернативних варіантів об'єкту вибора, у нашому випадку насосних агрегатів,  $X_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ ;

- визначають властивості (критерії оцінювання  $f_j$  в натуральних одиницях) по кожному альтернативному варіанту  $A_j$ ,  $j = \overline{1, n}$  і заносять до таблиці 2.

- по кожному критерію визначають бажаний напрямок зміни його значення (min, max);

- виконують процедуру нормування по кожному критерію за формулою:

$$\hat{f}_j(x_i) = \begin{cases} \frac{(f_j(x_i) - f_j^-)}{(f_j^+ - f_j^-)}, \text{ если } f_j \rightarrow \max \\ \frac{(f_j^+ - f_j(x_i))}{(f_j^+ - f_j^-)}, \text{ если } f_j \rightarrow \min, \end{cases} \quad (1)$$

а результати нормування заносять до таблиці 2;

- визначають межі допустимих значень по кожному критерію та заносять результати до таблиці 2:

$$\begin{aligned} f^- &< |f_j(x_i) - \mu|, \\ f^+ &> |f_j(x_i) + \mu|, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $\mu$  – довільне число, що не порушує лінійність критеріального ряду.

- значення цільової функції  $\varphi(x_i)$  визначається по кожній  $X_i$ -й альтернативі у відповідності до формули:

$$\varphi(x_i) = \sum_{j=1}^n \left| \hat{f}_j(x_i) - f_j(x^{ид}) \right| \rightarrow \min \quad (3)$$

де  $0 \leq f_j(x_i) \leq 1$

- значення цільової функції  $\varphi(x_i)$ , що визначає метрику (функцію відстані) між «ідеальною» альтернативою і значенням:

$$\left[ \left| 1 - \hat{f}(x_i) \right|, x^{ид} \right] \rightarrow \min \quad (4)$$

тобто інтервал  $[x_j^{ид}, \varphi_i]$ , а найменша величина відстані відповідає



оптимальній альтернативі.

Таблиця 2

Утворення безрозмірної шкали значень цільової функції  $\varphi(x_i)$ .

Альтернативи	Властивості						$\varphi(x_i)$
	$A_1$		$A_j$		$A_n$		
	Критерії						
	$f_1$	$\hat{f}_1$	$f_j$	$\hat{f}_j$	$f_n$	$\hat{f}_n$	
$X_1$	$f_{11}$	$\hat{f}_{11}$	$f_{1j}$	$\hat{f}_{1j}$	$f_{1n}$	$\hat{f}_{1n}$	$\varphi_{1n}$
$X_i$	$f_{i1}$	$\hat{f}_{i1}$	$f_{ij}$	$\hat{f}_{ij}$	$f_{in}$	$\hat{f}_{in}$	$\varphi_{in}$
$X_m$	$f_{m1}$	$\hat{f}_{m1}$	$f_{mj}$	$\hat{f}_{mj}$	$f_{mn}$	$\hat{f}_{mn}$	$\varphi_{mn}$
$f^-$	$f_{1\min}$	-	$f_{j\min}$	-	$f_{n\min}$	-	
$f^+$	$f_{1\max}$	-	$f_{j\max}$	-	$f_{n\max}$	-	
$x^+, x^-$	$X^{id}$	$f_{1\text{exst}}$	1	$f_{j\text{exst}}$	1	$f_{n\text{exst}}$	1

Для вибору типу насоса для системи крапельного зрошення черешневої ділянки ТОВ «САН МІЛЕТ» розглянемо наступні насоси К90/20, СМ100-65-250/4, СД 16/25, К 50-32-125, технічні характеристики яких (табл.3) приймемо у якості критеріїв для вибору оптимального варіанту. Вибір зроблено з урахуванням того, що для забезпечення потрібного тиску  $P_p = 1,76\text{МПа}$  в останньому поливному трубопроводі найбільш віддаленого від насосної станції поливного модуля необхідно, щоб розрахунковий напір був наближеним до 20 м.

Для вибору оптимального варіанту насоса з множини альтернатив прийнято такі параметри і межі їх значень:

- продуктивність – від 12,5 до 907 м<sup>3</sup>/год;
- напір насосних агрегатів – від 20 до 25 м;
- коефіцієнт корисної дії – від 49 до 78 %;
- витік – від 2 до 10 л/год.

Відповідно до наведених параметрів сформовано таблицю 4.

Вибір найкращої альтернативи визначимо за умови максимального наближення до ідеалу по формулі (1). Діалогове вікно програми «Вибір», яка розроблена на кафедрі сільськогосподарських машин ТДАТУ [15], розрахунку вибору ідеального варіанту з множини альтернатив наведено на рисунку 2.





Таблиця 3

Технічні характеристики обраних варіантів насосів для системи зрошення черешневого саду ТОВ «САН МІЛЕТ».

Показник	Марка насосу			
	К90/20	СМ100-65-250/4	СД 16/25	К 50-32-125
Подача, м <sup>3</sup> /год	90	50	16	12,5
Напір, м	20	20	25	20
Потужність електродвигуна, кВт	7,5	7,5	4	1,5 (2,2)
Швидкість обертання вихідного вала електродвигуна, об/хв	3000	1500	3000	3000
ККД, %	78	60	49	55
Кавит. запас, м	< 5,5	5	4	< 3,5
Витік, л/год	< 2	10	10	< 2

Таблиця 4

Параметри дійсних значень із альтернативних варіантів насосних агрегатів.

Марка насосу	Параметр			
	Подача Q, м <sup>3</sup> /год	Напір, м	ККД, %	Витік, л/год
К90/20	90	20	78	2
СМ100-65-250/4	50	20	60	10
СД 16/25	16	25	49	10
К 50-32-125	12,5	20	55	2
f	12,5	16	60	1
f <sup>+</sup>	90	30	98	3
x <sup>+</sup> , x <sup>-</sup>	max	max	max	min

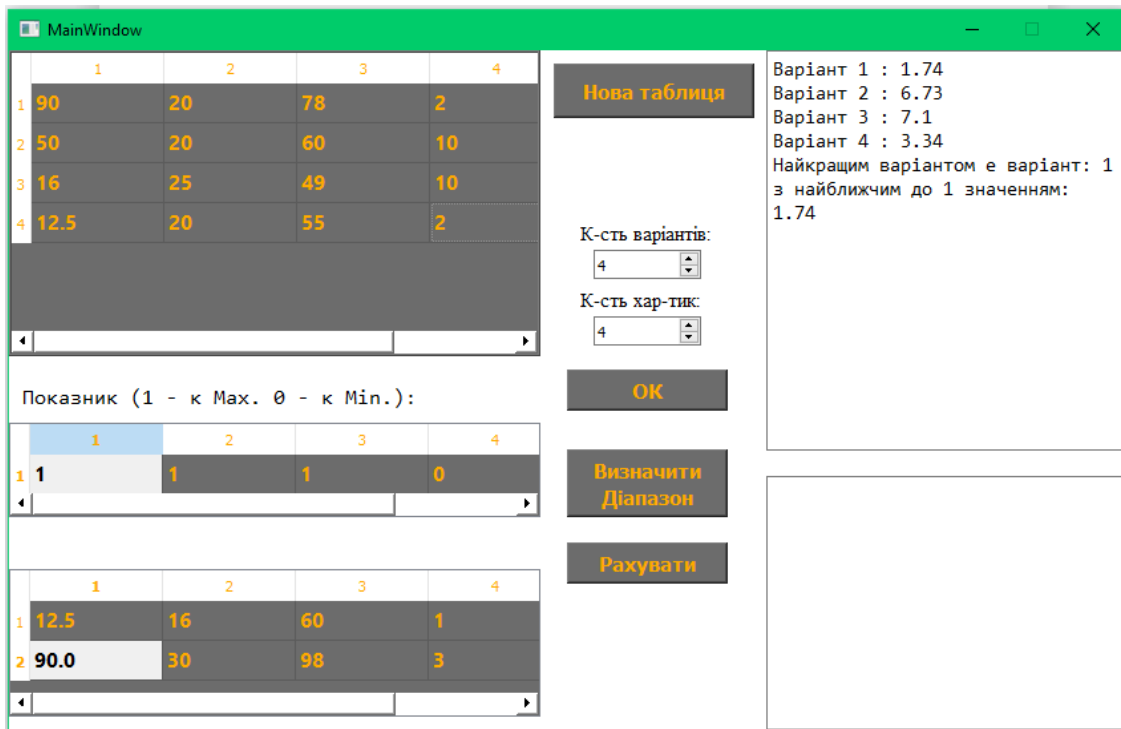


Рисунок 2. Діалогове вікно програми «Вибір», яка розроблена на кафедрі СГМ ТДАТУ для вибору оптимального варіанту насосного агрегату.

За результатами розрахунку (рис. 2) видно, що найменше значення цільової функції отримано для першого варіанту, для нього  $\varphi(x_i) = 1,74$ . Із таблиці 4, видно, що варіанту №1 відповідає насос консольного типу відцентровий К90/20 (рис. 2), який ми і приймаємо для заданої системи зрошення. Виробник насосу – Слобожанський електромеханічний завод, Харків, Україна. Технічна характеристика насосу наведена в таблиці 3.



Рисунок 3. Відцентровий насос, консольного типу К90/20.



Насос К90/20 – промисловий, відцентровий, консольного типу. Перекачує чисту технічну воду з температурою до 85 °С. Матеріал корпусу та крильчатки – чавун СЧ20, вал – сталь. Подача – 90 м<sup>3</sup>/год, напір – 20 м. Агрегатується з електродвигуном потужністю 5,5 – 7,5 кВт та частотою обертання 3000 об/хв.

*Висновки.* 1. Для прийняття рішення щодо вибору оптимального варіанту типу промислового насоса системи крапельного зрошення із множини альтернатив використано аналітичний метод, відповідно до якого значення цільової функції визначає різницю між «ідеальною» альтернативою та тією, що розглядається, а найменша величина відстані відповідає оптимальному варіанту.

2. Визначено, що для забезпечення якісної роботи системи крапельного зрошення дослідної ділянки ТОВ «САН МІЛЕТ» оптимально прийняти насос консольний відцентровий К90/20 з подачею  $Q = 90$  м<sup>3</sup>/год та напором 20 м.

#### Список використаних джерел

1. Рекомендації щодо технології вирощування зерняткових садів на клонівих підщепах за краплинного зрошення в умовах Лісостепу України / За ред. д-р техн. наук, академіка НААН М. І. Ромащенко, канд. с.-г. наук С. В. Рябкова. Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН, 2012. 72 с.
2. Ромащенко М. І., Доценко В. І., Онопрієнко Д. М., Шевелєв О. І. Системи краплинного зрошення: навчальний посібник. Дніпропетровськ: ООО ПКФ „Оксамит-текст”, 2007. 175 с.
3. Садівництво півдня України. Запоріжжя: Дике поле, 2003. 231 с.
4. Ерхов Н. С., Литвиненко А. Ф. Комплексная мелиоративная система для возделывания многолетних насаждений. *Надёжность и качество технологического процесса полива*: сб. научн. тр. ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова М., 1988, с.140–144.
5. Сабиров М. К. Способы полива садов и виноградников в Узбекистане. *Технология орошения интенсивных садов*: сб. научн. тр. ВНИИС им. И. В. Мичурина. Мичуринск, 1981, Вып. 33. С. 91–93.
6. Struchaiev N., Bondarenko L., Vershkov O., Chaplinskiy A. Improving the efficiency of fruit tree sprayers. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 3–10.
7. Odyntsova V., Sushko S., Bondarenko L., Scherbakova N. Application of phenoclimatographic models in stone fruits protecting from spring frosts. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 267–280.
8. Tarasenko V., Bondarenko L., Scherbakova N., Horbova N. Sowing



units for drilling vegetable crops. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 289–298.

9. Matkovskiy O., Karaiev A., Sankov S., Karaieva T. The Parameters Substantiation of Seed Drill Capacity for Stone Crop Seeds. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. Part I. P. 121–131.

10. Karaiev A., Tolstolik L., Chyzhykov I., Karaieva T. Defining Stability of Technological Process of Growing Fruit Crop Seedlings. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. Part I. P.53–62.

11. ДСТУ 4951:2008. Насадження плодів. Проектування. Загальні вимоги. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2009. 15 с.

12. Латоша В. В. Особливості вирощування плодкових культур на зрошенні. Матеріали ІХ Всеукраїнської наук.-техн. конф. Магістрантів та студентів. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 37.

13. Латоша В. В. Розробка системи мікродощування плодкових культур. Матеріали ІХ Всеукраїнської наук.-техн. конф. Магістрантів та студентів. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 54.

14. Караєв А. И. Модель прийняття рішень для формування комплексів машин в садоводстві. *Науковий вісник Національного аграрного університету*, 2003. Вип. 60. С.349–353.

15. Бейтуллаєв Е. Ю. Розроблення програми вибору технічних засобів із множини альтернатив. Матеріали ІХ Всеукраїнської наук.-техн. конф. Магістрантів та студентів. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 39.

Стаття надійшла до редакції 20.03.2022 р.

**L. Bondarenko, O. Vershkov**  
**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **CHOICE OF PUMP TYPE FOR DROP IRRIGATION SYSTEM OF CHERRY PLANTS IN SAN MILET LLC**

### ***Summary***

Among the promising methods of watering, one of the main is drip irrigation, which allows you to create the most favorable conditions for plant growth. Improving the efficiency of this method of irrigation is based on obtaining maximum production with minimum cost of irrigation water and labor.

The work is devoted to the development of elements of the system of irrigation of cherry orchards of LLC "SAN MILET" by choosing the type of pump from a variety of alternatives for the research area of 13.8 hectares.

The lands of the research site are located in the Dry Steppe zone. The type of climate



is continental. The territory is located in the dry steppe soil-ecological zone. The duration of the growing season is 215-220 days, the number of days with temperatures above 10 °C (active

growing season) is 180-185 days. The soil cover of the territory where is designing the system of irrigation of cherry plantations is represented by dark chestnut soils. For cherries on the rootstock Gisela 5 recommended watering after planting (local watering) – 30 dm<sup>3</sup> / seedling, and using a drip irrigation system – 12 waterings.

An analytical method was used to select the optimal type of industrial drip irrigation pump from a variety of alternatives, according to which the value of the objective function determines the difference between the "ideal" alternative and the one under consideration, and the smallest distance corresponds to the optimal option. The following pumps K90 / 20, CM100-65-250 / 4, SD 16/25, K 50-32-125 were selected for research. The calculations were performed using the program "Choice", which was developed at the Department of Agricultural Machinery TSATU. It is established that to ensure the quality of the drip irrigation system of the experimental area it is necessary to accept the centrifugal pump cantilever type K90/20 with a supply of  $Q = 90 \text{ m}^3/\text{h}$  and a head of 20 m.

**Key words:** irrigation, drip, cherry orchard, pumping unit, irrigation rate, many alternatives.



УДК 631.354.022

К. О. Шегеда, інженер.

О. М. Шокарев, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8646-4524

Б. В. Болтянський, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-2072-4025

О. О. Шокарев, інженер.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: alexandr.shokarev@gmail.com

## **ЗБИРАННЯ НЕЗЕРНОВОЇ ЧАСТИНИ ВРОЖАЮ КОМБАЙНОМ ОБЧІСУВАЛЬНОГО ТИПУ**

*Анотація.* До нових технологій комбайнового збирання зернових культур відноситься і метод обчисування рослин на корені. Однак основним стримуючим чинником щодо широкого впровадження у виробництво нової зернозбиральної техніки залишається проблема збирання обчесаного на корені стеблостою.

Для збирання обчесаного на корені стеблостою найбільш придатні такі типи пристроїв, як ріжучий пристрій сегментного типу з транспортуючим механізмом, шнековий ріжучий пристрій та роторний ріжучий пристрій. Розглянуто способи та засоби збирання незернової частини врожаю комбайном очисного типу.

Вирішена задача вдосконалення різального пристрою, в якому шляхом модернізації конструктивно-технологічної схеми, основаної на новій сукупності конструктивних елементів, їх взаємному розташуванні і наявності зв'язків між ними, забезпечується збільшення продуктивності різального пристрою, підвищення надійності технологічного процесу зрізання та валко утворення зрізаних стеблин.

Наведена загальна методика вибору ріжучого пристрою в залежності від культури, що забирається, і технології збору зрізаних стебел.

*Ключові слова:* збирання зернових культур, обчисування рослин, різальний пристрій.

*Постановка проблеми.* В даний час основним способом збирання сільськогосподарських культур є роздільне та пряме комбайнування. Однак створення комбайна з класичною схемою молотарки збільшеної пропускної спроможності супроводжується зростанням його



металоємності, енергоємності та габаритів. Майже три чверті потужності витрачається на те, щоб усіляко перебивати, струшувати солому [1,2].

До нових, менш енергоємних технологій, відноситься і комбайнове збирання сільськогосподарських культур методом обчисування на корені. Розробки такого способу проводяться в Таврійському агротехнологічному університеті міста Мелітополь [1,7].

Однак залишається відкритим питання збирання незернової частини врожаю в даному технологічному процесі. Обчесані рослини, залишені в полі у вигляді не зрізаної маси, перешкоджають роботі ґрунтообробних знарядь. При закладенні не подрібненої соломи в ґрунт вона сприяє накопиченню в орному шарі органіки, що не розклалася, що негативно впливає на врожайність.

Говорячи про збирання незернової частини врожаю, треба мати на увазі, що мета її не лише у збиранні продукції для потреб народного господарства, наприклад у тваринництві, а й у швидкому звільненні полів для виконання операцій із підготовки ґрунту під урожай наступного року.

*Аналіз останніх досліджень.* Відмінність даного способу полягає в тому, пристрій, навішений на комбайн замість жнивarki, здійснює обмолот сільськогосподарських культур на корені з подальшим збором і доробкою обчесаного вороха в комбайні.

Незернова частина врожаю (обчесані стебла) в молотильно-сепаруючій пристрій комбайна не надходить, внаслідок чого досягається суттєве підвищення пропускнуої спроможності комбайна. А враховуючи, що обчесана частина складається на 60...90% із вільного зерна, 10...25% зерна в колосках і до 10% соломи, то значно зменшуються енерговитрати на сепарацію та обмолот маси в комбайні.

Як показали польові дослідження та випробування експериментальних зразків комбайнів обчисувального типу, способом обчису рослин на корені можна забирати сільськогосподарські культури з урожайністю до 100 ц/га та вище. При рівні втрат зерна 0,4...1,0% пристрій мало пошкоджує зерно [1,8]. Переваги цього способу перед традиційним прямим комбайнуванням полягає в наступному: підвищення продуктивності збирання зернових культур та рису; зменшення втрат зерна та його травмування; зменшення енергоємності комбайна; скорочення термінів збирання та звільнення полів під урожай наступного року.

*Формування мети статті.* Метою статті є наведення методики вибору ріжучого пристрою в залежності від культури, що забирається, і технології збору зрізаних стебел.

*Основна частина.* Поставлена мета може вирішуватись кількома альтернативними варіантами, наприклад за першим варіантом, це зріз



стебел після проходження комбайна можливі валковими жниварками з подальшим прибиранням валків соломи. Схеми із застосуванням косарок-подрібнювачів або валкових жниварок після проходження комбайна з обчісуючим пристроєм не забезпечують повний збір усієї маси через утворення колії від ходової частини комбайна. Особливо багато соломи губиться при збиранні зернових культур на перезволожених ділянках та збиранні рису. Втиснутими в колію залишається понад 30% незрізаних обчесаних стебел (рис. 1), що негативно позначається на післязбиральному обробітку ґрунту.



Рисунок 1. Обчесані незрізані стебла після проходження обчісувального пристрою

Зріз стебел після проходження комбайна веде до збільшення витрат на заготівлю незернової частини врожаю за рахунок повторного використання енергозасобів, а це веде до збільшення витрати палива, зношування техніки, а також до ущільнення ґрунту. Тривалий час поле не готове до ґрунтообробних операцій. Тому необхідно зрізати і укласти у валок обмолочені стебла після очисного пристрою до проходження рушіїв комбайна. Можливий варіант зрізу та подрібнення обмолочених стебел з розкидом їх по полю також до проходження рушіїв.

Зупинимося на схемі, при якій ріжучий пристрій з валкоутворювачем встановлюється на комбайні безпосередньо після пристрою, що обчісує, під похилою камерою (рис. 2).





Рисунок 2. Зернозбиральний комбайн обчісувального типу з різальним пристроєм

Обмолочені стебла зрізаються різальним апаратом, відводяться валкоутворюючим механізмом від рушіїв комбайна і укладаються у валок (рис. 3). Дрібно-соломистий оберемок може укладатися зверху валка, а також збиратися в змінний візок і транспортуватися до місць зберігання.



Рисунок 3. Зрізані та покладені у валок обчесані стебла

Для раціональнішого використання збиральної техніки, що підбирає валок, а саме за рахунок зменшення кількості проходів при підборі, необхідно утворювати подвійний валок обчесаних стебел.

Це досягається за умови, якщо валкоутворюючий механізм забезпечений реверсивним пристроєм, а формування валка відбувається збоку комбайна за рушіями по обрізу пристрою.

Внаслідок чого валок обчесаних стебел формується з ділянки шириною 8 метрів при ширині захвату обчісувального та ріжучого пристроїв, що дорівнює 4 метри. Однак можна формувати одинарний валок обчесаних стебел. У цьому випадку валок утворюється по центру

комбайна між рушійними двома контурами валкоутворюючого пристрою, що обертаються один до одного. Така схема доцільна при високій врожайності незернової частини врожаю, а також при використанні обчісувального та ріжучого пристроїв як прокосчиків.

Залежно від обраного технологічного процесу збирання незернової частини врожаю, а також від фізико-механічних властивостей культур, що убираються, у Таврійському агротехнологічному університеті розроблено кілька видів ріжучих пристроїв (роторийний, сегментний з транспортуючим механізмом – рис. 4 та 5, шнековий, розробки доцента кафедри машиновикористання в землеробстві Аюбова А.М. – рис. 6), які встановлюються під похилою камерою комбайна після обчісувального пристрою.



Рисунок 4. Ріжучий пристрій сегментного типу з транспортуючим механізмом

Головним недоліком розглянутого різального апарату сегментного типу з транспортуючим механізмом [3,4] є мала продуктивність, низька надійність процесу очищення зони різання та неможливість відводу зрізаних стеблин з метою утворення валка по центру пристрою при збільшенні ширини захвату. Цей недолік пояснюється тим, що очищення різального апарату від зрізаної рослинної маси відбувається тільки за рахунок інерції руху зрізаних стеблин, без використання транспортуючого механізму.

Це вирішується тим, що в різальному пристрої (рис. 5) встановлено два різальних апарати у вигляді нескінченного тягового елемента з сегментними ножами та транспортуючими граблинами і активним валкоутворювачем. [5,6,7]. Це дозволяє постійно здійснювати очищення зони різання, відвід зрізаної маси та утворювати валок по центру пристрою. По центру різального пристрою встановлено дільник, який підводить рослини до різального апарату, що дозволяє зрізати усі рослини без пропусків.

Різальний пристрій містить: два різальних апарата, кожний з яких складається з нескінченного тягового елемента 1, на нижній площині якого закріплені сегментні ножі 3, на верхній площині закріплені

транспортуючі граблини 2. Сегментні ножі 3 обертається без коливань над протирізальними пальцями 4. Відбиваючі вальці 6 активного валкоутворювача, як і робочі гілки різальних апаратів, рухаються в протилежному напрямку до викидного вікна де встановлено дільник 5.

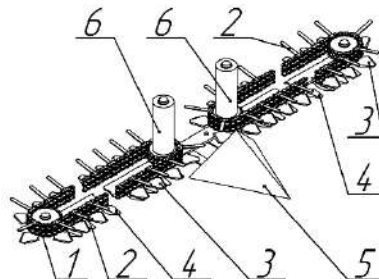


Рисунок 5. Різальний пристрій комбайну обчісувального типу

Різальний апарат працює наступним чином. Рослини зрізаються сегментними ножами 3 у взаємодії з протирізальними пальцями 4. В мить зрізу граблина 2 взаємодіє боковою поверхнею з рослинами та переорієнтує їх таким чином, що вони опиняються на верхній поверхні граблини 2. Зрізана маса переміщується на граблях 2 над зоною різання до місця формування валка, тим самим зона різання постійно очищується від зрізаних стеблин. Очищення граблів 2 та утворення валка здійснюється за рахунок різкого збільшення лінійної швидкості в момент розвороту граблів. В цей час зрізані стебла взаємодіють з поверхнею відбиваючих вальців 6 активного валкоутворювача та змінюють напрям руху в потрібну область простору – зону викидного вікна. Тим самим поліпшується пропуск зрізаної маси, повністю очищується зона різання у районі вихідного вікна та утворюється валок. Рослини, що підходять до різального пристрою по центру, підводяться дільником 5 до різального апарату, що дозволяє зрізати усі рослини без пропусків.



Рисунок 6. Шнековий ріжучий пристрій

Роторний ріжучий пристрій, що має горизонтальну вісь обертання, зрізає обчесані стебла, подрібнює та розкидає по полю.

Залежно від фізико-механічних властивостей культур і технології збирання незернової частини на комбайн обчісувального типу навіщується той чи інший тип ріжучого пристрою. Загальна методика вибору ріжучого пристрою представлена на рисунку 7.



Рисунок 7. Схема вибору різального пристрою



Для потреб тваринництва обчесані стебла використовуються як підстилки. З цією метою валок підбирають стогоутворювачами або підбирачами копнувачами, після чого волокушами копни стягуються до місць скиртування. Цей спосіб дуже економічний і забезпечує швидке звільнення полів від незернової частини врожаю.

При тривалому зберіганні НЧУ і в тих випадках, коли солому перевозять автотранспортом на великі відстані, використовують прес-підбирачі та рулонні преси. Однак у цьому випадку поля тривалий час не звільняються від соломи.

*Висновок.* Розроблені ріжучі пристрої дозволять раціонально використовувати зернозбиральні комбайни обчисувального типу на збиранні різних сільськогосподарських культур за різної технологічної схеми збору незернової частини врожаю. На підставі вищевикладеного можна зупинитися на наступній, як найкращій, технологічній схемі збирання НЧУ при комбайновій технології збирання зернових культур і рису методом обчисування рослин на корені. Ця схема включає в себе збір половини в змінний візок, зріз і укладання у валок обмолочених стебел за допомогою ріжучого пристрою, встановленого безпосередньо на комбайні після обчисувального пристрою, і підбір валка стогоутворювачами або підбирачами-копнувачами з використанням волокуш, а також прес-підбирачів або рулонних пресів.

Список використаних джерел

1. Boltianskyi V., Sklyar R., Dereza S., Grigorenko S., Syrotyuk S., Jakubowski T. The Process of Operation of a Mobile Straw Spreading Unit with a Rotating Finger Body-Experimental Research. *Processes*, 2021, 9(7), P. 1144; <https://doi.org/10.3390/pr9071144>
2. Komar A. S. Fertilization of poultry manure by granulation. *Innovative Technologies for Growing, Storage and Processing of Horticulture and Crop Production: Abstracts of the 5th International Scientific and Practical Conference*. 2019. P. 18–20.
3. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. P. 478-480.
4. Шокарев О.М. Обґрунтування технологічної схеми та основних параметрів різального пристрою рисозбирального комбайну обчисувального типу. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Луганськ.: ЛНАУ, 2002.
5. Шегеда К.О., Шокарев О.М., Данченко М.М. Кінематичний аналіз транспортуючого механізму різального пристрою комбайна обчисувального типу *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Технічні науки*. Вип. 156. Харків, 2015.



6. Шегеда К. О., Шокарев О. М., Шокарев О. О. Механіко-технологічні особливості взаємодії обчесаних стебел з робочими органами різального пристрою *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2015. Вип. 15, т. 3. 360 с.
7. Shokarev O., Kiurchev S., Shokarev O., Rud A., Gorbovy O. Results of experimental research in separator dielectric aspiration channel. *Engineering for Rural Development*. 2021. Vol. 20. P. 1611-1616. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF346.
8. Grigorenko S. 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. P. 255-257.
9. Zhuravel D., Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. *Multidisciplinary academic research: Abstracts of I International Scientific and Practical Conference*. Amsterdam, Netherlands 2021. P. 83-86.
10. Komar A. Basic methods of preparation of organic fertilizer from quail manure. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: мат. III Міжн. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 183-187.
11. Boltianska N., Serebryakova N. Safety measures during operation of biogas plant. *OSHAgro – 2021: Збірник тез I Міжн. наук.-практ. конф.* Київ: НУБіП, 2021. С. 22-24.
12. Skliar O., Neparko T. Increasing the performance of the park of equipment with Telematics. *Інформаційні технології в енергетиці та АПК: матер. X-ої Міжн. наук.-практ. конф.* ЛНАУ, 2021. С. 51-54
13. Sheheda K., Shokarev O., Kiurchev S., Danchenko M., Mykhailova L. Results of research of combine harvester cutterbar. *Engineering for Rural Development*. 2021. Vol. 20. P. 1632-1637. DOI: 10.22616/ERDev.2021.20.TF350.
14. Podashevskaya H., Manita I. Application of nanotechnology in technological processes of animal husbandry in Ukraine. *Інженерія природокористування*. Харків: ХНУСГ, 2020. №2(16). С. 33 – 37.
15. Manita I. Areas of application of nanotechnologies in animal husbandry. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали. II Міжнар. наук.-практ. конф.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 357-361.
16. Komar A. S. The influence of technological characteristics of the udder of cows on suitability for machine milking. *Науковий вісник ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1.
17. Boltyansky O. V. Analysis of the main areas of resource conservation in animal husbandry. *Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa*. 2016. Vol. 18, No 13. P. 49-54.



18. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens, Greece 2021. P. 231-233.

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

Стаття надійшла до редакції 18.03.2022 р.

**K. Sheheda, O. Shokarev, B. Boltianskyi, O. Shokarev  
Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University**

### **COLLECTION OF NON-GRAIN PART OF HARVEST BY COMPUTER TYPE**

#### *Summary*

Currently, the main method of harvesting crops is separate and direct combining. However, the creation of a combine with a classic scheme of threshing machine increased capacity is accompanied by an increase in its metal content, energy consumption and size. Almost three quarters of the power is spent on interrupting, shaking the straw. New, less energy-intensive technologies include combine harvesting of crops by the method of combing at the root. However, the question of harvesting the non-grain part of the crop in this technological process remains open. Combed plants left in the field in the form of uncut mass interfere with the work of tillage implements. When laying uncrushed straw in the soil, it contributes to the accumulation in the arable layer of organic matter that has not decomposed, which negatively affects yields. The method of combing plants at the root is one of the new technologies of combine harvesting of grain crops. However, the main deterrent to the widespread introduction of new grain harvesting equipment remains the problem of harvesting stems combed at the root. Types of devices such as segment-type cutting device with conveyor mechanism, screw cutting device and rotary cutting device are the most suitable for harvesting stem stalks. Methods and means of harvesting the non-grain part of the crop with a cleaning combine are considered. The problem of improving the cutting device is solved, in which by modernizing the structural-technological scheme based on the set of structural elements, their mutual location and the presence of connections between them, increases the productivity of the cutting device, increases the reliability of the cutting process and rolls cut stems. The general method of choosing a cutting device depending on the crop being harvested and the technology of collecting cut stems is given.

**Key words:** harvesting cereals, combing plants, cutting unit.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-9

UDC 66.047.75

L. Yu. Bondarenko, PhD

ORCID: 0000-0001-5858-7375

*Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University*

e-mail: larysa.bondarenko@tsatu.edu.ua, тел.: (098)8460056

## PREPARATION OF SAWDUST AND CHIPS OF CUT BRANCHES OF FRUIT TREES FOR PELLETIZING

*Summary.* The paper considers the preparation of sawdust and chips of cut branches of fruit trees for pelletizing by drying, with the further use of pellets as fuel for solid fuel boilers. A calculation method and a paradigm for determining the drying parameters are proposed; a scheme for preparing sawdust and chips for pelletizing by drying is proposed. Sawdust and chips of cut branches of fruit trees are prepared for drying, they are transferred to a drying drum, where they are dried to the required moisture content. Therefore, it is important to correctly calculate the amount of water removed during the drying process. The proposed method for calculating the drying process and the scheme for preparing sawdust and chips of cut branches of fruit trees for pelletizing by drying can be used in the design and selection of equipment.

*Key words:* preparation, sawdust, wood chips, cut branches of fruit trees, drying, drying drum, hopper, furnace, auger, raw material moisture content, pelletizing.

*Formulation of the problem.* At present, the issue of saving energy resources is very relevant. Cut branches of fruit trees are a byproduct of horticulture, but most often they are thrown away. Although according to DSTU ISO 13600-2001, cut branches are a renewable resource that can be used as an energy product for heating [1]. One of the most rational ways to use fruit tree branches is to burn them in crushed wood chips or sawdust. The heat of combustion  $Q_{\text{H}}^{\text{P}}$  of sawdust and chips of cut branches of fruit trees ranges from 10 MJ/kg to 16 MJ/kg [2]. However, pellets from cut branches of fruit trees are much more convenient for transportation, storage and burning. The industry began to produce various press granulators and press briquettes for pressing dry plant waste [3]. The experience of real work of briquetting presses showed that when chips or sawdust from cut branches of fruit trees of high humidity are fed into the pressing chamber, where it is compressed and simultaneously heated to a temperature of 280-310 ° C, the water in them boils, forming high pressure steam that "shoots" the briquette





or pellet with great force, destroying it and presenting a danger to workers.

Therefore, one of the main preliminary operations before pelletizing chips or sawdust from cut branches of fruit trees is their drying.

*Analysis of recent achievements.* The work is devoted to the issue of preparing chips or sawdust from cut branches of fruit trees for pelletizing by drying. Since the dryer performs a technological technique that affects subsequent operations and their results, the role of the dryer is associated with the main technological process for the manufacture of fuel pellets from cut branches of fruit trees. There are various designs of dryers for vegetable raw materials produced by the world mechanical engineering [3-5], but they do not cover the entire range of plant performance. Conventionally, dryers can be divided into three sizes: for industrial production, for small-scale production and for subsidiary farming [6,7]. To date, the 1st and 2nd types are quite fully covered, as for the subsidiary plots, the dryers are represented insignificantly.

*Formulation of the objectives of the article.* The main purpose of the article is to show the sequence of calculation of the drying process for the preparation of chips or sawdust from cut branches of fruit trees for the pelletizing process.

The task of the work is to propose a method for determining the amount of water that must be removed from wood chips or sawdust from cut branches of fruit trees and calculating the amount of fuel required to remove it by drying in a dryer. Give the main design parameters of the dryer, allowing you to perform the drying process.

*The main part.* Plant waste pelletizing plant allows, to obtain high-quality fuel pellets from a wide variety of plant waste, including wood chips or sawdust from cut branches of fruit trees such as cherry, apricot, apple, pear, plum, and vine branches with the subsequent use of the obtained pellets in the form of fuel for boilers of various modifications. Pellets are produced without chemical binders under high pressure. The pellet press consists of a receiving hopper, a dosing screw, a pressing screw, a divider, an exhaust hood. Pre-dried to the required moisture content (6...8%), plant waste enters the receiving hopper and then evenly, by a dosing screw, is fed into the pressing chamber, where compression and simultaneous heating of the crushed mass to a temperature of 280-310°C. Under the influence of temperature, the surface of the pellets melts, which contributes to a very long storage and convenient transportation of products. As a result of heat treatment, a natural binder is released: lignin, and with a strong degree of compression, raw material is pelletized to a specified density of 950 ... 1200 kg/m<sup>3</sup>. After pressing, the pellets come out of the press and are divided by a divider into pellets of a certain length. The resulting pellets are sent for cooling and storage. At the same time, such a pellet does not ignite in air,



since it does not contain hidden, self-igniting pores.

The dryer is designed for continuous drying of vegetable raw materials: chips or sawdust from cut branches of fruit trees before pelletizing. The dryer is operated indoors with the installation of ventilation smoke exhaust equipment. The dryer is a drum, which is adjoined by a loading hopper and a firebox (heat generator). The main part of the dryer is an inclined cylindrical drum. A rotating auger with special blades is installed inside the drum, ensuring uniform distribution and good mixing of the material.

The drying agent is hot air. The drying agent is heated in a furnace (heat generator). Inside the drum, along its entire length, there is a screw with blades, which, when rotated, contribute to pouring the dried product, mixing it with simultaneous gradual movement to the discharge opening. When the auger rotates, the blades grab and lift the material, and then it, falling down, is washed by hot air. Continuously mixing, the dried material moves to the unloading device. The dried material is automatically removed through the discharge opening.

We have developed a method for determining the amount of water that must be removed from chips or sawdust from cut branches of fruit trees and calculating the amount of fuel required to remove it by drying in a dryer. To do this, it is necessary to set the following conditions: for drying, we use atmospheric air at an initial temperature  $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$  and humidity  $\varphi = 60\%$ . In the heater, the drying agent (air) is heated to  $t_2 = 95^{\circ}\text{C}$  and sent to the dryer, from where it exits at  $t_3 = 35^{\circ}\text{C}$ .

To perform calculations, it is necessary to determine the final relative humidity of the air,  $\varphi_2$  % (to prevent moisture condensation, it must be less than 95%); air consumption per 1 kg of evaporated moisture,  $V$ ,  $\text{m}^3/\text{kg}$  (knowing the air consumption, you can accurately select the fan number); heat consumption per 1 kg of evaporated moisture,  $q$ ,  $\text{kJ}/\text{kg}$  (knowing the heat consumption, it is possible to determine the fuel consumption in the furnace necessary for high-quality drying).

According to the  $H - d$  - diagram, we find point at the intersection of the lines  $t_1=20^{\circ}\text{C}$  and  $\varphi_1=60\%$  and for it we determine the water content in a cubic meter of air (moisture content) equal to  $d_1 = 8.9$  grams per kg and enthalpy  $H_1 = 42,7$   $\text{kJ}/\text{kg}$ .

We draw the line  $d = \text{const}$  from this point to the intersection with the isotherm  $t_2 = 95^{\circ}\text{C}$ . The point of intersection characterizes the state of the air at the outlet of the furnace.

From this point we draw the line  $H = \text{const}$  until it intersects with the isotherm  $t_3 = 35^{\circ}\text{C}$ . The intersection point characterizes the state of the air leaving the dryer. The moisture content of the drying agent (air) at the outlet of the dryer will be:  $d_3 = 33$  grams/kg; enthalpy at the exit from the dryer will be:  $H_3 = 120$   $\text{kJ}/\text{kg}$ .



We determine the change in the moisture content of moist air, relative to 1 kg of dry air:

$$\begin{aligned}\Delta d &= d_3 - d_1, \\ \Delta d &= 33 - 8,9 = 24,1 \text{ grams/kg}\end{aligned}\quad (1)$$

That is, 1 kilogram of air can take 24.1 grams of water from chips or sawdust from cut branches of fruit trees and remove it in the form of water vapor (it is very important that the steam does not condense in the dryer or at its outlet).

We determine the cost of dry air in kg for the evaporation of 1 kg of moisture:

$$\begin{aligned}l &= \frac{1000}{\Delta d}, \\ l &= \frac{1000}{24.1} = 41.5 \text{ kg/kg}\end{aligned}\quad (2)$$

We determine the consumption of dry air in 1 m<sup>3</sup> for the evaporation of 1 kg of moisture:

$$\begin{aligned}V &= \frac{l}{\rho}, \\ V &= \frac{41.5}{1.29} = 32.2 \text{ m}^3/\text{kg}\end{aligned}\quad (3)$$

Heat consumption in the furnace for heating 1 kg of air:

$$\begin{aligned}\Delta H &= H_3 - H_1, \\ \Delta H &= 120 - 42.7 = 77.8 \text{ kg/kg}\end{aligned}\quad (4)$$

Heat consumption in the furnace for heating 1 m<sup>3</sup> of air:

$$\begin{aligned}\Delta H_1 &= \frac{\Delta H}{\rho}, \\ \Delta H_1 &= \frac{77.8}{1.29} = 60.3 \text{ kJ/m}^3\end{aligned}\quad (5)$$

Heat consumption per 1 kg of evaporated moisture (that is, 41.5 kg of dry air):

$$\begin{aligned}q &= l \cdot \Delta H, \\ q &= 41.5 \cdot 77.3 = 3208 \text{ kJ/kg}\end{aligned}\quad (6)$$

The performance of the dryer in terms of the amount of evaporated moisture:

$$\begin{aligned}W_{c.y.} &= G_1 \frac{W_1 - W_3}{100 - W_3}, \\ W_{c.y.} &= 1000 \frac{50 - 12}{100 - 12} = 431.82 \text{ kg/h}\end{aligned}\quad (7)$$

At different initial humidity (50...65%), in order to dry chips or sawdust from cut branches of fruit trees to 8...12%, it is necessary to remove from 1000 kg of chips or sawdust from cut branches of fruit trees, from 380 to 570 kg of water.



The performance of the dryer in terms of the amount of dried chips or sawdust from cut branches of fruit trees:

$$G_3 = G_1 - W_{c.y.}, \quad (8)$$

$$G_3 = 1000 - 380 = 620 \text{ kg/h}$$

The duration of the drying process of chips or sawdust from cut branches of fruit trees significantly affects the quality of dried chips or sawdust from cut branches of fruit trees and cannot be chosen arbitrarily [7]. In order to ensure the maximum quality of chips or sawdust from cut branches of fruit trees, the drying speed should correspond to the permissible moisture removal - a decrease in moisture per unit time. For chips or sawdust from cut branches of fruit trees, the duration ( $\tau$ ) of the drying process (*min*) is determined from the ratio:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = 0.185\tau + 3 \quad (9)$$

Given that when moving along the drum, chips or sawdust from cut branches of fruit trees are part of the time in a layer with low evaporation, the value of  $\tau$  should be taken equal to at least 12 min.

The heat balance of the dryer drum is determined from the heat balance equation for the actual drying process [8]:

$$\begin{aligned} \Delta q &= l \cdot (H_1 - H_0) = l \cdot (H_2 - H_0) = \\ &= q_{fbox} + q_{conv} + q_5 + q_{add} + C_m \cdot t_{chip} \end{aligned} \quad (10)$$

The value of  $\Delta q$  is the amount of heat lost (if  $\Delta q < 0$ ) or added (if  $\Delta q > 0$ ) per 1 kg of evaporated moisture.

Determination of the numerical value of the quantity  $\Delta q$ :

$$\Delta q = q_{add} + C_m \cdot t_{chip} - (q_{fbox} + q_{conv} + q_5) \quad (11)$$

Additional amount of heat introduced into the drying chamber, in this case  $q_{add} = 0$ ; the physical amount of heat of moisture introduced into the material to be dried (chips or sawdust from cut branches of fruit trees):  $C_m \cdot t_{chip}$  kJ/kg;  $C_m = 4.19$  kJ/kg; the amount of heat spent on heating the material (chips or sawdust from cut branches of fruit trees):

$$q_{fbox} = \frac{G_2 \cdot C_{chip}}{W_1} + (t''_{chip} - t'_{chip}), \quad (12)$$

Where  $C_{chip}$  - mass heat capacity of chips or sawdust from cut branches of fruit trees, kJ/(kg·K):

$$C_{chip} = 4.19 \left[ \frac{0.37(100 - W_2) + W_2}{100} \right], \quad (13)$$

$q_{conv.}$  - consumption of the amount of heat for heating transport devices, in this case  $q_{conv.} = 0$ ;

$q_5$  - heat loss to the environment:

$$q_5 = \frac{1}{W_{cb}} \cdot K \cdot F_{c\delta} \cdot \Delta t. \quad (14)$$



$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}, \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (15)$$

Where  $\alpha_1$  is the coefficient of heat transfer from flue gases to the inner walls of the drying drum,  $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ .

$\alpha_2$  is the coefficient of heat exchange between the outer walls of the dryer drum and the outside air,  $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ . We accept:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 1.163(5 + 3.4v);$$

Where  $v$  – speed of flue gases inside the drying drum approximately.  $v = 3$  m/s;

$\delta$  – drum wall thickness  $\delta = 0.003$  m;

$\lambda$  – coefficient of thermal conductivity of the drum wall.  $\lambda = 57 \frac{W}{m \cdot K}$ ;

$\Delta t$  - temperature difference:

$$\Delta t = \frac{\Delta t_\delta - \Delta t_m}{2.3 \lg \frac{\Delta t_\delta}{\Delta t_m}}; \quad (16)$$

$F$  – dryer surface area,  $m^2$ :

$$F_{c\delta} = \pi DH + \frac{2\pi D^2}{2}. \quad (17)$$

Fuel consumption for a real dryer:

$$B = \frac{q_c \cdot W_{c.y.}}{Q_b^p \cdot \eta_m \cdot \eta_{mp}}, \quad (18)$$

$$B = \frac{3.208 \cdot 431.82}{17 \cdot 0.6} = 135.81 \text{ kg/h}$$

where  $\eta_{mp}$  – efficiency furnaces taking into account the heat radiation of pipelines.  $\eta_{mp} = 0.6$ .

With different initial humidity, in order to remove from 1000 kg of chips or sawdust from cut branches of fruit trees, from 380 to 570 kilograms of water, it is necessary to burn from 54 to 135.81 kilograms of firewood.

Calculation of the hydraulic resistance of the gas path and fan for the dryer drum.

Resistance of a layer of chips or sawdust from cut branches of fruit trees, mm w.c.:

$$\Delta S_3 = \frac{a \cdot H \cdot v^2 \cdot p_1 \cdot C_1}{d \cdot 2 \cdot 9.8}, \quad (19)$$

Reynolds number:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}, \quad (20)$$

at  $v = 3$  m/sec;  $d = 0,01$  m;  $\nu = 20 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s:  $Re = 6 \cdot 10^{-6}$ .



$$a = \frac{490}{R_e} + \frac{100}{\sqrt{R_e}} + 5.85, \quad (21)$$

$H$  is the length of the drying drum,  $H = 4,7$  m;

$\rho_1$  is flue gas density,  $\rho_1 = 1,04$  kg/m<sup>3</sup>;

$$C_1 = \frac{1 + \xi}{\xi}; \quad (22)$$

$$\xi = \frac{p_k - p_m}{p_k},$$

where  $\rho_k$  – density of chips or sawdust from cut branches of fruit trees,  $\rho_k = 1200$  kg/m<sup>3</sup>;

$p_m$  – density of chips or sawdust from cut branches of fruit trees in a loose layer, kg/m<sup>3</sup>:

$$p_m = \frac{0.25(G_1 - G_2)\eta}{0.75 \cdot 2 \cdot V_\delta};$$

$\eta$  – drum fill factor,  $\eta = 0,33$ .

$V_\delta$  – drum volume, m<sup>3</sup>:

$$V_\delta = \frac{\pi D^2}{4} H;$$

$d$  – particle size (chips or sawdust from cut branches of fruit trees),  $d = 0,008$  m.

Hydraulic resistance of the cyclone:  $\Delta S_c = 30$  mm w.c.

Hydraulic resistance of the firebox:  $\Delta S_m = 5$  mm w.c.

Local resistance and friction losses:

$$\sum \Delta S_m = 0.1 \cdot (\Delta S_3 + \Delta S_c + \Delta S_m). \quad (23)$$

Total hydraulic resistance of the tract, mm w.c.:

$$\Delta S = \Delta S_3 + \Delta S_c + \Delta S_m + \sum \Delta S_m. \quad (24)$$

Dynamic head, mm w.c.:

$$H_d = \frac{v_w \cdot p_1}{2 \cdot 9.81}. \quad (24)$$

$v_w$  – gas flow velocity in the fan inlet window,  $v_w = 24$  m/s;

Total fan pressure:

$$H_n = H_d + \Delta S. \quad (25)$$

Choice of the drying drum fan according to the speed in the inlet window and fan supply (dry air consumption in m<sup>3</sup> for evaporating 1 kg of moisture):

$$V = \frac{l}{\rho} = \frac{41.5}{1.29} = 32.2 \text{ m}^3/\text{kg}.$$

The performance of the dryer in terms of the amount of evaporated moisture:

$$Q_m = V \cdot W_{c.y.} \quad (26)$$



$$Q_m = 32.2 \cdot 431.82 = 0.54 \text{ m}^3/\text{s} = 13905.7 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

We determine the fan type VR 189-57 number No. 5

Power consumed by the fan:

$$N = 1.15 \cdot \frac{Q_c \cdot H_n}{1.02 \cdot \eta} \quad (27)$$

where  $\eta$  – efficiency fan is determined by the nomogram,  $\eta = 0.44$ .

$$N = 1.15 \cdot \frac{3.8 \cdot 700}{1.02 \cdot 0.44} = 6.8 \text{ kW}$$

*Conclusions.* The proposed method can be used for practical application in the calculation of preparatory operations before pelletizing plant waste, such as wood chips or sawdust from cut branches of fruit trees.

With different initial humidity, in order to dry chips or sawdust from cut branches of fruit trees up to 8%, it is necessary to remove from 1000 kg of raw materials from 380 to 570 kilograms of water and it is necessary to burn from 54 to 135.81 kilograms of firewood.

The pipe from the furnace to the dryer drum and the dryer drum itself must be thermally insulated, which will reduce heat losses and prevent water vapor condensation.

#### References

1. 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*. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2019. С. 92–99.

2. Караєв О. Г., Стручаєв М. І., Бондаренко Л. Ю. Підвищення ефективності топки для використання енергопродукту з плодової деревини у якості біопалива. *Вісник Харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків, 2019. Вип. 201: Інноваційні проекти у галузі технічного сервісу машин. С. 253–259.

3. Karaiev A., Tolstolik L., Chyzykyov I., Karaieva T. Defining Stability of Technological Process of Growing Fruit Crop Seedlings. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. Part I. P.53–62.

4. Matkovskiy A., Karaiev A., Sankov S., Karaieva T. The Parameters Substantiation of Seed Drill Capacity for Stone Crop Seeds. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing, 2019. Part I. P.121–131.

5. Бондаренко Л. Ю., Стручаєв М. І., Вершков О. О., Філіпов Д. О. Підвищення ефективності використання відходів плодової деревини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. С.74–83.



6. Червоткіна О. О., Стручаєв М. І., Тарасенко В. Г. Дослідження процесу гранулювання овочевих відходів за допомогою прес-гранулятора з плоскою матрицею. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. 160–168.

7. Група компаній «Промфактор». Каталог продукції. URL: <http://www.promfactor.com/?mode=katalog>.

8. Didur V. A., Struchaiev M. I. *Teplotekhnika, teplopostachannya i vykorysyannya teploty v sil's'komu gospodarstvi* [Heat engineering, heat supply and heat using in agriculture.]. Kiev.:Agrarna osvita, 2008. 233 pp. [in Ukrainian]. <http://nmcbook.com.ua/wpcontent/uploads/2017/11/pdf>

Стаття надійшла до редакції 21.03.2022р.

**Л. Ю. Бондаренко**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**

## **ПІДГОТОВКА ТИРСИ ТА ТРІСКИ ЗРІЗАНИХ ГІЛОК ПЛОДОВИХ ДЕРЕВ ДО ПЕЛЕТУВАННЯ**

### *Анотація*

У роботі розглянуто підготовку тирси та тріски зрізаних гілок плодкових дерев до пелетування шляхом сушіння з подальшим використанням пелет як палива для твердопаливних котлів. Запропоновано метод розрахунку та парадигму визначення параметрів сушіння; запропоновано схему підготовки тирси та тріски зрізаних гілок плодкових дерев до гранулювання шляхом сушіння. Після аналізу вихідної сировини переходять до початкового етапу, на якому тирсу та стружку зрізаних гілок плодкових дерев готують до сушіння, подають у сушильний барабан, де сушать до необхідної вологості 6...8%. Для сушіння використано атмосферне повітря з початковою температурою і вологістю. У нагрівачі (осушувачі) повітря нагрівають до 95<sup>0</sup>С і направляють в сушарку.

Визначено зміну вологості повітря в утеплювачі та витрату сухого повітря на випаровування 1 кг води. Розраховано витрата тепла в обігрівачі на нагрів повітря. Важливо правильно розрахувати кількість води, що видаляється в процесі сушіння. Встановлено, що при різній початковій вологості, щоб висушити тріску або тирсу зі зрізаних гілок плодкових дерев до 8%, необхідно видалити зі 1000 кг сировини від 380 до 570 кілограмів води і спалити від 54 до 135,81 кг дров. З рівняння теплового балансу визначено тепловий баланс барабана сушарки для фактичного процесу сушіння.

Зроблено розрахунок гідравлічного опору газового тракту і вентилятора сушильного барабана, а також опору шару стружки або тирси зі зрізаних гілок плодкових дерев. Це дозволило вибрати вентилятор сушильної машини відповідно до швидкості у впускному вікні. Запропонована методика розрахунку процесу сушіння та схема підготовки тирси та тріски зрізаних гілок плодкових дерев до гранулювання сушінням можуть бути використані при проектуванні та підборі обладнання.

**Ключові слова:** підготовка, тирса, тріска, зрізані гілки плодкових дерев, сушіння, сушильний барабан, вологість сировини, пелетування.





DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-10

УДК 631.361.43: 664.788

К. О. Самойчук, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-3423-3510

Н. О. Фучаджи, к.т.н., ст. викл.

ORCID: 0000-0001-9433-6282

О. П. Ломейко, к.т.н. доц.

ORCID: 0000-0001-7407-545X

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: kyrylo.samoichuk@tsatu.edu.ua, тел.: (097)8805485

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СТАТИЧНИХ ГІДРОДИНАМІЧНИХ КАВІТАТОРІВ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО ЗМІШУВАННЯ РІДИН

*Анотація.* В роботі представлений огляд існуючих конструкцій статичних гідродинамічних змішувачів, що використовуються в харчовій промисловості, та надані основні теоретичні залежності процесу статичного змішування.

Статичні змішувачі для безперервного змішування рідин останні десятиріччя широко застосовуються при переробці нафти і газу, у нафтохімії, при виробництві та переробці пластмас, очищенні газів, питної та стічних вод, у виробництві синтетичних волокон, харчовій та переробній промисловостях та інших галузях народного господарства. Висока ефективність змішування, низькі капітальні та експлуатаційні витрати, мале споживання енергії, невеликі розміри, відсутність рухомих деталей – все це вигідно відрізняє статичні змішувачі від інших способів змішування значно меншими габаритними розмірами та металоємністю, відсутністю рухомих частин і, отже, більшою надійністю.

Назва статичні змішувачі пов'язана з тим, що в пристроях цього типу відсутні будь-які частини, що рухаються. Однак конструктивні особливості змішувача дозволяють так перебудовувати поле швидкостей і змінювати напрямок ліній струму, що площа поверхні розділу істотно збільшується і рідка суміш весь час проходить через кожен з елементів статичного змішувача, що повторюються.

Хоча для кожного типу статичних змішувачів характерна своя картина змішування, проте загальним є те, що збільшення поверхні розділу між компонентами суміші досягається двома способами за рахунок зсувної або екстенсивної течії та за рахунок розщеплення та перебудови потоків рідини. В обох випадках потрібний перепад тиску. Це визначає кількість елементів змішування в статичному змішувачі, а отже, і якість змішування. Існує велика кількість конструкцій



статичних змішувачів (з гвинтовими елементами, проміжними камерами, пластинчастими та гофрованими елементами тощо). Для кожного з типів статичних змішувачів характерна своя картина змішування, однак загальним є те, що збільшення поверхні розділу між компонентами суміші досягається двома способами за рахунок зсувної течії та за рахунок розщеплення та переорієнтації потоків рідини.

*Ключові слова.* Статичне змішування, гідродинаміка, кавітатор, турбулентний рух.

*Постановка проблеми.* Коли виникає необхідність в перемішуванні компонентів з метою отримання сумішей з високим ступенем однорідності використовують різноманітні змішувачі. Змішування - процес отримання однорідних сумішей (суспензій, емульсій та розчинів) або інтенсифікації теплообміну та масообміну при виконанні процесів харчової та переробної промисловості. Способи змішування і вибір апаратури для нього визначається метою змішування та агрегатним станом речовин, які змішуються [1-3].

Незважаючи на широку розповсюдженість змішувачів і мішалок у багатьох галузях машинобудівної, хімічної, переробної, харчової промисловості та сільського господарства дотепер існує проблема створення компактних універсальних змішувачів з високою продуктивністю (>5-10 т/год), які мають низькі питомі енерговитрати (< 1 кВт·год/т) [4]. Більшість наявних мішалок є застарілими рамними мішалками періодичної дії з надвисокими масогабаритними показниками та (або) низькою продуктивністю [5].

*Аналіз останніх досліджень.* Розрізняють 3 основні способи змішування: механічний (за допомогою мішалок різної конструкції), статичний (за допомогою різноманітних кавітаційних пристроїв) та пневматичний (за допомогою стиснутого повітря або інертного газу) [6, 7]. Найбільш важливими характеристиками змішувального устаткування є ефективність (характеризує якість проведення процесу змішування) та інтенсивність (визначається часом досягнення заданого технологічного результату або числом обертів мішалки при фіксованій тривалості процесу). Найбільше поширення в харчових та переробних виробництвах одержало змішування з уведенням у середовище, що змішується, механічної енергії зовнішнього джерела. Механічне змішування відбувається за допомогою мішалок. При механічному змішуванні розрізняють 2 режими: ламінарний та турбулентний.

Ламінарний рух (від лат. *lamina* - пластина), упорядкований перебіг рідини, при якому рідина переміщується хіба що шарами, паралельними напрямку течії. Спостерігається або у дуже в'язких рідин: меду, згущених молочних продуктів, майонезу, розтопленого вершкового масла, маргарину, або при течіях, що відбуваються з



досить малими швидкостями, а також при повільному обтіканні рідиною тіл малих розмірів. Ламінарний рух має місце у вузьких (капілярних) трубках, шарі мастила в підшипниках, тонкому прикордонному шарі, який утворюється поблизу поверхні тіл при обтіканні їх рідиною або газом, та ін. Зі збільшенням швидкості руху рідини ламінарний рух може в певний момент перейти в неупорядкований турбулентний, при цьому різко змінюється сила опору руху [8, 9].

Турбулентний рух (від лат. *turbulentus* - бурхливий, безладний), форма течії рідини або газу, при якій їх елементи здійснюють неупорядковані, неусталені рухи по складних траєкторіях, що призводить до інтенсивного перемішування між шарами рідини або газу, що рухається. Турбулентний режим руху рідин зустрічається під час руху малов'язких рідин (вода, молоко, спирт) в трубах, каналах, річках.

Найбільш детально вивчені турбулентні рухи в трубах, каналах, прикордонних шарах біля обтічних рідиною або газом твердих тіл, а також так звані вільні турбулентні рухи - струмені, сліди за твердими тілами, що рухаються щодо рідини або газу, і зони перемішування між потоками різної швидкості, не розділених будь якими твердими стінками [9, 10]. Турбулентні рухи відрізняються від ламінарних як своєю складною внутрішньою структурою, так і розподілом осередненої швидкості перетину потоку та інтегральними характеристиками - залежністю середнього перерізу або максимальної швидкості, витрати, а також коефіцієнта опору від числа Рейнольдса.

*Формування мети статті.* Проаналізувати найбільш перспективні конструкції статичних гідродинамічних змішувачів, що використовуються в машинобудівній і харчовій промисловості, та визначити основні аналітичні залежності процесу змішування.

*Основна частина.* Характер режиму руху рідини залежить від співвідношення діючих сил. Якщо під час руху рідини переважають сили в'язкості, ми спостерігаємо ламінарний режим, якщо переважають сили інерції, то спостерігаємо турбулентний режим руху потоку.

Число Рейнольдса, у якому ламінарний режим руху рідини перетворюється на турбулентний, називають критичним і позначають  $Re_{кр}$ . У загальному випадку режим руху рідини визначається безрозмірним комплексом, що характеризує відношення сил інерції до сил тертя [3, 4]:

$$Re = \frac{v_{cp} l}{\nu}, \quad (1)$$

де  $v_{cp}$  – середня швидкість потоку,  $\nu$  – кінематична в'язкість,  $l$  – характерний геометричний розмір живого перерізу (діаметр в круглих



напірних трубах).

В напірних трубах дослідами встановлено, що момент переходу ламінарного режиму в турбулентний відбувається при  $Re_{кр} = 2320$ . Отже рух у трубах при  $Re < 2320$  буде ламінарним, а при  $Re > 2320$  - турбулентним.

$$Re = \frac{v_{cp} R}{\nu}, \quad (2)$$

де  $R = d/4$ , тобто критичне число Рейнольдса буде в 4 рази менше, ніж під час руху в трубах. Отже, при безнапірному русі рідини при  $Re < 580$  матиме місце ламінарний режим, а при  $Re > 580$  – турбулентний.

Перехід ламінарного руху на турбулентний може відбуватися в деякому інтервалі швидкостей. Виділяється зона перехідного режиму, обмежена двома значеннями швидкості течії. Ці граничні значення називаються нижньою та верхньою критичними швидкостями.

При ламінарному режимі змішується тільки той шар рідини, який безпосередньо прилягає до лопаті мішалки. Зі збільшенням кількості обертів збільшується опір середовища обертання мішалки, що призводить до турбулізації межового шару та відтворення турбулентного кормового сліду у просторі за лопатями, які рухаються. При значеннях  $Re > 100$  виникає розвинутий турбулентний режим змішування, який характеризується значно більшою ефективністю та інтенсивністю. Устаткування для змішування містить 3 основні частини: мішалку, вал та привід. Мішалка — робочий елемент пристрою, встановлений на вертикальному або горизонтальному валу. За конструкцією мішалки діляться на лопатеві, пропелерні, турбінні та спеціальні. За типом потоку рідини, що відтворюється в апараті, розрізняють мішалки, які забезпечують тангенційний (рідина рухається концентричними колами, паралельними до площини обертання мішалки), радіальний (рідина рухається від мішалки до стінок апарата перпендикулярно до осі обертання мішалки), осьовий (рідина рухається паралельно до осі обертання мішалки, що дає змогу здійснювати змішування одночасно у всьому об'ємі) та змішаний потоки. Пневматичне змішування стиснутим інертним газом або повітрям застосовується за умов, коли рідина, яка змішується, характеризується високою хімічною активністю і швидко руйнує механічні мішалки.

Найбільш перспективними серед використовуваних для цих цілей видів устаткування є статичні змішувачі, в яких перемішування відбувається без участі рухливих механічних пристроїв. Такі змішувачі встановлюють на трубопроводах, які підводять змішувані компоненти. Суміші, отримані в проточних змішувачах, можуть бути гомогенними



і гетерогенними.

Різні конструкції статичних змішувачів дозволяють задовольнити вимогам різноманітних технологічних процесів. Наявний набір конструкцій дає можливість оптимально вирішити будь-яке поставлене завдання за допомогою відповідного типу змішувачів.

Найважливішими перевагами статичних змішувачів є їх виняткова надійність, простота монтажу, компактність, що дозволяє вбудовувати їх в існуючі технологічні лінії з мінімальними витратами. Статичні змішувачі дозволяють максимально використовувати перепад тиску що витрачаються на перемішування для усереднення концентрацій фаз, що перемішуються.

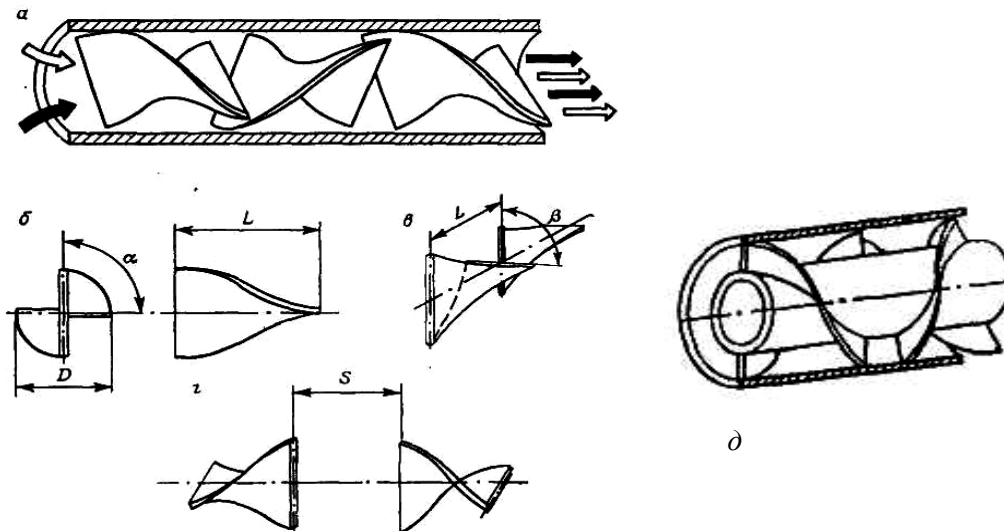
Основним завданням при проектуванні статичних змішувачів є розрахунок ефективності змішування, тобто створення однорідного середовища (отримання якісних композицій) і зниження потужності на прокачування рідини.

На практиці ідеальне змішування досягається не завжди, тому широко поширені критерії змішування, що представляють собою різні комбінації значень теоретичної та експериментальної дисперсії. Для оцінки якості змішування в якості критерію неоднорідності суміші часто використовують середньоквадратичне відхилення частки  $i$ -го компонента. У якості більш загального критерію оцінки ефективності змішування застосовується дисперсія деформації зсуву.

Конструкції гідродинамічних кавітаторів забезпечують багаторазову перебудову поля швидкостей і зміну напрямку ліній струму потоку рідини і змішування компонентів. Статичні гідродинамічні кавітатори мають невеликі габарити при високій продуктивності. Відмінні особливості даного типу обладнання - це забезпечення безперервності хіміко-технологічного процесу і його висока інтенсифікація, можливість реалізації значних величин деформацій і напруг зсуву, інтенсивний гідродинамічний і кавітаційний вплив, що обумовлює високу якість змішування компонентів, інтенсифікацію дифузійних процесів, простоту і надійність апаратурного оформлення. Економічна ефективність застосування гідродинамічних кавітаторів обумовлена низькою металоємністю обладнання, невисокими трудовитратами з обслуговування та експлуатації в порівнянні з ємнісною перемішувальною апаратурою.

Поширеними елементами для створення нестійкості в потоці рідини в конструкціях статичних кавітаторів є гвинтові елементи або тангенціальне введення потоку рідини в робочу камеру. Відповідно до закону збереження енергії, рідина прагне пройти робочу камеру по найменшому шляху. Цьому перешкоджають гвинтові напрямні, що призводить до підвищення зсувних зусиль у потоці, зриву вихорів при

обтіканні верхній частині потоку рідини спіральної навивки і її турбулізації. Гвинтові елементи сприяють завихрюванню усього потоку рідини, що протікає через змішувач, і підсилюють кавітаційні і вихрові ефекти (рисунок 1) [11].



$D$  – діаметр каналу;  $L$  – довжина елемента;  $\alpha$  – кут закрутки спіралі;  $\beta$  – кут контакту торцевих кромок;  $S$  – відстань між сусідніми елементами.

Рисунок 1. Схема статичного змішувача (а), конструкція (б), схеми встановлення (в, г, д) змішувальних елементів.

На відміну від традиційних ємнісних змішувачів, у яких змішування рідин здійснюється шляхом підведення механічної енергії від зовнішнього джерела, статичні змішувачі функціонують при використанні кінетичної енергії потоку, рідкого середовища, що переміщується. Мірою енергії, затрачуваної в статичному змішувачі одиницею маси рідини на вихороутворення в одиницю часу, є дисипація енергії [2]

$$\varepsilon = \frac{(\Delta w)^3}{D} = \lambda \frac{w^3}{D}, \quad (3)$$

де:  $\Delta w$  – зміна миттєвої швидкості рідини на шляху, рівному характерному розміру потоку;  $D$  м/с;  $w$  - середня лінійна швидкість потоку рідини, м/с;  $\lambda$  - безрозмірний коефіцієнт дисипації енергії.

Гідравлічний опір статичного змішувача виражається як енергія, затрачувана одиницею об'єму рідини на проходження через статичний змішувач

$$\Delta p = \varepsilon \tau = \rho w^2 \lambda L / D, \quad (4)$$

де:  $\tau = L/w$  – середній час проходження рідини через статичний



змішувач довжиною  $L$ , с;

$$\rho = \sum_{i=1}^M \rho_i X_i \quad \text{— середня щільність рідини;}$$

$M$  – число компонентів суміші;

$\rho_i$  – щільність  $i$ -го компонента, кг/м<sup>3</sup>;

$X_i = V_i/V$  – об'ємна частка  $i$ -го компонента;

$V_i$  – обсяг  $i$ -го компонента, м<sup>3</sup>;

$V$  – обсяг суміші, м<sup>3</sup>.

Дисипація енергії  $\varepsilon$  – кількість енергії, затрачуваної в одиницю часу на подолання тертя часток одиниці маси рідкого середовища для змішування її компонентів, тобто для впровадження одних часток рідкого середовища між іншими. Цей механізм проявляється при ламінарному режимі руху рідкого середовища через статичний змішувач, коли змішування здійснюється шляхом зміни місцями окремих шарів потоку, а енергія затрачається на подолання тертя цих шарів друг про друга. Ламінарний режим у змішувачах рідко здійснюється на практиці, значно частіше статичний змішувач працює в турбулентному режимі. При тому, що кінцевий результат процесу як у ламінарному, так і турбулентному режимах однаковий - впровадження одних часток рідкого середовища між іншими шляхом використання частини енергії потоку - спосіб передачі цієї енергії від потоку рідкого середовища як цілого до окремих малих частин потоку в турбулентному режимі ускладнюється. Цей процес здійснюється завдяки виникненню складних вихрових рухів окремих частин потоку на відстані довжиною порядку  $O$ . Ці рухи, виявляючись нестійкими, збуджують рухи протягом менших відстаней  $d < D$ , які у свою чергу збуджують ще більш дрібні вихрові потоки, аж до масштабів  $\delta_0 \approx D/Re^{3/4}$ , де  $Re = wD/\nu$  - критерій подоби Рейнольдса;  $\nu$  - коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини [3]. Таким чином, порушення в потоці рідини турбулентного руху еквівалентно додатковому розсіченню потоку рідини на  $Re^{3/4}$  шарів.

На жаль, неможливо скільки-небудь точно вказати границю виникнення турбулентності в потоці усередині статичного змішувача. Рух потоку рідкого середовища через статичний змішувач являє типовий приклад змішаного завдання гідродинаміки, для якого оцінки критичного значення  $Re$  коливаються від декількох одиниць до декількох десятків. Має значення й геометрія потоку.

Схема потоку рідини усередині статичного змішувача найпростішої конструкції (рис. 1), наведена на рис. 2. Вочевидь, що потік рідкого середовища формально можна розглядати як суперпозицію чотирьох потоків: двох мандруючих і двох зигзагоподібних. Ці потоки постійно обмінюються речовиною, а отже,

і кінетичною енергією, тому наведена схема є спрощеною. Розглядаючи результуючий потік як суперпозицію чотирьох потоків із середньою лінійною швидкістю  $w$  і характерним лінійним розміром  $D=d_0/2$ , можна визначити значення критерію Рейнольдса для потоку:  $Re=wd_0/2\nu$ . Однак це значення  $Re$  не характеризує дійсного характеру руху рідини, тому що ламінарний або турбулентний режим устанавлюється лише при русі потоку за прямолінійною траєкторією на відстані, що перевищує кілька значень  $D$ . Потік у статичному змішувачі не забезпечує можливості прямолінійного руху протягом такої відстані, отже, у ньому завжди присутні несталі, вихрові рухи [12].

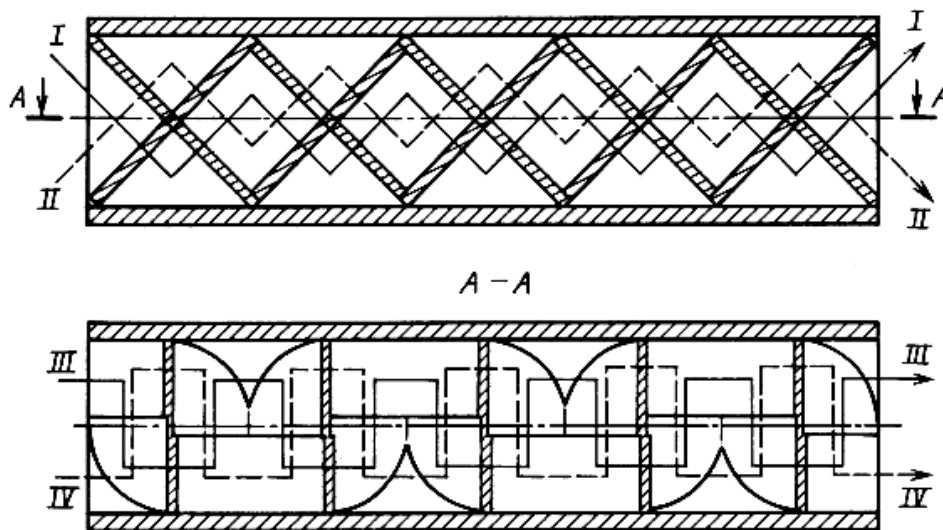


Рисунок 2. Схематичне зображення чотирьох умовних потоків ( I-IV) середовища в статичному змішувачі, у сумі еквівалентних реальному потоку

Для практики досить прийняти, що протягом довжини  $h$  одного щаблю потік розсікається на  $n = n_0 Re^{3/4}$  шарів, де  $n_0$  - число площин змішувальних елементів у щаблі. Число шарів потоку на виході змішувача [13]

$$N = n^{L/h} = (n_0 Re^{3/4})^{L/h} \quad (5)$$

У якості критерію неоднорідності суміші декількох компонентів використовують, як правило, середньоквадратичне відхилення частки  $i$ -го компонента, що визначається по формулі

$$\sigma_i = \left[ \sum_{j=1}^m (x_{ij} - X_i)^2 / (m-1) \right]^{1/2}, \quad (6)$$

де  $x_{ij}$  – частка  $i$ -го компонента, отримана при  $j$ -му вимірі;  $m$  - число вимірів частки  $i$ -го компонента.

Для практики, як правило, більш цінною інформацією є відносне



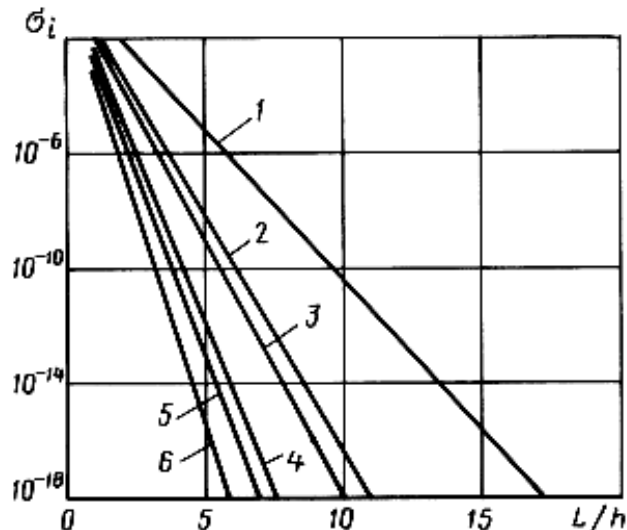
відхилення частки  $i$ -го компонента, обумовлене як  $s_i = \sigma_i / X_i$ , тому що коливання вмісту в суміші компонентів, частка яких  $X_i$  мала, більшою мірою впливають на властивості суміші, чим відхилення вмісту в суміші компонентів з більшою об'ємною часткою  $X_i$ . Тому при виборі статичного змішувача якість змішування слід оцінювати за значенням  $s_i$ , для компонента з найменшою об'ємною часткою  $X_i$ .

Значення  $\sigma_i$  убуває приблизно зворотно пропорційно числу шарів, на які розсікається потік суміші. З урахуванням вираження (2) можна записати

$$\sigma_i \approx (n_0 \text{Re}^{3/4})^{-L/h} \quad (7)$$

або, логарифмуючи вираження (3), одержимо

$$\ln \sigma_i \approx -L \left( \ln n_0 + \frac{3}{4} \ln \text{Re} \right) / h. \quad (8)$$



1, 3, 5 -  $n_0 = 2$ ; 2, 4, 6 -  $n_0 = 4$ ; 1, 2 -  $\text{Re} = 10$ ; 3, 4 -  $\text{Re} = 100$ ; 5, 6 -  $\text{Re} = 1000$

Рисунок 3. Залежність середньоквадратичного відхилення частки  $i$ -го компонента  $\sigma_i$  від відношення довжини змішувача до довжини шабля  $L/h$  при різних значеннях  $n_0$  і  $\text{Re}$

Таким чином при значеннях  $\text{Re}$  порядку десятків і більш значення  $n_0$  майже не впливає на ефективність змішування. Залежності  $\sigma_i$  від  $L/h$  при різних числах  $\text{Re}$  (рис. 3) показують, що параметр  $\sigma_i$ , що характеризує неоднорідність суміші, швидко (приблизно експоненційно) убуває зі збільшенням довжини змішувача  $L$  і критерію Рейнольдса  $\text{Re}$ . Отже, для підвищення якості змішування необхідно збільшувати значення  $\text{Re}$  й  $L$ . Однак, як впливає із рівняння (1), гідравлічний опір змішувача лінійно зростає зі збільшенням  $L$  і квадратично - зі збільшенням швидкості  $w$ . Це показує, що підвищення якості змішування досягається шляхом відбору з потоку рідини



додаткової енергії.

*Висновок.* Проаналізовано найбільш перспективні конструкції статичних гідродинамічних змішувачів, що використовуються в машинобудівній і харчовій промисловості, а саме статичні змішувачі з завихрювачами, елементами обтікання та пристроями для створення перехресних потоків рідини. Представлені основні аналітичні залежності для визначення гідравлічних, конструктивних і енергетичних показників статичних змішувачів. Визначені аналітичні методи для оцінки якості змішування компонентів у змішувачах розглянутого типу.

#### Список використаних джерел

1. Берлин А., Patlazhan S., Кравченко И. В., Прочухан К. Ю. Интенсификация быстрых химических процессов на межфазных границах двухкомпонентных жидких сред в трубчатых турбулентных реакторах. *Khimicheskaya Fizika*. 2019. 38(1). С. 19-26. DOI:10.1134/S0207401X19010059
2. Новые унифицированные энерго и ресурсосберегающие высокопроизводительные технологии повышенной экологической чистоты на основе трубчатых турбулентных реакторов. 1996. ОАО НИИТЭХИМ, 188 с.
3. Ландау, Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. М.: Наука, 1986. 736 с. ISBN 978-5-9221-0122-6.
4. Richardson, L.F. *Weather prediction by numerical process*. Cambridge: Cambridge University Press. 1922. 236 p. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511618291>.
5. Самойчук К. О., Полудненко О. В. Аналіз обладнання для перемішування рідких компонентів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь. 2011. Вип. 11, т. 6. С. 226–233. ISSN 2078-0877.
6. Самойчук К. О., В'юник О. В. Теорія та практика використання струминного змішування в сільськогосподарській та харчовій галузях економіки України. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2020. Вип. 20, т. 2. С. 55–64. DOI: 10.31388/2078-0877-20-2-55-64.
7. Laporte M., Loisel C., Della Valle D., Riaublanc A., Montillet A. low process conditions to control the void fraction of food foams in static mixers. *Journal of Food Engineering*. 2014. 128. P. 119–126. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900092743>
8. Taweela A. M., Azizib F., Sirijeerachai G. Static mixers: Effective means for intensifying mass transfer limited reactions. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2013. 72. P. 51–62.



<https://doi.org/10.1016/j.cer.2013.08.009>

9. Zhang L., Dong J., Jiang B., Sun Y., Zhang F., Hao L. Static mixers: A study of mixing performance of polyacrylamide solutions in a new-type static mixer. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*. 2015. 88. P. 19–28. DOI: 10.1016/J.CEP.2014.12.001

10. Pozrikidis C. *Fluid Dynamics: Theory, Computation, and Numerical Simulation*. 2 nd ed. New York: Springer, 2009. ISBN: 978-0-387-95871-2

11. Wasewar K. L., Sarathy J. V. CFD Modelling and simulation of jet mixed tanks. *Engineering applications of Computational Fluid Mechanics*. 2008. Vol. 2, No. 2. P. 155–171. <https://doi.org/10.1080/19942060.2008.11015218>

12. Самойчук К. О., В'юник О. В. Енергозберігаючий спосіб перемішування рідин. *Матеріали міжнародного науково-практичного форуму «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції»* Мелітополь : ТДАТУ, 2019. – С. 290–293. ISSN 2078-0877.

13. В'юник О. В., Паніна В. В. Дослідження процесу змішування рідин у протитечійно-струминному змішувачі. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Том 8 № 2. <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/17>

Стаття надійшла до редакції 21.03.2022 р.

**K. Samoichuk, N. Fuchadzhy, O. Lomeiko**  
**Dmytro Motornyi Tauria State Agrotechnological University**

## **ANALYSIS OF THE STRUCTURES OF STATIC HYDRODYNAMIC CAVITATORS FOR CONTINUOUS MIXING OF LIQUIDS**

### ***Summary***

The paper presents an overview of the existing designs of static hydrodynamic mixers used in the food industry, and provides the main theoretical dependences of the static mixing process.

Static mixers for continuous mixing of liquids have been widely used in recent decades in oil and gas refining, petrochemistry, plastics production and refining, gas, drinking and wastewater treatment, synthetic fiber production, food and processing industries and other sectors of the economy. High mixing efficiency, low capital and operating costs, low energy consumption, small size, no moving parts - all this favorably distinguishes static mixers from other mixing methods with much smaller dimensions and metal consumption, no moving parts and therefore greater reliability.

The name static faucets is due to the fact that devices of this type do not have any moving parts. However, the design features of the mixer allow you to restructure the velocity field and change the direction of the current lines that the surface area of the interface increases significantly and the liquid mixture constantly passes through each of the elements of the static mixer repeating.



Although each type of static mixer has its own mixing pattern, it is common that the increase in the interface between the components of the mixture is achieved in two ways due to shear or extensive flow and due to splitting and rearrangement of fluid flows. In both cases there is a need for a pressure drop. This determines the number of mixing elements in the static mixer, and hence the quality of mixing.

There are a large number of static faucet designs (with screw elements, intermediate chambers, plate and corrugated elements, etc.). Each of the types of static mixers has its own mixing pattern, but it is common that the increase in the interface between the components of the mixture is achieved in two ways due to shear flow and due to splitting and reorientation of fluid flows.

**Key words:** Static mixing, hydrodynamics, cavitator, turbulent motion.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-11

UDC 631.371:620.97

Y. Postol, PhD,

ORCID: 0000-0002-0749-3771

V. Hulevskyi, PhD

ORCID: 0000-0003-1434-9724

*Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University*

E-mail: yulia.postol@tsatu.edu.ua

## SEMI - CONTINUATIVE FERMENTATION TECHNOLOGY AND TECHNICAL MEANS

*Summary.* The article is devoted to increasing the efficiency of using agricultural waste, a method for creating compact containers for a biogas generator and examples of recipes for loading it to produce biogas in a cyclic process are proposed. A technological scheme and a recipe for loading a biogas generator are proposed. The graphical parameters of the complex-shaped reactor vessel are determined. The amount of materials for its implementation and the location of the elements are determined. It has been proven that for a stable supply of biogas to the system, it is necessary that the sections of the cycles corresponding to the completion of the reaction are blocked by the sections of the cycles of the biogas generator entering the operating mode. It has been proved that it is necessary to organize the process of processing, converting renewable resources, namely agricultural waste, according to scientifically based methods, which should ensure not only the appropriate quality of the energy product, but also a certain energy efficiency of the process.

*Key words:* compact biogas generator, biogas and fertilizer production efficiency, semi-continuous fermentation technology, fermentation concentration, carbon number, digester materials.

*Formulation of the problem.* Integration into the world community, the growth of agricultural production, the growth of competition contributes to the fact that Ukrainian producers are beginning to pay more attention to the efficient use of agricultural waste. At present, there has been a trend towards the rational use of agricultural waste and the utilization of biomass energy in the form of biogas [1]. The production of biogas in a farmstead requires little investment and quickly brings useful results and is exactly the tool that, based on the tracking of production technology, allows one to draw a conclusion about the efficiency of biogas and fertilizer production.

By-products in the form of agricultural waste, namely plant biomass and animal manure, are renewable resources, and therefore can be used for



energy needs.

In the context of saving energy resources and improving environmental safety, the use of plant biomass and animal manure for energy needs and the development of areas is currently a very urgent problem [2].

Analysis of recent research. Many studies have been devoted to the issues of obtaining biogas [1,2,3,4], however, design solutions are mainly aimed at the manufacture of large biogas plants with a daily load of more than 80 tons [1]. At the same time, to obtain biogas, it is sufficient to provide fermentation conditions by maintaining an anaerobic environment, temperature, acid (pH) regimes and pressure [2].

The most common methods of using by-products of plant biomass and animal manure are: obtaining fertilizers, obtaining biogas and biomethane, and using the energy product as a biofuel in furnaces. [1-5,7,9]. There is an opportunity to increase the efficiency of biomass use by chemical treatment [8,9]. Therefore, the search for ways to improve the efficiency of its use plays an important role, since it allows for a long time to reduce the loss of valuable energy raw materials.

*Formulation of the purpose of the article.* The purpose of the study is to establish the possibility of increasing energy efficiency and stability of biogas production, determining the optimal formulation and design when using biogas generators.

To achieve this goal, the following tasks have been set:

1. Suggest technology and paradigm of bioreactor operation.
2. Determine the design parameters of the biogas generator.

The research methodology is based on a modified method for studying the process of obtaining biogas.

*Main part.* The minimization of energy resources in agricultural production systems stimulates interest in renewable energy research. All over the world, research is underway on the use of crop and animal waste for biogas production. Biogas generators are widely used in China [2,4]. However, when using large individual plants in small farms, it is difficult to achieve stable biogas production. It is possible to significantly improve the process by creating special schemes of biogas generators.

Overview of the basic design data of the compact biogas generator

#### Technology data.

1. Working pressure in the digester  $\leq 800$  mm H<sub>2</sub>O.
2. Maximum pressure in the digester  $\leq 1200$  mm H<sub>2</sub>O.
3. Maximum charge volume 90 % of the total volume of digester.
4. Volume of outlet tank is 50% of the gas products volume per day.
5. Minimum soil cover on the cover of digester  $\geq 250$  mm.
6. Load on the soil base  $\geq 5$  tons / m<sup>2</sup>.
7. Main technology data target.
8. Gas lost is lower 3% of total gas producing when the pressure is

- 800 mm H<sub>2</sub>O in the digester during 24 hours.
9. The biogas producing efficiency is 0.15...0.3 biogas m<sup>3</sup> / digester m<sup>3</sup> per day.
  10. Volume of biogas storage is 50% of biogas producing volume per day.
  11. Strength secure coefficient  $K \geq 2.65$ .
  12. It can be used for 20 years.

#### Semi - continuative fermentation technology.

The scheme of the technological process of semi-continuous fermentation for the production of biogas and fertilizers, presented in Fig. 1, is as follows: raw materials preparation, make up materials, materials mixed with fermentation bacteria, sewerage, digested sludge and water, supply new material in time or not in time, initial loading of the digester, primary fermentation in a digester, fermentation with biogas production, discharge in tanker, clean of digester, discharge fertilizations.

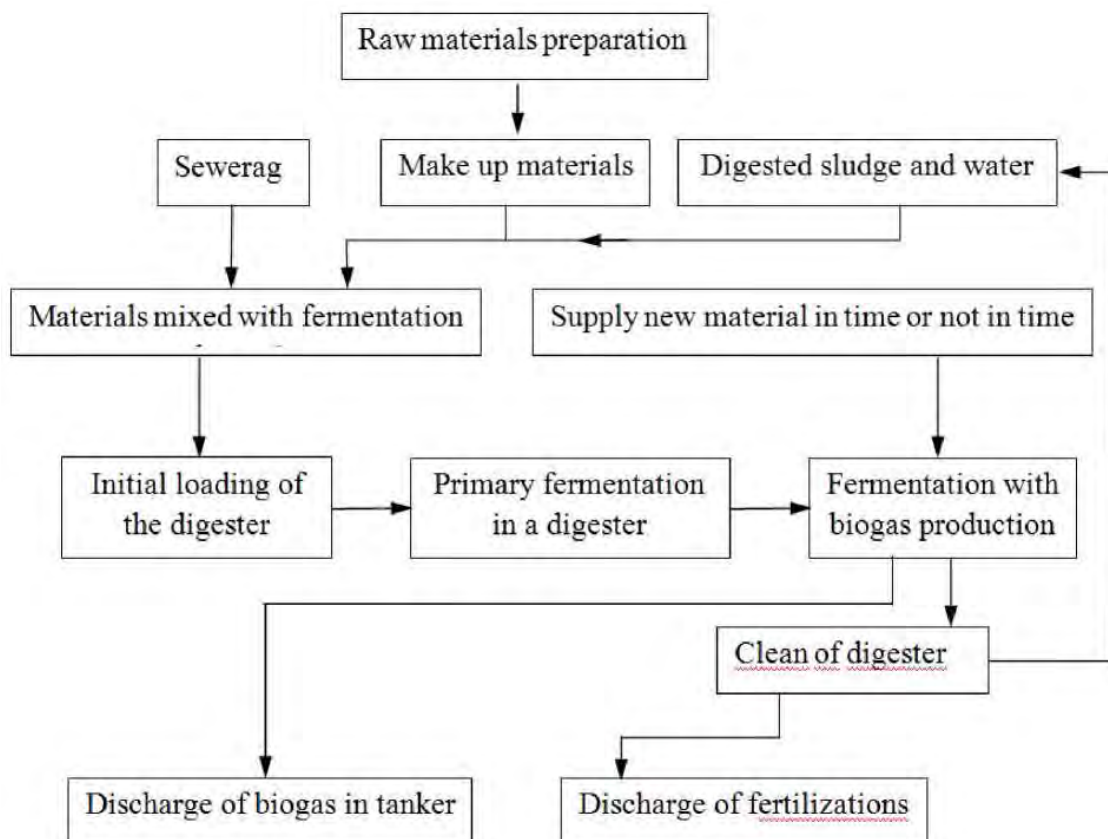


Figure 1. Scheme of the technological process for obtaining biogas and fertilizers

#### 1 Technical features

1.1 A 8 m<sup>3</sup> digester for one family must have more than 600 kg stalks and all excrements from animals and humans.

It is better use old stalks, the drye, the better. Summer harvesting for



using in winter and autumn harvesting for using in spring.

The discharge digester sludge can be used for fertilizers.

The stalk should be cut into 3-5 cm long and the corn stem must be pressed-breaking first and then cut.

### 1.2 Materials make up:

The materials make up must be according the fermentation concentration and carbon ration (table 1).

1.3 Mixing with fermentation bacteria material. Fermentation bacteria material can be found i the sludge and the city sewer lake or pond sludge.

The sludge under the meat and food factory sewer is best material as that contains much organic matter. When sewage sludge is used, the quantity of sludge is 10 ... 15% of the fermentation material. The more fermentation bacterial material and more biogas is produced.

Table 1

Recipe for biogas generator loading

№	Raw materials	weight ratio	5...6 % consistency		8,,9% consistency		10...14% consistency	
			material weight, kg	water weigh, kg	material weight, kg	water weigh t, kg	material weight, kg	water weigh t, kg
1	fresh pig manure	-	333	667	445	555	555	445
2	fresh cattle manure	-	353	647	470	530	588	412
3	fresh pig manure: wheat straw	4,5/1	163/36	801	217/48	735	227/60	668
4	fresh pig manure: corn stem	2,95/1	133/45	822	177/60	761	221/75	704
5	fresh cattle manure: wheat straw	40/1	331/8	660	440/11	549	551/13	436
6	fresh cattle manure: corn stem	23/1	307/13	679	410/17	557	513/22	464
7	human dung: wheat straw	1,8/1	92/51	853	122/68	810	153/85	762
8	human dung: corn stem	4,3/4	68/60	872	90/80	830	112/100	789
9	pig manure: human dung: wheat straw	1/1/1	50/50/50	850	66/66/66	802	82/82/82	754
10	pig manure: human dung: corn stem	1/0,75/1	54/40/54	852	72/54/72	802	89/67/89	755
11	pig manure: cattle manure: wheat straw	3/1/0,5	159/53/26	762	211/71/35	863	267/88/74	604

Note: 1. This is, content material per cubic meter fermentation liquid in the digester.





1.4 First to put breaded dry stalks into the digester and stamp press that the layer is about 10...20 cm. Secondly to put excrement from animals and human, the third is fermentation bacteria material. And then put another layer stalks. After stamp press that put excrement and fermentation bacteria material. Layer by layer, until finish all the row material. The excrement and fermentation materials can be mixed with water. The volume of water is about one third of total water in the digester.

The row materials begin first fermentation. Digester do not cover. The first fermentation time is 1...2 days in spring and summer, 3...5 days in autumn and winter.

1.5 During the fermentation the temperature of fermentative material get up higher and higher. When the temperature will reach 40...60 °C, the water can be put into the digester from charge and discharging pipe. When water volume will reach total water volume, water mix with the row materials.

Acidity and alkalinity (pH value) should be checked with the pH paper.

If the pH is above 6 the digester can be sealed. If the pH volume is below 6, some lime stone or ammonia water can be put into digester to adjust the pH volume to 7 and the digester can be covered.

After filling the digester, the biogas pipe and the stone plug are inserted into the throat of the digester, which turns off.

1.6 After digester sealed for 2...3 days the biogas can be used. They must test in the burner (they must not test in the biogas pipe).

If the flame is light, then the next day you can use it as normally. If the flame does not light, check the all system and remove all gas from the digester. Repeat the test the next day until biogas is produced normally.

## 2 Management

2.1 It is better to connect the toilet and piggery with the biogas digester, so as the excrement can flow into the digester. Some stalk can be charge according to do gas productive. The volume of discharge should be equal the volume of charge.

If the digester is without connecting with the toilet and piggery stalks and manure should be charged each 8 days after digester beginning gas productizing and the volume of gas producing become lower. The charge volume that equal discharge volume is 20 % of total digester volume.

2.2 If the gas productivity decrease rapidly, connecting of the pipeline switcher should be checked.

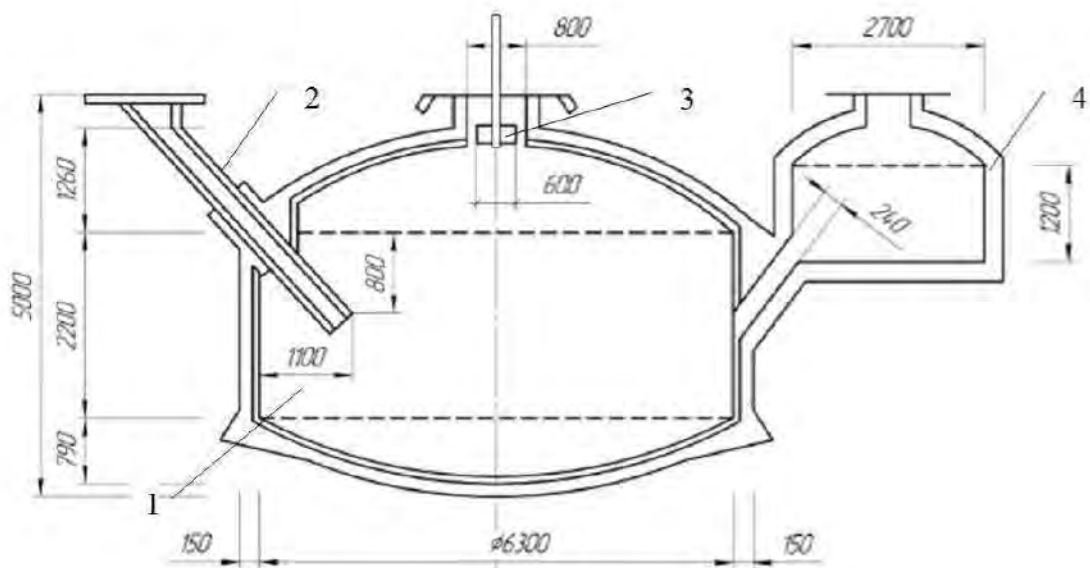
Discharge is according to time when the fertilizers, is needed. The pump can be used for discharge and also can be used for stirring fermenting materials in the digester usually.

2.3 Discharge is according to time when the fertilizers, is needed. The pump can be used for discharge and also can be used for stirring fermenting materials in the digester usually.

2.4 Farm chemical, pesticide, bactericide etc. is strictly prohibited to put into the digester.

#### Construction and materials

The production of biogas in a farmstead requires little capital investment and quickly brings useful results [10]. For the construction of a biogas generator for 8 m<sup>3</sup> (see Fig. 2), cement grade 425, sand, crushed stone are required. These materials are used to make concrete used for the bottom, walls and roof. A biogas generator is usually built underground, and below the freezing level of the soil. After the manufacture of the biogas generator, it is necessary to plaster it from the inside with cement mortar once or twice. Then dissolve the wax or paraffin in machine oil and heat the mastic to 100 - 200 °C. Using a blowtorch, the walls of the biogas generator are heated from the inside to 60 - 70 °C and covered with prepared mastic. Then the wax plaster is again heated with a blowtorch so that it impregnates the cement. To supply biogas to the place of consumption, a gas pipeline must be hermetically connected to the nozzle in the cover of the biogas generator. Its length should not be more than 30 m. At the lowest point, it is necessary to provide a device for draining condensate, but it is better to ensure its free flow into the biogas generator.



1 – main tank, 2 – loading pipe, 3 – plug with a gas outlet pipe, 4 – reservoir for creating hydraulic pressure

Figure 2. Structural diagram of a biogas generator for a farmstead

#### Construction materials

1. Concrete grade 200# (No 200), (cement grade 425...525).

The composition of the components for the preparation of 1 m<sup>3</sup> of concrete: water - 175 kg, cement (grade 425) - 301 kg, sand - 560 kg, cobble



(rock rubble 5...25 mm) - 1320 kg, or water - 185 kg, cement (grade 525) - 280 kg, sand - 655 kg, cobble (rock rubble 5...15 mm) - 1280 kg.

2. The total consumption of materials for the manufacture of a digester:

- cement - 733 kg,
  - sand - 1.371 m<sup>3</sup>,
  - cobble (rock rubble) - 1.54 m<sup>3</sup>,
  - wax - 6 kg.
3. Concrete is used for cover, wall and bottom.
4. Red brick can be used for wall.

#### Digester sealing layer.

1. Plaster the inner surface of the digester by cement liquid 1...2 times.
2. Plaster the inner surface of the digester by cement - sand thick liquid 1:3 (cement: sand <2.5mm).
3. Plaster the inner surface of the digester by cement liquid.
4. Plaster the inner surface of the digester by cement-sand thick liquid 1:2.5 (cement: sand <2.5mm).
5. Mix wax with 3...5% engine oil and heat to 100...200 °C.
6. Using a flamethrower heat the inside of digester to 60...70 °C and then daub mixed heat wax, and then use flamethrower to heat wax again to make wax permeate into cement.
7. Using a knife, scrape off excess wax. Wax layer is controlled in 1 mm.

#### Biogas pipe laying.

1. Do best to lay pipe in the short distance, straight to avoid the pressure losing.
2. Connector should be sealed.
3. The turning should not be small, it is better larger 120°.
4. The distance biogas pipe should not be over 30 m.
5. The biogas pipe cannot pass where easy- exploding or easyburning please.
6. The outside pipe should be laid underground; the laying depth is under the frozen soil. The pipe can use plastic pipe or steel pipe. The slope of the pipe not smaller than 1 % and put the drainpipe in the lowest point or pipe slop to the digester.

#### *Conclusions*

1. A scheme of the technological process for obtaining biogas and fertilizers is proposed.
2. The recipe for biogas generator loading has been determined.
3. A design scheme for a biogas generator for a farmstead is proposed, which should provide not only the appropriate quality of the energy product, but also a certain energy efficiency of the process, as well as high-quality fertilizers.



The proposed design and scheme of the technological process for obtaining biogas and fertilizers, taking into account the use on a farmstead, can be used in the design of biogas generators and the selection of equipment.

#### Reference

1. Outlook for biogas and biomethane. *IEA Bioenergy*. URL: <https://webstore.iea.org/outlook-for-biogas-and-biomethane>. (дата звернення : 15.04.2022).
2. Линь Ши, Стручаев Н. И., Караев А. И. Биогазгенератор для фермерского хозяйства. Труды ТГАТА. Мелітополь, 1997. Вып. 2. С. 7–10.
3. Караев О. Г., Бондаренко Л. Ю. Підвищення ефективності топки для використання енергопродукту з плодової деревини у якості біопалива. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка: Інноваційні проекти у галузі технічного сервісу машин*. ХНТУСГ, Харків, 2019. Вип. 201. С. 253–259.
4. Линь Ши, Стручаев Н. И., Чжаосинь Лю К вопросу об использовании биогаза в Китае: Сборник ЦНИПТИМЭ Ж. Запорожье, 1994. С. 24–31
5. Стручаев Н. И., Постол Ю. А., Гулевский В. Б. Компактный биогазгенератор. *Энергосбережение - важнейшее условие инновационного развития АПК: Материалы Международной научно-технической конференции*. БГАТУ. Минск, 2013. С. 115–117.
6. Grigorenko S. 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.
7. Skliar O. 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.
8. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens, Greece 2021. Pp. 231–233.
9. Ялпачик В. Ф., Верхоланцева В. О. Планування експериментальних досліджень процесу охолодження зерна. *Праці ТДАТУ: Технічні науки*. Мелітополь. Вип. 15, т.1. С. 3–8
10. Didur V. A., Struchaiev M. I. Теплотехніка, теплостачання і використання теплоты в сільськогосподарстві. *Heat engineering, heat supply and heat using in agriculture*. Agrarna osvita. Kiev, Ukrainian, 2008. 233p. URL: <http://nmcbook.com.ua/wpcontent/uploads/2017/11/pdf> (дата звернення:



15.04.2022)

11. Стручаєв М. І., Постол Ю. О. Аналіз термодинамічних процесів у потоці повітря. Проблеми енергозабезпечення в АПК України. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. ХНТУСГ, Харків, 2017. Вип. 187 С. 28–29.

12. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. Kramar Readings: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference. 2017. P. 155–158

13. Komar A. S. Development of the design of a press-granulator for the processing of bird manure. Coll. scientific-works of Intern. Topical issues of development of agrarian science in Ukraine: Research Practice Conf. Nizhin, 2019. P. 84–91.

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

15. Караєв О. Г., Бондаренко Л. Ю. Термодинамічна модель отримання добрив з тріски зрізаних гілок плодкових дерев. Праці ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 3. С.105–114. Присадибний біогазогенератор: пат. 147473 Україна. № 2020 07260; заяв. 13.11.2020, Бюл. № 19.

Стаття надійшла до редакції 17.04.2022 р.

**Ю. О. Постол, В. Б. Гулевський**  
**Таврійський державний агротехнологічний університет**  
**імені Дмитра Моторного**

## **ТЕХНОЛОГІЯ НАПІВБЕЗПЕРЕРВНОЇ ФЕРМЕНТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ**

### *Анотація*

Стаття присвячена підвищенню ефективності використання відходів сільського господарства, шляхом створення компактної біогазогенераторної установки, удосконалення технології виробництва біогазу, запропоновано методику створення компактних ємностей для біогазогенератора та приклади, рецептура його оптимального завантаження для вироблення біогазу, що знаходиться у циклічному процесі. Визначено, що найпоширенішими методами використання побічної продукції сільського господарства, а саме рослинної біомаси та гною тварин є: отримання добрив, отримання біогазу та біометану та використання енергопродукту як біопалива у котельних топках. Запропоновано оптимальну технологічну схему та рецептуру завантаження біогазогенераторної установки сумішшю відходів сільського господарства. Визначено графічні параметри та розміри ємності реактора біогазогенератора складної форми. Визначено кількість матеріалів для його реалізації та розташування елементів. Доведено, що для стабільного виробництва біогазу в систему, необхідно щоб ділянки циклів відповідні завершення реакції були перекриті ділянками циклів виходу біогазогенератора на робочий режим. Доведено, що необхідно організувати



процес переробки, перетворення відновлюваних ресурсів, а саме відходів сільського господарства за науково-обґрунтованими методиками, які мають забезпечити не лише відповідну якість енергопродукту, а й певну енергетичну ефективність процесу. Запропонована нами технологічна схема та конструкція біогазгенератора, який складається з основного резервуару для анаеробної ферментації, завантажувальної труби, резервуару для створення гідравлічного тиску, збірника газу та газової трубки. Запропонована методика оптимізації роботи біогазгенератора може бути використана під час проектування біогазгенераторних установок для відходів сільського господарства для потреб як в великих так і малих фермерських господарств.

*Ключові слова:* компактний біогазовий генератор, ефективність виробництва біогазу та добрив, технологія напівбезперервної ферментації, концентрація ферментації, вуглецеве число, матеріали для виготовлення метантенка



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-12

УДК 330.341.1

К. О. Самойчук, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0002-3423-3510

Н. О. Фучаджи, к.т.н., ст. викл.

ORCID: 0000-0001-9433-6282

О. П. Ломейко, к.т.н. доц.

ORCID: 0000-0001-7407-545X

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: kyrylo.samoichuk@tsatu.edu.ua, тел.: (097)8805485

## ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ПРИГОТУВАННІ ПИВНОГО СУСЛА

*Анотація.* Робота варильного цеху пивоварного виробництва спрямована на оптимізацію діяльності ферментів. Але вона можлива тільки в тому випадку, якщо завжди точно витримуються задані температурні і тимчасові параметри. Потрібна постійна точність і надійність дій пивовара, інакше збиток може бути суттєвим. Щоб уникнути цього, в сучасних варильних цехах складають програми по затирання і фільтрування затору, які виконуються повністю автоматично, при чому пивовар здійснює візуальний контроль і має можливість втрутитися при необхідності в будь-який момент. Таким чином виключаються можливі людські помилки і процеси можна вести оптимально. Важливою проблемою при виробництві пива – є необхідність у суворому дотриманні технологічних параметрів процесів незалежно від зовнішніх умов (пори року, температури навколишнього середовища, вологості тощо).

В роботі досліджені зміни показників кислотності, концентрації, вмісту ізогумулоу та кольору для таких видів пива, як Віденське Світле, Мюнхенське, Південна Баварія та Бокбир під час їх виробництва. Отримані дані є необхідними для складання програм, якими керуються при здійсненні таких операцій, як затирання і фільтрування затору. Вони виконуються повністю автоматично, при чому пивовар здійснює візуальний контроль і має можливість втрутитися при необхідності в будь-який момент. Таким чином виключаються можливі людські помилки і процеси можна вести оптимально. Також отримані дані дозволяють оптимізувати технологічні процеси для кожного з досліджених та подібних видів пивоварної продукції та допомагають розробляти нові сорти пива з заданими смаковими властивостями.

*Ключові слова.* Пивоваріння, ферментовані реакції, затор,



охмелення, сусло.

*Постановка проблеми.* Робота варильного цеху пивоварного виробництва спрямована на оптимізацію діяльності ферментів. Але вона можлива тільки в тому випадку, якщо завжди точно витримуються задані температурні і тимчасові параметри [1-3]. Потрібна постійна точність і надійність дій пивовара, інакше збиток може бути суттєвим. Щоб уникнути цього, в сучасних варильних цехах складають програми по затирання і фільтрування затору, які виконуються повністю автоматично, при чому пивовар здійснює візуальний контроль і має можливість втрутитися при необхідності в будь-який момент [4-6]. Таким чином виключаються можливі людські помилки і процеси можна вести оптимально. Глибокі знання технологічних процесів при приготуванні сусла, їх оптимізація і відповідне забезпечення в удосконалених апаратах та машинах дають змогу одержати високоякісне охмелене сусло і в подальшому - чудове пиво. Важливою проблемою при виробництві пива – є необхідність у суворому дотриманні технологічних параметрів процесів незалежно від зовнішніх умов (пори року, температури навколишнього середовища, вологості тощо) [7].

*Аналіз останніх досліджень.* Варіння сусла з хмелем дуже важливий процес, який фактично, кінцево формує сусло для певного сорту пива. Дуже важливо при кип'ятінні сусла з хмелем своєчасно виявити кінець варіння сусла з хмелем, що дозволяє в повній мірі видалити зкоагульовані білки і отримати сусло потрібної концентрації, повністю стерильне із найбільш повним розчиненням гірких речовин хмелю [8-10].

Пивне сусло — це основний напівфабрикат для виготовлення пива, який являє собою полі дисперсну систему з вмістом цукристих, білкових та хмелевих речовин [11].

Найважливішим технологічним процесом при приготуванні сусла є перетворення в результаті ферментативних реакцій нерозчинних компонентів солоду і його заміників (ячмінь, пшениця, рис, кукурудза, сорго та інші зернові культури) у розчинний екстракт.

Приготування пивного сусла складається з п'яти основних технологічних стадій [12].

1. Підготовка зерно-продуктів (очищення, сортування, подрібнення).

2. Переведення екстрактивних речовин зерно-продуктів (крохмаль, білки та ін.) у розчин, тобто сусло, в результаті приготування затору (затирання).

3. Фільтрування затору (відокремлення сусла).

4. Кондиціонування (охмеління) сусла кип'ятінням його з хмелем





або хмелевими препаратами.

#### 5. Освітлення й охолодження сусла.

Кожний з вищевказаних етапів проводить в суворому дотриманні технологічних умов [13]. Витримати їх в заданих границях – є важливою задачею виробника.

*Формування мети статті.* Задачею даної роботи є дослідити зміну накопичення ізогумулонів в пивному суслі і паралельно з цим – зміну кислотності і кольору для розповсюджених видів пива в південному регіоні України.

*Основна частина.* В процесі кип'ятіння сусла з хмелем здійснюється контроль ряду показників. Але спершу відбирається середня проба. Проби сусла відбирають безпосередньо з суслотварильного апарата в посудину з кришкою.

Кислотність сусла в см<sup>3</sup> розчину гідроксиду натрію концентрацією 1 моль/дм<sup>3</sup> на 100 см<sup>3</sup> сусла розраховують по формулі:

$$X = V \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1)$$

де:  $V$  - об'єм розчину гідроксиду натрію концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, витраченого на титрування, см<sup>3</sup>;

$K_1$  - коефіцієнт поправки робочого розчину гідроксиду натрію;

$K_2$  - коефіцієнт розбавлення сусла.

Розходження між результатами двох паралельних визначень не повинен перевищувати 0,1 см<sup>3</sup> розчину луку концентрацією 1 моль/дм<sup>3</sup> на 100см<sup>3</sup> сусла.

Активну кислотність визначають рН-метром.

Активна кислотність в охмеленому пивному суслі рН 5,3 - 5,5.

Визначення масової частки сухих речовин

Вимірювання проводять при температурі близько 20°C.

Для отримання неспотвореного результату вимірювання слід простежити за збереженням на незмінному рівні концентрації сусла.

В'язкість сусла визначають віскозиметром.

Відносна в'язкість сусла розраховується за формулою:

$$M = t_2 \cdot d / t1 , \quad (2)$$

де:  $t_2$  і  $t_3$  – тривалість витікання відповідно води і досліджуваного розчину;

$d$  – відносна густина (паралельно знаходять пікнометричним методом).

Залежність збільшення чи зменшення певних показників наведено в графічному вигляді (рис. 1). Для їх побудови складені таблиці



середніх розрахунків для кожного сорту пивного сусла. Із визначених даних чотирьох сортів пивного сусла виведемо середні значення для кожного сорту і занесемо до таблиць 1-4.

Таблиця 1

## «Віденське Світле»

Час, хв.	pH	Концентрація, % мас.	Кислотність <sup>3</sup> , Мг/дм	Ізогумулон, см <sup>3</sup> розчину NaOH	Колір, см <sup>3</sup> розчину йоду
5	5,4	11,65	1,35	0	0,53
25	5,31	12,40	1,7	18,43	0,55
45	5,22	13,88	1,7	21,17	0,61
75	5,18	14,59	1,71	23,1	0,71

Таблиця 2

## «Мюнхенське»

Час, хв.	pH	Концентрація, % мас.	Кислотність, Мг/дм <sup>3</sup>	Ізогумулон, см <sup>3</sup> розчину NaOH	Колір, см <sup>3</sup> розчину йоду
5	5,38	11,6	1,33	0	0,41
25	5,28	12,44	1,65	20,4	0,45
45	5,22	13,9	1,66	22,4	0,55
75	5,18	14,55	1,71	25,0	0,61

Таблиця 3

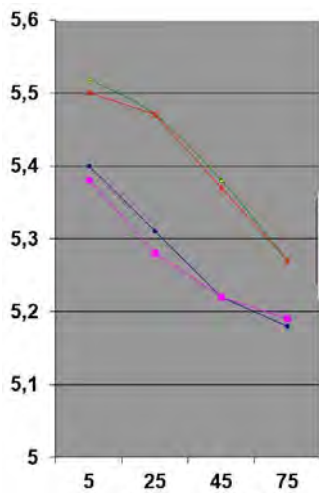
## «Південна Баварія»

Час, хв.	pH	Концентрація, % мас.	Кислотність, Мг/дм <sup>3</sup>	Ізогумулон, см <sup>3</sup> розчину NaOH	Колір см <sup>3</sup> розчину йоду,
5	5,52	12,1	1,36	0	0,41
25	5,47	12,75	1,69	20,4	0,45
45	5,38	14,2	1,7	24,5	0,56
75	5,27	14,74	1,74	26,8	0,6

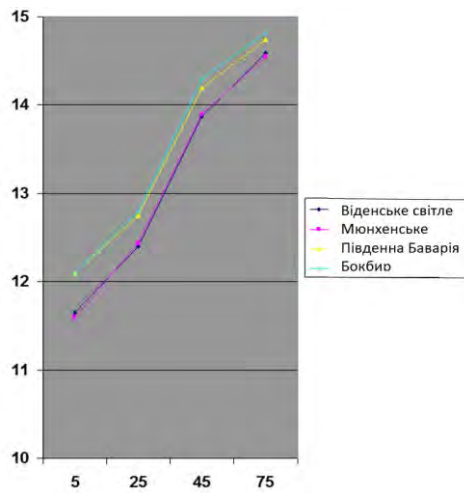
Таблиця 4

## «Бокбір»

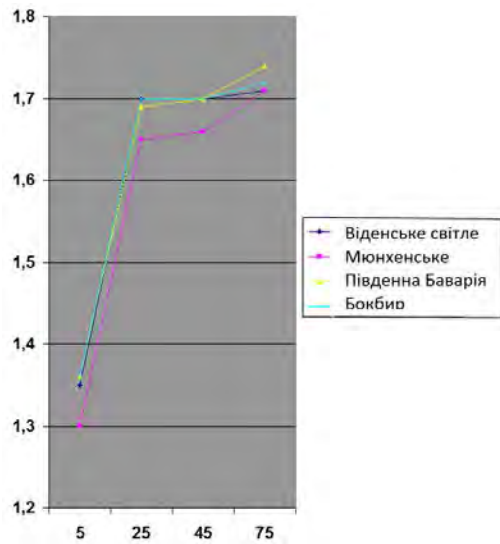
Час, хв.	pH	Концентрація, % мас.	Кислотність, Мг/дм <sup>3</sup>	Ізогумулон, см <sup>3</sup> розчину NaOH	Колір, см <sup>3</sup> розчину йоду
5	5,5	12,1	1,36	0	0,3
25	5,47	12,8	1,7	13,5	0,31
45	5,37	14,3	1,7	14,5	0,36
75	5,27	14,82	1,72	16,1	0,41



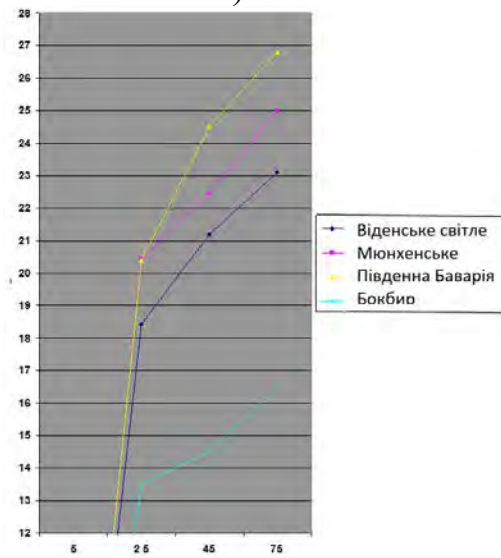
а)



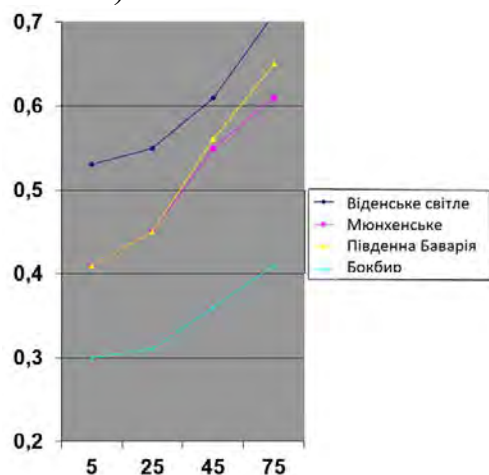
б)



в)



г)



д)

а) рН, б) концентрації; в) кислотності; г) вмісту ізогумулону; д) кольору  
Рисунок 1. Графіки залежності зміни певних показників в процесі кип'ятіння сусла з хмелем для пива Віденське Світле, Мюнхенське, Південна Баварія, Бокбир



Згідно проведеного дослідження (рис. 1 а) рН у всіх сортах пива зменшується, в більшій мірі для сусла пива «Південна Баварія» та «Бокбир», яке є більш концентрованим.

Згідно даних рисунку 1 б відбувається наростання концентрації пивного сусла за рахунок випаровування води та за допомогою додавання хмелю. За весь процес кип'ятіння випаровується 10 -12 % води. Якщо вода випаровується, то відбувається згущення сусла, тому крива концентрації зростає.

Згідно даних рисунку 1 в спостерігається зміна титрованої кислотності початкового сусла, яка повинна бути для 11 – 12% мас і не перевищувати  $2,3 - 4,6 \text{ см}^3 / 1 \text{ моль/дм}^3$  розчину гідроксиду натрію на  $100 \text{ см}^3$  пивного сусла. Виходячи з отриманих даних можна сказати, що кислотність досліджуваного пивного сусла для всіх сортів пива є нормативною. Це дуже добре, так як вона значно впливає на процес бродіння і на смакові якості готового продукту.

Рис. 1 г відображає динаміку зміни вмісту ізогумулону. На протязі перших 30 хв. відбувається різке підвищення вмісту ізогумулону. Після півторагодинного кип'ятіння сусла з хмелем перетворення а- кислоти в ізогумулон припиняється, при довготривалому кип'ятінні відбувається перехід а- кислоти в гумулонну кислоту, яка не володіє властивостями ізогумулона. Тому кип'ятіння сусла з хмелем більш ніж 1,5 години значення немає, а навпаки, викликає втрати гірких речовин.

На графіку д) ми бачимо зміну колірності, яка наростає з часом кип'ятіння, так як сприяє меланоїдиноутворенню і карамелізації. Значну роль в колірності сусла відіграє колірність самого солоду. Концентрація сусла також дає вплив на колірність: чим вища густина сусла, тим інтенсивніше підвищується його колірність; і карамелізація, і меланоїдиноутворення протікають значно сильніше в суслі з більшою густиною. Також на колірність сусла впливає додавання хмелю, що відбувається за рахунок дубильних речовин.

*Висновок.* В роботі досліджені зміни показників кислотності, концентрації, вмісту ізогумулону та кольору для таких видів пива, як Віденське Світле, Мюнхенське, Південна Баварія та Бокбир під час їх виробництва. Отримані дані є необхідними для складання програм, якими керуються при здійсненні таких операцій, як затирання і фільтрування затору. Вони виконуються повністю автоматично, при чому пивовар здійснює візуальний контроль і має можливість втрутитися при необхідності в будь-який момент. Таким чином виключаються можливі людські помилки і процеси можна вести оптимально. Також отримані дані дозволяють оптимізувати технологічні процеси для кожного з досліджених та подібних видів пивоварної продукції та допомагають розробляти нові сорти пива з заданими смаковими властивостями.



## Список використаних джерел.

1. Місюра М. Д., Кишенько В. Д. Сценарне управління технологічними процесами виробництва пива. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2009. № 28. С. 53–55. <http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/2371>
2. Бойко О. О., Бевз В. В., Максименко І. Ф. Особливості технологічних процесів виробництва пива та етилового спирту. *Харчова промисловість*. 2011. № 11. С. 19-22. <http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/6259>
3. Домарецький В. А., Куц А. М., Карпутіна М. В., Мельник І. В. Вітчизняний та світовий досвід України у виробництві пива. *Харчова промисловість*. 2012. № 13. С. 6-9. <http://dspace.nuft.edu.ua/handle/123456789/19553>
4. Пивоваріння. Терміни та визначення понять. На заміну ДСТУ 3139-95; Чинний від 2015-11-01. Київ: УкрНДНЦ, 2015. Ш, 27 с. (Національний стандарт України). 26 с.
5. Сидоров Ю. І. Сучасні процеси і обладнання для виробництва пива. *Біотехнологія*. 2013. Vol. 6, № 2. С. 58-67. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/biot\\_2013\\_6\\_2\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/biot_2013_6_2_7)
6. Кошова В. М., Салтанюк В. М., Терлецька В. А. Визначення фізико-хімічних показників питної води, яка поступає на виробництво пива. *Хранение и переработка зерна*. 2012. № 9. С. 45-46. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/552>
7. Самойчук К. О., Пупинін А. А., Феофанов М. О. Аналіз сировини для виробництва пива: електрон. навч. посібн. 2021. ТДАТУ. URL: [http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv\\_17/](http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_17/)
8. Самойчук К. О., Пупинін А. А., Феофанов М. О. Основи технології пивоваріння: електрон. навч. посібн. 2021. ТДАТУ. URL: [http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv\\_18/](http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/)
9. Самойчук К. О., Пупинін А. А., Феофанов М. О. Показники якості крафтового пива: електрон. навч. посібн. 2021. ТДАТУ. URL: [http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv\\_19/](http://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_19/)
10. Бліщ Р. О., Петришин Н. З., Бабич І. М. Альтернатива хмелю у виробництві пива. *Сучасні напрями розвитку технології харчових виробництв*. 2021. Вісник ЛТЕУ. DOI: <https://doi.org/10.36477/2522-1221-2021-25-04>
11. Кошова, В. М., Мукоїд Р. М., Коберніцька А. О. Безглютенова сировина для виробництва пива. *Advanse of aiience : Proceedings of articles the international scientific. Czech Republic, Karlovy Vary – Ukraine, Kyiv, 2018. P. 110–115.* <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/28917>
12. Дейниченко Г. В., Гузенко В. В., Кузнецов В. М., Омельченко О. В., Дейнега Л. Г. Аналіз впровадження мембранних



технологій. у виробництво пива. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. Вип. 19. С. 19-26. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau\\_2019\\_19\\_1\\_4](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptdau_2019_19_1_4)

13. Бондар М. В. Барнацький О. Р. Особливості виробництва пива при використанні несолоджених заміників солоду. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 84 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів*. 2018 р. К.: НУХТ. Ч.1. С. 272. <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/handle/123456789/27846>

Стаття надійшла до редакції 5.03.2022 р.

**K. Samoichuk, N. Fuchadzhy, O. Lomeiko**  
**Dmytro Motorny Tavria State Agrotechnological University**

### **OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PROCESSES IN THE PREPARATION OF BEER WINE**

#### *Summary*

The work of the brewery is aimed at optimizing the activity of enzymes. But it is possible only if the set temperature and time parameters are always precisely maintained. Constant accuracy and reliability of the brewer's actions are required, otherwise the damage can be significant. To avoid this, modern cooking shops make programs for mashing and filtering the mash, which are performed completely automatically, with the brewer carrying out visual inspection and has the opportunity to intervene if necessary at any time. This eliminates possible human errors and processes can be conducted optimally. An important problem in the production of beer - is the need for strict compliance with technological parameters of processes regardless of external conditions (seasons, ambient temperature, humidity, etc.).

The study examines the changes in acidity, concentration, isohumulone content and color for beers such as Viennese Light, Munich, Southern Bavaria and Bokbir during their production. The obtained data are necessary for compiling programs that are guided by such operations as mashing and filtering congestion. They are performed completely automatically, and the brewer carries out visual inspection and has the opportunity to intervene if necessary at any time. This eliminates possible human errors and processes can be conducted optimally. Also, the obtained data allow to optimize technological processes for each of the studied and similar types of brewing products and help to develop new beers with specified taste properties.

**Key words:** Brewing, fermented reactions, mash, hops, wort.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-13

УДК 631.31

І. О. Чижиков, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-3022-4828

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: ivan.chyzhykov@tsatu.edu.ua, тел.: (097)7385136

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ СМУГОВОЇ ГРЯДИ РОБОЧИМ ОРГАНОМ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА В УМОВАХ ГРУНТОВОГО КАНАЛУ**

*Анотація.* На сьогодні в Україні для закладання нових плодкових насаджень, реконструкції існуючих, а також збільшення можливості експорту саджанців плодкових культур розсадницькими господарствами існує проблема дефіциту садивного матеріалу вітчизняного виробництва, яка обумовлена низкою причин, серед яких можна відзначити низький матеріально-технічний рівень забезпечення розсадників. В статті наведено методику та результати експериментальних досліджень з визначення впливу параметрів положення робочого органу глибокорозпушувача для формування смуги, яка є частиною гряди для вирощування плодкових саджанців в умовах ґрунтового каналу.

Визначено закономірність зміни енергоємності процесу формування смуги та якості її ґрунту в залежності від параметрів положення робочого органу.

*Ключові слова:* розсадництво, смугова гряда, тяговий опір, параметри положення, глибокорозпушувач.

*Постановка проблеми.* На сьогодні в Україні для закладання нових плодкових насаджень, реконструкції існуючих, а також збільшення можливості експорту саджанців плодкових культур розсадницькими господарствами існує проблема дефіциту садивного матеріалу вітчизняного виробництва, яка обумовлена низкою причин, серед яких можна відзначити низький матеріально-технічний рівень забезпечення розсадників [1-6], а також невідповідність товарної якості саджанців вимогам міжнародних стандартів [7, 8]. Останній недолік суттєво залежить від дотримання біоструктурних показників якості плодкових саджанців на етапах вирощування, викопування та зберігання [9]. Тому, пошук та апробація нових схем закладання розсадника, удосконалення існуючих та розроблення нових засобів механізації для



вирощування садивного матеріалу є пріоритетними напрямками вирішення означених проблем.

*Аналіз останніх досліджень.* У дослідженні [7] автором запропоновано технологію вирощування саджанців плодкових культур на смугових грядках без пересаджування підщеп за схемою 140x70x15...20 см. Ця технологія передбачає створення сприятливих умов в ґрунтовому шарі смугової грядки для розвитку кореневої системи майбутніх саджанців шляхом обробітку ґрунту робочими органами глибокорозпушувача.

При цьому, робочі органи глибокорозпушувача мають ущільнювати поверхню вертикальної стінки борозни для створення штучного обмеження проникненню коренів саджанців за межу контуру смуги, що має сприяти поліпшенню умов роботи скоби плуга для викопування саджанців.

У праці [10] визначено, що при проектуванні поверхні скоби викопувального плуга, частина якої є криволінійною, необхідною умовою для забезпечення мінімальних енерговитрат на відділення скоби ґрунту від масиву є визначення сили тиску ґрунту певного стану на поверхню робочого органу.

Зазначена умова може бути взята за основу при проектуванні поверхні розроблюваного глибокорозпушувача. Першочерговою задачею при цьому є визначення параметрів форми і положення робочого органу глибокорозпушувача, якою передбачено дослідження дискретного положення площини для подальшого визначення параметрів форми криволінійної поверхні.

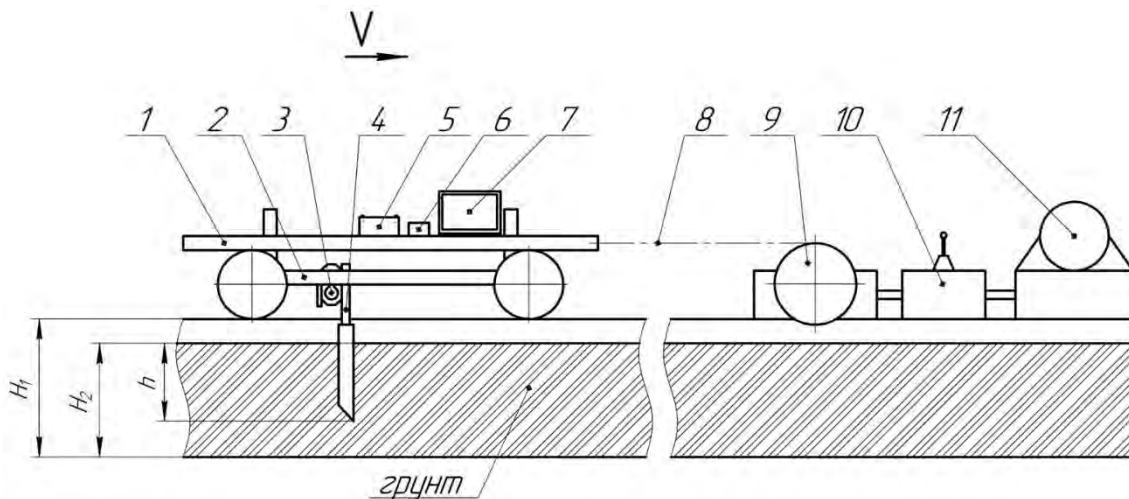
*Формулювання мети статті.* Визначити вплив параметрів площини загального положення на тяговий опір та якість обробітку ґрунту смугової грядки шляхом проведення досліджень в ґрунтовому каналі за рахунок зміни кута нахилу та атаки досліджуваної площини.

*Основна частина.* Досліди проводився у ґрунтовому каналі на кафедрі сільськогосподарських машин ТДАТУ у листопаді 2020 року.

Особливістю ґрунтового каналу є те, що він розташований на відкритому просторі і ґрунт в ньому знаходиться у природному складеному стані. Загальна довжина каналу становить 25 м, ширина – 2,6 м. Схему установки для проведення досліджень у ґрунтовому каналі наведено на рисунку 1.

*Методика досліджень.* Для досягнення поставленої мети виготовлено робочий орган, який складається із стійки та ножа у вигляді площини загального положення (рис.2). Ніж закріплено на стійки 2, яка встановлена на поворотному пристрої 3 (пристрій для зміни положення ножа у просторі). Поверхня ножа утворена площиною. Кут загострення леза з однією фаскою 4 становить 30°. Товщина ножа складає 8 мм.

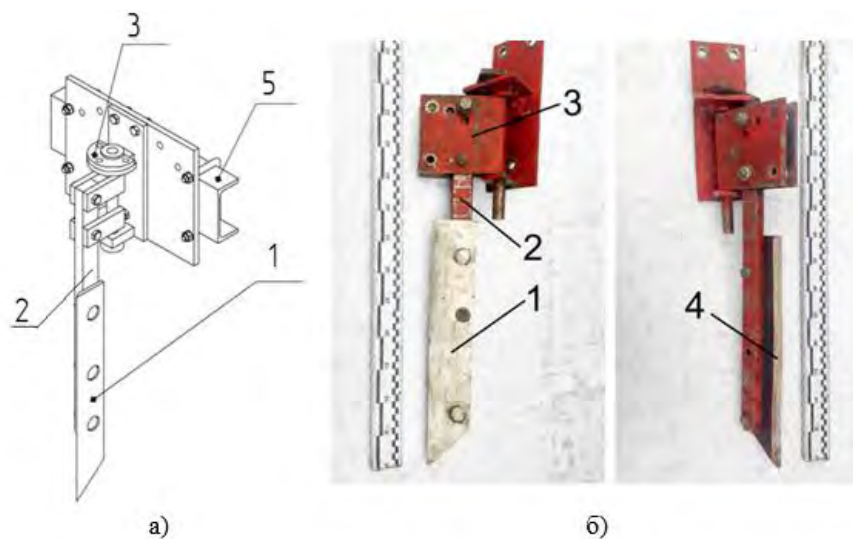




1 – візок; 2 – рамка; 3 – тензоланка; 4 – робочий орган; 5 – джерело живлення 12V; 6 – АЦП; 7 – ноутбук; 8 – гнучкий трос; 9 – тяговий барабан; 10 – коробка швидкостей; 11 – електродвигун.

$H_1$  – висота бічної стінки каналу;  $H_2$  – рівень заповнення каналу ґрунтом;  $h$  – глибина ходу робочого органу.

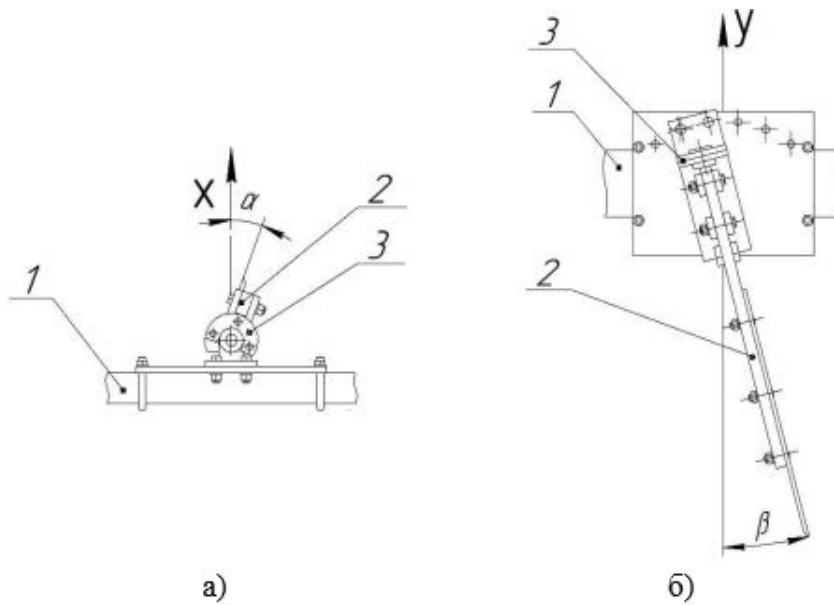
Рисунок 1. Схема ґрунтового каналу з обладнанням для проведення досліджень робочого органу глибокорозпушувача.



1 – ніж; 2 – стійка; 3 – пристрій регулювальний; 4 – лезо;  
5 – швелер рами візка (тензоланка не показана).

а) модель; б) макетний зразок.

Рисунок 2. Схема встановлення робочого органу на пристрою



1 – рама візка; 2 – робочий орган; 3 – пристрій регулювальний.  
 Рисунок 3. Схема конструкції пристрою для зміни параметрів положення ножа: а) кута атаки  $\alpha$ ; б) кута відхилення стійки з ножем  $\beta$  у вертикальній площині.

За допомогою регулювального пристрою (рис.3) змінювались такі параметри робочого органу:

- кут  $\alpha$  між робочою площиною ножа та напрямом руху робочого органу (кут атаки) (рис.3, а);
- кут  $\beta$  відхилення стійки робочого органу у поперечно-вертикальній площині (рис.3, б).

У таблиці 1 наведені межі варіювання параметрів положення робочого органу, що ілюструє рисунок 3.

Таблиця 1

Межі варіювання змін параметрів робочого органу.

Позначення параметру положення	Одиниця вимірювання	Нижнє граничне значення	Верхнє граничне значення	Крок
Кут $\alpha$	град.	10	30	10
Кут $\beta$	град.	15	30	15

Дослідження проводилися при глибині ходу робочого органу  $h = 0,2$  м. Швидкість руху візка складала  $0,37$  м/с ( $1,3$  км/год).

В якості критеріїв оцінки процесу прийнято:

- середнє значення тягового опору, Н;
- щільність ґрунту в межах контуру смугової гряди, г/см<sup>3</sup>;
- ширина зони розпушення поверхні ґрунту, Н мм.

Щодо щільності ґрунту в межах контуру смугової гряди, слід пояснити наступне. Розглянемо рисунок 4, який ілюструє поперечний переріз ґрунту смугової гряди після проходження досліджуваного робочого органу.

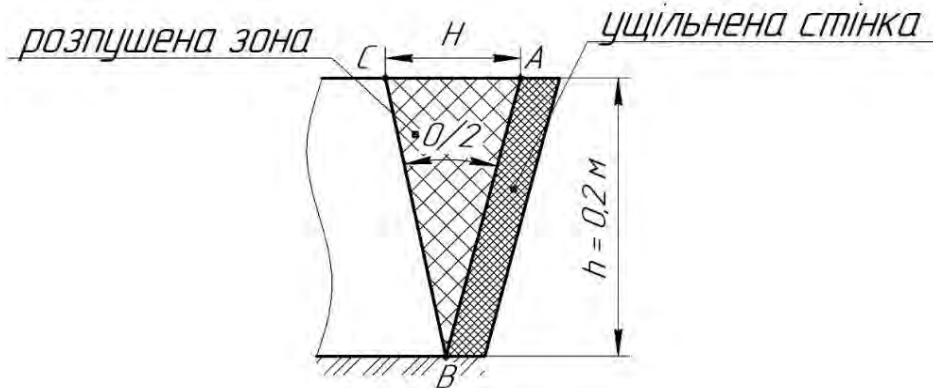


Рисунок 4. До визначення щільності ґрунту у контурі смугової гряди.

Стінка контуру на відрізку  $AB$ , що знаходиться праворуч по ходу руху буде ущільнюватися. Назвемо її «ущільнена стінка», а щільність цього шару позначимо  $\rho_y$ . В той же час, із лівої сторони по ходу руху розпушувача утворюватиметься розпушений шар ґрунту певного об'єму, гранична межа якого обмежуватиметься відрізком  $BC$ , розташованим під кутом  $\theta/2$  зовнішнього тертя ґрунту. Об'єм ґрунту, що знаходиться у межах трикутника  $ABC$  вважатимемо «розпушеною зоною», а щільність ґрунту у цій зоні позначимо  $\rho_p$ .

Для визначення граничної зони розпушення ґрунту, що піднімався на поверхню ґрунту на відрізку  $AC$  шириною  $H$  (рис.4) проводилася відеозйомка процесу з наступним покадровим аналізом процесу.

Щільність ґрунту вимірювалася згідно ГОСТ 20915-75 [11].

При проведенні досліджень визнався стан ґрунту за показниками вологості та твердості. Вологість ґрунту визначалася термостатно-ваговим способом [12], твердість ґрунту твердоміром Ревякіна №224.

Для визначення тягового опору застосовано подовжену кільцеву октагональну тензоланку із дротяними тензорезисторами на паперовій основі з опором провідника 200 Ом. Тарування тензоланки проводилося на розробленому науковцями кафедри сільськогосподарських машин ТДАТУ стенді [13]. Середнє арифметичне значення тягового опору залежно від змін параметрів робочого органу визначалося за допомогою програмного середовища GNU Octave [14].

Результати досліджень. Інформація про фізичний стан ґрунту в ґрунтовому каналі в горизонтах наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

## Фізичний стан ґрунту

Показник	Шари ґрунту, см	
	0-10	10-20
Вологість ґрунту – $W$ , %	18,4	18,9
Твердість ґрунту, МПа	0,63	0,75

На рисунках 5-7 побудовані графічні залежності змін параметрів, які досліджувались при утворення смугової гряди.

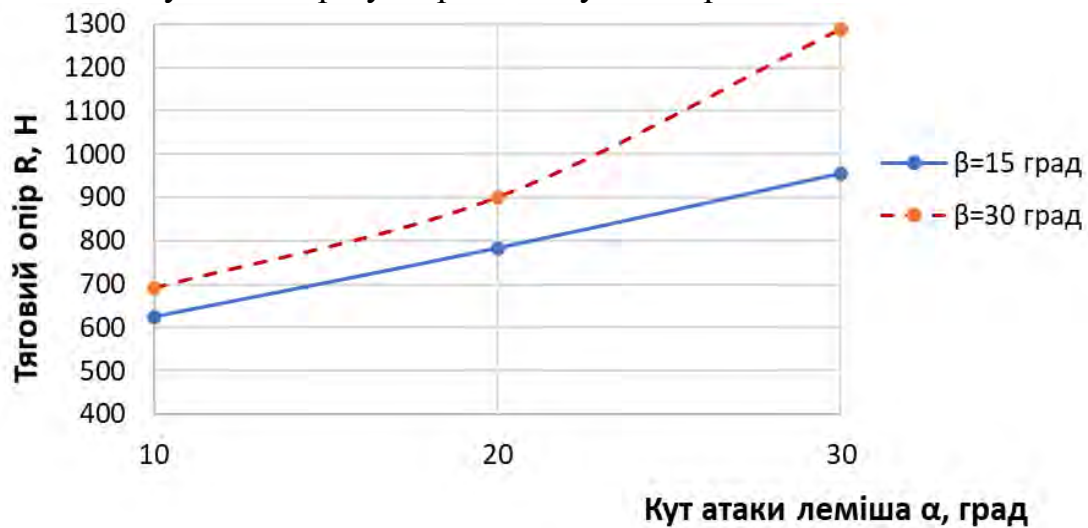


Рисунок 5. Графік зміни тягового опору залежно від кута атаки  $\alpha$  ножу робочого органу і кута відхилення стійки  $\beta$ .

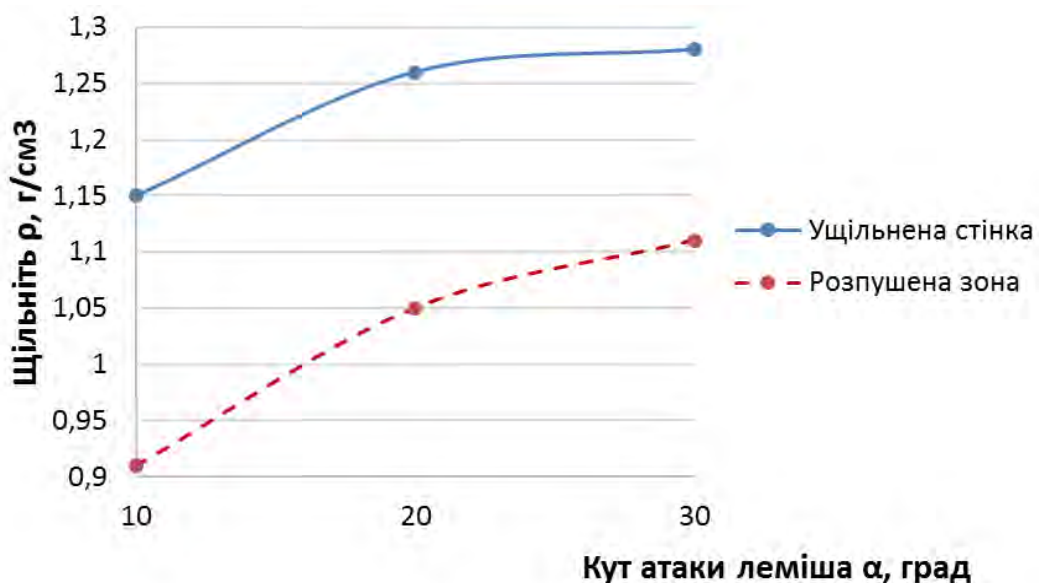


Рисунок 6. Графік зміни щільності ґрунту в межах смугової гряди залежно від кута атаки  $\alpha$  ножу при куті відхилення стійки  $\beta=15^\circ$ .

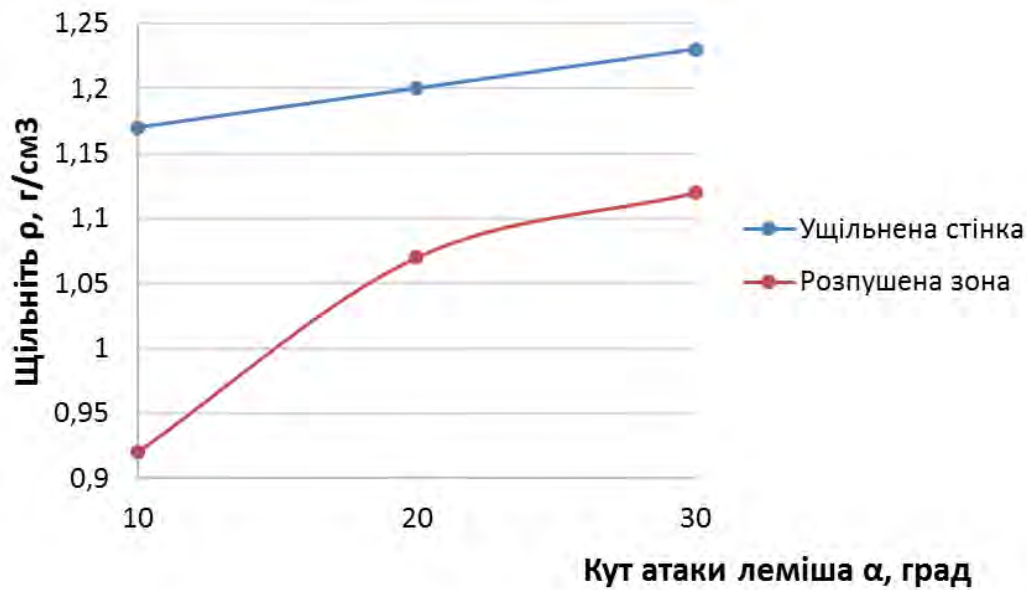
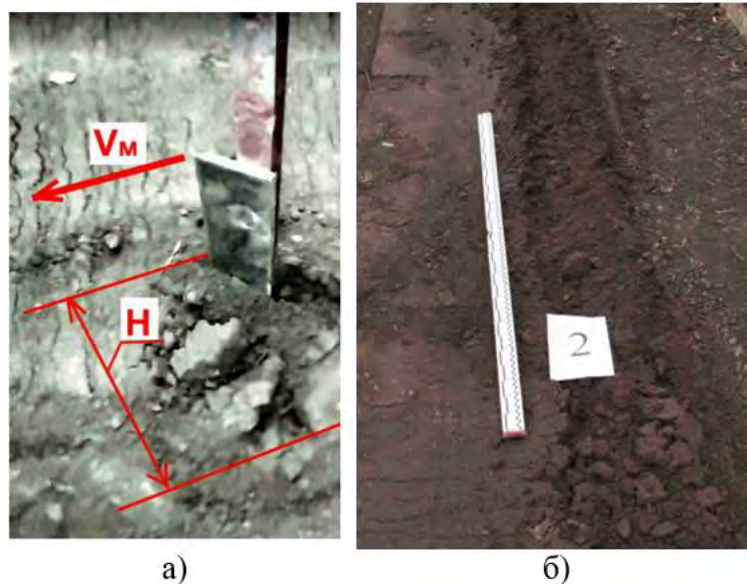


Рисунок 7. Графік зміни щільності ґрунту в межах контуру смугової гряди залежно від кута атаки  $\alpha$  ножу при куті відхилення стійки  $\beta=30^\circ$ .

На рисунку 8 представлено спосіб вимірювання ширини зони розпушування ґрунту робочим органом.



а) ширина зони розпушування; б) загальний вид ґрунту після проходження робочого органу глибокородпушувача.

Рисунок 8. До визначення ширини зони розпушування ґрунту

Проаналізував графічні залежності, наведені на рисунках 5-8 можна зробити такі висновки.

1) Тяговий опір ґрунту зростає зі збільшенням кута атаки  $\alpha$  ножу. При цьому із збільшенням кута  $\beta$  нахилу стійки опір зростає суттєво.



Так, у стійки, нахиленій у поперечно-вертикальній площині на кут  $\beta = 15^\circ$  при збільшенні кута атаки  $\alpha$  на  $20^\circ$  (з  $10^\circ$  до  $30^\circ$ ) тяговий опір зростає на 330 Н або 52% (з 625 Н до 955 Н). При цьому в самому діапазоні зміни кута атаки  $\alpha$ , у стійки нахиленої під кутом  $\beta = 30^\circ$  тяговий опір зростає майже на 600 Н або 86% (з 621 Н до 1289 Н).

2) Щільність бокової «ущільненої» стінки смугової гряди зростає із збільшенням кута атаки  $\alpha$  ножа. При цьому, нахил стійки у поперечно-вертикальній площині у варіантах  $\beta = 15^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$  має несуттєвий вплив на ущільнення і коливається у межах від 2 до 5%. При цьому більші значення ущільнення виникають при меншому ( $\beta = 15^\circ$ ) значенні кута нахилу стійки. Найбільше значення ущільнення стінки  $\rho_y = 1,28 \text{ г/см}^3$  зафіксовано при  $\alpha = 30^\circ$  та  $\beta = 15^\circ$ . Але при цих параметрах суттєво (до 955 Н) зростає тяговий опір. В той же час при куті атаки  $\alpha = 20^\circ$  і  $\beta = 15^\circ$  щільність стінки зменшується до  $\rho_y = 1,26$  або на 1,6% при значенні  $R = 783 \text{ Н}$ , що на 25% більше мінімально зафіксованого значення тягового опору, яке становить 625 Н.

3) Щодо щільності ґрунту в зоні розпушення. Значення щільності, отримані в цій зоні менші за значення щільності бокової «ущільненої стінки», що є природним і збігається із завданнями досліджень. При цьому тенденція до зменшення щільності ґрунту в зоні розпушення проявляється при менших значеннях кута атаки ножа  $\alpha$  та нахилу стійки  $\beta$ . Зміна кута нахилу стійки у варіантах  $\beta = 15^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$  також має несуттєвий вплив на ступінь ущільнення розпушеної зони і коливається до 2%. Пріоритетом у шуканих значеннях параметрів робочого органу є ущільнення бокової стінки, тому компромісні значення параметрів з пункту 2, а саме:  $\alpha = 20^\circ$  і  $\beta = 15^\circ$  вважатимемо раціональними значеннями, при яких щільність розпушеної зони становить  $\rho_p = 1,05 \text{ г/см}^3$

4) Покадрове дослідження відеозйомки процесу переміщення робочого органу в ґрунті при визначенні ширини зони розпушення  $H$  показало, що збільшення кута атаки ножа  $\alpha$  на нахилу стійки  $\beta$  призводить до збільшення ширини зони розпушення. Так при  $\alpha = 10^\circ$  та  $\beta = 15^\circ$  значення зони розпушення  $H = 190 \text{ мм}$ , а при граничних значеннях  $\alpha = 30^\circ$  та  $\beta = 30^\circ$ , величина  $H$  збільшується на 52% і становить 290 мм. Спираючись на положення пунктів 2 та 3, при  $\alpha = 20^\circ$  і  $\beta = 15^\circ$  значення ширини зони розпушення  $H$  становило 220 мм. Якщо на гряді, шириною 1 м (рис.9) висаджуватимуться підщепи на глибину 0,1 м у два рядки, відстань між якими 0,7 м, а відстань між краєм гряди і рядком становить  $l = 0,15 \text{ м}$ , то ширини зони розпушення  $H = 0,22 \text{ м}$  буде достатньо для забезпечення розташування кореневої системи щепи у розпушеному шарі ґрунту, у поперечному перерізі.

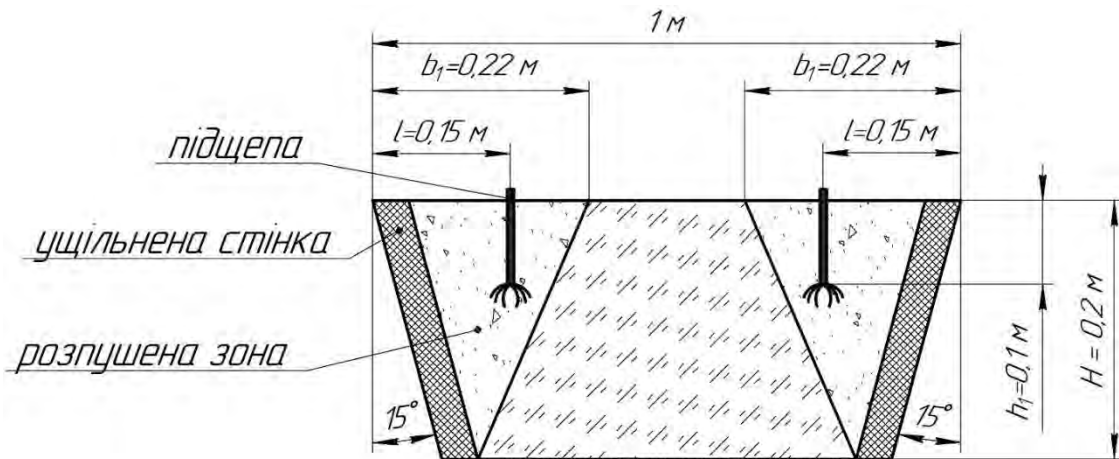


Рисунок 9. Контур смугової гряди, утворений робочим органом глибокорозпушувача, в яку висаджуватимуться підщепи.

*Висновки.* На основі проведених досліджень ножа у ґрунтовому каналу, поверхня якого займала загальне положення встановлено що на глибині 0,2 м при швидкості руху 0,37 м/с ніж забезпечує утворення смугової гряди із щільністю бокової стінки – 1,26 г/см<sup>3</sup>, щільністю ґрунту у зоні розпушення 1,05 г/см<sup>3</sup> і значенням тягового опору 1566 Н (два робочі органи) при таких параметрах положення:

- кута атаки ножа  $\alpha = 20^\circ$ ;
- кута нахилу стійки ножа у вертикальній площині  $\beta = 15^\circ$ .

Список використаних джерел

1. Grigorenko S. 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.

2. 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.

3. Zabolotko O.O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155–158.

4. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education*: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference. Athens, Greece 2021. Pp. 231–233.

5. 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.



6. Skliar O. Measures to improve energy efficiency of agricultural production. *Social function of science, teaching and learning: Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference*. Bordeaux. 2020. P. 478–480.

7. Чижиков І. О. Обґрунтування схеми та засобів механізації вирощування саджанців плодкових культур на грядках. *Імпортозамінні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва рослинництва : мат. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (17-18 травня 2018р., Умань)*. Умань, 2018. С. 26–31

8. Матвійчук Н. П., Мудрак Р. П. Стан галузі садівництва України та визначення перспективних напрямів її функціонування. *Глобальні та національні проблеми економіки*. 2016, вип. 13. С.140–144.

9. Караєв О. Г., Толстолик Л. М. Якість продукції розсадництва плодкових культур. Мелітополь: ВПЦ «Люкс», 2014. 150 с.

10. Караєв О. Г., Матковський О. І., Чижиков І. О., Рубцов Н. О. Проектування поверхонь робочих органів машин, які взаємодіють з ґрунтом. Сучасні проблеми моделювання. 2020. Вип. 19. С. 70–78. Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/cpm\\_2020\\_19\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/cpm_2020_19_11)

11. ГОСТ 20915-2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. [Взамен ГОСТ 20915-75 сельскохозяйственная техника. Методы определения условий испытаний] Дата введения 2013-01-01. Москва: Стандартинформ, 2013. 24 с.

12. ДСТУ Б В. 2. 1-5-96. Основи та підвалини будинків і споруд. ґрунти. Методи статистичної обробки результатів випробувань. [Діючий від 01.04.1997]. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 1996. 21 с.

13. Стенд для тарування кільцевих октагональних тензоланок: пат. 150637 Україна. № 202105206; заявл. 15.09.2021, Бюл.№ 10.

14. GNU Octave.URL: <https://www.gnu.org/software/octave/index>.

Стаття надійшла до редакції 30.03.2022 р.

**I. Chyzykov**

**Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university**

## **INVESTIGATION OF THE PROCESS OF CREATING A STRIP RIDDLE BY THE KNIFE OF THE GRINDER UNDER THE CONDITIONS OF THE SOIL CHANNEL**

### **Summary**

The commercial quality of seedlings significantly depends on the observance of biostructural quality indicators of fruit seedlings at the stages of soil preparation, cultivation, digging and storage. The search and testing of new schemes for laying a





nursery, the improvement of existing ones and the development of new means of mechanization for growing planting material are priority areas. These areas include a new technology for growing seedlings of fruit crops on a strip ridge.

The technology involves the creation of favorable conditions in the soil layer of the strip ridge for the development of the root system of future seedlings by tilling the soil with special working bodies of the subsoiler.

A task has been formed to determine the parameters of the shape and position of the working body of the ripper, which provides for the study of the discrete position of its plane for further determination of the shape parameters of the curved surface.

The influence of the parameters of the plane of general position on the traction resistance and the quality of processing the strip ridge was determined during research in the soil channel by changing the angle of inclination and attack of the plane under study.

The experiments were carried out in a soil channel. A feature of the soil channel is that it is located in an open space and the soil in it is in a natural folded state. A working body is made, consisting of a rack and a knife in the form of a plane of general position. The knife is fixed on a stand mounted on a rotary device 3 (a device for changing the position of the knife in space). The sharpening angle of a blade with one bevel is  $30^\circ$ . The thickness of the knife is 8 mm.

Based on the studies of the knife in the soil channel, the surface of which occupied a general position, it was found that at a depth of 0.2 m at a speed of 0.37 m/s, which ensures the formation of a strip ridge with a side wall density of  $1.26 \text{ g/cm}^3$ , soil density in the loosening zone  $1.05 \text{ g/cm}^3$  and traction resistance value 1566 N for the following position parameters: knife attack angle  $\alpha = 20^\circ$ ; the angle of inclination of the knife stand in the vertical plane  $\beta = 15^\circ$ .

**Key words:** nursery, strip ridge, traction resistance, position parameters, ripper



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-14

УДК 621.9.048; 664.002.5

І. П. Паламарчук<sup>1</sup>, д.т.н. проф.

ORCID: 0000-0002-0441-6586

С. В. Кюрчев<sup>2</sup>, д.т.н. проф.

ORCID: 0000-0001-6512-8118

В. О. Верхоланцева<sup>2</sup>, к.т.н. доц.

ORCID: 0000-0003-1961-2149

Н. О. Паляничка<sup>2</sup>, к.т.н. доц.

ORCID: 0000-0001-8510-7146

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів України<sup>2</sup>Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного

e-mail: valentyna.verkholantseva@tsatu.edu.ua

## ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСА ФЛЮЇДИЗАЦІЇ ДЛЯ ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД

*Анотація.* Заморожування є способом консервування найкращим чином зберігає структуру, властивості- та харчову цінність продуктів харчування. До того ж консервування харчових продуктів заморожуванням має низьку, в порівнянні з іншими способами консервування, енергоємністю. Поєднання вібраційної та поточної технологій при реалізації семіфлюїдизації у конвеєрних вібромашинах обумовлює реалізацію автоматизації виробничого процесу, гармонійне співвідношення його основних структурних складових, здійснення ефективної об'ємної дії на продукцію, що відповідає вищим формам досконалості технологічного обладнання. Розвиток вібраційних конвеєрних машин веде початок із хвильових та вібраційних конвеєрів. Інтенсивна тепломасообмінна дія у досліджуваному семіфлеїдизаційному процесі на поверхневий шар сировини створює водночас проблеми його переохолодження та нерівномірності пошарової обробки. Тому є перспективним при транспортуванні продукції в зоні обробки використовувати віброконвеєрні та хвильові технології, що дозволяють створити сприятливі умови для контактної взаємодії окремих ягід та холодоносія; реалізувати технологічний рух у безперервному режимі; зменшити та усунути взагалі використання непродуктивної праці при здійсненні допоміжних операцій; створити загальне керування динамічним станом системи, в якій відбувається технологічна дія; мінімізувати механічні пошкодження ягідної продукції.

*Ключові слова:* процес, обладнання, флюїдизація, продукція, ягода.



*Постановка проблеми.* Головна умова існуючих технологій зберігання - попереднє охолодження ягід, котре потрібно проводити не пізніше 4 годин після їх збору. Суницю рекомендовано охолоджувати впродовж 1-2 годин, малину, ожину, чорну смородину, порічки та лохину – впродовж 2-3 - до температури + 2-3оС. Процес відбувається в окремих камерах попереднього охолодження або в приміщеннях із установленими мобільними модулями. При охолодженні повітря повинне протягуватися через продукцію, а не обдувати її, але для більш кращого зберігання і довгострокового треба використовувати заморожування.

Швидке охолодження і шокова заморозка по праву визнані найкращим способом зберігання свіжої продукції. Збільшення терміну придатності, збереження поживних і смакових властивостей - все це цінується як покупцем, так і виробником харчових продуктів.

Швидке заморожування свіжої харчової сировини дозволяє зберегти біологічну і вітамінну цінність, активність сировини як тваринного, так і рослинного походження, використовувати таку сировину для виробництва продуктів харчування в осінній, зимовий і весняний періоди. 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 якості після розморожування

*Аналіз останніх досліджень.* Вплив холоду на біологічні об'єкти, до яких належать та харчові продукти, завжди було предметом вивчення та дослідження багатьох вчених та спеціалістів [6]. До базових робіт у цій галузі слідує віднести дослідження [2,4]: А. М. Бражнікова, О. М. Буянова, Н. А. Головкина, А. С. Гінзбург, Е. І. Гуйго, А. А. Гухмана, Е. І. Каухчешвілі, В. С. Колодязний, Т. Лорентцена, А. М. Маслова, Р. Планка, І. А. Рогова, Д. Г. Рютова, С. М. Хабарова, Д. А. Христуло, Г. Б. Чижова, І. Г. Чумака та інших [1, 2].

Явище флюїдизації було відомо і використовувалося у техніці переважно хімічної та борошномельної промисловості при сушінні дрібнодисперсних продуктів [2,4]. 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, оснований на тому, що процеси теплообміну між продуктами і зовнішнім середовищем інтенсифікується, коли в потік повітря зі швидкість до 0,5 м/с вводять дрібнокристалічні тверді речовини зернистої структури із розмірами зерен 0,3-0,5 мм, зокрема кригу. Потужність такого



флюїдизаційного жолоба склала 2,8 кВт на 1 м<sup>2</sup>, а коефіцієнт тепловіддачі а від продукту та флюїдизаційного середовища випарнику міститься у межах 838-1676 Вт/(м<sup>2</sup> · К) [1, 2]. Перевагою такого методу у порівнянні з класичним флюїдизаційним заморожуванням полягає у зниженні потужності вентилятора та скороченні процесу заморожування. Тому дуже актуальним є дослідження низькотемпературного заморожування в аспекті пошуку умов максимального збереження комплексу біологічно активних речовин у замороженій продукції [1, 2, 4].

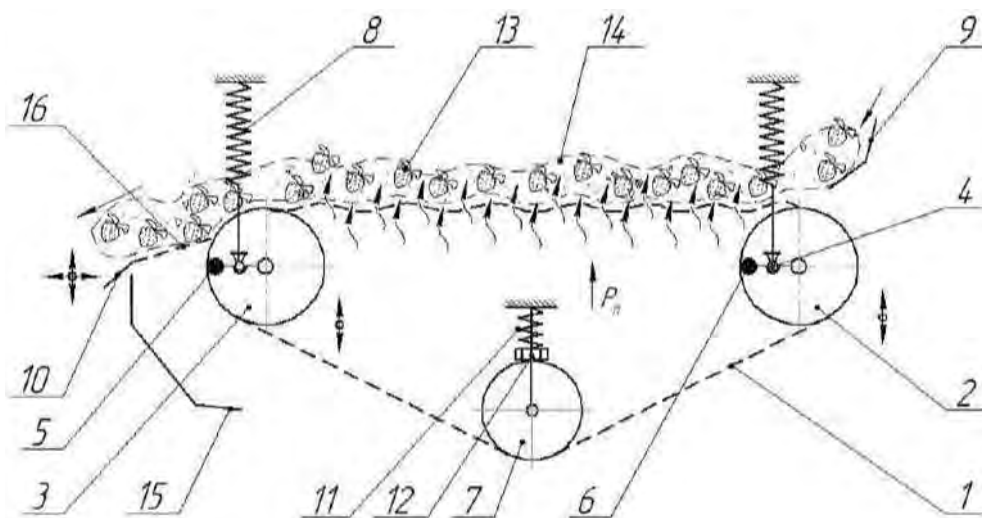
*Формування мети статті.* Розглянути підходи до застосування обладнання із використання процесу заморожування різних видів ягід.

*Основна частина.* При низькотемпературному впливі на харчові продукти чи матеріали теплота відводиться від поверхні об'єкта низькотемпературної обробці передається за допомогою проміжного холодоносія в навколишню середу. В результаті досягається необхідний ефект - охолодження, заморожування об'єкта низькотемпературної обробки або підтримання його температури на певному рівні. Заморожування продукту передбачає його охолодження до температури, значно нижчою, ніж відповідна температура замерзання. Заморожені харчові продукти та сировину можна зберігати протягом багато місяців, тобто значно довше, ніж при використанні помірно знижених температур [3, 5]. Це пояснюється не лише чисто кількісною різницею в низькотемпературному рівні процесів заморожування та холодного зберігання, а й тим, що у заморожених продуктах більша частина вологи перетворено на твердий стан [1]. Тому мікроорганізми, харчування яких відбувається осмотичним шляхом - всмоктуванням рідких поживних середовищ, позбавляються можливості використовувати затверділі харчові продукти, що містять дуже невелику частку вологи в рідкому стані [1, 6].

Розроблена схема віброконвеєрної флюїдизаційної установки являють собою поєднання стрічкового транспортера та вібраційної технологічної машини. Механічні віброприводи або віброзбуджувачі, що умонтовані всередині вальців 3 і 2 (рис. 1) [7, 11, 12], забезпечують генерацію просторових коливань, створюючи умови для безперервного руху продукції по заданій спіралевидній траєкторії, забезпечення її зваженого стану. Валець 7 забезпечує необхідний натяг гнучкої стрічки. Коливання робочих вальців із заданими амплітудними та частотними характеристиками створює на поверхні гнучкого елемента 1 механічну хвилю, що забезпечує просування сипкої продукції вздовж зони обробки в умовах інфрачервоного опромінення. Розпушення маси продукції під дією знакозмінних навантажень призводить як до зменшення внутрішнього тертя та в'язкості у технологічному середовищі, так і до пошарового перемішування та

забезпечення рівномірного контакту з холодоносієм.

Таким чином, представлена установка дозволяє, по-перше, завдяки вібромеханічному приводу забезпечити об'єкту переробки необхідний рівень активності технологічних середовищ; по-друге, при допомозі хвильових ефектів та конвективного потоку холодоносія під тиском реалізувати необхідну енергетичну і технологічну ефективність процесу; по-третє, від вібробуджувачів, що умонтовані усередині робочих котків, за рахунок механічної вібраційної дії утворити на поверхні стрічки 1 хвилю, що дає можливість здійснити одночасно транспортування і перемішування продукції 13 та охолоджуючого матеріалу 14 у вигляді снігової шуби або тонкоподрібненої криги [7–14].



1 – гнучка вантажонесуча стрічка; 2, 3 – робочі опорні вальці; 4 – приводний вал вібробуджувача; 5, 6 – противаги; 7 – натяжний валець; 8 – пружна підвіска; 9 – живильний лоток; 10 – розвантажувальний лоток; 11 – пружний елемент натяжного пристрою; 12 – регулювальна гайка натяжного пристрою; 13 – продукція, що обробляється; 14 – маса снігової шуби або тонкоподрібненої криги; 15 – лоток для відведення часток снігової шуби або тонкоподрібненої криги; 16 – вібраційний просівач для відділення від продукції часток снігової шуби або тонкоподрібненої криги.

Рисунок 1. Принципова схема розробленої віброхвильової семіфлюїдаційної машини.

Для генерації коливань при здійсненні міжопераційного транспортування сипкої продукції у досліджуваній конвеєрній сушарці передбачили використання механічного вібропривода комбінованого типу, що поєднує кінематичний спосіб вібробудження та пружну систему нівелювання паразитних коливань в опорних вузлах



приводного механізму [15, 17]. Такий механізм дозволяє мінімізувати енерговитрати при підтриманні інтенсивного віброімпульсного режиму та забезпеченні достатньо комфортних умов роботи підшипникових опор приводного валу [9,11]. Динамічне навантаження на останні значно зменшується також через наявність підпружиненої підвіски напрямної стрічки розробленої установки [16, 18]. Вібращійна дія полягає у впливі на робочі органи машин та відповідно продукцію або технологічні середовища знакозмінних відцентрових сил, період та напрямок дії яких змінюються з достатньо високою частотою [19, 20]. Внаслідок впливу такого технологічного фактору має місце інтенсивний як циркуляційний, так і відносний рух часток продукції в робочій камері по найрізноманітнішим та як завгодно складним траєкторіям, що зумовлює оптимальні умови для здійснення тепло- та масообміну. Крім того, можливість регулювання параметрів вібрації в широких межах дозволяє впливати як на значні об'єми продукції, так і на дуже локалізовані її області. Тому швидке заморожування свіжої ягід дозволяє зберегти біологічну і вітамінну цінність, активність сировини як тваринного, так і рослинного походження, використовувати таку сировину для виробництва продуктів харчування в осінній, зимовий і весняний періоди [16, 21].

*Висновок.* Заморожування належить до найперспективніших методів консервування. У заморожених продуктах краще, ніж у консервованих будь-яким іншим способом зберігаються основні компоненти, що визначають і харчову цінність, у тому числі й такі лабільні, як вітаміни, поліфеноли та ін. За органолептичними показниками – смаком, ароматом, кольором. Тому необхідно підбирати обладнання для заморожування, щоб на вигляд заморожені продукти мало відрізнялися від свіжих. Треба приділити уваги конструкціям пристрою, виду ягід та терміну зберігання після обробки.

#### Список використаних джерел

1. Паламарчук І. П., Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Кюрчева Л. М. Обґрунтування розробленого обладнання для швидкоскоростного заморожування сільськогосподарської продукції *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. с. 11–19.
2. Ялпачик В. Ф., Стручаєв М. І., Ялпачик Ф. Ю. Практикум з курсу “Холодильне устаткування”: Навчальний посібник. Мелітополь.: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2014. 112с.
3. Подпрятков Г. І., Скалецька Л. Ф., Сеньков А. М. *Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва*: практикум. Київ: Вища освіта, 2004. 271 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/381926/>
4. Флюїдизаційний пристрій. пат № 131546 Україна,



- F25D13/06 (2006.01). Заявл. 01.06.2018, Опубл. 25.01.2019, Бюл. №2.
5. Вібраційний швидкоморозильний пристрій. пат. 141441. Україна, F25D 17/06 (2006.01). ТДАТУ. № u201909618; заяв. 03.09.2019; опубл. 10.04.2020; Бюл.№ 7.
6. Короткий И. А., Короткая Е. В., Ибрагимова Е. А. Процессы замораживания ягод черной смородины. Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 3. С. 8–9. URL: <http://rudocs.exdat.com/docs/index-552441.html?page=4>
7. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Загорко Н. П., Мікульонок І. О., Циб В. Г. Процеси і апарати харчових виробництв. Механічні процеси і технології надвисокого тиску. Підручник. Мелітополь. Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 273 с.
8. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Ломейко О. П., Олексієнко В. О., Петриченко С. В., Пупинін А. А., Гавдида Г. І. Конструкції і розрахунки машин та апаратів переробних виробництв: підручник. Київ: ПрофКнига, 2021. 320 с.
9. Бойко В. С., Самойчук К. О., Тарасенко В. Г., Ломейко О. П., Процеси і апарати харчових виробництв. Теплообмінні процеси Підручник. Мелітополь: «Лух» 2020. 330 с.
10. Елхина В. Д. Механическое оборудование предприятий общественного питания. Учебное пособие М.: Academia, 2017. 336 с. <http://list-of-lit.ru/oborudovanie/mechanicheskoe-oborudovanie-predpriyatiy.htm>
11. 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, P.154–158. URL: [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)
12. Hertel, Anne G., Richard Bischof, Ola Langval, Atle Myrsterud, Jonas Kindberg, Jon E. Swenson, and Andreas Zedrosser. “Berry Production Drives Bottom-up Effects on Body Mass and Reproductive Success in an Omnivore.” *Oikos* 127 (2): P. 197–207. <https://doi.org/10.1111/oik.04515>.
13. Andersson, J., H. Hellsmark, and B. A. Sanden. “Shaping Factors in the Emergence of Technological Innovations: The Case of Tidal Kite Technology.” *Technological Forecasting and Social Change* 132: P. 191–208. <https://doi.org/10.1016/i.techfore.2018.01.034>.
14. Tumbas Saponjac, V. T.; Cetkovi'c, G.S.; Stajci'c, S.M.; Vuli'c, J.J.; Canadanovic-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, P. 53–61. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21691401.2019.1603157>
15. Leong, S.Y.; Oey, I. Effects of processing on anthocyanins,



carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. *Food Chem.* 2012, 133, P. 1577–1587. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612002397>

16. Poiana, M.A.; Moigradean, D.; Raba, D.; Alda, L.M.; Popa, M. The effect of long-term frozen storage on the nutraceutical compounds, antioxidant properties and color indices of different kinds of berries. *J. Food Agric. Environ.* 2010, 8, 54–58. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-effect-of-long-term-frozen-storage-on-the-and-PoianaMoigradean/0a24387fbf107cdcc7d23ad324>

17. Gonfalves, G.A.S.; Resende, N.S.; Carvalho, E.; de Resende, J.V.; Boas, E.V.D.B.V. Effect of pasteurization and freezing method on bioactive compounds and antioxidant activity of strawberry pulp. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2017, 68, P. 682–694. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28139162/>

18. 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, P. 1–11. URL: <https://www.bib.irb.hr/425908>

19. Ketata, M.; Desjardins, Y.; Ratti, C. Effect of liquid nitrogen pretreatments on osmotic dehydration of blueberries. *J. Food Eng.* 2012, 116, 202–212. URL: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20133067331>

20. Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Кюрчева Л. М., Самойчук К. О. Використання технології заморожування ягід *Праці ТДАТУ*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 20, т. 2. С. 115–123.

21. 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, P. 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*

Стаття надійшла до редакції 30.03.2022 р.

**I. Palamarchuk<sup>1</sup>, S. Kiurchev<sup>2</sup>, V. Verkholantseva<sup>2</sup>, N. Palianychka<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National University of Bioresources and Nature Management of Ukraine

<sup>2</sup>Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

## APPLICATION OF FLUIDIZATION PROCESS FOR BERRY FREEZING

### Summary

Freezing is a way of canning that best preserves the structure, properties and nutritional value of food. In addition, canning food by freezing has a low, compared to other methods of canning, energy consumption. The combination of vibration and current technologies in the implementation of semifluidization in conveyor vibrating machines determines the implementation of automation of the production process, the harmonious





ratio of its main structural components, the implementation of effective volume action on products that meet the highest forms of technological equipment. The development of vibrating conveyor machines begins with wave and vibrating conveyors. Intensive heat and mass transfer action in the studied semifluidization process on the surface layer of raw materials creates both problems of its supercooling and uneven layer-by-layer processing. Therefore, it is promising to use vibroconveyor and wave technologies when transporting products in the processing area, which allows to create favorable conditions for contact interaction of individual berries and coolant; to implement technological movement in a continuous mode; reduce and eliminate the use of unproductive labor in the implementation of ancillary operations; create general management of the dynamic state of the system in which the technological action takes place; minimize mechanical damage to berry products. Frozen berries have a number of undeniable advantages: they do not require additional preparation costs, are almost ready to eat, and most importantly, thanks to modern technologies, they retain almost twice as much nutrients as with other canning methods. Increasingly, there are risks associated with internal and external factors, as well as problems with excess yields that threaten not to sell the product fresh. short shelf life immediately after harvest, which increases the critical dependence on market prices. The use of such freezing gives, first of all, a low degree of product damage, minimally reduces the biological value and taste characteristics, and the use of freezing does not significantly affect the quality of the thawed product.

**Key words:** process, equipment, fluidization, products, berry.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-15

УДК 631.163.54

А. В. Антоненко<sup>1</sup>, к.т.н., доц.,  
Т. В. Бровенко<sup>1</sup>, к.т.н., доц.,  
О. В. Василенко<sup>1</sup>, к.п.н., доц.,  
М. Ю. Криворучко<sup>2</sup>, к.т.н., доц.,  
Н. М. Стукальська<sup>3</sup>, к.т.н., доц.,  
Г. А. Толлок<sup>4</sup>, к.т.н., доц.,

ORCID: 0000-0001-9397-1209  
ORCID: 0000-0003-1552-2103  
ORCID: 0000-0003-4097-7476  
ORCID: 0000-0002-7378-1050  
ORCID: 0000-0001-6590-7170  
ORCID: 0000-0002-2971-1645

<sup>1</sup>Київський національний університет культури і мистецтв

<sup>2</sup>Державний торговельно-економічний університет

<sup>3</sup>Національний університет харчових технологій

<sup>4</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування  
України

e-mail: artem.v.antonenko@gmail.com, тел.: (063)2633303

## ТЕХНОЛОГІЯ ДЕСЕРТНИХ СТРАВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШРОТІВ ІЗ ЗАРОДКІВ ПШЕНИЦІ ТА КВІТКОВОГО ПИЛКУ

*Анотація.* У статті розроблено технологію десерту «Панна Котта» з використанням шротів із зародків пшениці та квіткового пилку. Для обґрунтування раціональної кількості шроту із зародків пшениці та квіткового пилку складено модельні композиції десертів, в яких частину вершків (від 5 % до 10 %) замінено на шрот із зародків пшениці, а частину води (від 3 % до 6 %) замінено на квітковий пиллок. За результатами проведених досліджень встановлено, що при збільшенні концентрації квіткового пилку та шроту із зародків пшениці, органолептичні показники десерту знижуються, внаслідок отримання більш в'язкої консистенції. У зв'язку з цим встановлено, що раціональною концентрацією шроту із зародків пшениці у складі десерту «Панна Котта» є 5 % від загальної маси (5 % заміни вершків), квіткового пилку – 3 % від загальної маси (3 % заміни води). При цьому консистенція готового десерту достатньо щільна, а загальна органолептична оцінка – 4,86 бали, що знаходиться на рівні контролю.

На основі визначених показників якості та коефіцієнтів вагомості розраховано комплексний показник якості десерту «Панна Котта», виготовленого за розробленою технологією. За результатами проведених досліджень обґрунтовано і розроблено технологію десерту «Панна Котта» з використанням шротів із зародків пшениці та



квіткового пилку, що дозволяє розширити асортимент страв функціонального призначення з підвищеним вмістом харчових волокон, мінеральних речовин і вітамінів. Розроблена десертна продукція може бути рекомендована для харчування у повсякденних раціонах людей, що працюють на виробництвах важкої промисловості, проживають на екологічно забруднених територіях та всіх верств населення, а також для задоволення попиту споживачів на функціональні харчові продукти.

*Ключові слова:* технологія, шрот із зародків пшениці, квітковий пилок, десерт, харчова цінність.

*Постановка проблеми.* Одним із найважливіших факторів, що формує високий рівень здоров'я та імунний статус організму є харчування. У сучасної людини структура харчування суттєво порушена. Це завдає більшої шкоди здоров'ю людини, ніж екологічна забрудненість. Деформація раціонів харчування призводить до зниження споживання есенційних нутрієнтів, а саме, повноцінного білка, рослинних жирів, складних вуглеводів, вітамінів та мінеральних речовин. Як наслідок, знижується загальний опір організму людини до несприятливих факторів зовнішнього середовища [1,2].

Вивчення стану харчування населення України вказує на те, що аліментарні захворювання, які пов'язані з нестачею есенційних нутрієнтів в раціонах харчування широко розповсюджені серед мешканців країни. Також однією з головних причин підвищення ризику виникнення дефіциту нутрієнтів є тенденція до зниження потреб в енергії внаслідок зниження фізичної активності. Так, якщо середні енергетичні витрати сучасної людини становлять 2500 ккал/добу, то навіть при раціональному харчуванні нестача основних біологічно активних речовин становить 50% від фізіологічної норми. Сучасний швидкий темп життя призводить до зниження якості харчування, що обумовлює виникнення дисбалансу основних харчових речовин. Для забезпечення здоров'я вміст у раціоні мінеральних речовин і вітамінів повинен бути не меншим, ніж фізіологічні потреби людини [3,4].

*Аналіз останніх досліджень.* Аналіз науково-технічної літератури показує, що провідними виробниками десертних страв України вдало переймається досвід закордонних країн. На вітчизняному рівні науковими розробками в виробництві борошняних кондитерських виробів активно займаються провідні ВНЗ та їх науковці. Активно впроваджуються композитні суміші зернової та овочевої сировини такими науковцями, як Макарова О. В., Василевич О. В. та ін.. У вирішенні окремих проблем щодо забезпечення виробників борошном цільового призначення та поліпшення функціональних властивостей борошняних кондитерських виробів



значний внесок зробили вчені Дорохович А. М., Жигунов Д. О., Іоргачова К. Г., Калакура М. М., Кравченко М. Ф., Кочетов В. К., Мелешкіна О. П., Оболкіна В. І., Рибалка О. І., Самохвалова О. В., Сирохнам І. В., Gray J. A., Purna S. та інші [4-9].

Одним з напрямів вирішення цієї проблеми є створення продукції функціонального призначення, яка посилює функції організму людини, підвищує імунний статус організму. Актуальним при цьому є збагачення кулінарної продукції харчовими волокнами, вітамінами, мінеральними речовинами (К, Са, Mg, Р, Fe, Zn) завдяки використанню рослинної сировини і дієтичних добавок, таких як шрот із зародків пшениці та квітковий пилок. Перспективними джерелами есенційних нутрієнтів і функціональних інгредієнтів у виробництві харчових продуктів є продукти бджільництва – мед і апіпродукти. До апіпродуктів належать мед, пилок квітковий (обніжжя), віск, прополіс, маточне молоко, бджолиний хліб (перга), бджолина отрута, гемогенат трутневих личинок, продукти життєдіяльності воскової молі. Використання цих продуктів при виробництві дієтичних добавок та харчових продуктів функціонального призначення дозволяє забезпечити організм необхідними для його життєдіяльності, збалансованими у кількісному та якісному співвідношенні компонентами: вітамінами, ферментами, білками, ліпідами, макро- та мікроелементами, органічними кислотами, тощо [10].

*Формулювання мети статті.* Метою роботи є обґрунтування та розроблення технологій та дослідження якості десерту «Панна Котта» з додаванням шроту з зародків пшениці та квіткового пилку.

Об'єкт дослідження – технологія десерту «Панна котта» з використанням шротів із зародків пшениці та квіткового пилку.

Предмет дослідження – шрот із зародків пшениці, квітковий пилок, десерт «Панна котта» з використанням шротів із зародків пшениці, квіткового пилку. Контролем обрано десерт «Панна Котта», виготовлений за традиційною технологією (ТК №777 з підприємства «Срібні лелеки», м. Луцьк).

*Основна частина.* Квітковий пилок являє собою гранули від жовто-зеленого до світло-коричневого кольору. Він утворюється у пилкових квітах та складається з великої кількості пилкових гранул. Величина, колір та форма пилкових зерен залежать від виду рослини, до якої вони належать. Кожне зерно має подвійну оболонку з клітковини та містить живу протоплазму з двома ядрами. Пилок стимулює ріст і регенерацію ушкоджених тканин, у тому числі печінкової, що сприяє відновленню її функцій (гепатозахисна дія). Пилок нормалізує діяльність нервової та ендокринної систем, стимулює відновлення кровотворної тканини, знижує вміст холестерину в крові, стимулює імунну систему, покращує розумову і



фізичну працездатність [11].

Квітковий пилок підсилює виведення радіонуклідів з організму та стимулює захисні реакції до дії іонізуючої радіації. Пилок багатий на білки, вуглеводи, ліпіди, нуклеїнові кислоти, макро- і мікроелементи, вітаміни, флавоноїди. У складі білків є майже всі незамінні амінокислоти, які знаходяться також і у вільному вигляді. Пилок сливи, персика, звіробою містить фосфоліпіди – лецитини, кефаліни, інозитфосфогліцерини, фосфатидилсеріни, фітостерини. У пилку знаходиться до 38,8% вуглеводів (глюкоза, фруктоза, мальтоза, сахароза, крохмаль, клітковина та пектинові речовини). Бджолине обніжжя багате фітогормонами, флавоноїдами тощо. Рекомендується споживати від 2,5 до 20 г пилку на добу. Група дослідників з Буковинського державного медичного університету обґрунтували разову терапевтичну дозу квіткового пилку (15–17 мг), тривалість її дії (10–12 год), що стало аргументом для дворазового вживання квіткового пилку за добу [12]. Найбільш раціональним є вживання квіткового пилку за 20–30 хв до прийому їжі у вигляді водної суспензії (квітковий пилок настоюється у теплій кип'яченій воді протягом 20–30 хв), що сприяє його кращому засвоєнню [13].

Бджолине обніжжя можна включати у сухі суміші харчових концентратів швидкого приготування, продукти харчування функціонального призначення з багатоцільовою дією. Актуальним у виробництві харчових продуктів є використання шротів із зародків пшениці, які мають високу біологічну та поживну цінність. Зародки пшеничного зерна містять 12 вітамінів, 18 амінокислот, 21 макроелемент, а вміст вітамінів групи В в них у 3–4 рази вищий, ніж в цілому зерні.

Використання шротів із зародків пшениці в харчуванні є актуальним, оскільки в раціонах харчування населення існує дефіцит харчових волокон. До складу шротів із зародків пшениці входить 10 незамінних амінокислот, вітаміни В1, В2, В6, Е, макро- і мікроелементи (залізо, калій, кальцій, магній, фосфор, цинк та інші), поліненасичені жирні кислоти родин омега-6 і омега-3 (лінолева, ліноленова та ін.), що обґрунтовує їх оздоровчу спрямованість: профілактику розвитку атеросклерозу і серцево-судинних, онкологічних захворювань, передчасного старіння тощо [14-15]. Він містить велику кількість харчових волокон, які є живильним середовищем для розвитку корисної мікрофлори кишківника.



Таблиця 1

Хімічний склад шроту із зародків пшениці та квіткового пилку (на 100 г)

Речовини	Шрот із зародків пшениці	Квітковий пилко
Білки, г	60,00	7,00–30,00
Жири, г	40,00	1,00–5,00
Вуглеводи, г, у т. числі:	8,00	25,00–48,00
моно- і дисахариди, г	39,90	7,46
крохмаль, г	54,50	0,55
Харчові волокна, г	60,10	–
Мінеральні речовини:		
Калій, мг	25,00	450,00–700,00
Кальцій, мг	1,10	250,00–300,00
Магній, мг	40,00	–
Фосфор, мг	18,68	200,00–600,00
Залізо, мг	40,00	–
Цинк, мг	1,12	–
Вітаміни:		
β-каротин, мг	–	0,70–21,50
В <sub>1</sub> (тіамін), мг	120,00	0,40–1,50
В <sub>2</sub> (рибофлавін), мг	57,78	0,50–19,00
Токоферол, мг	–	0,30–170,00
Біофлавоноїди	–	сл.
Е, мг	105,33	–
В <sub>6</sub> (піридоксин), мг	56,00	–
Енергетична цінність, ккал	192,00	18,00

Для обґрунтування раціональної кількості шроту із зародків пшениці та квіткового пилку складено модельні композиції десертів, в яких частину вершків (від 5 % до 10 %) замінено на шрот із зародків пшениці, а частину води (від 3 % до 6 %) замінено на квітковий пилко (табл. 2) [16].

Таблиця 2

Модельні композиції десерту «Панна Котта» з використанням шроту із зародків пшениці та квіткового пилку

№ З/п	Найменування сировини	Контроль	Дослід 1	Дослід 2
1.	Вершки кондитерські 35 %	80	75	70
2.	Цукор-пісок	25	25	25
3.	Розмарин	0,02	0,02	0,02



Продовження таблиці 1

4.	Ванілін	0,02	0,02	0,02
5.	Желатин	10	10	10
6.	Джем полуничний	15	15	15
7.	Вода	30	27	24
8.	Шрот із зародків пшениці	–	5	10
9.	Квітковий пилок	–	3	6
Вихід, г		100	100	100

*Примітка.* Дослід 1 – модельна композиція десерту з використанням 5 % шроту, 3 % квіткового пилку. Дослід 2 – модельна композиція десерту з використанням 10 % шроту, 6 % квіткового пилку.

Обмежувальним критерієм визначення раціональної кількості добавок обрано органолептичну оцінку страви (табл.3).

За результатами проведених досліджень встановлено, що при збільшенні концентрації квіткового пилку та шроту із зародків пшениці, органолептичні показники десерту знижуються, внаслідок отримання більш в'язкої консистенції. У зв'язку з цим встановлено, що раціональною концентрацією шроту із зародків пшениці у складі десерту «Панна Котта» є 5 % від загальної маси (5 % заміни вершків), квіткового пилку – 3 % від загальної маси (3 % заміни води). При цьому консистенція готового десерту достатньо щільна, а загальна органолептична оцінка – 4,86 бали, що знаходиться на рівні контролю [17-19].

Розроблена технологія десерту «Панна Котта» з використанням шротів із зародків пшениці та квіткового пилку передбачає змішування вершків з цукром та доведення до кипіння, введення розмарину і охолодження ( $t=60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), додавання шротів із зародків пшениці та желатинової суміші. Для цього, теплу воду ( $t=40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) з'єднують з квітковим пилом, перемішують, розводять в цій рідині желатин. Масу розливають у форми і охолоджують ( $t=4-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Готовий десерт оформляють полуничним джемом та зеленню м'яти [20].

Аналіз хімічного складу контрольного і дослідного зразків розробленого десерту наведено в таблиці 4.

Аналіз хімічного складу контрольного та дослідного зразків свідчить, що за незначного збільшення енергетичної цінності (на 2,2 %) відбулося збільшення кількості  $\beta$ -каротину (в 4 рази), В1 (в 303 рази), В2 (в 33 рази). Слід відзначити покращення якості вітамінного складу десерту появою вітамінів В6 і токоферолу. Суттєво зросла кількість мінеральних речовин, в тому числі калію (в 1,1 рази), кальцію (в 1,5 рази), магнію (в 1,2 рази), фосфору (в 1,2 рази), заліза (в 5 разів). В дослідному зразку збільшилась кількість харчових волокон – у 13 разів,

порівняно з контролем. При споживанні 100 г розробленого десерту забезпечується 14 % добової потреби в харчових волокнах [21].

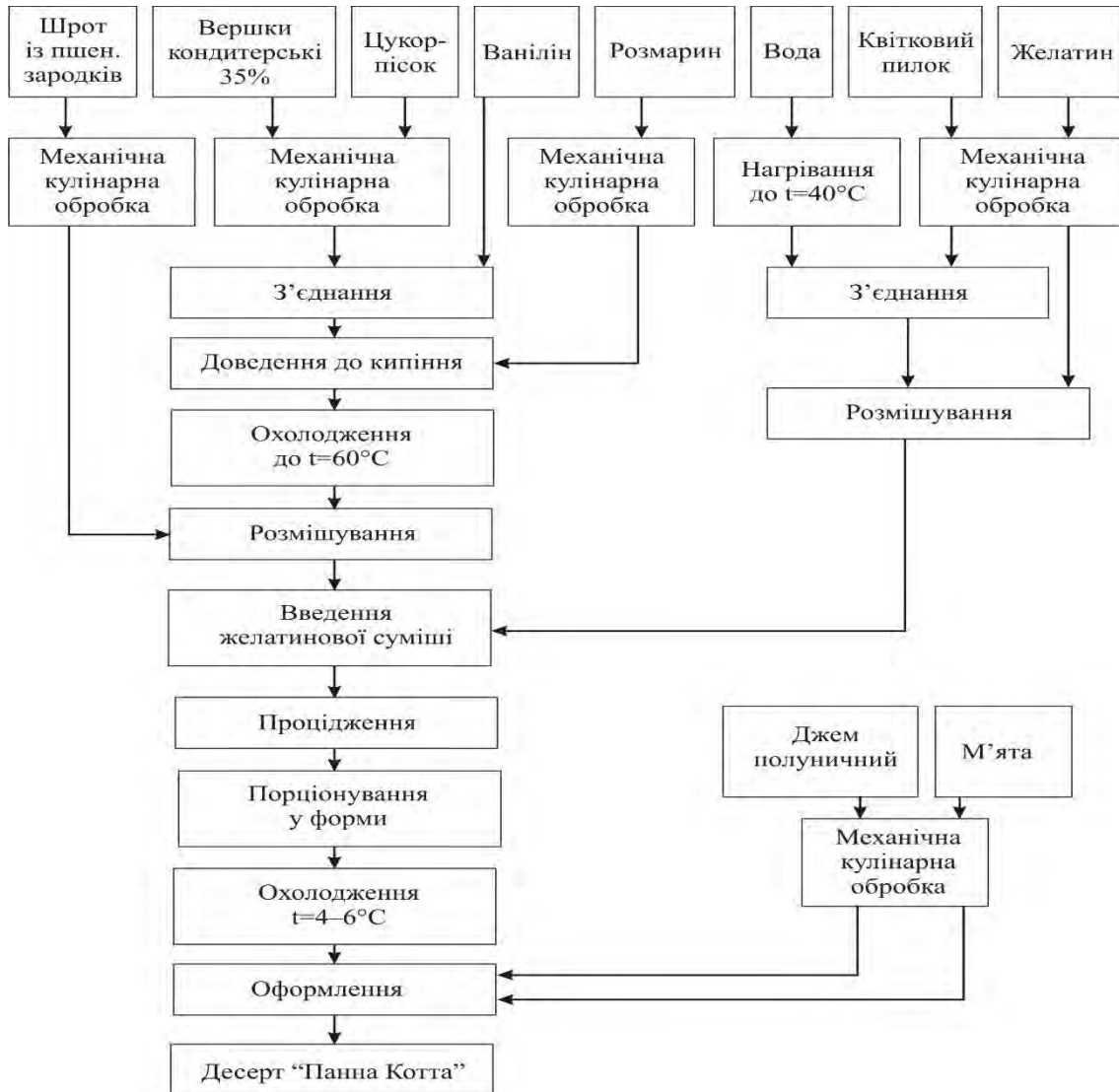


Рисунок 1. Технологічна схема приготування десерту «Панна Котта» з додаванням шротів із пшеничних зародків та квіткового пилку

Таблиця 3

Органолептична оцінка десерту «Панна Котта» з додаванням шроту із зародків пшениці і квіткового пилку, бали

Показник	Коефіцієнт вагомості, од.	Контроль	Дослід 1	Дослід 2
Зовнішній вигляд	0,25	1,25	1,25	1,20
Колір	0,15	0,74	0,72	0,65
Смак	0,25	1,25	1,20	1,13
Запах	0,25	1,23	1,20	1,20
Консистенція	0,10	0,47	0,49	0,47
Загальна оцінка	1,00	4,93	4,86	4,65

Таблиця 4





Хімічний склад десерту «Панна Котта» з додаванням шроту із зародків пшениці та пилку квіткового (на 100 г)

Показник	Контроль	Дослід	Різниця	
			+/-	%
Білки, г	5,29	8,85	3,56	67,30
Жири, г	28,03	30,12	2,09	7,46
Вуглеводи, г, в т.ч.:	48,62	50,12	1,50	3,09
моно- і дисахариди, г	48,59	50,81	2,22	4,57
крохмаль, г	0,03	2,78	2,75	9166,67
харчові волокна, г	0,26	3,27	3,01	1157,69
Мінеральні речовини, в т. числі макроелементи, мг:	187,91	219,65	31,74	16,89
Калій, мг	99,35	107,66	8,31	8,36
Кальцій, мг	18,75	27,25	8,50	45,33
Магній, мг	9,91	11,91	2,00	20,18
Фосфор, мг	59,90	72,83	12,93	21,59
мікроелементи, мг:	0,48	2,54	2,06	429,17
Залізо, мг	0,48	2,48	2,00	416,67
Цинк, мг	–	0,06	0,06	–
Вітаміни мг, в.ч.	0,33	20,51	20,18	6115,15
β–каротин, мг	0,10	0,44	0,34	340,00
В <sub>1</sub> (тіамін), мг	0,02	6,05	6,03	30150,00
В <sub>2</sub> (рибофлавін), мг	0,10	3,28	3,18	3180,00
В <sub>6</sub> (піридоксин), мг	–	2,80	2,80	–
Токоферол, мг	–	2,56	2,56	–
Е, мг	0,11	5,38	5,27	4790,91
Енергетична цінність, ккал	466,20	476,34	10,14	2,18

На основі визначених показників якості та коефіцієнтів вагомості розраховано комплексний показник якості десерту «Панна Котта», виготовленого за розробленою технологією (рис. 2).

За результатами проведених розрахунків встановлено, що комплексний показник якості десерту «Панна Котта» становить 19,3 од., що у 4 рази вище за контроль (5,0 од.).

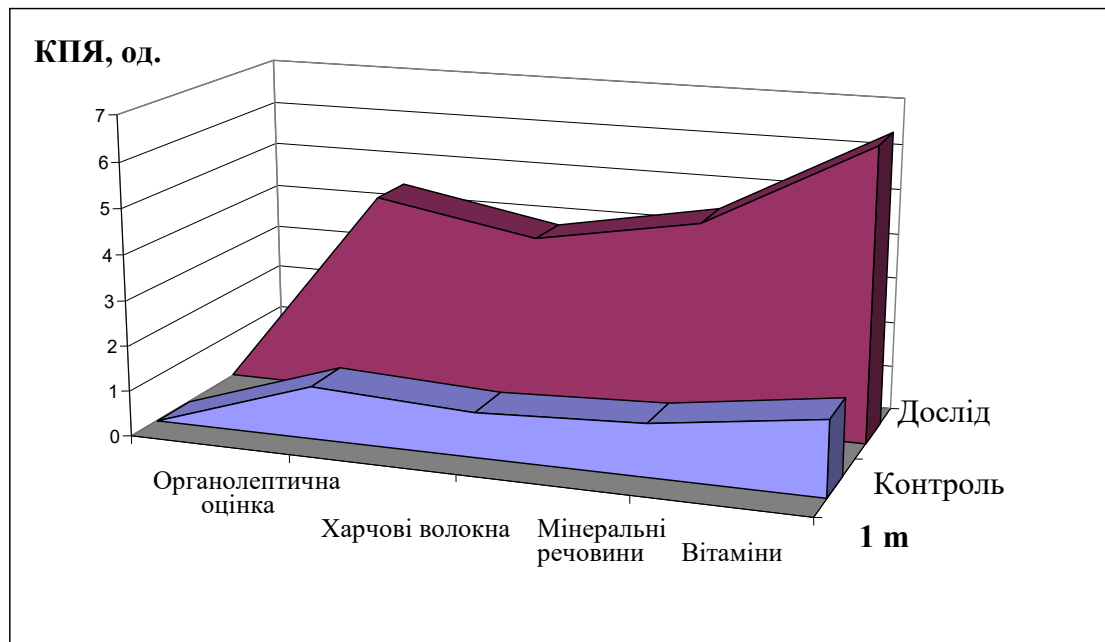


Рисунок 2. Модель якості десерту «Панна Котта» з додаванням шроту із пшеничних зародків та квіткового пилку

*Висновки* За результатами проведених досліджень обґрунтовано і розроблено технологію десерту «Панна Котта» з використанням шротів із зародків пшениці та квіткового пилку, що дозволяє розширити асортимент страв функціонального призначення з підвищеним вмістом харчових волокон, мінеральних речовин і вітамінів. Розроблена десертна продукція може бути рекомендована для харчування у повсякденних раціонах людей, що працюють на виробництвах важкої промисловості, проживають на екологічно забруднених територіях та всіх верств населення, а також для задоволення попиту споживачів на функціональні харчові продукти.

#### Список використаних джерел

1. Мазаракі А. А. Технологія харчових продуктів функціонального призначення. Київ: КНТЕУ. 2012. 1116 с.
2. Dodson, A. G., & Pepper, T. (1985). Confectionery technology and the pros and cons of using non-sucrose sweeteners. *Food chemistry*, 16(3-4), 271–280.
3. Brovenko T.V. and others *Wissenschaft für den modernen Menschen: wirtschafts, management, marketing, tourismus, rechts und politikwissenschaften. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft» Buch 4., Teil 6.* 2021.
4. Черевко О. І. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення. Харків: ХДУХТ. 2017. 591 с.
5. Yatsenko V. M. Financial-economic and innovative support of entrepreneurship development in the spheres of economy, tourism and hotel-



restaurant business. Agenda Publishing House, Coventry, United Kingdom. 2017. 619 с.

6. Русавська В. А. Теоретико-практичні підходи до ефективного функціонування ринку готельно-ресторанних послуг: стан, проблеми, тенденції. Київ: Видавництво Ліра. 2018. 420с.

7. Indrani, D., Soumya, C., Rajiv, J., & Venkateswara Rao, G. (2010). Multigrain bread—its dough rheology, microstructure, quality and nutritional characteristics. *Journal of texture studies*, 41(3), 302–319.

8. Sudha, M. L., BEGUM, K., & Ramasarma, P. R. (2010). Nutritional characteristics of linseed/flaxseed (*Linum usitatissimum*) and its application in muffin making. *Journal of Texture Studies*, 41(4), 563–578.

9. Brovenko T. Food design as the actual direction of the interdisciplinary researches. *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв*: наук. журнал, 2018. №2. С. 91–94.

10. Антоненко А. В. Інноваційні технології десертів із підвищеною біологічною цінністю. *Ресторанний і готельний консалтинг*. Інновації : наук. зб. Київ : Вид. центр КНУКіМ, 2018. Вип. 2. С. 32–42.

11. Земліна Ю. В., Грищенко І. М., Сучасні технології заморожених десертів на основі рослинної сировини. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*, серія «Технічні науки». 2019. Т. 30 (69). № 2. Ч. 2. С. 142–150.

12. Земліна Ю. В. Кріотехнологія десертів «Сорбет». *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського*, серія «Технічні науки». 2018. Т. 29 (68). № 2. С. 259–264.

13. Бобось О. Л., Михайлик В. С. Технологія жельованих десертів з підвищеною харчовою цінністю. *Научные труды SWorld*. Вып. 2 (43). Т. 3. Иваново: Научный мир, 2016. С. 4–11.

14. Бровенко Т. В., Приходько К. О. Технологія молочно-рослинних напоїв для людей з підвищеним рівнем фізичної активності. *Научные труды SWorld*. Иваново: Научный мир, 2017. Вып. 46. Т. 2. С. 21–28.

15. Земліна Ю. В., Грищенко І. М. Технології напоїв з використанням натуральних добавок з фруктів. *Modern engineering and innovative technologies*. March 2018. Vol. 1. Is. 3. P. 110–116.

16. Мазаракі А. А. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв функціонального призначення. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. 772 с.

17. Jyotsna, R., Sai Manohar, R., Indrani, D., & Venkateswara Rao, G. (2007). Effect of whey protein concentrate on the rheological and baking properties of eggless cake. *International Journal of Food Properties*, 10(3), 599-606.

18. Sudha, M. L., Rajeswari, G., & Venkateswara Rao, G. (2012). Effect of wheat and oat brans on the dough rheological and quality



characteristics of instant vermicelli. *Journal of Texture Studies*, 43(3), Pp.195–202.

19. Кравченко М. Ф. Наукове обґрунтування і розроблення фруктових систем як основи для солодких соусів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2009. № 2. С. 76–82.

20. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник / Под. ред. член-корр. МАИ, И.М. Скурихина и академика РАМН, проф. В. А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.

21. Sokolovska, O., Skyrda, O., Chatchenko, O., Letuta, T., & Andrii, H. (2020). Scientific foundations of the integrated use of sweeteners and iodine-containing raw materials in confectionery technology. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 32, Pp. 11–16.

Стаття надійшла до редакції 14.03.2022

**A. Antonenko<sup>1</sup>, T. Brovenko<sup>1</sup>, O. Vasilenko<sup>1</sup>,  
M. Kryvoruchko<sup>2</sup>, N. Stukalska<sup>3</sup>, H. Tolok<sup>4</sup>**

<sup>1</sup>Kyiv National University of Culture and Arts

<sup>2</sup>State University of Trade and Economics

<sup>3</sup>National University of Food Technology

<sup>4</sup>National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

## **DESSERT TECHNOLOGY USING GRAPES FROM WHEAT EMBRYOS AND FLOWER POLLEN**

### ***Summary***

The article develops the technology of dessert "Panna Cotta" with the use of meal from wheat germ and pollen. To substantiate the rational amount of wheat germ and pollen meal, model compositions of desserts were made, in which part of the cream (from 5% to 10%) was replaced by wheat germ meal, and part of the water (from 3% to 6%) was replaced by pollen. According to the results of research, it is found that with increasing concentrations of pollen and meal from wheat germ, the organoleptic characteristics of dessert are reduced, due to a more viscous consistency. In this regard, it was found that the rational concentration of wheat germ meal in the dessert "Panna Cotta" is 5% of the total weight (5% replacement cream), pollen - 3% of the total weight (3% replacement water). The consistency of the finished dessert is quite dense, and the overall organoleptic score is 4.86 points, which is at the level of control. Based on the determined quality indicators and weighting factors, a comprehensive quality indicator of Panna Cotta dessert made according to the developed technology was calculated. According to the results of the research, the technology of Panna Cotta dessert with the use of wheat germ meal and pollen was substantiated and developed, which allows to expand the range of functional dishes with high content of dietary fiber, minerals and vitamins. The developed dessert products can be recommended for eating in the daily diets of people working in heavy industry, living in environmentally polluted areas and all segments of the population, as well as to meet consumer demand for functional foods.

**Key words:** technology, wheat germ meal, flower pollen, dessert, nutritional value.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-16

УДК 664.6

О. Ю. Кошель, д. ф., ст. викл. ORCID: 0000-0002-2184-2106  
А. В. Касьянова, здобувач СВО «Магістр»  
Сумський національний аграрний університет  
e-mail: koshelolena85@ukr.net, тел.: (050)1314350

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПОРОШКУ ВОДОРОСТЕЙ СПРУЛІНА У ВИРОБНИЦТВІ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ

*Анотація.* Повноцінне збалансоване харчування - основа нормальної життєдіяльності людини, запорука його здоров'я і довголіття. На жаль через низьку матеріальної забезпеченості значна частина населення світу не в змозі забезпечити собі адекватне харчування. При неадекватному харчуванні знижується імунітет і стійкість до впливу несприятливих факторів навколишнього середовища, порушується обмін речовин в організмі, що в підсумку призводить до розвитку різних захворювань. Найбільш ефективним та економічно доступним шляхом покращення забезпеченості населення мікронутрієнтами є додаткове збагачення ними продуктів харчування масового споживання.

Традиційно лідируючу позицію в раціоні харчування основних груп населення займають хлібобулочні вироби, що мають високу енергетичну цінність, проте відзначаються низьким вмістом вітамінів, харчових волокон, незамінних амінокислот, мінеральних речовин. З огляду на національні традиції, соціально-економічну ситуацію в країні, споживчі характеристики, хліб є одним з найбільш перспективних для збагачення і поліпшення якості денних раціонів харчування і відповідно здоров'я населення. У зв'язку з цим, саме цілеспрямована оптимізація хімічного складу хлібобулочних виробів є дієвим засобом корекції харчового статусу населення. Тому велика увага приділяється розробці нових рецептур хлібобулочних виробів з використанням нетрадиційної рослинної сировини, багатої вітамінами, макро- і мікроелементами.

Спруліна – це планктонна ціанобактерія, представник царства одноклітинних мікроорганізмів – прокариотів, є чимось середнім, між бактерією і рослиною, її клітини не мають ядра, мітохондрії, ендоплазматичної сітки та інших структурних елементів. Завдяки такій будові білки, вітаміни та амінокислоти в ній не втрачають властивостей навіть під впливом високих температур навколишнього середовища.



Спіруліну використовували як їжу протягом багатьох років. Однак широке визнання цієї рослини настало після проведення численних досліджень, присвячених вивченню впливу хімічного складу водоростей спіруліна на організм людини і тварин. Рослину стали вирощувати у відкритих і закритих штучних водоймах в Америці, Європі та Азії. В даний час його вживають в їжу більше ніж в 40 країнах світу.

*Ключові слова:* хлібобулочні вироби, водорості спіруліна, вітаміни, мінеральні речовини, хімічний склад

*Постановка проблеми.* Останнім часом хлібобулочні вироби набули значного інтересу дослідників, як об'єкт збагачення поживними речовинами, мінералами, вітамінами та іншими речовинами, враховуючи, те що хліб є невід'ємною складовою людського раціону у всьому світі.

В результаті аналізу споживання продуктів харчування в домогосподарствах було встановлено, що за обсягами споживання хліб та хлібні продукти посідають третє місце у раціоні українців, у той час як молоку і молочним продуктам належить 1 місце, а овочам і баштанним культурам – 2 місце [1]. Споживчий кошик українця передбачає споживання дорослою працездатною людиною 62 кг на рік хлібу пшеничного та 39 кг на рік хлібу житнього. Необхідність розширення асортименту хлібобулочних виробів за рахунок використання збагачених добавок обґрунтовано з різних причин. З одного боку, оздоровлення нації через хліб в країні є одним із пріоритетних завдань. Понад 70% регіонів України здійснюють випуск масових сортів хлібобулочних виробів. Але обсяги виробництва збагаченої продукції незначні і складають близько 7% загальної кількості їх виробництва [2]. Досліджуючи хлібний ринок можна зробити висновок, що збільшити виробництво своєї продукції хлібозаводам можливо тільки за рахунок зміни в структурі асортименту з урахуванням великої різноманітності споживчих смаків.

*Аналіз останніх досліджень.* Для створення збагачених хлібобулочних виробів можна використовувати різні шляхи. Одним з них є використання мікронутрієнтів - вітамінно-мінеральних сумішей: комплексів вітамінів (В1, В2, В3, В6, РР, фолієвої кислоти і ін.) Макро- і мікроелементів (залізо, йод, кальцій, магній і ін.) синтетичного походження. Один шлях реалізації - поетапний випуск хлібобулочних виробів, збагачених мікронутрієнтами, доводячи поступово виробництво до 30% загального обсягу продукції, що випускається. Інший шлях - використання природно-сировинних ресурсів, зокрема зернових, олійних культур у вигляді цілісного зерна, продуктів їх переробки (круп, борошна, висівок, багатозернових сумішей),



продуктів переробки плодів, овочів, ягід і горіхів [3].

Спіруліна – це прісноводні водорості, які природно ростуть в тропічних і субтропічних озерах. Історично використовувались як їжа корінними жителями Південної Америки, поки у 1970-х роках її не визнали джерелом білку рослинного походження. Її промислово вирощують у великих відкритих водоймах у контрольованих умовах, сушать і продають у вигляді темно – зеленого порошку або пігулок для використання в якості харчової добавки. Загальна мета виробництва спіруліни – забезпечити людей білковими ресурсами, а також отримати користь від багатства її біохімічної структури.

Потенційна користь спіруліни для здоров'я в основному пов'язана з її хімічним складом, який включає білки (від 60 % до 70 %)[4], вуглеводи (20 %), жири (5 %), незамінні амінокислоти[5], мінерали (особливо залізо), незамінні жирні кислоти, вітаміни та пігменти. У цьому відношенні три основні біологічно активні компоненти спіруліни, білок фікоціанін, сульфатовані полісахариди та  $\gamma$ -ліноленова кислота, відіграють значну роль у покращенні функцій людського організму [6]. Крім того, експериментальні дані підтверджують імуномодельюючу та противірусну дію спіруліни [7]. Хімічний склад спіруліни наведений у таблиці 1.

Таблиця 1

## Хімічний склад порошку спіруліни

Елемент	Вміст на 100г порошку
Білки	57,47 г.
Жири	7,72 г.
Вуглеводи	23,9 г.
Вітамін А	29,0 мкг.
Вітамін Е	5,0 мг.
Вітамін К	25,5 мкг.
Вітамін В1	2,4 мг.
Вітамін В2	3,7 мг.
Залізо	28,5 мг
Магній	195,0 мг.
Натрій	1048,0 мг.
Мідь	6,1 мг.
Марганець	1,9 мг.

*Формування цілей статті.* Метою роботи є обґрунтування доцільності використання водоростей спіруліна для збагачення поживної цінності хлібобулочних виробів.

*Основна частина.* Досліджувані зразки готували за традиційною технологією, опарним методом. Технологічну схему виробництва



булочок зі спіруліною представлено на рис. 1., підсистемний аналіз – таблиця 2.

Таблиця 2

Підсистемний аналіз виробництва булочок з порошком водоростей спіруліна

Підсистема	Характеристика
А	Отримання готового продукту з заданими органолептичними показниками.
В	Послідовне здійснення операцій для отримання напівфабрикату.
С	Послідовне здійснення операцій для отримання тістової заготовки.
Д	Послідовне здійснення операцій для отримання опари.
Е	Отримання підготовленої сировини.

Для збагачення поживної цінності булочок, ми додали порошок водоростей спіруліни до пшеничного борошна у кількості від 2 до 3 % з кроком варіювання 0,5 %. За контроль прийнято булочки пшеничні без добавок.

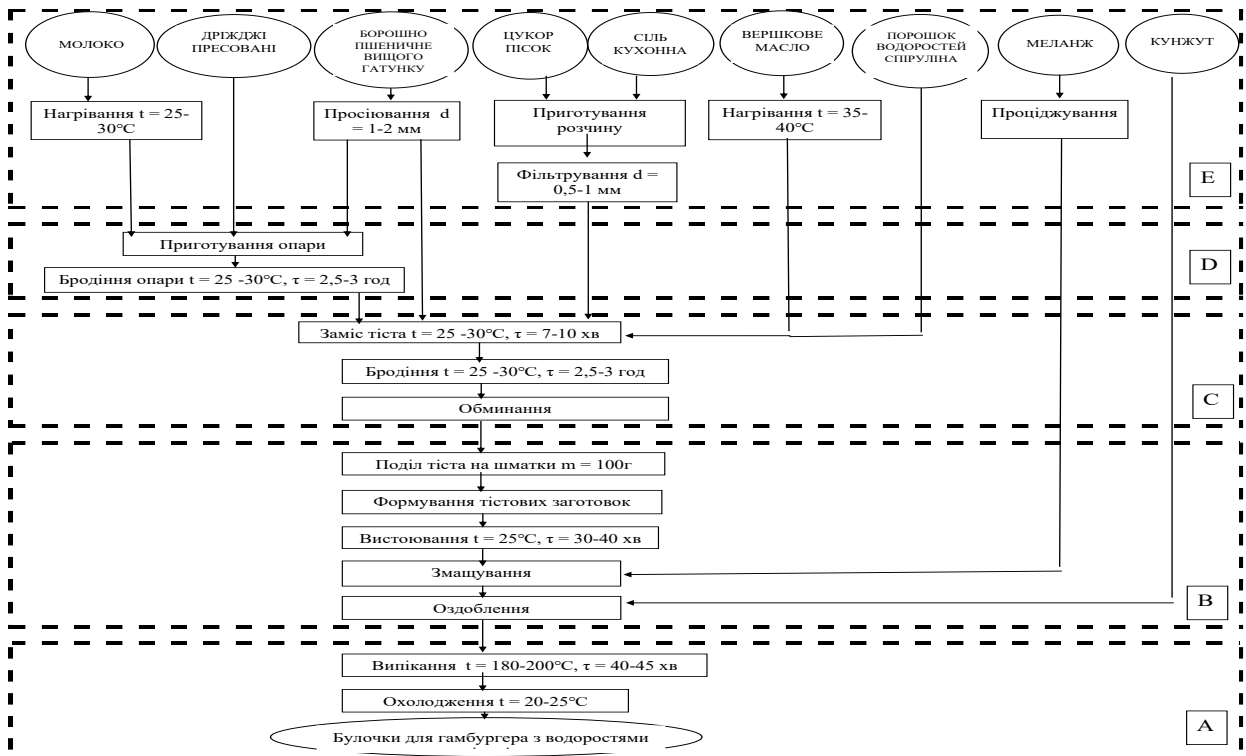


Рисунок 1. Технологічна схема виробництва булочок з порошком водоростей спіруліна.

Для оцінювання органолептичних показників якості дослідних



зразків булочок використали загальноприйняті методики та нормативні документи (ДСТУ 7044:2009 [8], ДСТУ-П 8536:2015 [9]). Результати органолептичної оцінки представлено у вигляді профіллограми на рис. 2.



Рисунок 2. Результати органолептичної оцінки готового продукту.

У зразку 1 слабо відчувається присмак та запах водоростей спіруліна, колір булочок – блідо-зелений. Зразки 2 і 3 отримали майже ідентичні результати – присутній смак та запах водоростей спіруліна, колір – насичено-зелений. Консистенція у всіх зразках ідентична. Таким чином, булочки збагачені порошком водоростей спіруліна мали гарні споживчі характеристики.

З фізико-хімічних показників для дослідження нами вибрано масову частку вологи та загальну кислотність, оскільки саме ці показники мають найбільший вплив на здатність хлібобулочних виробів до зберігання. Результати аналізу представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Фізико-хімічні показники булочок

Назва показника	Норма	Контроль	Зразок 1	Зразок 2	Зразок 3
Масова частка вологи, % не більше	30,0-39,0	33,05	34,57	33,41	33,3
Загальна кислотність, градуси	3,0	2,2	2,5	2	2,2

Показники, визначені в усіх досліджених зразках, знаходяться в межах норми, що дає змогу використовувати цю технологію в промислових умовах.

*Висновки.* Таким чином, розроблені зразки булочок пшеничних з додаванням порошку водоростей спіруліна отримали позитивні харчові, сенсорні та фізико-хімічні результати досліджень. Досягнуті додаванням спіруліни до хліба результати, відкривають перспективні можливості для переформулювання інших хлібобулочних виробів. Тому спіруліна є перспективним інгредієнтом для удосконалення



технології хлібобулочних виробів. У подальших дослідженнях планується детально дослідити хімічний склад та харчову цінність водоростей спіруліна.

#### Список використаних джерел

1. Демографічна та соціальна статистика. Споживання продуктів харчування в домогосподарствах у 2020 р. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 13.04.2022 р.)
2. Склад споживчого кошика в Україні. URL: <https://maanimo.com/ua/indexes-/142767-skladspozhivchogo-koshika-v-ukrayini> (дата звернення 13.04.2022 р.)
3. 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/ О. М. Сафонова ; НУХТ. – К., 2007. – 335 с.
4. Selmo M. S., Salas-Mellado M. M., Technological quality of bread from rice flour with Spirulina. *International Food Research Journal* (2014) 21(4). Pp. 1523–1528.
5. Belay A. The potential application of Spirulina (*Arthrospira*) as a nutritional and therapeutic supplement in Health management. *Journal of the American Nutraceutical Association*. 2002;5. Pp. 27–48.
6. Bolanho B.C., Buranelo Egea M., Morocho Jácome A. L., Campos I., Monteiro De Carvalho J. C., Godoy Danesi E. D., Antioxidant and nutritional potential of cookies enriched with Spirulina platensis and sources of fibre, *Journal of Food and Nutrition Research* (2014) Vol. 53, No. 2, Pp. 171–179.
7. Burcu Ak.et.al. Int. Nutritional and Physicochemical Characteristics of Bread Enriched with Microalgae Spirulina platensis. *Journal of Engineering Research and Application* ISSN: 2248-9622, Vol. 6, Issue 12, (Part-4) December 2016, Pp. 30–38
8. Вироби хлібобулочні правила приймання, методи відбирання проб, методи визначання органолептичних показників і маси виробів: ДСТУ 7044:2009. URL: [https://dnaop.com/html/33865/doc%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3\\_7044\\_2009](https://dnaop.com/html/33865/doc%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_7044_2009). (дата звернення 13.04.2022 р.)
9. Вироби хлібобулочні. Органолептичне оцінювання показників якості: ДСТУ-П 8536:2015. [http://document.ua/virobi-hlibobulochni\\_organoleptichne-ocinyuvannja-pokaznikistd31282.html](http://document.ua/virobi-hlibobulochni_organoleptichne-ocinyuvannja-pokaznikistd31282.html) (дата звернення 13.04.2022 р.)
10. Henrikson R., Spirulina World Food, Printed in the United States of America. *Published by Ronore Enterprises, Inc.* July 2021

Стаття надійшла до редакції 13.04.2022 р.



**O. Koshel, A. Kasianova**  
**Sumy national agrarian university**

## **PROSPECTS FOR THE APPLICATION OF SPIRULINA ALGAE POWDER IN THE PRODUCTION OF BAKERY PRODUCTS**

### *Summary*

A complete balanced diet is the basis of a person's normal life, the key to his health and longevity. Unfortunately, due to low material security, a large part of the world's population is unable to provide adequate nutrition. Inadequate nutrition reduces immunity and resistance to adverse environmental factors, impaired metabolism in the body, which ultimately leads to the development of various diseases. The most effective and cost-effective way to improve the supply of micronutrients is to further enrich food for mass consumption.

Traditionally, the leading position in the diet of the main groups of the population is occupied by bakery products that have high energy value, but are low in vitamins, dietary fiber, essential amino acids and minerals. Given the national traditions, socio-economic situation in the country, consumer characteristics, bread is one of the most promising for enriching and improving the quality of daily diets and, accordingly, the health of the population. In this regard, it is the purposeful optimization of the chemical composition of bakery products that is an effective means of correcting the nutritional status of the population. Therefore, much attention is paid to the development of new recipes for bakery products using non-traditional vegetable raw materials rich in vitamins, macro-and micronutrients.

Spirulina is a planktonic cyanobacterium, a representative of the kingdom of unicellular microorganisms - prokaryotes, is something in between the bacterium and the plant, its cells do not have a nucleus, mitochondria, endoplasmic reticulum and other structural elements. Due to this structure, proteins, vitamins and amino acids in it do not lose their properties even under the influence of high ambient temperatures. Spirulina has been used as food for many years. However, the widespread recognition of this plant came after numerous studies examining the effects of the chemical composition of spirulina algae on humans and animals. The plant began to be grown in open and closed artificial reservoirs in America, Europe and Asia. It is currently eaten in more than 40 countries.

**Key words:** bakery products, spirulina algae, vitamins, minerals, chemical composition.



УДК 637.146

І. Г. Власенко, д.мед.н., проф.

ORCID: 0000 0001 9995 2025

Т. В. Семко, к.т.н.

ORCID: 0000 0002 1951 5384B

О. А. Іваніщева, ст. викл.

ORCID: 0000-0002-0500-3652

*Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ*

e-mail: olya.ivanisheva@gmail.com

## ТЕХНОЛОГІЯ КИСЛОМОЛОЧНОГО НАПОЮ З ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

*Анотація.* У роботі запропоновано технологію нового кисломолочного напою з вторинної молочної сировини (масляни) з використанням природних пребіотиків – біологічно цінного комплексу *Spirulina platensis*. Використання пробіотиків і їх користь для здоров'я травної системи засновані на наукових даних які отримали в ЄС. *Spirulina platensis* – спіруліна, яка може успішно використовуватися в складі повсякденних харчових продуктів, як джерело біологічно цінних компонентів. Спіруліна – продукт з високою концентрацією білка – 65-72% від ваги водорості. В ході експериментальних досліджень встановлено, що нещільний згусток з спіруліною погіршує синергетичні властивості згустку. Найменшу кількість сироватки отримали в зразку з найбільшою дозою внесення спіруліни-25. Визначено оптимальні співвідношення компонентів. Встановлено параметри технологічного процесу приготування продукту. Отриманий кисломолочний напій являє собою полідисперсну колоїдну систему, в якій маслянка є дисперсійним середовищем. Результати досліджень показали, що за тих самих умов процесу коагуляції зі збільшенням кількості спіруліни, що додається, з 15 до 25% змінюється кислотність готового продукту. Конкретизовано використання найпоширеніших пребіотиків. Визначено внесення (основних та додаткових) штамів основної та додаткової закваски. Запропоновано використання унікальної харчової зеленої мікроводорості *Spirulina platensis* джерела біологічно цінних компонентів. Напій з маслянки збагачений білком у кількості 2,9 – 3,2%, що істотно впливатиме на показники якості, а саме покращення структури згустку у складі напою. Зразки напою виготовлені в лабораторії харчового виробництва ВТЕІ КНТЕУ, сертифіковані системою управління якістю (сертифікат № UA.80050.063 QMS-21 переатестований від 21.06.2021) відповідно до класичної технологічної схеми виробництва кисломолочного продукту.



*Ключові слова:* технологія, напій, продукт, маслянка, спіруліна, закваска, штами, згусток, структура, доза, органолептичні показники.

*Постановка проблеми.* Кисломолочні продукти, які виготовляються з вторинної молочної сировини, містять джерела білку, вуглеводів та мікроелементів [1]. Такі продукти призначені для поліпшення метаболічних процесів в організмі людини, вони сприяють запобіганню неінфекційних захворювань, таких як серцево-судинні, онкологічні, діабет 2 типу та остеопороз. Молочні продукти виготовлені шляхом заквашування сприяють відновленню мікрофлори шлунково-кишкового тракту людини. Штами біфідобактерій та окремі види лактобактерій, такі як *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* subsp. *casei*, *Bifidobacterium SPP.* (*B. adolescentis*, *B. animalis*, *B. bifidum*, *B. longum*, *B. breve*), належать до пробіотичних культур. Вони позитивно впливають на організм людини і нормалізують склад та функції бактеріальної флори шлунково-кишкового тракту.

Лідерами з виробництва кисломолочних продуктів в яких переважають напої (60%) є - Великобританія, Нідерланди, Німеччина та Іспанія. У Сполучених Штатах і Японії до таких продуктів додають зернові (США - 20%) та кондитерські наповнювачі (Японія - 15%) [2].

Сьогодення ставить перед виробниками харчових продуктів завдання щодо підвищення безпечності, якості, біологічної цінності, покращення смакових властивостей та розширення асортименту, в тому числі і кисломолочних напоїв.

Все вище наведене підтверджує актуальність розробки технології нової продукції з використанням рослинного збагачувача для розширення асортименту продукції з вторинної сировини.

*Аналіз останніх досліджень.* В останні роки українськими вченими розроблено низку продуктів з використанням спіруліни, проте їх асортимент є обмеженим і далеко не відповідає потребам. Багато досліджень, в тому числі кілька проектів, що фінансуються Європейською комісією (ЄК) привели до розуміння потенційних механізмів біологічно активних компонентів в продуктах харчування, які можуть поліпшити здоров'я і, можливо, знизити ризик захворювань, одночасно покращуючи наше загальне благополуччя. Попит на харчові продукти зростає, особливо в країнах з розвинутою економікою через підвищення обізнаності про користь продуктів з вторинної молочної сировини для здоров'я і збільшення наявного доходу. США є найбільшим у світі ринком продуктів харчування з вторинної сировини, і очікується, що в найближчі роки він продемонструє зростання на 21% через зростання попиту на продукти з вторинної сировини. Тим часом, національні правила і обґрунтування заяв про шкоду для здоров'я є однією з проблем, з якими продовжує стикатися



ринок [3]. Пробиотик – це поодинокі або змішані культури живих мікроорганізмів, які при потраплянні в організм в достатній кількості можуть нормалізувати кишкову мікробіоту і приносити користь для здоров'я [4]. Продукти з пробіотиками містять живі мікроорганізми в кількості, що перевищують дозу, яка рекомендована для отримання користі для здоров'я ( $5 \times 10^9$  КУО CFU/день протягом 5 днів) [5].

Пребіотики визначаються як харчові компоненти, які можуть вибірково стимулювати зростання і / або активність штамів кишкових бактерій, здатних їх ферментувати, наприклад, неперетравлений крохмаль, олігосахариди і некрохмальні полісахариди [6]. Синбіотики містять як пробіотики, так і пребіотики, і виявляють корисну для здоров'я активність в результаті синергетичної дії двох компонентів [7].

До продуктів, які містять пробіотики, що включають штами *Lactobacillus* і/ або *Bifidobacterium* і рідше *Escherichia*, *Enterococcus* або *Vacillus*, відносяться йогурти, кефір, маслянка, ацидофільне молоко, квашена капуста, солоні огірки, темпі, місо і чайний гриб [8]. Пребіотиками є олігосахариди, такі як фруктоолігосахариди (інулін), галактоолігосахариди, ксілоолігосахариди, циклодекстрини і лактулоза. Відомими джерелами олігосахаридів є корінь цикорію, топінамбур, сирий часник, цибуля і цільнозернові продукти [9, 10].

Використання пробіотиків було пов'язано з поліпшенням імунної функції. Пробиотики використовувалися при лікуванні шлунково-кишкових розладів, таких як запор, діарея, і при лікуванні хвороби Крона, синдрому подразненого кишечника (СРК) і дивертикулярної хвороби. Користь для здоров'я, пов'язана з пробіотиками, вимагає належного балансу мікрофлори в травній системі [11].

Вважається корисним, якщо пробіотики супроводжуються пребіотиками в раціоні, тому що вони можуть стимулювати зростання числа біфідобактерій, яке значно знижується у дорослих особливо у віці від 55 - 60 років [12, 13]. Деякі пребіотики, такі як інулін, що не гідролізуються в шлунково-кишковому тракті людини, мають інші корисні для людини властивостями, які служать заміною жиру. Інші пребіотики, фруктани, сприяють засвоєнню кальцію, магнію, заліза, цинку, міді і фосфору [14]. Дозування фруктанів, що сприяють пребіотичному ефекту, становить від 4 до 8 г в день [15].

Поєднання про- і пребіотиків в раціоні літніх людей має такі переваги, як здатність збільшувати кількість біфідобактерій в кишечнику. Підвищена кількість біфідобактерій призводить до збільшення кількості бактеріальної фолієвої кислоти, вітамінів В 1, В 2, В 6 і нікотинової кислоти. Таким чином, біфідобактерії можуть бути джерелом основних поживних речовин, сприяти профілактиці і лікуванню шлунково-кишкових захворювань [16].



Найбільша група продуктів з пробіотиками – це кисломолочні продукти (йогурт, кефір, пахта і інші), сири і чайний гриб. Пробиотичні бактерії присутні в деяких інших харчових продуктах, таких як морозиво, заморожені десерти, ферментовані фрукти, овочеві соки [17] і ферментоване м'ясо [18]. Пробиотичні бактерії додають в солодощі, такі як желейні цукерки, з додаванням йогурту або шоколаду, а також шоколадні вироби з додаванням ліофілізованих мікроорганізмів, зернові соки, заморожений йогурт, шоколадні батончики, печиво та мюслі. Деякі пробіотики доступні у вигляді таблеток або капсул. Нові продукти - це напої, що містять пробіотичні бактерії в кришці пляшки, що потрапляють в рідину при відкритті пляшки [19]. Традиційними неочищеними джерелами пребіотиків в раціоні є соєві боби, неочищені пшениця і ячмінь, а також сирий овес. Продовольчий ринок також пропонує продукти з додаванням пребіотиків і синбіотиків, такі як кисломолочні напої, йогурти, морси, жирні пасти для хліба, м'ясні продукти, майонез, маргарин і макаронні вироби [20].

Використання пробіотиків і їх користь для здоров'я травної системи засновані на наукових даних і отримали схвалення в ЄС [2].

Одним з унікальних харчових об'єктів природи є синьо-зелена мікроводорість *Spirulina platensis* – спіруліна, яка може успішно використовуватися в складі повсякденних харчових продуктів, як джерело біологічно цінних компонентів [22]. Спіруліна – продукт з високою концентрацією білка – 65 - 72% від ваги водорості. Водорості містять кілька незамінних для людини амінокислот. Вуглеводи, що містяться в кількості 10-15% від загальної ваги спіруліни, добре засвоюються і не мають негативного впливу на підшлункову залозу. Спіруліна містить майже всі вітаміни, крім двох: вітамін С і D. Вона є найбагатшою з відомих джерел вітамінів А, В<sub>12</sub>, Е і F. У спіруліні в п'ять разів більше заліза, ніж в пивних дріжджах або кропі. Водорості містять мікроелементи – селен, марганець, цинк, мідь, залізо, хром – речовини, що володіють антиоксидантною активністю.

Спіруліна є одним з найбагатших джерел каротиноїдів. В її складі нараховується близько десяти різних видів каротиноїдів. Серед них: альфа-, бета- і гамма-каротиноїди, половина жовтих ксантофілів.

Вітамінів групи В (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, В<sub>12</sub>) в спіруліні міститься в середньому в 40-150 разів більше, ніж в молоці, сири, м'ясі, яйцях, вершковому маслі.

Хімічний склад спіруліни дозволяє припускати можливість створення молочних продуктів профілактичного призначення широкого спектру в різних технологічних формах. Такий напрям у виробництві комбінованих молочних продуктів є перспективним та соціально значущим. Як показують маркетингові дослідження, люди вибирають молочні продукти з рослинними компонентами за трьома



критеріями - смак, здоров'я і культура. Якщо ці критерії виконуються, то дані продукти переходять в основний раціон харчування. І звичайно, вони повинні бути безпечними, задовольняти потреби в незамінних харчових речовинах, а також містити біологічно активні компоненти, які надають профілактичну дію на організм людини [23].

Нами поставлена мета роботи розробка нового кисломолочного напою з вторинної сировини-маслянки з використанням природних про- і пребіотиків – з біологічно-цінним комплексом *Spirulina platensis*.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Дослідження мікробіологічних, біохімічних та фізико-хімічних показників маслянки-сировини, напівфабрикатів в процесі виробництва кисломолочного напою здійснювали загальноприйнятими методами аналізу, які викладені у відповідних стандартах і керівництвах з мікробіологічного і техно-хімічного контролю виробництва кисломолочної продукції, а також методами, що описані у спеціальній літературі. В таблиці 1 наведені методики досліджень.

Таблиця 1

## Методики досліджень

Показник	Принцип методу досліджень
Відбір проб сировини-маслянки і підготовка їх до аналізу	За ГОСТ 26809-86
Масова частка жиру, %	Кислотним методом Гербера за ГОСТ 5867-90
Масова частка білка, %	За ДСТУ 7057:2009
Активна кислотність (рН), (од)	За ДСТУ 8550:2015
Титрована кислотність, °Т	Титрометричним методом за ГОСТ 3624-92
Густина, гр/см <sup>3</sup>	Ареометричним методом за ГОСТ 3625-84
Ступінь чистоти молока, група	Фільтруванням
Відбір проб для м/б аналізів	За ДСТУ IDF 122С:2003
Кількість ацидофільної палички, %	Методом граничних розведень на стерильному знежиреному молоці при температурі 43 °С
КМАФАнМ, куо/см <sup>3</sup>	За ДСТУ 7089:2009
М.ч. азот. сполук у к/м напої, %	Методом К'ельдаля у модифікації ВНДІМС
Склад вільних амінокислот, %	За допомогою аміноаналізатору «Bio-tronik LC 2000» після обробки розчином сульфосаліцилової кислоти
Фракційний склад білків к/м напоїв, %	Методом електрофорезу в поліакріламідному гелі (метод Лемлі у модифікації з введенням у гель сечовини)





*Основна частина.* Розробка інноваційної технології поєднання унікальних харчових зелених водоростей *Spirulina platensis* з вторинною сировиною, заквашеною підібраними штамами пробіотичних культур. Розроблений продукт може зайняти місце кисломолочного напою в системі харчування населення. В якості сировини для виробництва напою була використана маслянка.

Маслянка – це плазма вершків, яку отримують під час сепарування вершків на солодковершкове масло. Харчова цінність маслянки зумовлює необхідність її повного збору й використання по можливості для повного закритого циклу виробництва.

Хімічний склад маслянки залежить від вмісту жиру у вершках, їх кислотності, температури та механічної обробки. Білкові речовини маслянки багаті цистином, лізином, метионіном та іншими незамінними амінокислотами. В таблиці 2 наведений хімічний склад маслянки.

Таблиця 2

Хімічний склад маслянки

Показник	Маслянка (з солодковершкового масла)
Вміст сухих речовин, %	9,1 (8,3-9,5)
Вміст лактози, %	4,8 (4,7-4,8)
Вміст білку, %	3,1 (2,9 – 3,2)
Вміст молочного жиру, %	0,4 (0,4 – 0,7)
Кислотність титрована, °Т після ПВЖВ	20 (20 – 21)
Густина, кг/м <sup>3</sup> (за температури (20 ±2) °С)	1030 (1027 – 1029)

Вибір заквасок про- і пребіотиків для виготовлення кисломолочного напою на основі маслянки проведено на концентратах виробника бактеріальних культур «Центр розвитку мікробіології та біохімії «Biochem» (виробник пробіотиків з 1978 р. розташований в екологічно чистому регіоні Італії) і АНВ виробництва Державного дослідного підприємства (ДДП) Інституту продовольчих ресурсів НААН, м. Київ (виробник про- і пребіотиків Україна). В якості основної сировини застосували бактеріальну закваску мезофільних молочнокислих бактерій і додаткову – закваски термофільних молочнокислих паличок.

До складу основної бактеріальної закваски входить *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Leuconostoc lactis*.

Об'єктом дослідження є показники якості кисломолочного продукту, отриманих шляхом кислотної коагуляції білків маслянки з використанням спіруліни.



Предмети дослідження: маслянка, спіруліна, органолептичні, фізико-хімічні показники (масова частка білка, кислотність, ступінь синерезису). В таблиці 3 наведена характеристика заквасок лактобактерій, що використані у роботі.

Таблиця 3

## Характеристика використаних заквасок лактобактерій

Назва закваски	Компанія-виробник	Склад закваски ЛБ	Вид закваски
Основна комплексна	«Центр розвитку мікробіології та біохімії «Biochem»	<i>Lactococcus lactis subsp. lactis</i> , <i>Lactococcus lactis subsp Lactococcus lactis subsp diacetylactis</i> , <i>Lenconostoc lactis</i>	«Gout-Foud»-присутні диплококи, кокків різної довжини
Додаткова	Інституту продовольчих ресурсів НААН	<i>Lactobacillus acidophilus</i> (нев'язку расу)	БЗ «АНВ» кокки присутніми паличками різної довжини

При розробці рецептури кисломолочного напою з маслянки нами було поставлені наступні завдання: вивчити та дослідити технологічні властивості спіруліни для кисломолочних напоїв з маслянки розробити рецептуру та технологічну схему виробництва готової продукції; обґрунтувати співвідношення мікроорганізмів, що підсилюватимуть смакові властивості виробу; дослідити органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні показники кисломолочного напою з маслянки [8-10]. В таблиці 4 наведені модельні харчові композиції напою.

Таблиця 4

## Модельні харчові композиції напою, кг

Назва компонента	Рецептури		
	№ 1	№ 2	№ 3
Маслянка	920,0	910,0	900,0
Цукор	50,0	55,0	60,0
Спіруліна	10,0	15,0	20,0
Закваска (1,8 % основної і 0,2 % додаткової)	20,0	20,0	20,0
Вихід готового продукту	1000	1000	1000

З наданих модельних харчових композицій обрано зразок № 2, що має найкращі властивості та на його основі розроблено рецептуру нового напою .

Наступним етапом дослідження було розроблення технологічної схеми, що представлена на рисунку 1.

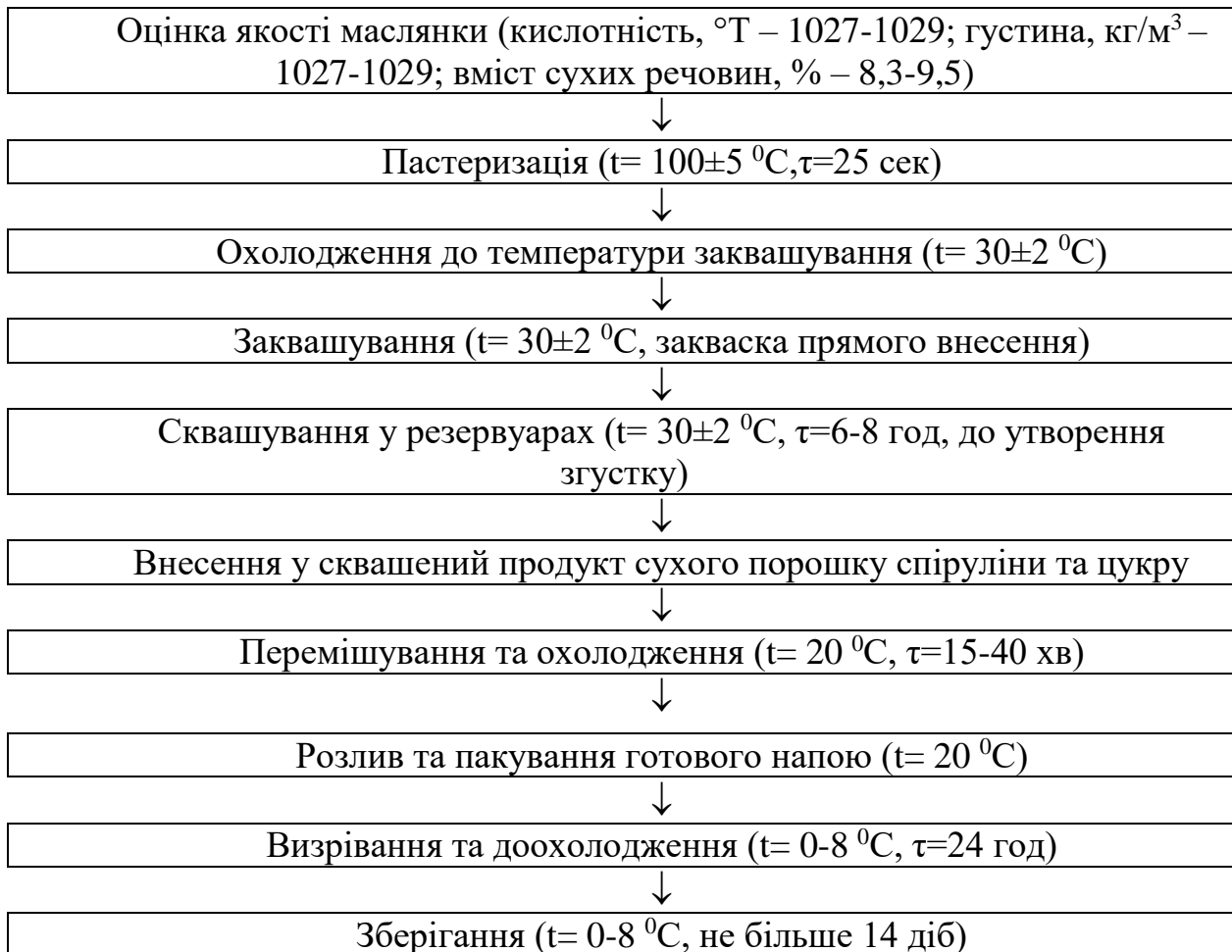


Рисунок 1. Технологічна схема виробництва кисломолочного продукту з маслянки

Для проведення дослідження готували 3 зразки напою з масовою часткою білка 2,9-3,2% з різними дозами маслянки та комбінаціями спіруліни в різних масових частках. Для збагачення напою і формування характерної густої консистенції використовували Спіруліну (ТМ «Фуд Факторі»). ТМ має реєстрацію FDA (Food and Drug Administration – Американське федеральне управління із нагляду за якістю харчових і лікувальних препаратів). Дози закваски: 1,8 % основної (виробник Центр розвитку мікробіології та біохімії «Biochem») і 0,2 % додаткової Інститут продовольчих ресурсів. Бактеріальні культури виробляє «Центр розвитку мікробіології та біохімії «Biochem» і АНВ виробництва ІПР (виробник про- і пребіотиків Україна). В якості основної сировини застосували бактеріальну закваску мезофільних молочнокислих бактерій і додаткову – закваски термофільних молочнокислих паличок. До складу основної бактеріальної закваски входить *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. diacetylactis*, *Leuconostoc lactis*.

Зразки напою готували в лабораторії харчових виробництв ВТЕІ КНТЕУ, сертифікованого системою управління якістю (сертифікат № UA.80050.063 QMS-21 ресертифікований від 21.06.2021) у відповідності до класичної технологічної схеми виробництва кисломолочного продукту (рисунок 1).

Особливістю внесення бактеріальних заквасок є те, що після високотемпературного оброблення маслянки за режимом  $(100\pm 5)^\circ\text{C}$  з витримкою 25 с та проводили охолодження до  $30\pm 2^\circ\text{C}$ . Закваску готували на охолоджену молоці, перемішували протягом 5 хв для рівномірно розподілу складових заквасочних культур. Вносили різне співвідношення основної і додаткової закваски: 1,8 % основної і 0,2 % додаткової. Сквашування проводили до титрованої кислотності не менше 75- 80 °Т (рН=4,7). Далі додавали сухий порошок спіруліни (1уп=20 грам): 1 зразок - 10гр, 2 зразок -15 гр, 3 зразок - 20 гр, 4 - 25 гр). Зразки кисломолочного напою охолоджували і зберігали в умовах холодильної камери при температурі  $(4\pm 2)^\circ\text{C}$  не менше 8-ми днів. Після цих технологічних операцій проводили випробування. Змішування проводили міксером. Пастеризацію маслянки здійснювали в сировиробничому котлі марки FJ 15. Розроблено зразки сумішей №1,2,3.



Рисунок 2. Мініпастеризатор-сироварня марки FJ 15

В таблиці 5 представлені результати органолептичних досліджень готового продукту, що збагачений пребіотиком *Spirulina platensis* та пробіотиком (основним – *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Lactococcus lactis subsp cremoris*, *Lactococcus lactis subsp diacetylactis*, *Lenconostoc lactis*; додатковим – *Lactobacillus acidophilus*).

В таблиці 6 наведений хімічний склад кисломолочного напою, що збагачений про- і пребіотиком.



Таблиця 5

## Органолептичні показники кисломолочного напою, що збагачений про- і пребіотиком

Найменування показника	Зразок		
	№ 1	№ 2	№ 3
1. Зовнішній вигляд і консистенція	Однорідний згусток.	Однорідний згусток, незначне відділення сироватки	Однорідний згусток, крупінчаста консистенція
2. Смак і запах	Не виражений кисломолочний, з стороннім присмаком спіруліни	Кисломолочний без сторонніх присмаків і запахів	Специфічний кисломолочний відчувається сторонній присмак
3. Колір	Білий, з зеленуватим відтінком		

Таблиця 6

## Хімічний склад кисломолочного напою з маслянки, що збагачений про- і пребіотиком

Найменування показника	Зразок		
	№ 1	№ 2	№ 3
Вміст жиру, %	0,4	0,4	0,4
Вміст сухого знежиреного молочного залишку, %	8,0	8,0	8,0
Кислотність титрована, °Т	110	105	100
Температура, °С	8	8	8

В таблиці 7 наведені мікробіологічні показники кисломолочного напою, що збагачений про- і пребіотиком.

Таблиця 7

## Мікробіологічний контроль кисломолочного напою, що збагачений про- і пребіотиком

Найменування показника	Зразок		
	№ 1	№ 2	№ 3
Бактерії групи кишкових паличок (коліформи), в 0,1 см <sup>3</sup> кисломолочного напою	Не виявлені		
Плісняві гриби, КУО в 1 см <sup>3</sup>	Не виявлені		
Патогенні мікроорганізми, в тому числі бактерії роду <i>Salmonella</i> , в 25 см <sup>3</sup>	Не виявлені		
Кількість життєздатних молочнокислих бактерій, КУО в 1 см <sup>3</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>	1,0x10 <sup>7</sup>



*Висновки.* Однією із важливих складових розробленого нами кисломолочного напою є спіруліна, яка широко застосовується для поліпшення смаку та збагачення протеїнами. Нами розроблена інноваційна технологія поєднання унікальних харчових зелених водоростей *Spirulina platensis* з вторинною сировиною, заквашеною підібраними штамми пробіотичних культур.

В ході експериментальних досліджень встановлено, що нещільний згусток з спіруліною погіршує синергетичні властивості згустку, що доведено центрифугуванням протягом 5-25 хв згустків, отриманих з маслянки, яка пройшла двоступеневу пастеризацію. Найменшу кількість сироватки отримали в зразку з найбільшою дозою внесення спіруліни-25. Визначено оптимальні співвідношення компонентів (маслянки, закваски, цукру та спіруліни) для приготування харчової композиції. Встановлено параметри технологічного процесу приготування продукту (скашування у резервуарах  $t=30\pm 2$  °C,  $\tau=6-8$  год до утворення згустку).

Отриманий кисломолочний напій являє собою полідисперсну колоїдну систему, в якій маслянка є дисперсійним середовищем, а білки маслянки та спіруліна – дисперсною фазою. Результати досліджень показали, що за тих самих умов процесу коагуляції зі збільшенням кількості спіруліни, що додається, з 15 до 25% змінюється кислотність готового продукту.

В інноваційному розвитку молочної галузі технологія продукції з використання рослинного екстракту зі спіруліни стане новим напрямком збагачення традиційних кисломолочних напоїв для розширення спектру продукції функціонального призначення. Розроблений продукт може зайняти місце функціонального кисломолочного напою в системі здорового харчування населення.

Подальшим етапом роботи над піднятою проблемою стануть дослідження з удосконалення мікробіологічних показників розробленого кисломолочного напою.

#### Список використаних джерел

1. Сімахіна Г. О., Науменко Н. В. Технологія оздоровчих харчових продуктів: підручник. Київ : НУХТ, 2015. 402 с.
2. Смоляр В. І. Фізіологія і гігієна харчування. Київ: Здоров'я. 2000. 336 с.
3. Dietrich I., Kuzmin O., Mikhailenko V. Comprehensive evaluation of the hot sweet souffle dessert quality. *Ukrainian Journal of Food Science*. Kyiv: NUFT, 2017. Volume 5, Issue 1. pp. 92–102.
4. Vlasenko I. G., Bandura V., Semko T., Fialkovska L., Ivanishcheva O., Palamarchuk V. Innovative approaches to the development of a new sour milk product. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, Slovakia.



2021. Vol. 15. URL: <https://doi.org/10.5219/1688>

5. Kuzmin O., Levkun K., Riznyk A. Qualimetric assessment of diets. *Ukrainian Food Journal*. Kyiv: NUFT, 2017. Vol. 6, Issue 1. pp. 46–60.

6. Петухова Т. А., Рижих А. С. Дослідження впливу добового раціону спожитих продуктів харчування на забезпеченість організму студентів деякими біогенними елементами. *Молодий вчений*. 2016. № 4. С. 294–298.

7. Zawistowska-Rojek, A., Zaręba, T., Mrówka, A., & Tyski, S. Assessment of the microbiological status of probiotic products. *Polish Journal of Microbiology*. 2016. 65(1), 97–104. URL: <https://doi.org/10.5604/17331331.1197281>.

8. Martirosyan D. M., & Singh, J. A new definition of functional food by FFC: What makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*. 2015, 5(6), 209–223. URL: <https://doi.org/10.31989/ffhd.v5i6.183>

9. Zhuravel D., Skliar O. 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.

10. Grigorenko S. 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.

Стаття надійшла до редакції 28.03.2022 р.

**I. Vlasenko, T. Semko, O. Ivanishcheva**  
**Vinnitsia Institute of Trade and Economics**  
**of Kyiv National University of Trade and Economics**

## **TECHNOLOGY OF SOUR MILK DRINK FROM SECONDARY MILK RAW MATERIAL**

### ***Summary***

The technology of a new sour milk drink from secondary raw milk (buttermilk) with the use of natural prebiotics - biologically valuable complex *Spirulina platensis* is proposed in the work. The use of the most common prebiotics is specified.

The use of probiotics and their health benefits for the digestive system are based on scientific data obtained in the EU. *Spirulina platensis* is a spirulina that can be successfully used in everyday foods as a source of biologically valuable components. *Spirulina* - a product with a high protein concentration - 65 - 72% by weight of algae.

Experimental studies have shown that a loose clot with spirulina impairs the synergistic properties of the clot. The lowest amount of serum was obtained in the sample with the highest dose of spirulina-25. The optimal ratios of the components are determined.

The parameters of the technological process of product preparation are set.



The resulting fermented milk drink is a polydisperse colloidal system in which buttermilk is a dispersion medium. The results showed that under the same conditions of the coagulation process with increasing amount of spirulina added, from 15 to 25% changes the acidity of the finished product.

The use of the most common prebiotics is specified. The introduction (main and additional) of strains of basic and additional leaven is determined. The use of the unique food green microalgae *Spirulina platensis* as a source of biologically valuable components is proposed. Butter drink is enriched with protein in the amount of 2.9 - 3.2%, which will significantly affect the quality indicators, namely improving the structure of the clot in the drink.

Samples of the drink were prepared in the laboratory of food production VTEI KNTEU, certified by the quality management system (certificate № UA.80050.063 QMS-21 recertified from 21.06.2021) in accordance with the classic technological scheme of production of fermented milk product.

**Key words:** technology, drink, product, butter dish, spirulina, sourdough, strains, clot, structure, dose, organoleptic characteristics.





DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-18

УДК 663.81:664.8.037.1

О. В. Василичина, к.с.-г.н.

ORCID: 0000-0002-1066-4009

Уманський національний університет садівництва

e-mail: elenamila@i.ua

### ФЕРМЕНТАТИВНА АКТИВНІСТЬ ПЛОДІВ ВИШНІ ЗА ОБРОБКИ РОЗЧИНОМ ХІТОЗАНУ

*Анотація.* Стаття присвячена новим технологіям зберігання плодів вишні за використання попередньої обробки плодів полісахаридними композиціями хітозану та саліцилової кислоти. Застосування попередньої обробки розчинами дозволить подовжити термін зберігання плодів вишні та підвищити рівень антиоксидантних ферментів пероксидази та супероксиддисмутази, які запобігають окислювальному стресу плодів вишні та активують активні форми кисню. Активність ферментів пероксидази протягом зберігання плодів підвищується в 3,0–3,5 раз та супероксиддисмутази на 6,3 та 11,1%. Перспективою подальших досліджень є подальше вивчення механізму дії полісахаридних композицій на антиоксидантну систему плодів впродовж зберігання.

*Ключові слова:* плоди вишні, пероксидаза, супероксиддисмутаза, антиоксидантна активність.

*Постановка проблеми.* Вишня – фрукт із значною антиоксидантною активністю яка виявляється в наявності біологічно активних сполук з антиоксидантними властивостями, включаючи поліфеноли, вітаміни, антоціани та каротиноїди. Дослідженнями встановлено, що наявність антиоксидантів в плодах вишні попереджує захворювання, включаючи серцево-судинні, діабетичні та респіраторні.

Фермент каталаза є потужним антиоксидантним ферментом, який каталізує розкладання перекису водню на воду і кисень, тим самим зменшуючи шкідливі впливи, викликані вільними радикалами. У той же час фермент супероксиддисмутаза відіграє важливу роль у захисті клітин від багатьох захворювань, таких як рак, викликаний супероксидними радикалами.

*Аналіз останніх досліджень.* Виявлено, що активність антиоксидантних ферментів каталази в регіонах Егейського, Середземного моря становить 4,330, 4,077 і 2,663 од/л відповідно, в той



час як активність ферментів супероксиддисмутази складає 5,215, 7,176 і 3,076 од/л. Результати досліджень показали, що антиоксидант ферментативна активність плодів була різною та залежала від регіону вирощування [1].

Антиоксиданти залежно від сфери дії виконують основні функції: поглинають вільні радикали, пригнічують утворення окислювачів, є хелатоутворювачі перехідних металів; сполуки, здатні стимулювати вироблення ендogenous антиоксидантних сполук, за джерелом дії поділяють на екзогенні або ендogenous; механізмом дії – перенесення атома водню, перенесення одного електрона і здатність до хелатування перехідних металів [2].

Результати досліджень показали, що саліцилова кислота і нітрат кальцію відігравали важливу роль у збереженні якості та врожаю плодів зизифусу, оскільки обидві речовини сприяють збереженні щільності плодів, титрованої кислотності, загального вмісту фенолів, антиоксидантної активності, аскорбінової кислоти і ферменту каталази.

Каталаза є одним з важливих ферментів, здатних захищати клітини від окислювальних пошкоджень, шляхом очищення активних форм кисню. Накопичення активних форм кисню призводить до окисної травми, що прискорює старіння і хвороби, пов'язані з розладами [3].

Супероксиддисмутаза і аскорбатпероксидаза позитивно впливають на активність каталази негативно співвідносяться з вмістом малонового діальдегіду, припускаючи, що окислювальний стрес є частково відповідальним за пошкодження мембрани під час зберігання [4].

Каталаза та пероксидаза є найважливішими детоксуючими ферментами, які разом з іншими ферментами утворюють цикл для сприяння очищення активних форм кисню. Каталаза присутня в майже у всіх аеробних клітинах і захищає клітину від перекису водню ( $H_2O_2$ ), каталізуючи його розкладання на кисень і воду ( $O_2$  і  $H_2O$ ). Пероксидаза широко поширена у всіх вищих рослинах і захищає клітини від руйнівного впливу перекису водню ( $H_2O_2$ ) шляхом каталізу його розкладання через окислення фенольних речовин. Саліцилова кислота, є великим компонентом сигнальної системи. Численні результати досліджень показали, що саліцилова кислота і її функціональні аналоги мають інгібуючу дію, каталаза і пероксидаза служать субстратами для пероксидази [5].

Обробка хітозаном посилювала активність деяких антиоксидантних ферментів, включаючи супероксиддисмутазу і аскорбатпероксидазу. Оброблення інгібувало активності ферментів, запобігаючи пом'якшенні і подовженню терміну зберігання плодів черешні. Антиоксидантні ферменти, такі як каталаза, пероксидаза і супероксиддисмутаза важливі активні вільнорадикальні ферменти, що



функціонують в рослинних тканинах [4].

Крім того, активність антиоксидантних ферментів каталази, пероксидази, супероксиддисмутази та аскорбат-пероксидази підвищувалася під час збору плодів сливи, обробленої саліцилатами, порівняно з контрольними необробленими плодами. Активність цих антиоксидантних ферментів також була виявлена на більш високих рівнях в сливах, оброблених саліцилатами, під час зберігання.

Значне збільшення цих антиоксидантних ферментів відбувалося у плодах персика за післязбиральної обробки саліциловою кислотою, що прискорювало очищення супероксидного радикала, що утворюється під час дозрівання плодів, і відповідає за вплив обробки саліциловою кислотою на затримку процесу дозрівання плодів.

Слід відзначити, що обробка саліциловою кислотою призвела до підвищення рівня загального вмісту фенолів і каротиноїдів при збиранні плодів сливи, а також антоціанів, після 50 днів зберігання.

Оброблення підвищували активність антиоксидантних ферментів: пероксидази, каталази, аскорбатпероксидази, супероксиддисмутази, які разом з посиленням антиоксидантних сполук, могли б ефективно сприяти усуненню активних форм кисню і, у свою чергу, затримувати процеси дозрівання та старіння після збору врожаю, подовження терміну зберігання плодів сливи. Таким чином, засоби обробки саліцилатами можуть бути безпечними, екологічно чистими та новими засобами для поліпшення та збереження якості плодів, і особливо вмісту антиоксидантних сполук [5, 6].

*Формулювання цілей статті.* Метою досліджень було визначення вмісту антиоксидантних ферментів протягом зберігання плодів вишні оброблених розчином саліцилової кислоти та хітозану.

*Основна частина.* Для проведення досліджень плоди вишні сортів Пам'ять Артеменка та Альфа за день до збирання обприскували водним розчином 1% розчину хітозану та 100 мг/л саліцилової кислоти. Через добу знімали з дерев та чотирьох сторін крони, типові за забарвленням та формою та уклали в ящики № 5 по 5 кг у кожний [7]. За контроль було прийнято необроблені плоди вишні.

Зберігали плоди в холодильній камері кафедри технології зберігання і переробки плодів та овочів за температури  $1 \pm 0,5^\circ\text{C}$  та відносної вологості повітря  $95 \pm 1\%$ . Підготовку та відбір зразків для аналізу здійснювали за ДСТУ ISO 874-2002 [8]. Критерієм закінчення зберігання плодів служили втрати маси не більше 6% [9].

Протягом зберігання визначали та активність ферментів пероксидази, супероксиддисмутази [10]. Повторність дослідів трикратна. Математичну обробку даних проводили на персональному комп'ютері за В. Ф. Мойсейченко (1992) та програмою „Excel 2000” [11].

Пероксидаза – фермент класу оксидоредуктаз, що бере участь у відновленні пероксиду водню до води [12]. Активність антиоксидантного ферменту пероксидази показано на рис. 1.

Так активність пероксидази в плодах вишні сортів Пам'ять Артеменка та Альфа знаходиться на рівні 70–75 мкмоль  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{г}\cdot\text{хв}$  і протягом зберігання зменшувалась. При чому, її активність в плодах, оброблених розчином хітозану на 15 добу зберігання, була вищою в 1,8–2,2 (сорт Пам'ять Артеменка) і 1,6–1,9 раз (сорт Альфа), порівняно з контролем. Проте найвищі показники її активності були в плодах вишні, оброблених розчином хітозану та саліцилової кислоти – 3,0–3,5 раз.

Разом із пероксидазою фермент супероксиддисмутаза (СОД) виконує роль первинної ланки захисту клітин від активних форм кисню [12, 13].

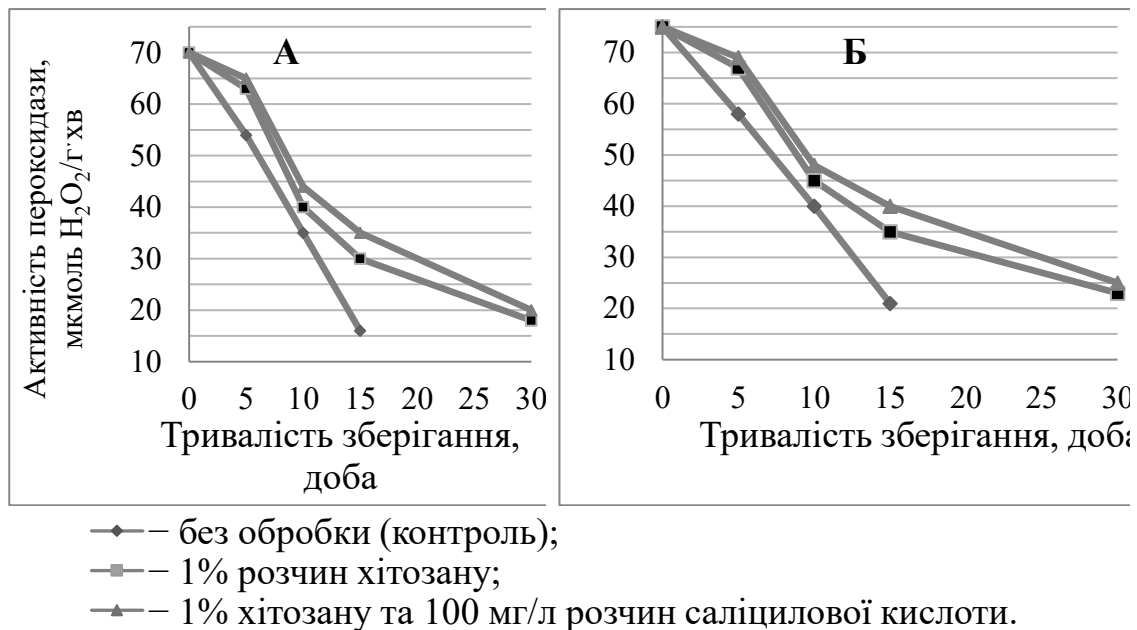
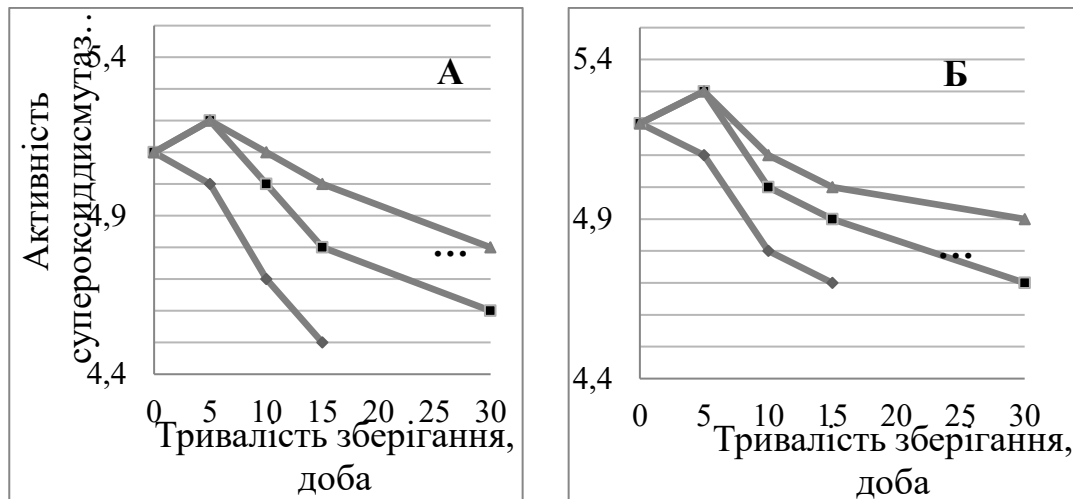


Рисунок 1. Зміна активності ферменту пероксидази в плодах вишні сортів Альфа (А) і Пам'ять Артеменка (Б), оброблених розчином хітозану з саліциловою кислотою перед зберіганням ( $HIP_{05} = 1,1$ )

З рисунка 2 видно, що протягом перших п'яти діб зберігання плодів активність СОД більш стабільна.



- ◆ – без оброблення (контроль);
- – 1% розчин хітозану;
- ▲ – 1% хітозану та 100 мг/л розчин саліцилової кислоти.

Рисунок 2. Зміна ферменту супероксиддисмутази в плодах вишні сортів Альфа (А) і Пам'ять Артеменка (Б), оброблених розчином хітозану з саліциловою кислотою перед зберіганням ( $HIP_{05} = 0,18$ ):

Після цього періоду та до кінця зберігання в контрольному варіанті вона знижувалась на 9,6–11,7%. При чому в контролі активність СОД зменшилась швидше ніж за використання попередньої обробки плодів (на 4,2–6,3% (сорт Пам'ять Артеменка) та 6,7–11,1% (сорт Альфа)). Подібну цьому найвищу активність СОД мали плоди вишні, оброблені хітозаном із саліциловою кислотою – на 6,3–11,1% вище, порівняно з контролем.

Отже, полісахаридні покриття сповільнюють окислювальний стрес плодів вишні шляхом підтримання високої активності антиоксидантних ферментів у плодах та захищають структуру мембран від перекисного окислення.

Між вмістом антиоксидантних ферментів встановлено сильну кореляційну залежність та виведено відповідні рівняння регресії (рис. 3).

Так, активність супероксиддисмутази (СОД) – із пероксидазою ( $r=0,64\pm 0,01$ ), що вказує на взаємозв'язок діяльності ферментів протягом зберігання.

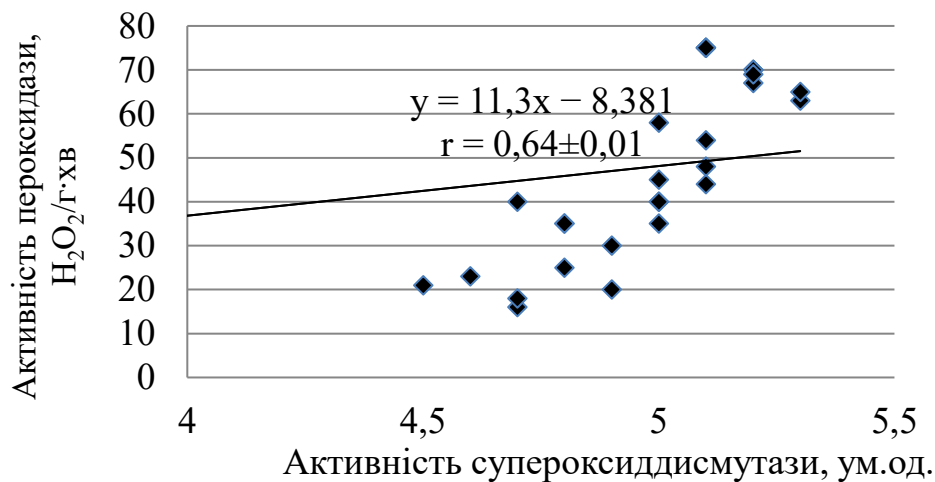


Рисунок 3. Кореляційна залежність активності ферментів

**Висновки.** Отже, активність антиоксидантних ферментів плодів вишні оброблених розчином саліцилової кислоти з хітозаном значно вища: пероксидази в 3,0–3,5 раз та супероксиддисмутази на 6,3–11,1%, порівняно з необробленими плодами, що сприяє знешкодженні активних форм кисню, які накопичується впродовж зберігання та збереженні якості плодів. Встановлено кореляційну залежність між ферментами та виведено рівняння регресії. Подальші дослідження слід направити на вивчення дії антиоксидантних ферментів плодів впродовж зберігання за обробки полісахаридними композиціями.

#### Список використаних джерел

1. Gur T., Karahan F., Demir H., Demir C. Investigation of some antioxidant enzyme activities in cherry fruit. *Biosci biotech res Asia*. 2019. Vol.16(4). doi: <http://www.biotech-asia.org/?p=34652>.
2. Stefanucci A., Zengin G., Llorent-Martinez E. J., Dimmito M. P., Valle A. D., Pieretti S., Ak G., Sinan K. I., Mollica A., Chemical characterization, antioxidant properties and enzyme inhibition of Rutabaga root's pulp and peel (*Brassica napus* L.). *Arabian Journal of Chemistry*. 2020. Vol. 13, Issue 9. P. 7078–7086. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.07.013>.
3. Zeraatgar H., Davarynejad G. H., Moradinezhad F., Abedi B. Effect of salicylic acid and calcium nitrate spraying on qualitative properties and storability of fresh jujube fruit (*Ziziphus jujube* Mill.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*. 2018. Vol. 46(1). P. 138–147. doi:10.15835/nbha46110743.
4. Pasquariello M. S., Patre D. D., Mastrobuoni F., Zampella L., Scortichini M., Petriccione M. Influence of postharvest chitosan treatment on enzymatic browning and antioxidant enzyme activity in sweet cherry fruit. *Postharvest biology and technology*. 2015. Vol. 109. P. 45–56.



doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.06.007.

5 Xu X., Tian S. Salicylic acid alleviated pathogen-induced oxidative stress in harvested sweet cherry fruit. *Postharvest biology and technology*. 2008. Vol. 49. P. 379–385. doi:10.1016/j.postharvbio.2008.02.003.

6. Martínez-Esplá A., Serrano M., Valero D., Martínez-Romero D., Castillo S., Zapata P.J. Enhancement of antioxidant systems and storability of two plum cultivars by preharvest treatments with salicylates. *International journal of molecular sciences*. 2017. Vol. 18(9). P. 1911. doi:10.3390/ijms18091911.

7. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. *Организация и проведения исследований*. Под общей ред. С. Ю. Дженева, В. И. Иванченко. Ялта. Институт винограда и вина «Магарач», 1998. 152 с.

8. Фрукти та овочі свіжі. Відбирання проб ДСТУ ISO 874-2002. [Чинний від 2003.10.01].

9. Найченко В. М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: навчальний посібник. Київ: ФАДА ЛТД, 2001. 211 с.

10. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. Киев: Наукова думка, 1976. 334 с.

11. Мойсейченко В. Ф. Основи наукових досліджень у плодівництві, овочівництві, виноградарстві та технології зберігання плодоовочевої продукції. Київ: НМК ВО, 1992. 362 с.

12. Игнатенко А. А. Участие антиоксидантной системы в регуляции холодоустойчивости растений пшеницы и огурца салициловой кислотой и метилжасмонатом: дис. кандидата биолог. наук: 03.01.05. Карельский научный центр. Петрозаводск, 2019. 184 с.

13. Василюшина О. В. Оптимізація зберігання плодів вишні з попередньою обробкою розчином хітозану. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2019. №3. С.80–87. DOI: 10.31521/2313-092X/2019-3(103) 10.

Стаття надійшла до редакції 24.03.2022 р.

**O. Vasylyshyna**  
**Uman National University of Horticulture**

## **ENZYMATIC ACTIVITY OF CHERRY FRUITS TREATMENT WITH CHITOSANE SOLUTION**

### ***Summary***

The article is devoted to new technologies of cherry fruit storage using pre-treatment of fruits with polysaccharide compositions of chitosan and salicylic acid. The use of pre-treatment with solutions will extend the shelf life of cherry fruits and increase



the level of antioxidant enzymes peroxidase and superoxide dismutase, which prevent oxidative stress of cherry fruits and activate reactive oxygen species.

The aim of the study was to determine the content of antioxidant enzymes peroxidase and superoxide dismutase during storage of cherry fruits pre-treated with a solution of salicylic acid and chitosan. The fruits of cherry Pamyat Artemenko and Alfa varieties were selected for research. The day before harvesting, they were sprayed with an aqueous solution of 1% chitosan solution and 100 mg /l of salicylic acid. A day later, they were removed from the trees, typical in color and shape, and placed in boxes of 5 kg each. Raw fruits were taken for control. The fruits were stored at a temperature of  $1 \pm 0.5^\circ \text{C}$  and a relative humidity of  $95 \pm 1 \%$ .

During storage, the activity of peroxidase in the fruits of cherries of the varieties Memory Artemenko and Alpha is at the level of 70–75  $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 / \text{g min}$ . During storage, it decreased in fruits treated with chitosan solution on the 15th day of storage, was 1.8–2.2 times higher in the variety Pamyat Artemenko and 1.6–1.9 times Alpha. Its highest activity was in cherry fruits treated with a solution of chitosan and salicylic acid – 3.0–3.5 times. Superoxide dismutase activity decreased faster than with the use of pre-treatment of fruits by 4.2–6.3 % in the variety Pamyat Artemenko and 6.7–11.1 % in the variety Alpha. Cherry fruits treated with chitosan with salicylic acid had the highest activity – 6.3–11.1 % higher than in the control.

Thus, the activity of peroxidase enzymes during fruit storage increases by 3.0-3.5 times and superoxide dismutase by 6.3 and 11.1 %. The prospect of further research is to further study the mechanism of action of polysaccharide compositions on the antioxidant system of fruits during storage.

**Key words:** cherry fruits, peroxidase, superoxide dismutase, antioxidant activity.





DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-19

УДК 664.682

Н. В. Новікова, к.с.г.н.

ORCID:0000-0002-3324-965X

І. О. Ряполова, к.с.г.н.

ORCID: 0000-0002-7672-6639

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

тел.: (066)0304101

## ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСОРНИХ ТА МІКРОБІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ПЕЛЬМЕНІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

*Анотація.* Метою роботи є наукове обґрунтування і розробка нових напівфабрикатів функціонального призначення і їх асортименту з метою формування здорового харчування населення. Для проведення експертизи пельменів функціонального спрямування було виготовлено пельмені «Херсонські традиційні» за традиційною рецептурою (контроль) та пельмені з додаванням 7 % порошку шпинату (дослід). Органолептична оцінка показала, що з додаванням порошку шпинату поліпшуються властивості готового продукту по всіх досліджуваних пунктах. Органолептичні показники та харчова цінність є одними з визначальних факторів формування якості пельменів. Саме тому для зазначених показників були обрані найвищі коефіцієнти вагомості – по 0,35 і 0,25. Фізико-хімічні показники й енергетична цінність також мають певний вплив на комплексний показник якості, тому коефіцієнти вагомості для них становлять по 0,15. Показники безпеки мінімально впливають на якість нових виробів, оскільки нашими дослідженнями встановлені мінімальні кількості мікроорганізмів і токсичних елементів у досліджуваних зразках пельменів.

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

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

З харчових речовин, необхідних для задоволення життєвих потреб людини, найціннішим є білок. Дуже перспективні комбіновані білкові системи, пріоритет серед яких мають м'ясо-рослинні. Поєднання тваринних і рослинних інгредієнтів дозволяє взаємно доповнювати їх



відсутніми біологічно активними речовинами і бути основою для забезпечення спеціалізованого і лікувально-профілактичного харчування.

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

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

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

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

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є вивчення сенсорних та мікробіологічних показників якості пельменів функціонального призначення.

*Основна частина.* Для проведення експертизи пельменів функціонального спрямування було виготовлено пельмені «Херсонські



традиційні» за традиційною рецептурою (контроль) та пельмені з додаванням 7 % порошку шпинату (дослід). Було проаналізовано хімічний склад контрольного та дослідного зразка досліджуваних пельменів (Табл. 1).

Таблиця 1

## Хімічний склад контрольного та дослідних зразків

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

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

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

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

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

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

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

Таблиця 2

Результати органолептичної оцінки контрольного та дослідного продуктів

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

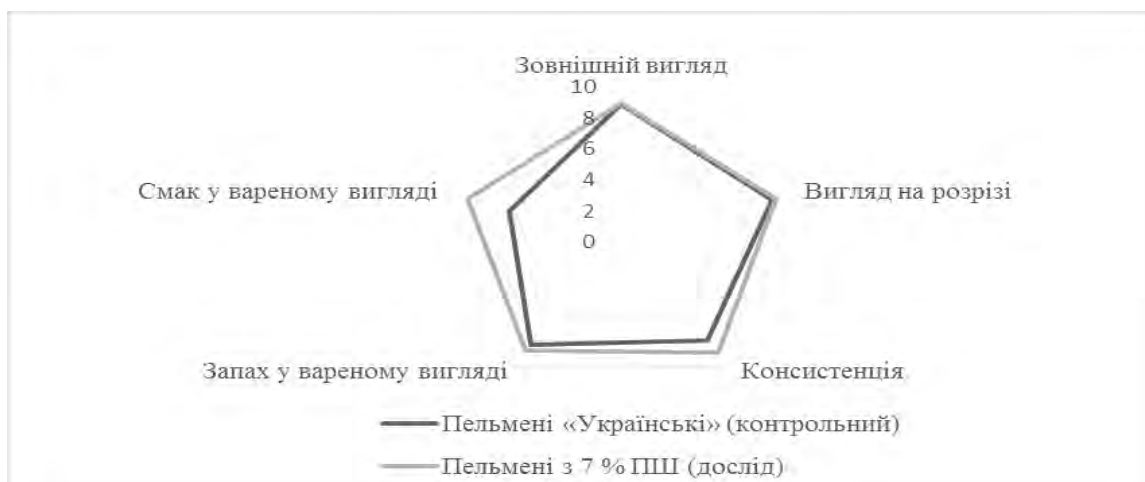


Рисунок 1. Профілограма органолептичних показників контрольного та дослідного зразку пельменів



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

Для розрахунку інтегрального показника якості нами було визначено групові показники, які, в свою чергу, складаються з одиничних показників і характеризуються базовими значеннями (табл. 3.).

Таблиця 3

## Визначення одиничних показників якості пельменів

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

За даними таблиці 3 видно, що усі виробы характеризуються



досить високим органолептичним показником, однак тенденцію до переваги мали зразки пельменів з вмістом порошку шпинату.

Результати визначення мікробіологічних показників в готовому продукті наведено в таблиці 4. У дослідних зразках 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 дослідних зразках напівфабрикатів було в межах норми і становила  $2-3 \times 10^2$  КУО в 1 г.

Таблиця 4

## Результати мікробіологічних досліджень напівфабрикатів

Назва показника	Норма	Зразки		
		Контроль	(Дослід 1)	(Дослід 2)
Мезофільні аеробні та факультативно анаеробні мікроорганізми, КУО в 1 г, не більше ніж	$4 \times 10^3$	0	$2 \times 10^2$	$3 \times 10^2$
Бактерії групи кишкових паличок (маса продукту (г/см <sup>3</sup> , у якій не допускається)	0,1	не виявлено	не виявлено	не виявлено
Патогенні мікроорганізми, у тому числі бактерії роду Сальмонела (маса продукту (г/см <sup>3</sup> , у якій не допускається)	25	не виявлено	не виявлено	не виявлено

Кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів у дослідних зразках напівфабрикатів було в межах норми і становила  $2-3 \times 10^2$  КУО в 1 г. Дослідження напівфабрикатів на вміст бактерій групи кишкової палички та патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерії роду Сальмонела показали негативний результат, це говорить про їх безпечність для життя і здоров'я людини.

*Висновки.*

1. Проведена оцінка якості готових виробів за органолептичними показниками підтвердила тенденцію до переваги за



даною групою показників у зразках пельменів з вмістом порошку шпинату.

2. Кількість мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів у дослідних зразках напівфабрикатів було в межах норми і становила  $2-3 \times 10^2$  КУО в 1 г. Дослідження напівфабрикатів на вміст бактерій групи кишкової палички та патогенних мікроорганізмів, у тому числі бактерії роду Сальмонела показали негативний результат, це говорить про їх безпечність для життя і здоров'я людини.

#### Список використаних джерел

1. Асланова М. А., Деревицкая О. К., Дыдыкин А. С. Функциональные продукты на мясной основе, обогащенные растительным сырьем. *Мясная индустрия*. 2017. № 6. С. 45–47.
2. Вайтанис М. А. Обогащение котлетного фарша растительным сырьем. *Ползуновский вестник*. 2016. № 2/2. С. 217–220.
3. Донцова Н. Т., Сивачева А. М., Ниценко Т. П. Качественные и безопасные продукты – основа здорового питания *Мясная индустрия*. 2017. № 2. С.20–23.
4. Кузьмичева М. Б. Основные тенденции развития мясоперерабатывающей промышленности. *Мясная индустрия*. 2018. № 8. С. 5–9.
5. Лаврова Л. Ю. Натуральные ингредиенты для обогащения мясных изделий. *Мясные технологии*. 2016. №11. С. 50–51.
6. Новікова Н. В., Кірін В. О. Інноваційні технології виробництва м'ясних напівфабрикатів шляхом збагачення їх мікронутрієнтами. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип. 11, том. С. 2–8
7. Nina Parker. *Microbiology*. Shenandoah University. 2016. p. 145
8. Richard, M. D. McPerson, R. Matthew, M. D. Pincus. Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. Commended, Basic and Clinical Sciences, BMA Awards, 2006. 1472 p.
9. Kai Knoerzer, Pablo Juliano, Geoffrey Smithers. Innovative Food Processing Technologies. *Woodhead Publishing*. 2016. p.510
10. Gail Vance Civile. *Sensory Evaluation Techniques* by .2007. p. 232.
11. Zhang Chuman. Antioxidant effect of flavonoids extracted from rosehip seeds on edible oils Zhang Chuman, Ye Lin Wu Xiaojun, Znanng Liti // *Zhongguo youzhi China Oils and Fats*. 2010. - Vol. 35, № 1. P. 44–46.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2022 р.



**N. Novikova, I. Ryapolova**  
**Kherson State Agrarian and Economic University**

## **RESEARCH OF SENSORY AND MICROBIOLOGICAL QUALITY INDICATORS OF FUNCTIONAL PELMENI**

### *Summary*

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

The number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms in the prototypes of semi-finished products was within normal limits and was  $2-3 \times 10^2$  CFU in 1 g.

The number of mesophilic aerobic and facultatively anaerobic microorganisms in the prototypes of semi-finished products was within normal limits and was  $2-3 \times 10^2$  CFU in 1 g. speaks of their safety for human life and health.

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





DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-20

УДК 640.43:641.5

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

О. В. Пахомська<sup>2</sup>, асист.

ORCID: 0000-0002-0915-8811

<sup>1</sup>Національний університет біоресурсів і природокористування України<sup>2</sup>Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

e-mail: larisa\_fialkova@ukr.net

## ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ТА ОЛІЙНОГО НАСІННЯ

*Анотація.* 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. Відзначено, що волога у зерні є на поверхні, у капілярах, усередині клітин зерна та олійного насіння. Вона має важливе значення для життєдіяльності зерна та олійного насіння, але її надлишок призводить до інтенсифікації життєвих процесів, самозігрівання та погіршення якості зерна та олійного насіння. Визначено, що одним з перспективних способів сушіння сипучих матеріалів є спосіб сушіння в віброкиплячому шарі, який може бути досягнутий на вібраційних сушарках різного типу. Однак, враховуючи відносно велику тривалість сушіння деяких матеріалів, кращими є сушильні установки, створені на основі вібраційних конвеєрів, які дозволяють порівняно з іншими сушарками значно збільшити час перебування матеріалу в одному агрегаті. Оптимізовані технологічні та конструктивні параметри вібросушіння. Для підвищення інтенсивності процесу сушіння насіння соняшника та зменшення енерговитрат шляхом оптимізації технологічних та конструктивних параметрів вібросушіння була обґрунтована та розроблена конструктивна та технологічна схеми сушильної установки з двома U-видними контейнерами, яка дозволяє отримати якісне кондиційне насіння соняшника для подальшого зберігання.



*Ключові слова:* зерносушарка, сушіння, зерно, насіння, схема.

*Постановка проблеми.* Аграрний сектор економіки, важливою складовою якого є сільське фермерське господарство, формує продовольчу, а у визначених межах і економічну, екологічну та енергетичну безпеку [1-3].

Він забезпечує розвиток технологічно пов'язаних галузей національної економіки та створення соціально-економічних умов для розвитку. Агропромисловий комплекс складає близько 12 % валової доданої вартості України, є одним з основних бюджетоформуючих секторів національної економіки. За період з 2007 по 2018 рік виробництво продукції в сільськогосподарських підприємствах зросло майже у два рази. При цьому половина валової продукції виробляється в особистих селянських господарствах, де гостро постає проблема обробки і зберігання врожаю.

Оскільки сире зерно не може зберігатися тривалий час, його потрібно просушити. Однак, малі селянські господарства не мають необхідних технічних засобів для цього. Тому актуальною є розробка недорогих малопотужних зерносушарок з автоматизованим і оптимізованим процесом сушіння зерна [4-7].

Внаслідок незавершеності процесів адаптації до європейських вимог щодо якості та безпечності харчових продуктів, нестійкості торговельних відносин з державами-імпортерами, конкурентні позиції вітчизняної сільськогосподарської продукції на зовнішньому ринку не є стабільними.

Тому в межах малих фермерських господарств важливо розвивати власні засоби збереження і переробки сировини та виготовлення вторинної продукції. Це вимагає модернізації технічної бази, автоматизації і оптимізації технологічних процесів сушіння зерна.

Різноманітність насіння – явище широко поширене в рослинництві. Виражається вона в тому, що насіння однієї рослини або навіть колоса, качана нерівнозначні за своїми морфологічними та фізіолого-біохімічними показниками [8, 9].

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідженням цього питання займалися багато учених, і всі однозначно прийшли до висновку, що саме біологічно цінне, виконане насіння формується в середній частині колоса. Таке насіння володіє високою енергією проростання, схожістю і, природно, дають максимальний урожай. Повноцінність насіння характеризують 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. Але після обмолоту колоса зерна знеособлюються, унаслідок чого вже



неможливо визначити на вигляд місце формування їх в колосі, а, отже, дати висновок про їх біологічну цінність [10, 11].

Відокремивши найкраще зерно для насіння, його необхідно якісно зберегти до посіву. Для збереження врожаю існують різні методи та способи зберігання.

На даний час в сільськогосподарських підприємствах зберігання зернових культур знаходиться на задовільному рівні, при відсутності відповідних машин для зберігання втрачається від 2 до 15% врожаю, в залежності від погодніх умов та способу зберігання.

Огляд методів сушіння зерна та олійного насіння

Існує кілька принципів класифікації методів сушіння.

Найзагальнішою є класифікація за способом підведення енергії:

1. теплові:

- a) конвективне сушіння;
- b) кондуктивне сушіння;
- c) терморадіаційне сушіння;
- d) сушіння у полі струмів високої частоти;

2. спеціальні:

- a) сушіння у вакуумі;
- b) сушіння обезводненим повітрям;
- c) контактне сушіння;

3. механічні:

- a) віджимання;
- b) центрифугування.

У сушінні зерна найпоширенішим є конвективний метод сушіння, за якого тепла енергія передається зерну від нагрітого газу (повітря або його суміші з продуктами згоряння палива).

Те, що нагрітий газ водночас виступає як теплоносій, зумовлює відносну простоту конструкцій конвективних сушарок.

Під час конвекційного сушіння зерно може знаходитися в: щільному нерухомому, гравітаційно-рухомому, псевдорозрідженому, віброкиплячому, падаючому або завислому стані.

Стан зернового шару визначає активну поверхню зерна та олійного насіння, що контактує з агентом сушіння, а значить, інтенсивність процесу. Низький ККД конвективних сушарок (25...40 %) можна підвищити повторним використанням відпрацьованого агента сушіння [11].

Під час кондуктивного сушіння зерна та олійного насіння теплота передається йому теплопровідністю від нагрітої поверхні труб, що обігріваються паром, гарячою водою або газом. Водяна пара, яка випаровується із зерна та олійного насіння, поглинається холодним або підігрітим повітрям, що подається у сушильну камеру. Швидкість



сушіння залежить від температури гріючої поверхні та товщини зернового шару.

Кондуктивне сушіння використовують на борошномельних і круп'яних заводах для підігрівання зерна та олійного насіння та невеликого зниження його вологості перед переробленням, а також у комбінації з конвективним сушінням. Низький ККД кондуктивних зерносушарок пояснюється додатковою втратою теплоти на нагрівання гріючої поверхні. При цьому може спостерігатися перегрівання та погіршення якості зерна та олійного насіння, що контактує з гріючою поверхнею.

Під час терморадіаційного сушіння підведення теплоти до зерна та олійного насіння здійснюється завдяки застосуванню інфрачервоного випромінювання генераторами або сонячних променів. Природне сушіння зерна та олійного насіння під сонячними променями проводять в суху та ясну погоду на спеціально обладнаних площадках. При цьому повністю зберігаються насіннєві та продовольчі якості зерна та олійного насіння, прискорюється післязбиральне його дозрівання. Разом з тим сонячне зерносушіння трудомістке й залежить від метеорологічних умов.

Високочастотне нагрівання зерна та олійного насіння ґрунтується на явищі поляризації. Під дією високих частот у вологому матеріалі полярні молекули води намагаються розташуватися своїми осями вздовж електричного поля. Відбувається тертя молекул між собою і в матеріалі виділяється теплота, а також виникає градієнт температури, спрямований усередину зернової маси, під дією якого волога переміщується до поверхні зерна та олійного насіння.

Сушіння зерна та олійного насіння під вакуумом дає змогу підвищити інтенсивність процесу завдяки зниженню барометричного тиску. Позитивним тут є те, що процес сушіння можна здійснювати при низьких температурах агента сушіння, що забезпечує зберігання природних властивостей зерна та олійного насіння. Але значні витрати на утворення та підтримання вакууму не дають змоги впроваджувати цей метод у промислових масштабах.

Підвищити швидкість процесу можна використанням обезводненого підігрітого повітря. Залежно від способу зменшення вологовмісту повітря розрізняють сушіння за допомогою вологовбирачів (ізотермічне сушіння) – силікагелю, активованого вугілля (при цьому виникають додаткові витрати на обезводнення вологовбирачів) та сушіння за допомогою агента, пропущеного через холодильні установки і установки конденсації вологи. Але це потребує значних витрат електроенергії.

Ефективність контактного (сорбційного) зерносушіння залежить від температури та інших факторів, які характеризують стан і



гігроскопічність зерна та олійного насіння та сорбенту. Таке сушіння забезпечує краще зберігання якості зерна та олійного насіння, але потребує витрат на перемішування і відокремлення зерна та олійного насіння від сорбенту. Останнім часом його широко використовують в рециркуляційних сушарках, де змішуються два потоки зерна та олійного насіння з різною вологістю, а в деяких сушарках – із різною температурою. Як сорбент застосовується підсушене нагріте зерно, що циркулює в сушарці у замкненому контурі. Нагріте в сушарці до більш високої температури, ніж сире зерно, воно у тепловологообміннику віддає частину теплоти сирому зерну та зволожується у контакті з ним. Інтенсивність між зернового вологообміну залежить від різниці вологості, температури, кратності змішування сирого та рециркулюючого зерна та олійного насіння. Вологообмін найінтенсивніше відбувається у перші 15...20 хв, після чого процес сповільнюється. За цей час вологість сирого зерна та олійного насіння знижується на 2,5...3 %. Температура зерна та олійного насіння вирівнюється вже через 1,5...2 хв.

За допомогою механічних методів сушіння зерна та олійного насіння віджиманням або центрифугуванням видаляють механічно зв'язану чи поверхневу вологу, наприклад, під час виходу зерна та олійного насіння з мийного відділення млинів, на віджимних колонках [12].

Складовою процесу сушіння після нагрівання зерна та олійного насіння є його охолодження. У прямоочних сушарках охолодження застосовується на кінцевій стадії сушіння, що пов'язано з необхідністю переведення зерна та олійного насіння у рівноважний стан не тільки за вологістю, а й за температурою, з метою його тривалого зберігання. Температура зерна та олійного насіння, що виходить із сушарки, може перевищувати температуру зовнішнього повітря не більш як на 10 °С. У багатьох рециркуляційних сушарках поряд з цим є ще й проміжне охолодження рециркулюючого зерна та олійного насіння, яке дає змогу застосовувати інтенсифіковані режими сушіння з температурою агента сушіння 250...350 °С без перегрівання зерна та олійного насіння і, крім того, забезпечує додаткове зняття вологи. Зерно охолоджують, продуваючи його зовнішнім повітрям. Інтенсивність охолодження залежить від параметрів повітря, товщини шару зерна та олійного насіння та тривалості його охолодження [13].

*Формулювання мети статті.* Проведені дослідження сушіння зерна та насіння соняшника на сушарках шахтного та барабанного типів, топки яких працювали на природному газі та лушпинні, показали, що в останніх, тобто при роботі топків на лушпинні, може мати місце забруднення зерна бензопіреном. При цьому зазначимо, що збільшення експозиції сушіння призводить до різкого збільшення



бензопірена в насінні соняшника.

Таким чином, при вдосконаленні технології та технічних засобів сушіння зерна соняшника, продукція переробки якого є продуктами харчування для людини, необхідно враховувати умови потрапляння канцерогенних речовин в зерна і виключити їх утворення в процесі сушіння.

Одним з перспективних способів сушіння сипучих матеріалів є спосіб сушіння в віброкиплячому шарі, який може бути досягнутий на вібраційних сушарках різного типу. Однак, враховуючи відносно велику тривалість сушіння деяких матеріалів, кращими є сушильні установки, створені на основі вібраційних конвеєрів, які дозволяють порівняно з іншими сушарками значно збільшити час перебування матеріалу в одному агрегаті.

Мета роботи полягає у підвищенні інтенсивності процесу сушіння насіння соняшника та зменшення енерговитрат шляхом оптимізації технологічних та конструктивних параметрів вібросушіння.

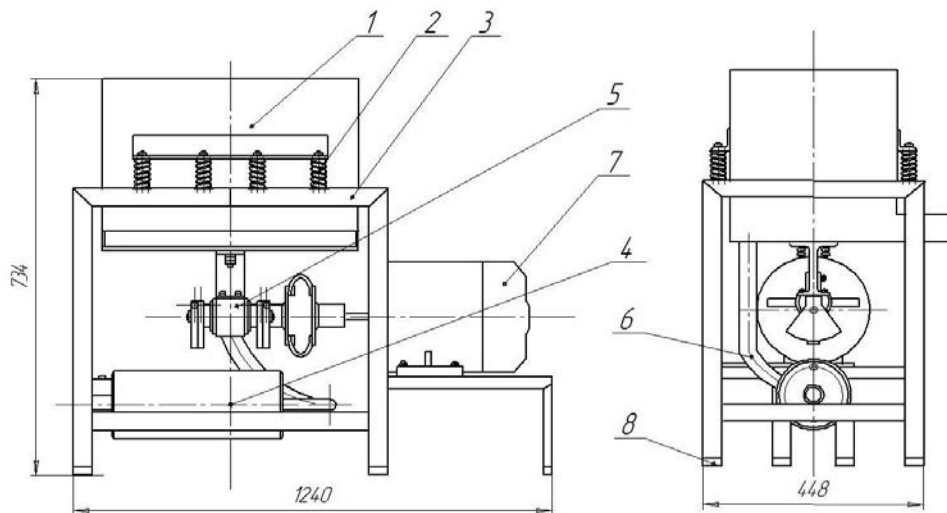
*Основна частина.* Для інтенсифікації багатьох технологічних процесів переробки сипкої сільськогосподарської продукції використовують вплив вібраційного поля на сипучий матеріал, при якому збільшується пористість шару матеріалу, що оброблюється, та інтенсивність його перемішування, що в свою чергу покращує процеси масо – та теплообміну [14].

Волога у зерні є на поверхні, у капілярах, усередині клітин зерна та олійного насіння. Вона має важливе значення для життєдіяльності зерна та олійного насіння, але її надлишок призводить до інтенсифікації життєвих процесів, самозігрівання та погіршення якості зерна та олійного насіння.

Залежно від вмісту вологи зерно поділяють на сухе (до 14 %), середньої сухості (від 14 до 16 %), вологе (від 16 до 18 %), сире (понад 18 %). У зерновій масі волога розподіляється нерівномірно. При середній вологості зерна та олійного насіння 22 % близько 10 % мають вологість нижче 17 %, а понад 20 % – вище 25 %. У зернині волога розподіляється також нерівномірно: найбільше її є в зародку, менше – в ендоспермі, а ще менше – в оболонках. При середній вологості зерна та олійного насіння 17 % зародок має вологість 19,4 %, ендосперм – 16,7 % .

Обґрунтування принципової схеми вібраційної сушарки з U-видним контейнером.

На рисунку 1.1 представлена вібраційна сушарка з U-видним контейнером [14].



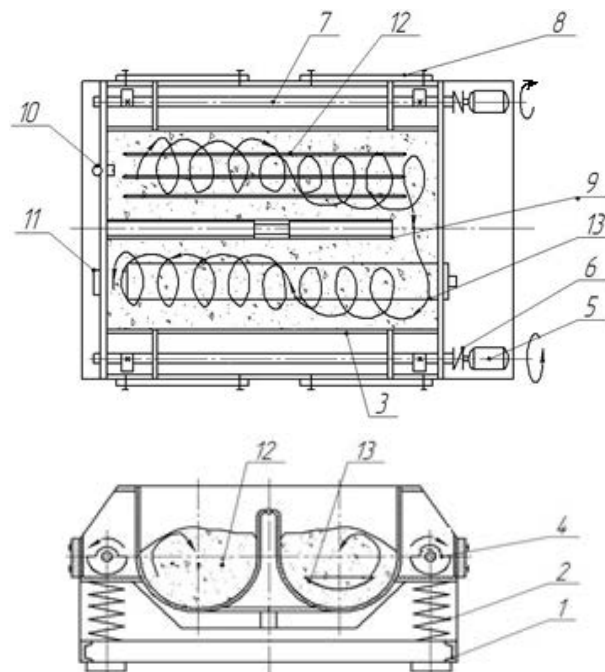
1 – контейнер; 2 – пружна підвіска; 3 – рама; 4 – компресор; 5 – вібропривід; 6 – газопідвідний патрубок; 7 – електродвигун; 8 – віброопора

Рисунок 1. Конструкторсько-технологічна схема вібраційної сушарки з U-видним контейнером

Контейнер 1 за допомогою пружної підвіски 2 встановлена на нерухомій рамі 3 і приводиться в коливальний рух дебалансним віброприводом 5, змонтованим у нижній частині контейнера. Всередині робочої камери встановлено електротени для нагріву насіння соняшника. Через газопідвідний патрубок 6 і перфороване днище контейнера подається повітря за допомогою компресора 4, яке охолоджує та відбирає вологу від продукту.

Для досягнення безперервного циклу сушіння насіння соняшника було розроблено вібраційну сушарку з двома U-видними контейнерами (рис. 1, 2), яка складається із рами 1, на якій на пружній підвісці 2 встановлено корпус U-видної форми 3.

Корпус U-видної форми складається із двох секцій. На корпусі розміщено інерційні віброприводи, які через муфти 6 та вали 7 передають крутний момент до дебалансних вантажів 4. На корпусі U-видної форми по бокам розташовано додатковий вантаж 8, що дозволяє усунути вплив маси завантаження сипучого середовища секцій U-видної форми на самосинхронізацію приводів. У першій U-видній секції корпусу 3 розташована завантажувальна горловина 10 та ТЕНи 12, що розташовані в центральній частині секції.



1 – рама; 2 – пружна підвіска; 3 – корпус контейнера; 4 – дебаланси; 5 – електродвигун; 6 – муфта; 7 – дебалансний вал; 8 – додатковий вантаж; 9 – роздільна роздільна перегородка; 10 – завантажувальна горловина; 11 – розвантажувальна горловина; 12 – ТЕН; 13 – патрубок подачі повітря

Рисунок 2. Конструкторсько-технологічна схема вібраційної сушарки з двома U – видними контейнерами

У другій U-видній секції корпусу 3 розташовано вивантажувальну горловину 11 та пустотілий патрубок 13 із газорозподілюючими отворами. Корпус U-видної форми 3 закривається газовивідною кришкою.

*Висновки.* На основі аналізу та узагальнення даних вітчизняних та закордонних джерел інформації про технологію та результати теоретичних і експериментальних досліджень процесу сушіння насіння соняшника обґрунтована мета дослідження: підвищення інтенсивності процесу сушіння насіння соняшника та зменшення енерговитрат шляхом оптимізації технологічних та конструктивних параметрів вібросушіння.

#### Список використаних джерел

1. Воскоян О. С. Основные аспекты инноваций в производстве масложировых продуктов, безопасных для потребления. *Масложировая промышленность*. 2012. № 5. С. 28.

2. Пешук Л. В., Т. Т. Носенко. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини. К.: Центр учбової літератури, 2011. 296 с.

3. Паронян В. Х. Технология жиров и жирозаменителей. М.: ДеЛи





принт, 2006. 760 с.

4. 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. *INMATEH–Agricultural Engineering*. 2018. 54(1). P.95–104.

5. Ткаченко А. В. Контейнерная технология послеуборочной переработки семян подсолнечника. *Подсолнечник, биохимия, селекция, возделывание*. Пологи: 2002. С. 312–347.

6. Bandura V., Mazur V., Yaroshenko L., Rubanenko O. Research on sunflower seeds drying process in a monolayer tray vibration dryer based on infrared radiation. *INMATEH–Agricultural Engineering*. Vol. 57, №. 1. 2019. P.233–242.

7. Поперечний А. М., Жданов І. В., Шульга А. В. Сушіння насіння соняшнику у віброкиплячому шарі при радіаційному теплопідведенні. *Наукові праці ОНАХТ*. Одеса, 2014. Вип. 41, Т.1. С.201–206.

8. Цизь К. Є. Аналіз засобів і методів післязбирального обробітку сої. *Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст.* Луцьк: 2012. Вип. 23. С.155–160.

9. Дідух В. Ф. Науково-технологічні основи механізованого сушіння неоднорідних матеріалів: дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Тернопіль, 2003. 274 с.

10. Pi mentel D., Patzek T.W. Ethanol production using corn, switchgrass, and wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower. *Nat. Resources Res.*, 2005. 14(1). P.65–76.

11. Patzek T.W. A statistical analysis of the theoretical yield of ethanol from corn starch. *Nat. Resources Res.*, 2006. 15(3). P.205–212.

12. United States Patent Application Publication US 2007/0141216 A1 Processed wheat product containing functional components in elevated amounts and processing method therefore / Makoto Kihara, Yoshihiro Okada, Osamu Ishikawa, Kazutoshi Ito, Pub. Date: Jun. 21, 2007.

13. United States Patent Application Publication US 2009/0098271 A1 Method of processed barley product. Norihiko Kageyama, Shingo Kawasaki, Seisuke Takaoka, Koichi Nakahara, Pub. Date: Apr. 16, 2009.

14. Burdo O., Bandura V., Zykov A., Zozulyak I., Levtrinskaya J., Marenchenko E. Development of wave technologies to intensify heat and mass transfer processes. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol.4, №11 (88). 2017. *Technology and Equipment of Food Production*, P.34–42.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2022 р.



**V. Bandura<sup>1</sup>, L. Fialkovska<sup>2</sup>, O. Pakhomska<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**

## **DEVELOPMENT OF OIL SEED DRYING TECHNOLOGY**

### ***Summary***

Drying is one of the most common technological operations in various branches of processing and food industries, in particular, in the conservation of raw materials. Prospects for the development of drying technologies suggest a reduction in energy costs for the process of extracting moisture; improving the quality of dried products; development of highly efficient universal equipment; ensuring the environmental safety of drying companies.

The paper analyzes the current state of the methods for drying grain and oilseeds. It is noted that the moisture in the grain is on the surface, in the capillaries, inside the cells of the grain and oil seeds. It is important for the life of grain and oilseeds, but its excess leads to the intensification of life processes, self-heating and deterioration of the quality of grain and oilseeds. It has been determined that one of the promising methods for drying bulk materials is the method of drying in a vibrofluidized bed, which can be achieved on various types of vibration dryers. However, given the relatively long duration of drying of some materials, it is preferable to use dryers based on vibratory conveyors, which allow, compared to other dryers, to significantly increase the residence time of the material in one unit. Technological and design parameters of vibration drying have been optimized. To increase the intensity of the drying process of sunflower seeds and reduce energy costs by optimizing the technological and design parameters of vibration drying, a design and technological scheme of a drying plant with two U-shaped containers was substantiated and developed, which allows obtaining high-quality conditioned sunflower seeds for further storage.

***Key words:*** grain dryer, drying, grain, drying, scheme.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-21

УДК 641

О. О. Червоткіна, асист.

ORCID: 0000-0002-6814-0566

В. Г. Тарасенко, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0002-0275-0281

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: oleksandra.chervotkina@tsatu.edu.ua, тел.: (097)7144992

## ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЧОРНОГО ЧАЮ

*Анотація.* Постійно зростаючий попит на чай, як один з важливих продуктів харчування, створює необхідність пошуку резервів його виробництва, створення маловідходних, комплексних технологій, що неможливо без відповідної машинно-апаратної переробки переробних підприємств, інтенсифікації та оптимізації технологічних та харчових переваг. продуктів чорного чаю, що є найбільш споживаними в нашій країні і в ближньому зарубіжжі.

Розроблені знову технології повинні забезпечити поліпшення якості, біологічної цінності біохімічного контролю чайного виробництва, метод штучного зав'ялювання, технологія чорного чаю із застосуванням термічної обробки недоферментованого напівфабрикату, роздільна переробка чайного листа. Крім того розроблено технології сухих та рідких чайних концентратів.

*Ключові слова.* Гранулювання, чарний чай, ферментація, чайне листя, подрібнення, переробка дрібних фракцій чайного листа.

*Постановка проблеми.* В основі виробництва чорного чаю лежать окислювальні процеси, що протікають у зруйнованих клітинах чайного листа, у результаті яких утворюються речовини, що обумовлюють специфічність продукту. Тому основним завданням інтенсифікації при виробництві чорного чаю є максимальна та одночасна руйнація анатомічної цілісності клітин листа з метою найбільш повного використання його потенційних можливостей та забезпечення рівномірності протікання окисних перетворень.

Дезінтеграція клітин може бути викликана різними ушкоджуючими факторами: фізичними, механічними, хімічними, біологічними, а також різними їх поєднаннями. Ці прийоми забезпечують зміну напряму біохімічних процесів, що протікають у свіжому чайному листі, внаслідок чого створюються умови для



розвитку окисних процесів, від яких залежить формування якісних показників готової продукції.

*Аналіз останніх досліджень.* За класичною технологією роздавлювання клітин листа здійснюється шляхом їх скручування в ролерах. У цьому близько 20-25% клітин залишаються нераздавленими, отже вони беруть участь у створенні якісних показників продукту. Збільшення тривалості скручування з метою підвищення частки роздавлених клітин негативно позначається на техніко-економічних показниках виробництва, якості чаю. Ферментація у тканинах чайного листа, зруйнованих у різні періоди тривалого скручування, починає розвиватися неодноразово, а після закінчення скручування оброблений матеріал виявляється неоднорідно ферментованим. Причому більша його частина – переферментована, внаслідок чого продукт містить значно менше біологічно активних речовин.

М. А. Бокучава запропонував метод термічної обробки недоферментованого напівфабрикату і розробив технологічну схему виробництва чорного чаю, що передбачає вкорочення скручування зав'яленого листа, сушіння до вологості 6-8% і термічну обробку. Зазначений спосіб дозволив значно знизити втрати фенольних сполук, тим самим підвищити Р-вітамінну активність продукту [1-4]. Цей технологічний прийом знайшов широке застосування в технології чорного чаю, у тому числі і дрібного чорного чаю.

Враховуючи значення руйнування клітин чайного листа при виробництві чорного чаю, К. М. Джемухадзе запропонував метод швидкого та глибокого заморожування матеріалу, що дозволяє усунути недоліки діючої технології. В умовах низьких температур утворюються кристали льоду в клітинах, що призводить до одночасного і практично повного їх руйнування. Запропонований метод виключає стадію зав'ялення, значно інтенсифікує біохімічні та технологічні процеси, помітно скорочує технологічний цикл.

Розроблений спосіб переробки чайного листа, що передбачає його термохімічну обробку 1% розчином каустичної соди перед скручуванням. Лужна обробка чайного листа за рахунок часткового руйнування лігніну робить матеріал більш податливим для подальшої переробки, що сприяє поліпшенню якості чаю. Відомий оригінальний спосіб виробництва чаю, що передбачає обробку листа газоподібною вуглекислою в спеціальній камері при підвищеному тиску [5-9]. Різке зниження тиску газу до атмосферного викликає “вибух” клітинних оболонок чайного листа, що сприяє рівномірному та інтенсивному перетіканню окислювальних процесів.

Незважаючи на перспективність зазначених розробок, вони поки не знаходять широкого впровадження в чаепереробній промисловості.



В даний час для руйнування тканин чайного листа застосовують головним чином механічні методи, що базуються на інтенсифікації скручування-подрібнення.

*Формування мети статті.* У чаєвиробничих країнах світу основним напрямом в області скручування-подрібнення є гранично інтенсивне руйнування клітин чайного листа методом подрібнення маси з метою вироблення більш екстрактивного дрібного чорного чаю. Дрібний чорний чай має інтенсивний настой, приємний терпкий смак, швидко екстрагується, зручний при розфасовуванні та споживанні, стійок у зберіганні.

Питанням підвищення інтенсивності обробки чайного листа та збільшення виходу дрібних видів чаю присвячено велику кількість досліджень [10-14]. За кордоном на дрібні види чаю доводиться практично до 85-90% від загального обсягу виробленої чайної продукції.

Першим кроком на шляху інтенсифікації процесу скручування-ферментації та збільшення обсягу виробництва дрібного чорного чаю стало вдосконалення поверхні столу ролера з використанням рифів, батенсів та конуса з різним кутом утворюючої.

*Основна частина.* Для інтенсифікації процесу скручування чайного листа стали застосовуватися соломорізки, та був і тютюнорізальні машини "Легга" разом із роллерами. Однак новий період в інтенсифікації процесу скручування-подрібнення-ферментації та збільшення дрібних видів чаю настав після створення у 1930 році Мак-Керчером машини "С.Т.С.". Машина "С.Т.С." складається з двох гравірованих металевих валків, що обертаються один до одного з різними швидкостями: швидкохідний – 675-725 об/хв, тихохідний – 60-70 об/хв. Обробка матеріалу здійснюється у міжвалковому просторі, який регулюється в залежності від швидкості подачі чайного листа. Машина "С.Т.С." застосовується як окремо, так і в поєднанні з роллерами та іншими пристроями, що скручують. А один чаєподрібнюючий агрегат може бути об'єднаний 2,3,4 і далі 5 машин "С.Т.С.". Із застосуванням машини "С.Т.С." з'явилася і однойменна назва методу переробки. Зав'ялений чайний із залишковою вологістю 66-70% пропускається через машини "С.Т.С." без сортування, в результаті чого він перетворюється на тістоподібну масу з досить високою температурою (40-50 °С), яка гранулюється обгортанням і класифікується за розмірами в барабанному грануляторі протягом 70,90, а іноді і 120 хвилин, залежно від умов виробництва.

Значним досягненням у розвитку інтенсивної технології чорного чаю є машина Роторвейн, сконструйована Мак-Тієром. Робочий орган машини є гвинтоподібним валом, що функціонує в каркасі циліндричної форми. На валу в зоні живильника закріплений шнек, що



переходить у лопаті. У місці вивантаження скручено-подрібненого листа встановлено торцеву кришку. В залежності від технологічної необхідності діафрагму кришки встановлюють у позиції необхідного тиску. Чайне листя, що надходить в машину, в результаті обертального руху робочого органу, а також під впливом торцевої кришки розтирається і подрібнюється. "Роторвейн" постійно удосконалюється. Випускається машина "Супер-вейн", що представляє собою модифікацію "Роторвейн". У "Супервейн"-і на внутрішній поверхні циліндра встановлені нерухомі виступи, що підсилюють вплив на лист. У цих машинах листок обробляється протягом 1,5-2 хвилин. Чайний сік, що виділився за цей період, ретельно змішується і знову вбирається листом перед виходом із машини. Незважаючи на невелику тривалість знаходження аркуша в машинах, він нагрівається, проте теплота відразу ж випромінюється і не впливає на якість чаю. Ці машини використовуються в комбінації разом із ролерами, машинами "С.Т.С." та іншими подрібнюючими машинами.

У технологічних системах виробництва дрібного чорного чаю зустрічається і подрібнююча машина "Барбора", що складається з горизонтального корпусу, всередині якого розташований робочий орган у вигляді ротора у формі усіченого конуса на поверхні якого встановлені баттенси. При поступальному русі в робочу зону чайний матеріал переміщається по спіралі, що постійно зменшується, і між рухомими баттенсами конуса і нерухомою цапфою інтенсивно скручується, роздавлюється, ріжеться. Крім того, у технологічних схемах застосовується і машина "Трету- ратор", яка має значну схожість з машинами системи "Роторвейн". Робочий орган машини, що являє собою шнек, зі зменшуючим кроком і збільшується в напрямку просування листа діаметром, і встановлена в кінці шнека вивантажувальна головка з ріжучими лопатями забезпечують більш інтенсивний вплив на лист, ніж у Роторвейн. Найбільшого поширення машина "Третуратор" набула в Африці.

Останнім часом для подрібнення чайного листа стали застосовувати машину "L.T.P.", що є барабаном, у якому з великою швидкістю в протилежних напрямках обертаються ножі та лопаті, інтенсивно та миттєво.

З використанням вище перерахованих машин переробку чайного листа здійснюють за такими технологічними схемами: ролер - "Роторвейн" - сортування - "Роторвейн" - сортування - роллер - сортування - роллер - сортування; "Роторвейн" - "С.Т.С." - ролер - сортування; "Роторвейн" - "С.Т.С." - "С.Т.С." - сортування; "Роторвейн"- "Роторвейн"- "С.Т.С."- "С.Т.С.; "Роторвейн" - "С.Т.С." - "С.Т.С." - "С.Т.С." - сортування. Крім того чаєподрібнюючі машини застосовуються на різних стадіях переробки: після 10-хвилинного,



другого, третього скручування чайного листа в ролерах та сортування. Застосовуються інші схеми з участю перелічених машин.

Перша спроба створення чаєрезальної машини в нашій країні була зроблена в 1938 році В. Г. Джіджейшвілі. Проте машина характеризувалася рядом істотних конструктивних недоліків і не знайшла застосування у промисловості. Групою фахівців на чолі з Г.І.Харебава були отримані позитивні результати при використанні різання під час скручування чайного листа, внаслідок чого покращувалася якість продукції, що виробляється.

Істотний внесок у справу вдосконалення чаєскручувальних машин зробив А. Н. Какалашвілі [5]. Їм розроблений ролер безперервної дії, що представляє собою обечайку, що обертається, з шістьма гвинтоподібними рифами, всередині якої розташований обертовий конічний шнекоподібний ротор з чотирма виступами. Продукція, вироблена на лінії із застосуванням цього ролера, характеризується яскравим настоєм, однак має незадовільний зовнішній вигляд і строкату розварку.

Широке промислове застосування знайшла машина "РЗ-ЧР2К", призначена для різання низькокондиційної чайної маси. На внутрішній поверхні циліндричного корпусу машини розпиляно поздовжні рифи. Ріжучий орган виконаний у вигляді обострого ножа, розташованого між двома діафрагмами і має окремий привід. Недоліком машини є слабке рахдавлювання матеріалу за рахунок підтиску під час різання.

Для різання-подрібнення чайного листа була створена машина ЧРК, що складається з шнека, на валу якого між двома діафрагмами розташовується подрібнюючий ніж. Маса, що подається в машину, подрібнюється під дією діафрагми та лопатей ножа, у такому ж ключі працює і "Цитрибатор"[5]. Групою фахівців на чолі з А.Н.Какалашвілі була розроблена конструкція центрального відбірника, що виконує функцію преса та інтенсифікує процес скручування. Ролери з центральними відбірниками та машини ЧРК становили основу лінії скручування, сортування та різання чайного листа марки Б2-ЧСГ. Продукція, отримана після обробки чайного листа на цій лінії, була незадовільною на вигляд і характеризувалася строкатою розваркою.

Великий внесок у розробку технологічних основ потокового виробництва дрібного чорного чаю внесли Р.М.Хоперія та Р.Р.Джинджолія. Розроблена ними подрібнююча машина Б2-ЧРЧ була включена до лінії Б2-ЧРХ, що знайшла широке впровадження у виробництві чаю. Чайний матеріал переробляється на вказаній лінії в наступному порядку: зав'ялений до залишкової вологості 63-65% лист скручується в ролери ЧРО-2 протягом 20-25 хвилин, сортується, дрібна фракція повторно скручується, а сходова фракція ріжеться в Б2-ЧРЧ, різана маса сортується, дрібна фракція скручується, сходова фракція



ріжеться в Б2-ЧРЧ і скручується, після чого більше фракції сушаться. Недоліком зазначеної машини та лінії є невисока продуктивність, а також деяка неоднорідність подрібненої маси.

З метою інтенсифікації процесу подрібнення-роздавлювання чайного листа та усунення експлуатаційних недоліків установки Б2-ЧРЧ групою авторів створено машину Б2-ЧПІ, яка знайшла найбільш широке застосування у промисловості. Робочі органи машини виконані як шнеків, лопаті яких заходять друг за друга. Машина має також діафрагму з каліброваними отворами. На базі цієї машини створена потокова лінія Б2-ЧР2Х, що працює наступним чином: зав'язаний до залишкової вологості 63-67% чайний лист після скручування в ролери ЧРО-2 сортується, дрібна фракція повторно скручується, а сходова велика фракція в Б2-ЧПІ, скручується в ролерах, після скручування чай висушується і піддається термічній обробці. Застосування Б2-ЧПІ найефективніше при строго певній кількості листа, що подається, а кількість зруйнованих клітин становить до 90%.

Робочими органами машини для дроблення та м'яття чайного листа ЧМД є встановлені на двох валах та внутрішній поверхні корпусу подрібнюючі елементи. Недоліком машини є значне зниження ступеня подрібнення у разі зменшення подачі чайного листа.

Групою авторів була розроблена та створена роторно-скручувальна машина шнекового типу. Робочі органи машини представлені шнеком оригінальної конструкції зі спеціальними елементами, що забезпечують саморегулювання тиску в масі незалежно від кількості матеріалу, що подається. Роторно-скручувальна машина була включена в поточну лінію Б2-ЧІЛ.

Всі перераховані вище установки для подрібнення чайного листа призначені для доведення матеріалу до розмірів частинок практично не менше 4,0-4,5 мм і не здатні подрібнювати масу до дрібнодисперсного стану, тому що при тонкому подрібненні утворюються дрібні види чаю, що дають каламутний настій. Тим часом при тонкому подрібненні досягається практично повне роздавлювання клітинної структури. За кордоном чайні маси, подрібнені до дрібнодисперсного стану, гранулюють, що дає можливість отримати якісний продукт, максимально ісільзовавши потенційні можливості вихідного листового матеріалу.

Експерименти з переробки чайної маси з підвищеним вмістом огрубілої та грубої фракції на машинах "С.Т.С." і "Роторвейн" не дали позитивних результатів, а тістоподібна маса, що вийшла в результаті інтенсивного подрібнення, не піддавалася гранулюванню. Слід зазначити, що на нашу думку, авторами не були правильно підібрані режими процесу гранулювання та відповідне обладнання для його здійснення, що призвело до негативних результатів.





Зняття обмежень ступеня подрібнення дозволяє використовувати для диспергування чайного листа до дрібнодисперсного стану обладнання, освоєне у суміжних галузях промисловості. Для підбору способів гранулювання, виходячи з необхідних властивостей агломератів, необхідно використовувати основні закономірності структуроутворення та формування матеріалів, розроблені в різних галузях науки та техніки, з урахуванням специфічних характеристик чаю.

Гранулювання – це сукупність технологічних операцій, в основі яких

лежать фізико-механічні та фізико-хімічні процеси, що забезпечують формування матеріалів у вигляді частинок певних розмірів, форми, структури та фізичних властивостей.

Останнім часом гранулювання знайшло широке застосування в різних галузях промисловості, що викликане необхідністю не лише удосконалення технологічних властивостей виробів, усунення їх негативних фізичних властивостей, але та можливістю автоматизації виробництва, підвищення продуктивності праці, полегшення пакувальної роботи та ін [6].

Гранулювання (агломерація, агрегація) тонкодисперсних матеріалів значною мірою визначається їх фізико-хімічними та реологічними властивостями. У випадку гранулювання включає в себе такі технологічні операції: підготовку вихідного матеріалу, власне гранулювання, формування структури. Дисперсні матеріали можуть бути гранульовані як у сухому, так і у вологому стані. При цьому таблетування, пресування та брикетування, що здійснюються при невеликих вологості матеріалу, відносяться до сухих методів; а обгортання, дражування, екструдкування - до вологих.

Ефективність гранулювання залежить від когезійних властивостей матеріалів, тобто. від своїх здібностей безпосередньо взаємодіяти між собою. У разі зволоження дисперсних частинок їхня взаємодія залежить як від когезійних властивостей рідинних прошарків, так і від адгезії (прилипання) рідини до частинок, що характеризується змочуванням матеріалу. Сумарна силова взаємодія між частинами, що стикаються, що перешкоджає їх роз'єднанню, прийнято називати аутогезією .

Агломерація окремо в агрегати може бути здійснена різними шляхами, що визначається безліччю факторів, серед яких важливе значення має дисперсний склад вихідних частинок. Фізико-хімічна механіка дисперсних структур і твердих тіл, розвинена в роботах академіка П.А.Ребіндера та його школи, визначає критерій початку агрегування межею переходу від грубодисперсних систем до мікрогетерогенних.



Хоча в загальному випадку агрегування та утворення просторових структур починають проявлятися з дисперсних системах з розміром частинок твердої фази практично на 2-3 порядки більшим за розмір колоїдних частинок, у кожному конкретному випадку міцність елементарних контактів між частинками і відповідно виникаючих з них структур залежить від природи поверхні, хімічного складу, фізичних властивостей твердої фази та дисперсного середовища, умов взаємодії між ними [7, 8]. Як тільки розмір часток стає настільки малим, що сили зчеплення будуть співмірні з їхньою вагою, вони в полі дії сили тяжіння виявляють схильність до мимовільного агрегування. Через війну прояви сил зчеплення частинок друг з одним у мікрогетерогенних системах мимоволі виникають просторові тривимірні структури. Стійкі тривимірні структури утворюються при зв'язку між частинками у вигляді прямих точкових контактів або через прошарки рідини дисперсного середовища, рівноважна товщина яких відповідає мінімальному значенню поверхневої енергії системи. Наявність рідинного прошарку між частинками значно інтенсифікує цей процес. Якщо частинки добре змочуються, то сили адгезії рідини до частинок великі, Після обволікання частинок тонким шаром, рідкі прошарки, когезійно взаємодіючи між собою, сприяють зближенню частинок матеріалу. [8]. Причому така взаємодія можлива і при розмірах часток, що дещо перевищують їх величини, що відповідають критерію агрегування. Міцність просторових тривимірних структур визначається якістю контактів, їх числом в одиниці об'єму матеріалу, середньою силою стискування в точці контакту. Зменшення розміру частинок збільшує їх питому поверхню, зростає кількість контактів з-поміж них, що посилює взаємодії. Тому, відповідно до другого початку термодинаміки, у дисперсній системі мимовільно протікають процеси, пов'язані зі зменшенням поверхневої енергії, чим і пояснюється схильність високодисперсних мас до агрегування. Зі зменшенням розмірів частинок збільшення міцності дисперсного матеріалу спостерігається у тому випадку, коли вона обумовлена капілярними силами рідинних прошарків. Досить міцні контакти утворюються внаслідок переплетення сильно анізотричних частинок [8].

Для гранулювання методом обгортання ідеальною формою чатиць є куля, всі інші геометричні форми ускладнюють пропис. Якщо частинки неправильної форми, то гранулювання покращується, коли їх розміри за трьома взаємоперпендикулярними напрямками однакові [6]. Невеликі відхилення від сферичної форми лише незначно впливають на щільність упаковки частинок в агломераті, яка помітно зменшується з посиленням їхньої анізотричності. Такі форми можуть створити досить щільно упаковані структури лише при розміщенні частинок у правильні ряди, чого неможливо досягти при самоагрегації. Тому для



проведення гранулювання методом обкатування, що регулює спрямованість самоагрегації, ймовірно, слід подрібнювати чайний лист до розмірів частинок, порівнянних з товщиною листа, тобто. майже менше 1 мм. Якщо ж подрібнення до такого рівня неможливе або в цьому немає потреби, то гранулювання може бути здійснене примусово під дією зовнішніх сил.

Питаннями гранулювання чаю у нас почали займатися порівняно недавно. Збільшення обсягів виробництва чаю викликало зростання утворення тонкодисперсних видів чайної продукції-висівок та крихти, що не мають споживчого попиту. Тому їх стали брикетувати у спеціальних формах, одержуючи плиткові чаї /150/, і навіть гранулювати шляхом пресування. Отримані таким чином продукти незручні у споживанні, оскільки вони при заварюванні практично віддають екстрактивні речовини лише після диспергування на складові частинки, що створює мутність настою.

Передбачене способом гранулювання тонкодисперсних видів байхового чаю незначне зволоження чаю перед гранулюванням не забезпечує утворення контактних місткових зв'язків, що не диспергуються у воді, незважаючи на те, що після формування гранули додатково збагачуються екстрактом чаю в процесі висихання. Крім того, довгаста форма і висока щільність гранул не можуть забезпечити рівномірного висушування та збереження цілісності в умовах киплячого шару.

Групою фахівців за участю автора розроблено та впроваджено спосіб переробки тонкодисперсних ВИДІВ чайної продукції в горошкоподібні та зернисті види чаю, що інтенсивно віддають екстракт, не диспергуючись на складові частини.

Для гранулювання чайного листа та інших видів чаю групою спеціалістів на чолі з І.А.Хочолава було розроблено встановлення шнекового типу [9]. Робочі органи машини представлені каскадом ножів і решіток, поміщених разом з шнеком, що подає, в циліндричний корпус з сорочкою для водяного охолодження. Незважаючи на оригінальність конструкції, машина не знайшла практичного застосування через низьку продуктивність і ненадійність у роботі.

Розроблений групою фахівців на чолі з Р.Т.Чхаїдзе спосіб виробництва гранульованого чаю, що полягає у введенні в попередньо підсушену до вологості 35-50% чайну масу цукрового розчину в кількості 2-4% від її ваги перед формуванням, виявився малоефективним, оскільки гранули при заварюванні слабо віддавали екстракт через знижену пористість, а при тривалому наполяганні диспергувалися [10].

Слід зазначити спосіб переробки дрібних фракцій чайного листа, що включає їх обробку після ферментації гарячим повітрям з



температурою 130-185°C при пропарюванні з подальшим формуванням в розігрітому до 50-60°C обертовому барабані з одночасним введенням. Процес енергоємностей, а також пов'язаний із значними матеріальними витратами через використання у вигляді сполучної речовини натурального концентрату чорного чаю.

Розроблено установку для отримання гранульованого чаю, що включає роторно-скручені ваші машини, не призначені для тонкого диспергування чайного листа, тому, після подрібнення в них, відсортується незначна кількість дрібнодисперсних фракцій, здатних до самоагрегації, що робить неефективним використання окремо формувального пристрою для їхнього гранулювання. Крім того, установка дозволяє одержувати переважно гранули циліндричної форми. Відповідно до розробленого ними ж способу виробництва гранульованого чаю, що передбачає подрібнення чайного листа до розмірів частинок 1,5-2,0 мм, збагачення маси концентратом чаю і формування, виходять гранули циліндричної форми, діаметром 4-6 мм, що ускладнює їх висушування, а передбачена залишкова вологість чаю 8-10% після сушіння негативно впливає на стійкість продукту до зберігання та недиспергуваність при заварюванні. В подальшому, за участю автора була створена роторно-скручувальна машина нового покоління, яка була включена до потокової лінії ЮІАК 101171.001.

*Висновок.* На основі проведеного огляду можна зробити висновок, що основні тенденції розвитку світової чаепереробної промисловості спрямовані на інтенсифікацію виробництва, що полягає у максимально можливому використанні сировинних матеріалів для отримання якісного чаю з найменшими витратами. У виробництві чорного чаю це виявляється насамперед у вишукуванні шляхів найбільш повного та одночасного руйнування тканин листа в основному механічними методами.

Одним з важливих напрямків у цьому плані є інтенсивне подрібнення чайного листа до дрібнодисперсного стану, що забезпечує повноцінне руйнування клітин, разом з подальшим за ним гранулюванням, сприяє посиленню окислювальних перетворень, в результаті чого скорочується весь технологічний цикл переробки підвищується вихід вискоекстрактивних видів чаю, а чай у вигляді гранул має цілу низку переваг перед звичайними чаями, що робить його зручним у споживанні.

Крім того, тонкодисперсні дрібні види чаю, що утворюються в процесі технологічної переробки, не мають попиту у споживача, можуть бути використані для отримання споживчого продукту у вигляді гранул, що забезпечить додатковий випуск якісної продукції.

Гранульований чай повинен мати механічну міцність у сухому стані, інтенсивно віддавати екстрактивні речовини і не диспергуватися



при заварюванні.

#### Список використаних джерел

1. Grigorenko S. 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. P. 255–257.
2. Zhuravel D., Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. *Multidisciplinary academic research*. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands 2021. P. 83–86.
3. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155–158
4. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens, Greece 2021. P. 231–233.
5. 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, Italy 2021. P. 171–176.
6. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). P. 7–12.
7. Вечерский П. А. Исследование динамики адгезионного гранулирования окатыванием пищевых и других сыпучих веществ. Автореф. докт. дисс. Киев. 1981. 61с.
8. Девдариани Д. Г., Чантурия Ю. Б., Георгадзе А. Г., Бандурко Е. И. и др. Способ производства чая. А.С. СССР № I303I20. 1987.
9. Джинджолия Р. Р., Хоперия Р. М., Ревিশвили Т. О. Практическое руководство по технологии производства мелкого черного чая. Сухуми.: Алашара. 1960. 38с.
10. Ребиндер П. А. Физико-химическая механика. Избранные труды. М.: Наука. 1979. 381с.
11. Урьев Н. Б. Физико-химическая механика в технологии дисперсных систем. М.: Знание. 1975. 64с.
12. Стручаєв М. І., Тарасенко В. Г. Дослідження процесу гранулювання овочевих відходів за допомогою прес-гранулятора з плоскою матрицею. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. С. 160–168.



13. Олексієнко В. О. Гранулювання порошкоподібних овочів. *Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв*: матеріали другої міжн. наук.-практ. конф. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 73–75.

14. Червоткіна О. О., Олексієнко В. О., Фучаджи Н. О. Обґрунтування параметрів робочого органу гранулятора для отримання гранул на основі овочевої сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2013. Вип. 13, Т.7. С. 57–62

Стаття надійшла до редакції 15.03.2022р.

**O. Chervotkina, V. Tarasenko**  
**Dmytro Motorny Tavriya State Agrotechnological University**

## **MAIN DIRECTIONS OF INTENSIFICATION OF BLACK TEA TECHNOLOGY**

### ***Summary***

The production of black tea is based on oxidative processes that take place in the destroyed cells of the tea leaf, as a result of which substances are formed that determine the specificity of the product. Therefore, the main task of intensification in the production of black tea is the maximum and simultaneous destruction of the anatomical integrity of leaf cells in order to make the most of its potential and ensure the uniformity of oxidative transformations.

Cell disintegration can be caused by various damaging factors: physical, mechanical, chemical, biological, as well as various combinations thereof. These techniques provide a change in the direction of biochemical processes occurring in fresh tea leaves, resulting in conditions for the development of oxidative processes, which depend on the formation of quality indicators of finished products. The ever-increasing demand for tea, as one of the important food products, creates the need to find reserves for its production, create low-waste, integrated technologies, which is impossible without proper processing of processing plants, intensification and optimization of technological and food benefits. black tea products, which are most consumed in our country and abroad.

Newly developed technologies should improve the quality, biological value of biochemical control of tea production, the method of artificial wilting, black tea technology using heat treatment of unfermented semi-finished products, separate processing of tea leaves. In addition, technologies for dry and liquid tea concentrates have been developed.

**Key words:** Granulation, black tea, fermentation, tea leaves, grinding, processing of small fractions of tea leaves



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-22

УДК 664.654

Н. В. Новікова, к.с.г.н.

ORCID: 0000-0002-3324-965X

*Херсонський державний аграрно-економічний університет*

Тел.: (066)0304101

## ВИЗНАЧЕННЯ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ М'ЯСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

*Анотація.* Метою роботи є проведення сенсорної оцінки та визначення органолептичних показників якості м'ясних напівфабрикатів з використанням порошоків моркви, шпинату та морських водоростей цистозіри.

З метою встановлення впливу різної кількості порошку моркви, шпинату та морських водоростей цистозіри на споживчі властивості пельменів були створені наступні дослідні зразки: пельмені «Запашні Українські» з додаванням в м'ясний фарш порошку шпинату - 3% та моркви - 4%, морської водорості цистозіри – 5% та пельмені «Нетрадиційні пельмені» з додаванням в м'ясний фарш порошку шпинату - 5% та моркви - 9%, морської водорості цистозіри – 2%.

Проведений аналіз якості м'ясних заморожених пельменів за органолептичними показниками свідчить, що найкращим виявився зразок пельменів № 2 «Нетрадиційні Українські» із середнім балом – 8,5, на 0,4 бали нижче були оцінені «Запашні Українські» пельмені, які в цілому відповідають всім вимогам щодо органолептичних показників якості.

*Ключові слова:* напівфабрикати, порошок, морква, шпинат, рецептура

*Постановка проблеми.* Заморожені напівфабрикати, які реалізуються в сучасних умовах через дрібні торгівельні мережі, показують достатньо високу стабільність. Заморожені пельмені займають найбільший сегмент замороженої продукції на Українському ринку заморожених напівфабрикатів [3, 11].

Високу біологічну цінність мають джерела харчового білка на основі рослинної сировини завдяки підвищеному вмісту білкових речовин, достатньо високою засвоюваністю і корисними властивостями, а також зниженим вмістом жиру. Враховуючи те, що рослинна сировина є економічно доступною, це дає широкі можливості для цілеспрямованого її використання в якості біологічних добавок при



виробництві м'ясопродуктів і як основного компонента комбінованих виробів. Провідне місце при розробці технологій виробництва функціональних м'ясних продуктів займають харчові волокна, які володіють високими корисними властивостями [2].

У зв'язку із вищевикладеним і враховуючи недостатність на продовольчому ринку України продуктів функціонального призначення, рослинного походження проведення сенсорної оцінки та визначення органолептичних показників якості м'ясних напівфабрикатів є актуальним.

*Аналіз останніх досліджень.* На сьогодні виправдали застосування комбіновані білкові системи, але особливого впровадження у харчове виробництво займають м'ясо-рослинні. Використання білків тваринного і рослинного походження дає можливість взаємно доповнювати їх відсутніми біологічно активними речовинами і бути основою складовою для забезпечення функціонального та профілактичного харчування [6, 7].

На сьогодні перспективною являється рослинна сировина яка є джерелом біологічно-активних речовин та біополімерів, насамперед це кропива, спориш, конюшина та люцерна, яка дозволяє підвищити харчову цінність харчових продуктів, безпосередньо м'ясних напівфабрикатів шляхом збагачення їх вітамінами, мінеральними речовинами та дозволяє знизити їх калорійність. Проте потенціал рослинної сировини в технологіях харчових продуктів реалізується недостатньо [5, 10].

У роботах Л.В. Капрельянца, Л. В. Іоргачова, висвітлено накопичений великий досвід щодо використання молочної та рослинної сировини в технологіях харчових продуктів [4, 12]

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є проведення сенсорної оцінки та визначення органолептичних показників якості м'ясних напівфабрикатів з використанням порошків моркви, шпинату та морських водоростей цистозіри.

*Основна частина.* З метою встановлення впливу різної кількості порошку моркви, шпинату та морських водоростей цистозіри на споживчі властивості пельменів були створені наступні дослідні зразки:

–дослід 1 – пельмені «Запашні Українські» з додаванням в м'ясний фарш порошку шпинату - 3% та моркви - 4%, морської водорості цистозіри – 5%;

–дослід 2 – пельмені «Нетрадиційні пельмені» з додаванням в м'ясний фарш порошку шпинату - 5% та моркви - 9%, морської водорості цистозіри – 2%.

Контролем слугували пельмені «Українські» виготовлені за традиційною рецептурою(табл. 1).





Таблиця 1

## Вимоги до органолептичних показників згідно ДСТУ

Показник	Характеристика
Зовнішній вигляд	Форма напівкругла, краї оболонки щільно склеєні, фарш не виступає. Під час струшування пакувальної одиниці дають виразний звук.
Консистенція	У вареному вигляді – фарш соковитий, ніжний, оболонка з тіста не розірвана, не відстає від фаршу.
Вигляд на розрізі	Фарш рівномірно перемішаний, від темно-червоного до світло-рожевого кольору в оболонці з тіста.
Запах та смак після теплової обробки	Властиві даному продукту

Органолептична оцінка була проведена за 10-бальною шкалою. Оцінка якості проводилась відповідно до вимог ДСТУ 4437:2005 «Напівфабрикати м'ясні та м'ясорослинні посічені. Технічні умови».

За результатами досліджень органолептичних показників якості зразки м'ясних заморожених пельменів «Запішні Українські» та «Нетрадиційні Українські» повністю відповідають вимогам ДСТУ4437:2005 (табл. 2).

Таблиця 2

## Результати досліджень органолептичних показників якості зразків

Зразок	Зовнішній вигляд	Консистенція	Запах та смак
Контроль»	Формна півкругла, краї тістової оболонки щільносклеєні	Фарш соковитий, ніжний	Властивий даному продукту
«Запішні Українські» (Дослід 1)	Форма напівкругла, краї тістової оболонки не щільно склеєні, фарш виступає	Фарш соковитий	Властивий даному продукту з відчутним вмістом водоростей
«Нетрадиційні Українські» (Дослід 2)	Форма напівкругла, краї тістової оболонки щільно склеєні, фарш не виступає	Фарш соковитий, ніжний	Властивий даному продукту з помірним відчуттям моркви, шпинату та водоростей



Результати досліджень критерії оцінки органолептичних показників дослідних зразків заморожених пельменів та контрольного зразка вказують на кращі характеристики пельменів «Нетрадиційні Українські», які мали дуже гарний зовнішній вид, консистенцію та вигляд на розрізі (табл.3).

Таблиця 3

## Критерії оцінки органолептичних показників

Показник	Контроль	«Запішні Українські» (Дослід 1)	«Нетрадиційні Українські» (Дослід 2)
Зовнішній вигляд	Хороший	Гарний	Дуже гарний
Консистенція	Достатньо ніжна	Ніжна	Дуже ніжна
Вигляд на розрізі	Хороший	Гарний	Дуже гарний
Запах та аромат	Хороший	Гарний	Дуже гарний
Смак	Достатньо смачний	Смачний	Дуже смачний
Соковитість	Достатньо соковитий	Соковитий	Дуже соковитий
Загальна оцінка	Хороший	Дуже хороший	Відмінний

Оцінку органолептичних показників було визначено за 10 бальною шкалою, результати якої наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

## Бальна оцінка органолептичних показників дослідних зразків пельменів

Дослідні зразки	Найменування показника				
	Зовнішній вигляд	Консистенція	Вигляд на розрізі	Запах та смак	Середній бал
Контроль»	6,4 ± 0,02	6,7 ± 0,04	8,3 ± 0,01	7,6 ± 0,04	7,7 ± 0,04
«Запішні Українські» (Дослід 1)	8,6 ± 0,01	7,0 ± 0,02	8,6 ± 0,02	8,3 ± 0,06	8,1 ± 0,05
«Нетрадиційні Українські» (Дослід 2)	8,7 ± 0,04	7,3 ± 0,01	8,6 ± 0,04	8,5 ± 0,03	8,5 ± 0,02

Проведений аналіз якості м'ясних заморожених пельменів за органолептичними показниками свідчить, що найкращим виявився зразок пельменів № 2 «Нетрадиційні Українські» із середнім балом – 8,5, на 0,4 бали нижче були оцінені «Запішні Українські» пельмені, які в цілому відповідають всім вимогам щодо органолептичних показників якості.

Бальна оцінка органолептичних показників нових видів пельменів з різним вмістом порошку шпинату та моркви відображено в профілограмі (рис.1)



Рис. 1. Профілограма органолептичних показників нових зразків пельменів

#### Висновки.

1. В результаті органолептичних, технологічних досліджень та виходячи з добової потреби організму людини в йоді було становлено, що до складу розроблених рецептур напівфабрикатів доцільно вводити водорості в кількості 2%.

2. Результати досліджень критерії оцінки органолептичних показників дослідних зразків заморожених пельменів та контрольного зразка вказують на кращі характеристики пельменів «Нетрадиційні Українські», які мали дуже гарний зовнішній вид, консистенцію та вигляд на розрізі.

#### Список використаних джерел:

1. Андреенков В. А., Альохіна Л. В., Мітасева Л. Ф., Пилкова Л. А. Нова документація на м'ясні та м'ясовмісні рубані напівфабрикати і начинки. *М'ясна індустрія*. 2014. № 11. С. 31–33.
2. Болишакова Л. С. Меркулова Л. С. М'ясні рубані



напівфабрикати, збагачені йодованими харчовими волокнами. *М'ясні технології*. 2016. №1. С. 46–48.

3. Гоноченко А. А. Варіація м'ясної сировини при виробленні м'ясних рублених напівфабрикатів. *Збірник наукових праць*. 2015. № 8. С. 64–66.

4. Капрельянц Л. В., Іоргачова Л. В. *Функціональні продукти*. Одеса: Друк, 2003. 312 с.

5. Маринець М. В., Дзюндзя О. В. Удосконалення технології кексів за рахунок використання місцевої сировини. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2020. Вип. 20, т. 3. С. 208–217

6. Пасічний В. М. Удосконалення технологій напівфабрикатів кулінарних на основі м'яса птиці та каротиновмісної сировини. Київ: Колос, 2015. С. 152–155.

7. Трибух Ю.В., Дзюндзя О.В. Порівняльна оцінка якості заморожених напівфабрикатів млинців з м'ясним фаршем. *Науково-інформаційний вісник біолого - технологічного факультету*. 2020. Вип. 13. С. 360–362.

8. Marcelis P.A.. Food Quality Management: Technological and Managerial Principles and Practices. *Wageningen Academic Publishers*. 2013. P. 234.

9. Richard M. D., McPerson R., Matthew M., Pincus D. Henry's Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. Commended, Basic and Clinical Sciences, BMA Awards, 2006. 1472 p.

10. Grundy S. M. Trans monoun saturate fatty acids and some cholesterol levels. *Med*. 2017. Vol. 323, № 7. P. 480–481.

11. Finley J. W. The nexus of food, energy, and water. *Agric Food Chem*. 2014. Vol. 62, № 27.

12. Zhang Chuman. Antioxidant effect of flavonoids extracted from rosehip seeds on edible oils Zhang Chuman, Ye Lin Wu Xiaojun, Zhang Liti // *Zhongguoyouzhi China Oils and Fats*. 2010. Vol. 35, № 1. P. 44–46.

Стаття надійшла до редакції 15.03.2022 р.

**N. Novikova, I. Ryapolova**  
**Kherson State Agrarian and Economic University**

## **RESEARCH OF SENSORY AND MICROBIOLOGICAL QUALITY INDICATORS OF FUNCTIONAL PELMEN**

### **Summary**

The aim of the work is to conduct sensory evaluation and determination of organoleptic quality indicators of meat semi-finished products using powders of carrots, spinach and algae *Cystosira*. Today, vegetable raw materials are promising, which are a



source of biologically active substances and biopolymers, primarily nettles, knotweed, clover and alfalfa, which can increase the nutritional value of food, meat products by enriching them with vitamins, minerals and reduce them. caloric content. However, the potential of plant raw materials in food technology is not realized enough. In order to establish the effect of different amounts of carrot powder, spinach and seaweed cytosers on the consumer properties of dumplings, the following prototypes were created: dumplings "Scented Ukrainian" with the addition of minced meat spinach powder - 3% and carrots - 4%, seaweed. - 5% and dumplings "Unconventional dumplings" with the addition of minced spinach powder - 5% and carrots - 9%, seaweed cystosira - 2%. Organoleptic evaluation was performed on a 10-point scale. Quality assessment was carried out in accordance with the requirements of DSTU 4437: 2005 "Semi-finished meat and meat and vegetable cut. Specifications". According to the results of research of organoleptic quality indicators, the samples of frozen meat dumplings "Zapishni Ukrainski" and "Non-traditional Ukrainian" fully meet the requirements of DSTU4437: 2005 The results of research criteria for assessing the organoleptic characteristics of prototypes of frozen pelmeni and control sample indicate the best characteristics of pelmeni "Unconventional Ukrainian", which had a very good appearance, consistency and cross-sectional appearance. pelmeni № 2 "Unconventional Ukrainian" with an average score of 8.5, 0.4 points lower was rated "zapeshny Ukrainian" dumplings, which generally meet all the requirements for organoleptic quality indicators.

**Key words:** *semi-finished products, powder, carrots, spinach, recipe*



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-23

УДК 338.439

А. О. Сова<sup>1</sup>, докторант,

ORCID: 0000-0001-6041-0712

Т. О. Кузьміна<sup>2</sup>, д.т.н.,

ORCID: 0000-0002-6113-1923

О. І. Мамай<sup>2</sup>, к.т.н.,

ORCID: 0000-0002-2591-8059

М. І. Валько<sup>2</sup>, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-2390-426X

<sup>1</sup>Університет Марібору<sup>2</sup>Херсонський національний технічний університет

e-mail: kntuxt@gmail.com

## РОЗРОБЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ НАССР ПРИ ВИРОБНИЦТВІ КОНЬЯКУ

*Анотація.* У статті встановлено, що система НАССР забезпечує задокументовану структуру, яка дозволяє виноробам визначити пріоритети багатьох рішень, необхідних для виробництва якісних коньяків, коньячних напоїв та брендів. Це дозволяє виробникам проводити етапи технологічного процесу з урахуванням критичних точок і небезпечних параметрів (чинників), що піддаються вимірюванню, документуванню, аналізуванню та, за потреби, проведенню коригувальних дій. Такий підхід робить виробництво алкогольних напоїв більш ефективним, безпечним та якісним.

Відповідно до принципів та вимог системи менеджменту НАССР, проаналізовано небезпечні ризики, які можуть виникнути при виробництві українських коньяків (ординарний, марочний), виноградного бренду.

За результатами проведення аналізу небезпечних факторів, які можуть виникнути під час виробництва коньячного виноматеріалу і коньяку, встановлено наявність таких видів: фізичні, хімічні, мікробіологічні та алергенні на кожному етапі виробництва коньяків та напоїв коньячного типу.

За допомогою системи управління якістю НАССР виявлено потенційні небезпеки в процесі виробництва коньяку та напоїв коньячного типу, які очікуються, оцінюються, контролюються та попереджаються, впливають на якість та безпеку напоїв із рослинної сировини.

Оскільки в усьому світі з'являється все більше нових виноробних господарств, новим виноробам було б розумно розглянути питання про активну політику, спрямовану на запобігання проблем під час збирання винограду, його переробки та розливу готової продукції у пляшки.



Також слід відзначити, що виноробам необхідно співпрацювати зі Всесвітньою організацією з безпеки харчових продуктів WFSO (World Food Safety Organisation). WFSO підтримує ініціативи ЄС, ISO та відповідних схем акредитації для впровадження систем управління безпечністю харчових продуктів НАССР.

Запропоновані заходи підвищать конкурентоспроможність, сприятимуть підвищенню довіри споживачів до алкогольної продукції та забезпечать здоров'я після її споживання.

*Ключові слова:* виробництво коньяку, НАССР, якість, фізичні небезпечні фактори, хімічні небезпечні фактори, мікробіологічні небезпечні фактори, алергенні небезпечні фактори.

*Постановка проблеми.* Алкогольні напої вживаються більше ніж три тисячі років, і, як правило, їх вважають безпечними через вміст спирту. Проте останніми роками фальсифікація (тобто використання недорогого, невідповідної якості алкоголю) досягла великих розмірів. Контроль і безпеку продуктів харчування та напоїв можна гарантувати в рамках суворого дотримання систем управління якістю та безпекою (стандарти серії ISO 9000, НАССР і TQM). Для того, щоб виявити слабкі сторони виробничого процесу та запропонувати критичні межі відповідно до законодавства, запобіжні та коригувальні заходи, необхідно проводити широкий аналіз критичних контрольних точок.

НАССР – є науково обґрунтованою системою, що дає змогу гарантувати виробництво безпечної продукції шляхом ідентифікації і контролю небезпечних чинників. Система НАССР є єдиною системою управління безпечністю харчової продукції, яка довела свою ефективність і прийнята міжнародними організаціями [1].

Система НАССР є обов'язковою в рамках законодавства більшості цивілізованих країн, таких як: країни Євросоюзу, США, Канада, Японія, Нова Зеландія та інші.

Таким чином, на сьогоднішній день усі оператори ринку повинні мати запроваджену систему НАССР, підтверджену не лише документально (наявністю журналів), а й практично.

*Аналіз останніх досліджень.* НАССР (Hazard Analysis and Critical Control Points) – це система аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках. Ця система ідентифікує, оцінює та контролює небезпечні фактори, які є визначальними для безпечності харчових продуктів. Вона визнана найефективнішою системою менеджменту для забезпечення безпеки харчових продуктів, охоплює харчові інгредієнти, виробництво та готову продукцію, аналіз хімічних, біологічних, фізичних та інших небезпек, залучених до всього процесу [2]. У той же час НАССР є ефективним інструментом управління ризиками безпеки харчових продуктів, і виконавець може краще



ідентифікувати потенційні ризики для безпеки харчових продуктів під час переробки харчових продуктів і вчасно розробити ефективні та комплексні контрзаходи для запобігання та контролю потенційних ризиків.

Сьогоднішні проблеми, з якими стикається виноробна промисловість щодо використання хімічних речовин або води, а також цілісності матеріалів, означають, що виноробні, великі та малі, повинні бути більш обізнаними про продукти, які використовуються на кожному етапі виробництва, від винограду до пляшки.

Однією з переваг створення плану НАССР є те, що це спосіб для винороба контролювати та інтегрувати хімічні, фізичні, мікробіологічні та сенсорні аналізи протягом усього процесу вирощування та переробки винограду.

Над окремими аспектами проблеми якості продукції аграрного сектора в умовах членства України у Світовій організації торгівлі працювали такі вчені, як П.Т. Саблук, А.Н. Мамцев, та ін. [3, 4]. Систему управління безпечністю продуктів харчування на основі принципів НАССР в своїх роботах висвітлювали вчені України: Ж.Т. Ахметова, В.В. Власенко, І.Г. Власенко та ін. [5–9], але, незважаючи на це, проблема потребує подальшого вирішення.

Аналізу небезпеки критичних контрольних точок (НАССР) для виробництва алкогольних напоїв (вина, лікерів, віскі) присвячено роботи закордонних дослідників [10–13].

Таким чином, виноробні підприємства повинні розглядати плани забезпечення якості та контролю якості, які можуть допомогти їм працювати більш ефективно. Також актуальними є питання про активну політику, спрямовану на запобігання проблемам під час вирощування винограду, переробці та пакуванні у пляшки готової продукції.

*Формулювання цілей статті (постановка завдання).* Мета дослідження – на основі підходу НАССР провести детальний аналіз небезпечних факторів для безпеки протягом усього процесу виробництва коньяку, включаючи основні етапи від збору винограду до остаточного розливу спиртного напою. При цьому основну увагу зосередити на ідентифікації всіх можливих небезпек (фізичних, хімічних, мікробіологічних та алергенних), запобіжних заходах для їх уникнення та виявленні критичних контрольних точок з відповідним необхідним контролем і критичними межами.

*Основна частина.* Технологічний цикл сучасного коньячного виробництва включає: готування коньячних виноматеріалів → перегонку коньячних виноматеріалів на спирт → витримку (дозрівання) коньячного спирту в контакті з дубовою деревиною →





купаж і обробку коньяку → розлив та оформлення продукції [14, 15].

Для виробництва коньяку використовують виноград сортів, які відповідають певним вимогам: висока врожайність, нейтральність аромату і смаку, помірна цукристість і висока кислотність. Непридатний виноград червоних сортів, зі специфічним ароматом, наприклад, мускати, ізабельної групи тощо. Оптимальний вміст цукрів під час збирання повинен бути 14...16 г/100 см<sup>3</sup>, кислот – не менше 8 г/дм<sup>3</sup>.

Кращі сорти для виробництва коньячних спиртів: Аліготе, Ркацителі, Рислінг, Сильванер, Плавай, Галан. Переробку винограду проводять за схемою приготування білих натуральних вин, але без застосування сірчистої кислоти. Біотехнологічний процес бродіння суслу проводять при температурі 16...25 °С.

Коньячний виноматеріал (молоде вино) повинен містити: етилового спирту – не менше 7-8 %, кислот, що титруються – не менше 5 г/дм<sup>3</sup>, летких кислот – не більше 1 г/дм<sup>3</sup>, загальної сірчистої кислоти – не більше 15 мг/дм<sup>3</sup>, наявність дріжджів – до 3 %.

Коньячні виноматеріали, які поступають на дистиляцію підлягають перегонці на різних апаратах: періодичної і безперервної дії. У першому випадку отримують коньячний спирт менш очищений від різних домішок, але більш ароматний; у другому випадку якісні показники спирту нижче, оскільки він більшою мірою звільнений від летких домішок.

Науково і на практиці обґрунтовано [16–20], що склад і якість коньячних виноматеріалів, отже, і коньячних спиртів залежать не тільки від типу використовуваної перегонної установки, але і від ґрунтово-кліматичних умов, в яких ростуть використовувані в коньячному виробництві сорти винограду.

Витримка коньячних спиртів. Молодий коньячний спирт являє собою безбарвну малоароматичну і різку на смак рідину. Для придбання необхідних органолептичних якостей їх направляють на витримку у дубових бочках або в емальованих чи нержавіючих ємностях з дубовою клепою.

Витримка коньячного спирту у дубових бочках йде при оптимальній температурі 15...25 °С і відносній вологості навколишнього середовища (повітря в приміщенні) 75...85 %.

Після витримки коньячного спирту проводять купажування, яке полягає у змішуванні в певних пропорціях витриманих коньячних спиртів, спиртованих вод, духмяних вод, цукрового сиропу і колеру.

Для приготування коньяку, тобто для зниження міцності коньячного спирту, використовується пом'якшена вода, яку готують з питної води шляхом дистиляції або обробки іонообмінним способом до жорсткості 0,36 ммоль/дм<sup>3</sup>.



Духмяні води, цукровий сироп і колер використовують тільки при отриманні ординарних коньяків. При виробництві марочних коньяків поряд з коньячним спиртом в купаж вводять тільки спиртовані води і цукровий сироп.

Поряд з коньяком вітчизняною промисловістю випускаються різні коньячні напої, які готують з невитриманих коньячних спиртів. За різними характеристиками, формою й кольором вони відповідають ординарним коньякам. Технологія коньячних напоїв зводиться до того, що молодий коньячний спирт або готовий купаж настоюють або пропускають в потоці через дубову деревину, попередньо оброблену спеціальним способом.

До складу купажу коньячних напоїв входять молодий коньячний спирт, дистильована або пом'якшена вода, цукровий сироп і колер. Екстракція купажною сумішшю різних компонентів деревини триває 15...20 днів при температурі 20...25 °С. Надалі коньячний напій фільтрують і розливають у пляшки.

Система якості зорієнтована на управління чинниками, які впливають або можуть вплинути на безпечність продукції. Адже одне із найважливіших очікувань споживача – мати безпечні продукти харчування.

Відповідно до принципів і вимог системи управління НАССР проаналізовано небезпечні ризики, пов'язані з переробкою сировини і виробництвом коньяків. За результатами проведеного аналізу небезпечних факторів, які можуть виникнути під час виробництва коньячного виноматеріалу і коньяку, встановлено такі види: фізичні, хімічні, мікробіологічні та алергенні. У табл. 1 представлено загальну характеристику небезпечних факторів, які виникають у процесі приготування коньяків.

*Таблиця 1***Ідентифікація небезпечних факторів у виробництві коньяку**

№ з/п	Етап процесу	Небезпечний чинник		
		вид	опис	джерела (причини, умови) виникнення
1	2	3	4	5
1.	Виробництво коньячного виноматеріалу/ Виноград	Фізичний	При ручному збиранні листки, пагони При машинному збиранні – листки, пагони, камінці	Навколишнє середовище



## Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
		Хімічний	Залишки хімічних реактивів обробки винограду <sup>3</sup>	Несвоєчасна обробка, порушення рецептури приготування реактиву
		Мікробіологічний	Пошкоджена мікроорганізмами ягода, комахи	Несвоєчасний, або недостатній захист рослин від шкідників
		Алергенний	Залишки хімічних реактивів обробки винограду <sup>3</sup>	Несвоєчасна обробка, порушення рецептури приготування реактиву
2.	Виробництво коньячного виноматеріалу/ Виноматеріал	Фізичний	Забруднення	Пошкодження обладнання
		Хімічний	Залишки дезінфікуючих, миючих засобів	Недотримання технології
		Мікробіологічний	За мікробіологічним і показниками	Недотримання температури бродіння
		Алергенний	Залишки хімічних реактивів обробки винограду <sup>3</sup>	Несвоєчасна обробка, порушення рецептури приготування реактиву
3.	Виробництво коньячного спирту	Фізичний	Забруднення	Пошкодження обладнання
4.	Витримка коньячних спиртів/ Спирт коньячний молодий імпортований (для виробництва ординарних коньяків)	Фізичний	Забруднення	Можуть бути в сировині у разі недотримання умов транспортування
		Хімічний	Залишки дезінфікуючих, миючих засобів	—
5.	Приготування ординарного/марочного коньяку України	Фізичний	Забруднення	Можуть потрапити при недотриманні умов виготовлення у постачальника і транспортуванні



## Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
5.1.	Приготування цукрового колеру/Цукор цукрового сиропу/Цукор	Хімічний	Допустимий рівень токсичних елементів: Pb, Cd, Hg, As. Радіонукліди: $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ .	Вхідна сировина може бути джерелом хімічних небезпечних чинників (початкова сировина і умови її переробки)
5.2.	Приготування води пом'якшеної /Вода	Хімічний	Допустимий рівень токсичних елементів: Pb, Cd, Si, Mo, нітрати, As, Hg, Al. Сумарна активність природної суміші ізотопів: активність $^{226}\text{Ra}$ , $^{228}\text{Ra}$ , $^{222}\text{Rn}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{90}\text{Sr}$ .	Механічні домішки можуть бути присутніми в результаті збоїв роботи обладнання
		Мікробіологічний	Мікробіологічні показники	Забруднення води патогенними мікроорганізмами можливе у разі застійних явищ у воді свердловин і трубопроводів подачі води
6.	Розлив коньяку України ординарного/марочного Ополіскування тари	Фізичний	Забруднення	Недотримання вимог виробництва, транспортування
7.	Бракераж пляшок	Фізичний	Наявність сторонніх предметів, речовин	Можуть потрапити крихти коркової пробки, уламки скла Можуть потрапити при недотриманні правил особистої гігієни, невідповідної роботи устаткування
		Мікробіологічний	Без мікроорганізмів	Без мікроорганізмів



## Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5
8.	Етикетування пляшок/Етикетки	Хімічний	Допустимі рівні міграції хімічних речовин із матеріалу етикетки в модельне середовище	Матеріали, які використовуються для виготовлення етикеток можуть бути джерелом хімічних небезпечних чинників (початкова сировина і умови її переробки)
9.	Пакування пляшок/ Короба	Фізичний	Дефекти коробка, механічні пошкодження, та забруднення.	Виникнення дефектів внаслідок не дотримання умов зберігання, навантаження-розвантаження, транспортування
		Мікробіологічний	Без мікроорганізмів	Виникнення дефектів внаслідок не дотримання умов зберігання

Примітка: У таблиці вказані тільки ті небезпечні фактори, які мають вагомість наслідків та рівень ризику.

Далі проведемо аналіз небезпечних факторів, що можуть виникнути під час виробництва коньяків України (ординарних, марочних), виноградних бренді (ординарні, марочні, витримані).

#### 1. Виробництво коньячного виноматеріалу / виноград.

Вид небезпечного фактору – фізичний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає візуальному контролю. Контролюється наявність піску, дрібних камінчиків, які можуть викликати захворювання і пошкодження внутрішніх органів. Скло від ламп або розбитих вікон, деталі обладнання (гвинтики гайки) можуть викликати важкі травми.

Допустимі відхили при:

а) ручному збиранні – масова частка органічних домішок (листки, пагони), %, не більше ніж 0,5;

б) машинному збиранні – масова частка органічних домішок (листки, пагони), %, не більше ніж 1,0. Документована інформація: вхідний контроль при прийманні; акти, записи у технологічних журналах при прийманні; протоколи досліджень.

Вид небезпечного фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий



тому, що підлягає документальному (дата та засоби обробки винограду) та інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Прийнятний рівень: вміст токсичних елементів, мг/кг не більше: свинцю – 0,4; кадмій – 0,03; цинк – 10,0; миш'як – 0,2; ртуть – 0,02; мідь – 5,0; вміст радіонуклідів Бк/кг:  $^{137}\text{Cs}$ ; – не більше 150;  $^{90}\text{Sr}$  – не більше 50. Задokumentована інформація: вхідний контроль при прийманні; акти, записи у технологічних журналах при прийманні; протоколи досліджень.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає документальному (дата та засоби обробки винограду), та інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Прийнятний рівень: ручне збирання – 1-2 клітини в одному полі зору; автоматичне збирання – 10 клітин в одному полі зору. Задokumentована інформація: вхідний контроль при прийманні; акти, записи у технологічних журналах при прийманні; протоколи досліджень.

Вид небезпечного фактору – алергенний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає документальному (дата та засоби обробки винограду) та інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Прийнятний рівень: не розглядається тому, що прийнятний рівень залежить від індивідуальної чутливості до алергену. Задokumentована інформація: вхідний контроль при прийманні; акти, записи у технологічних журналах при прийманні; протоколи досліджень.

## 2. Виробництво коньячного виноматеріалу / виноматеріал.

Вид небезпечного фактору – фізичний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає візуальному контролю та фільтрації. Документована інформація: журнали контролю предметів із скла і крихкого пластику.

Вид небезпечного фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає документальному (дата та засоби обробки винограду) та інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Гранично-допустима, масова концентрація, мг/дм<sup>3</sup> важких металів, не більше ніж: свинцю – 0,3; кадмію – 0,03; ртуті – 0,005; міді – 5,0; цинку – 10,0; заліза – 15,0; миш'яку – 0,2. Задokumentована інформація: журнал контролю хімічних аналізів цеху виноматеріалів; технологічний журнал; журнал санітарного стану тари та обладнання; журнал невідповідностей, коригувальних, запобіжних дій та поліпшень.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає інструментальному контролю у виробничій лабораторії, як на кожному етапі бродіння, так і контролю ємностей і обладнання. Прийнятний рівень: не більше 1 клітини в одному полі зору. Задokumentована інформація: журнал мікробіологічного контролю; технологічний журнал; журнал



санітарного стану тари та обладнання.

Вид небезпечного фактору – алергенний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає перевірці (документальній, інструментальній) при надходженні винограду. Прийнятний рівень не розглядається бо залежить від індивідуальної чутливості до алергену. Задokumentована інформація: вхідний контроль при прийманні; акти, записи у технологічних журналах при прийманні; протоколи досліджень.

### 3. Виробництво коньячного спирту.

Вид небезпечного фактору – фізичний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає візуальному контролю та фільтрації. Задokumentована інформація: журнали контролю предметів із скла і крихкого пластику.

Вид небезпечного фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає документальному (дата та засоби обробки винограду) та інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Фізико-хімічні показники: об'ємна частка етилового спирту, % – 62-70; масова концентрація вищих спиртів у перерахунку на ізоаміловий спирт безводного спирту, мг/100 см<sup>3</sup> – 120-500; масова концентрація альдегідів у перерахунку на оцтовий альдегід безводного спирту, мг/100 см<sup>3</sup> – 3-40; масова концентрація середніх ефірів у перерахунку на оцтово-етиловий ефір безводного спирту, мг/100 см<sup>3</sup> – 20-200; масова концентрація легких кислот у перерахунку на оцтову кислоту безводного спирту, мг/100 см<sup>3</sup> – 10-50; масова концентрація фурфуролу безводного спирту, мг/100 см<sup>3</sup> – 0,3-0,5; масова концентрація метилового спирту безводного спирту, мг/100 см<sup>3</sup> – 10-100; масова концентрація міді мг/дм<sup>3</sup>, не більше – 5,0; масова концентрація заліза, мг/дм<sup>3</sup>, не більше 0,5; масова концентрація загальної сірчистої кислоти, мг/дм<sup>3</sup>, не більше 30; вміст токсичних елементів у спирту коньячному молодому не повинен перевищувати допустимих рівнів мг/кг: свинцю – 0,3; кадмію – 0,03; ртуті – 0,005; міді – 5,000; цинку – 10,0; миш'яку – 0,2; вміст радіонуклідів у спирті коньячному молодому не повинен перевищувати допустимих рівнів Бк/кг: <sup>137</sup>Cs – 50; <sup>90</sup>Sr – 30. Задokumentована інформація: журнал контролю хімічних аналізів цеху виноматеріалів; технологічний журнал; журнал санітарного стану тари та обладнання; журнал невідповідностей, коригувальних, запобіжних дій та поліпшень.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки спирт викликає денатурацію клітин мікроорганізмів (денатурація – втрата білком його природної структури і властивостей в результаті дії зовнішніх чинників).

Вид небезпечного фактору – алергенний. Рівень ризику несуттєвий, бо кількість невелика, підлягає постійному моніторингу.



Прийнятний рівень: масова концентрація фурфуролу безводного спирту, мг/100см<sup>3</sup> – 0,3–0,5. Задokumentована інформація: журнал мікробіологічного контролю; технологічний журнал.

4. Витримка коньячних спиртів / Спирт коньячний молодий імпортований (для виробництва ординарних коньяків).

Вид небезпечного фактору – фізичний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає візуальному контролю та фільтрації. Задokumentована інформація: журнали контролю предметів із скла і крихкого пластику; вхідний контроль при прийманні; акти, записи у технологічних журналах при прийманні; протоколи досліджень.

Вид небезпечного фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає документальному (дата та засоби обробки винограду) та інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Контроль фізико-хімічних показників відповідно до п. 3. Задokumentована інформація: поточний контроль сировини у виробничій лабораторії; наявність у постачальників періодичної перевірки лабораторії на вміст сполук важких металів, пестицидів, гербіцидів, радіонуклідів.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки спирт викликає денатурацію клітин мікроорганізмів (денатурація – втрата білком його природної структури і властивостей в результаті дії зовнішніх чинників). Без мікроорганізмів.

Вид небезпечного фактору – алергенний. Рівень ризику несуттєвий, бо кількість невелика, підлягає постійному моніторингу. Прийнятний рівень: масова концентрація фурфуролу безводного спирту, мг/100см<sup>3</sup> – 0,3-0,5.

5. Приготування ординарного / марочного коньяку України

5.1. Приготування цукрового колеру / Цукор.

Вид небезпечного фактору – фізичний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає візуальному контролю та просіюванню. На етапі просіювання йде видалення сторонніх домішок.

Вид небезпечного фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий тому, що підлягає документальному (дата та засоби обробки винограду) та візуальному контролю під час приймання та виготовлення. Прийнятний рівень токсичних елементів, мг/кг, не більше: свинцю – 0,5; кадмію – 0,05; ртуті – 0,01; миш'яку – 1,0. Радіонукліди, Бк/кг, не більше: <sup>137</sup>Cs – 50; <sup>90</sup>Sr – 30.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає інструментальному контролю у виробничій лабораторії, та майстром під час приготування. Приймання сировини тільки за якісними посвідченнями та висновках санітарно-епідеміологічної експертизи.

5.2. Приготування води пом'якшеної. Вид небезпечного





фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Токсичні елементи, допустимий рівень, не більше: свинець – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>; кадмій – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>; кремній – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>; молібден – 0,07 мг/дм<sup>3</sup>; нітрати – 50 мг/дм<sup>3</sup>; нітрити – 0,5 мг/дм<sup>3</sup>; миш'як – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>; ртуть – 0,0005 мг/дм<sup>3</sup>; алюміній – 0,2 мг/дм<sup>3</sup>.

Сумарна активність природної суміші ізотопів U, Бк/м<sup>3</sup> – 1,0. Питома активність <sup>226</sup>Ra, Бк/м<sup>3</sup> – 1,0; питома активність <sup>228</sup>Ra, Бк/м<sup>3</sup> – 1,0; питома активність <sup>222</sup>Rn, Бк/м<sup>3</sup> – 100; питома активність <sup>137</sup>Cs, Бк/м<sup>3</sup> – 2,0; питома активність <sup>90</sup>Sr, Бк/м<sup>3</sup> – 2,0. Застосування питної води тільки за наявності позитивних результатів аналізу води на вміст токсинів щомісячно, 1 раз на півроку – у вищій організації.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає постійному дослідженню в санітарно епідемічній станції. Прийнятний рівень: загальне мікробне число при t 37°C – 24 год – не більше 100 КУО/см<sup>3</sup>; загальні коліформи – відсутність; E.coli – відсутність; ентерококи – відсутність; патогенні ентеробактерії – відсутність; коліфаги – відсутність. Застосування питної води тільки за наявності позитивних результатів аналізу води на мікробіологічне забруднення 1 раз на декаду.

6. Розлив коньяку України ординарного/марочного/Ополіскування тари. Вид небезпечного фактору – фізичний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає візуальному контролю. Недопустима наявність. Задokumentована інформація: вхідний контроль при прийманні; акти, записи у технологічних журналах при прийманні; журнал невідповідностей, коригувальних, запобіжних дій та поліпшень.

Вид небезпечного фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки піддається інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Токсичні елементи, допустимий рівень відповідно до п. 5.2.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає постійному дослідженню в санітарно епідемічній станції. Загальне мікробне число при t 37°C – 24 год – не більше 100 КУО/см<sup>3</sup>; загальні коліформи – відсутність; E.coli – відсутність; ентерококи – відсутність; патогенні ентеробактерії – відсутність; коліфаги – відсутність. Задokumentована інформація: журнал санітарного стану тари та обладнання дільниці розливу; журнал невідповідностей, коригувальних, запобіжних дій та поліпшень.

7. Бракераж пляшок. Вид небезпечного фактору – фізичний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки підлягає візуальному контролю. Щоденний бракераж готової продукції у цеху розливу.

Вид небезпечного фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий,



оскільки підлягає документальному (дата та засоби обробки винограду) та інструментальному контролю у виробничій лабораторії. Прийнятний рівень фізико-хімічних показників відповідно до п. 3.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки спирт викликає денатурацію клітин мікроорганізмів. Прийнятний рівень – без мікроорганізмів.

Задokumentована інформація: журнал санітарного стану тари та обладнання дільниці розливу, журнал невідповідностей, коригувальних, запобіжних дій та поліпшень.

#### 8. Етикетування пляшок.

Вид небезпечного фактору – фізичний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки відсутній прямий контакт із продукцією, тобто продукція вже закоркована перед цією технологічною операцією. Вид небезпечного фактору – хімічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки відсутній прямий контакт із продукцією, тобто продукція вже закоркована перед цією технологічною операцією. Допустимі рівні міграції хімічних речовин із матеріалу етикетки в модельне середовище мг/дм<sup>3</sup>, не більше: свинець – 0,03; кадмій – 0,001; мідь – 1,0; цинк – 1,0; хром – 0,1; алюміній – 0,5; барій – 0,1; бор – 4,0; марганець – 0,1; титан – 0,1; диметилтерефталат – 1,5; гептан – 0,1; хлорвініл – 0,01; ізопропанол – 0,1. Допустимі рівні міграції хімічних речовин із матеріалу етикетки в повітряне середовище мг/м<sup>3</sup>, не більше: диоктилфталат – 0,05; хлорвініл – 0,015; запах зразка – не більше 1 балу, запах витяжки – не більше 1 балу; присмак витяжки – відсутній; колір витяжки – безбарвний; мутність витяжки – прозора; наявність осаду у витяжці – відсутній. Приймання етикеток тільки з посвідченням якості і висновком санітарно-епідеміологічної експертизи.

Вид небезпечного фактору – мікробіологічний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки відсутній прямий контакт із продукцією, тобто продукція закоркована.

Вид небезпечного фактору – алергенний. Рівень ризику несуттєвий, оскільки дані алергени використовуються лише при виробництві етикеток і з продукцією не контактують.

Допустимі рівні міграції хімічних речовин із матеріалу етикетки в модельне середовище мг/дм<sup>3</sup>, не більше: кобальт – 0,1; формальдегід – 0,1; акрилонітріл – 0,02; допустимі рівні міграції хімічних речовин із матеріалу етикетки в повітряне середовище мг/м<sup>3</sup>, формальдегід – 0,003.

#### 9. Пакування пляшок / Короба.

Фізичні, хімічні, мікробіологічні та алергенні види небезпечних факторів відсутні. Виникнення дефектів можливе внаслідок не дотримання умов зберігання, навантаження – розвантаження, транспортування. Задokumentована інформація: журнал



невідповідностей, коригувальних, запобіжних дій та поліпшень, візуальний контроль коробів.

Таким чином, система НАССР забезпечує задокументовану структуру, яка дозволяє виноробам визначити пріоритети багатьох рішень, необхідних для виробництва якісних коньяків, коньячних напоїв та брендів. Це дозволяє виробникам проводити етапи технологічного процесу з урахуванням критичних точок і небезпечних параметрів (чинників), що піддаються вимірюванню, документуванню, аналізуванню та, за потреби, проведенню коригувальних дій. Такий підхід робить виробництво алкогольних напоїв більш ефективним, безпечним та якісним.

Хоча незалежний процес сертифікації НАССР є затратним, але виноробним підприємствам треба усвідомити, що якщо щось піде не так, вони зіткнуться з більшими покараннями, не маючи цих гарантій.

Виноробні підприємства повинні розглядати плани забезпечення якості та контролю якості як страхові поліси, які можуть допомогти їм працювати більш гладко та ефективно в майбутньому. Оскільки в усьому світі з'являється все більше нових виноробних господарств, новим виноробам було б доцільно розглянути питання про активну політику, спрямовану на запобігання проблем під час збирання винограду, його переробки та розливу готової продукції у пляшки.

Також слід відзначити, що необхідно співпрацювати зі Всесвітньою організацією з безпеки харчових продуктів WFSO (World Food Safety Organisation). WFSO підтримує ініціативи ЄС, ISO та відповідних схем акредитації для впровадження систем управління безпечністю харчових продуктів НАССР.

*Висновки.* У роботі проаналізовано схему виробництва коньяків та напоїв коньячного типу. За допомогою системи управління якістю НАССР було проаналізовано й ідентифіковано потенційні небезпечні чинники процесу виробництва коньяку та напоїв коньячного типу, які очікуються, оцінюються, контролюються і запобігаються, впливають на якість та безпеку напоїв з рослинної сировини, під час виробництва коньячного виноматеріалу, коньячного спирту, витримки коньячних спиртів, приготування ординарного/марочного коньяку, розлив ординарного/марочного коньяку, бракераж пляшок, етикетування та пакування пляшок. Запропоновані заходи підвищать конкурентоспроможність, сприятимуть підвищенню довіри споживачів до алкогольної продукції та забезпечать здоров'я після її споживання.

Контроль і безпека продуктів харчування та напоїв можуть бути гарантовані в рамках суворого дотримання систем якості та безпеки (серія ISO 9000, НАССР та TQM).



## Список використаних джерел

1. Стандарти НАССР. URL: <https://mon.gov.ua/ua/osvita/zagalna-serednya-osvita/shkilne-harchuvannya/standarti-nassr> (дата звернення: 13.11.2021).
2. ДСТУ ISO 22000:2019. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі (ISO 22000:2018, IDT) [Чинний від 2019-12-01]. Київ : ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»), 2019. 45 с.
3. Саблук П. Т. Аграрний сектор в умовах членства України у Світовій організації торгівлі: здобутки і перспективи. *Економіка АПК*. 2011. № 3. С. 3–8.
4. Мамцев А. Н., Кузнецова Е. В. Управление безопасностью пищевых продуктов на основе принципов ХАССП. *Достижения науки и техники АПК*. 2007. № 12. С. 30–31.
5. Ахметова Ж. Т. Внедрение системы ХАССП в производство. *Ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств* : Матеріали I міжнар. наук.-практ. конф., 22 травня 2012 р. Львів, 2012. С. 19–21.
6. Власенко В. В., Власенко І. Г., Савко Ю. О. Оцінка якості та безпеки харчових продуктів на основі принципів ХАССП. *Проблеми зооінженерної та ветеринарної медицини*: зб. наук. праць. Харків, 2010. Вип. 21, Ч. 1. С. 72–76.
7. Власенко І. Г. Сучасний стан нормативно-правової бази в Україні та ЄС: якість та безпека молока. Збірник статей «Євроатлантична інтеграція України: можливості та перспективи». ВТЕІ КНТЕУ. Вінниця, 2008. С. 12–15.
8. Замятина О. В. Принципы ХАССП. Безопасность продуктов питания и медицинского оборудования. пер. с англ. О.В. Замятиной. Москва: РИА «Стандарты и качество», 2006. 232 с.
9. Плахотін В. Я. Проблеми розробки і впровадження системи НАССР та шляхи їх вирішення. *Наукові праці*. Одеса, 2009. Вип. 36 (2). С. 220-225.
10. Application of hazard analysis critical control point in liquor production. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/559/1/012017/pdf> (дата звернення: 15.12.2021).
11. Generic HACCP Application: Production of Grape Wine. URL: <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/869-Generic-HACCP-application-Production-of-grape-wine> (дата звернення: 15.12.2021).
12. Implementation of Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) system to the alcoholic beverages industry L. K. Kourtis and I. S. Arvanitoyannis *Food Reviews International*, 17(1), 1–44 (2001)
13. Aline Marques Bortoletto, Giovanni Casagrande Silvello, André



Ricardo Alcarde Good Manufacturing Practices, Hazard Analysis and Critical Control Point Food Science and Technology Review Scientia Agricola v.75, n.5, p.432-443, September/October 2018.

14. Specifications for the registered designation of origin «Cognac» or «Eau-de-vie de Cognac» or «Eau-de-vie des Charentes». Published in ВО АGRІ on 15.01.2015. I.N.A.O., 2015. 20 p.

15. Правила виробництва коньяків України / М-во аграр. політики та продовольства України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0875-18> (дата звернення: 23.01.2022).

16. Regulation (EC) № 110/2008 of the European parliament and of the council of 15 January 2008 on the definition, description, presentation, labelling and the protection of geographical indications of spirit drinks and repealing Council Regulation (EEC) № 1576/89//Official J. of the European Union 13.2.2008. P. 39.

17. Awad P. et al. Evolution of Volatile Compounds during the Distillation of Cognac Spirit // Journal of agricultural and food chemistry. 2017. V. 65. № 35. P.7736–7748.

18. Szymezicha-Madeja A. Advances in assessing the elemental composition of distilled spirits using atomic spectrometry // Trends in Analytical Chemistry. 2015. V. 64. P. 127–135.

19. Xia Y.-N., Ma Y., Sun J., Shu Y. et al. Analysis of Volatile Flavor Compounds of Jujube Brandy by GC-MS and GC-O Combined with SPME // Advance Journal of Food Science and Technology. 2015. V. 9(6). P. 398–405.

20. Скурихин С. М. Химия коньяка и бренди. Москва: ДеЛи Принт, 2005. 296 с.

Стаття надійшла до редакції 11.03.2022 р.

**A. Sova<sup>1</sup>, T. Kuzmina<sup>2</sup>, O. Mamai<sup>2</sup>, N. Valko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>University in Maribor, Slovenia

<sup>2</sup>Kherson National Technical University, Ukraine

## **DEVELOPMENT OF THE HACCP SYSTEM ELEMENTS IN THE PRODUCTION OF COGNAC**

### *Summary*

The article finds that the HACCP system provides a documented structure that allows winemakers to prioritize many of the solutions needed to produce quality cognacs, cognac drinks and brandy. This allows manufacturers to carry out stages of the technological process taking into account critical points and hazardous parameters (factors) that can be measured, documented, analyzed and, if necessary, take corrective action. This approach makes the production of alcoholic drinks more efficient, safe and high quality.

In the article, in accordance with the principles and requirements of the HACCP



management system, the dangerous risks that may arise in the production of Ukrainian cognacs (ordinary, vintage), grape brandy (ordinary, vintage, aged) are analyzed.

According to the results of the hazardous factors analysis that may occur during the production of cognac and brandy, the presence of the following types: physical, chemical, microbiological and allergenic at each stage of production of cognacs and cognac drinks. With the help of the HACCP quality management system, potential hazards in the production process of cognac and cognac-type drinks were identified. It is expected, that HACCP quality management system helps to assess and control the quality and safety of drinks from natural materials.

As more and more new wineries appear around the world, it would be wise for new winemakers to consider active policies to prevent problems with grape harvesting, processing and bottling.

It should also be noted that winemakers need to cooperate with the World Food Safety Organization (WFSO). WFSO supports EU, ISO and related accreditation initiatives to implement HACCP food safety management systems.

The proposals will increase competitiveness, consumer confidence in alcohol and ensure health after consumption.

**Key words:** cognac production, HACCP, quality, physical hazards, chemical hazards, microbiological hazards, allergenic hazards.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-24

UDC 615.041

L. Kryzhak<sup>1</sup>, c.t.s.

ORCID: 0000-0002-4882-897X

L. Petliuk<sup>2</sup><sup>1</sup> Vinnytsia Trade and Economic Institute KNTEU<sup>2</sup> Tulchyn Vocational College of Veterinary Medicine of BNAU

e-mail: liliakrizhak44@gmail.com

## NEW PROBIOTIC CULTURE STRAINS IN THE PRODUCTION OF FERMENTED DAIRY PRODUCTS

*Summary.* In recent years, there has been a growing interest in products that benefit the body. Probiotics, containing live strains of the natural human microbiota, are one of the most important categories of functional foods today. First generation probiotics such as Bifidobacterium, Lactobacillus and Propionibacterium have been used for a long time. In addition, these bacteria are used in the production of various healthful dairy products. The functional foods industry is expanding as more and more people become ill and their immune systems decline. Due to the decrease in beneficial microflora, the number of pathogenic and moderately pathogenic microorganisms and their metabolites increases in the human body. As a result, the intestinal flora is altered, leading to allergies, cancer and anaemia. Special attention should therefore be paid to the microbial balance of the gastrointestinal tract, which is essential for human survival, by eating organic foods rich in probiotic microflora. Organic functional foods with probiotic microflora are a sensible way to maintain and improve human health. The resistance of strains of lactic acid bacteria was assessed 'In vitro' under conditions approximating the functioning of the human digestive system. We identified strains that can be used as probiotics in the production of healthy foods.

*Keywords:* strains, probiotics, bacteria, probiotic culture, dairy products, enzymes, microorganisms.

*Formulation of the problem.* In recent years, the market for fermented foods has grown dramatically and lactic acid bacteria have become an integral part of their production technology. This affects the properties and quality of the final product. In recent years, there has been a growing interest in functional foods that affect the whole body or specific organs or systems. Probiotic products are distinguished from other functional food ingredients by the addition of live microorganisms (which act as antagonists against pathogenic or undesirable human gut microflora) that help manage gut



microflora. Probiotics come in different forms. These are beneficial microorganisms (non-pathogenic and non-toxic) that can have beneficial effects on the human body when regularly introduced into the diet in the form of preparations or food components. There are many different strains of lactic acid bacteria: *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus Firmamentum*, *Lactobacillus rhamnosus*. You can buy mono-probiotics - probiotics consisting of only one species of bacteria, or related probiotics consisting only of different species of bacteria (from 2 to 30 species). Probiotic bacteria synthesize amino acids and enzymes, help in overall metabolic functions, compensate for the lack of animal protein and promote digestion and absorption of food. Probiotics can contribute to the physiological activities and biochemical reactions of organisms in two ways: directly by changing the metabolic activity of cells in the organs and tissues they affect, and indirectly by modulating the biofilm function of microorganisms in the mucous membrane. A number of probiotics can benefit the human body by modifying the immune system, macrophage activity and restoring the microenvironment. In addition, they can promote colony-forming resistance by increasing colony-forming resistance and preventing the transmission of potentially harmful micro-organisms through the mucous membrane. Probiotics and functional foods containing live microorganisms benefit humans by normalising gut microbiota, modulating biochemical reactions and physiological cell activity, and regulating homeostatic processes of the immune, endocrine and nervous systems. This is why they are essential [11].

Today, a variety of probiotic dairy products are produced and used all the time. Probiotics benefit the body by promoting the growth and metabolism of beneficial bacteria in the stomach. Products that already contain probiotic bacteria can be supplemented with probiotics (e.g. yoghurt or baby food supplements). Probiotics promote the growth and movement of beneficial bacteria in the stomach, making the food more valuable to the body. Some of the ingredients include disaccharides and trisaccharides, oligosaccharides, polyols, amino acids, enzymes, low molecular weight fatty acids, antioxidants, beneficial plant extracts and microorganisms. Probiotics are not broken down by digestive juices or enzymes in the upper digestive tract, so they can enter the environment unhindered by bifidobacteria and lactic acid bacteria. Probiotics produce lactic acid that interacts with minerals, promoting their absorption in the stomach. Lactic acid also makes calcium and magnesium lactates more soluble and easier to digest. They also help regulate cholesterol and blood sugar levels, and bind and remove potentially harmful chemicals from the diet.

The human gut microbiota is a fragile component of the body's microbial ecosystem, and maintaining a healthy digestive tract is important for overall health. One of the most important challenges in this field is the





development of new and effective probiotic products and probiotic formulations. Probiotic products are produced by biotechnological processes that start with the cultivation of bacteria belonging to different taxonomic groups. The microflora present in the raw material affects the direction of the biochemical reactions that occur in it. This has a significant impact on the quality and safety of the products used in production. In this case, it is all the more important to select strains that meet certain parameters, evaluate the duration of the manifestation of their properties and improve the biotechnology of biomass probiotic cultures used in food production [8].

Stable fermenting microorganisms are increasingly being used in the food business, including specialised fermented products made from a wide range of raw materials. More and more companies are using starters to produce high quality dairy products, and they can be used in a variety of ways. In the production of healthy fermented dairy products, it can be difficult to find a starter culture that is compatible with the materials and techniques used in the dairy sector. There are several problems with obtaining probiotic cultures for direct application. Synbiotic and probiotic technologies have facilitated the development of direct application starters, allowing them to be applied to more complex raw materials and to modify the inherent activity of the microorganisms and the products they produce. In addition, existing methods of producing probiotic cultures do not take into account all the physiological characteristics of the human digestive system. As a result, the microbial cells die and the ability of the bacteria to take root in the human intestine is reduced. A favourable combination of factors must be present in starter cultures and products derived from them for probiotics to work well in the human body [1].

Microorganisms can be cultured in different ways to biotechnologically produce strains with different characteristics. This makes it possible to develop one-of-a-kind products that take advantage of the properties of microorganisms.

A more efficient way of selecting strains is to look for strains that can retain their biochemical activity for a long time. If the culture does not contain enough biochemically active cells, it will not be as useful and healthy as it could be. On the other hand, those who create fermented products with lactobacilli rely heavily on the efficiency of the strain and the number of bacteria present in the final product [7].

There are several bioactive compounds produced by microbial probiotics. These, together with vitamins and enzymes, contribute to overall human health by aiding digestion and metabolism and providing essential nutrients to the body.

When selecting a functionally viable strain, it is important to consider the amount of energy required for acid production, the amount of salt in the diet, the availability of bile and the rate of change in the pH of the diet.



Despite this progress, the search for indigenous lactic acid bacteria with a competitive advantage for use in food continues and objective criteria for probiotic characterisation are being developed. Objective criteria for the evaluation of probiotic properties are also being established, providing a technical route for the development of functional foods for health maintenance [3].

Probiotic bacteria must comply with a number of rules in medicine. According to experts, microorganisms must generally be non-pathogenic and non-toxic, be able to pass through the gastrointestinal tract, adhere to and colonise intestinal epithelial cells, and have metabolic and therapeutic activity in the gut ecosystem. This refers to the emergence of "acidophilic" and "bile acidophilic" bacteria [1].

A number of regulations governing probiotic products and how food companies produce them are reflected in legislation. In the food business, bacteria are classified according to morphological, physiological, biochemical and technical criteria. Gram staining, temperature and pH optimisation for growth, growth in hydrolysed milk containing nitrogen and bile, acid-producing activity, carbon dioxide and ammonia synthesis from arginine, lactic acid fixation, carbohydrate fermentation, alcoholic fermentation, etc. are investigated.

Serological and phage typing procedures are used to confirm the presence of bacteria. Lactic acid bacterial cultures are identified by molecular genetic profiling.

In this context, it is worth noting that microbiological identification criteria in the food industry are outdated. Anyone can become a consumer of probiotics only if they know that the products they buy contain beneficial microorganisms.

To be considered useful, a product must contain at least  $10^6$  CFU/cm<sup>3</sup> of live cells. In some Western European countries, probiotics must contain a minimum of  $10^7$  CFU/cm<sup>3</sup> to be considered safe.

A number of studies have shown that most probiotic cells are destroyed during storage or lose their effectiveness once they enter the gastrointestinal tract. Consumption of fermented dairy products lowers pH levels in the body and increases gastric acidity [5].

Intestinal fermentation produces indole, scatole and phenol, all of which act as inhibitors of the growth and development of beneficial microorganisms. Only phenol-resistant lactic acid bacteria can develop in the intestine. The small intestine contains a large number of bacteria, which can be destroyed by bile. Lipids and fatty acids belonging to cell membranes are very sensitive to bile ions. This leads to the destruction of some bacteria. Therefore, the ability of probiotic bacteria to cope with bile acids affects their efficacy (up to 40% in the presence of bile salts) [6].

Those interested in selecting productive strains should look for strains



resistant to bile acids, phenols and low pH.

The aim of the study was to discover and isolate new strains of probiotic lactic acid bacteria cultures, such as *Lactobacillus*. We then assessed whether they could withstand conditions similar to those in the human digestive system, in order to determine their efficacy in such scenarios.

*Analysis of recent studies.* Studies of strains are reflected in the works mainly of many foreign scientists: M. Lema, L. Williams, D.R. Rao, Holzapfel W., Charteris W.

The authors of the cited publications studied the following: strains of *Lactobacillus c. lmb. casei*; *lmb. plantarum*; *Lbm acidophilum*; and *Lactobacillus fermentum* regulate the growth of intestinal microflora, are not destroyed under the influence of gastric juice and, administered orally, enter the intestine intact.

*Formation of the goals of the article (problem statement).* The purpose of the article is to discover and isolate new strains of probiotic cultures of lactic acid bacteria, such as *Lactobacillus*. We then assessed whether they can withstand conditions similar to those found in the human digestive system in order to determine their effectiveness in such scenarios.

*Main part.* The subject of the study is *Lactobacillus c. Lmb. Casei*; *Lmb. Plantarum*; *Lbm acidophilum*; *Lmb fermentum*; they were isolated directly from fermented milk and contain natural bacteria. Control strains were obtained from the probiotic complex of bifido-, lactobacilli and *Saccharomyces Probiz*. Identification of microbial species based on morphological, cultural, physical and biochemical characteristics. Basic criteria: Gram staining, optimum and critical growth temperature, normal pH, high temperature in the presence of sodium chloride, egg yolk and carbon dioxide, degradation of carbohydrates and alcohols [2].

After incubation in sterile skim milk, acidity was used to determine strain activity and titratable acidity. Acidity was measured according to GOST 3624-92. Potentiometers according to DSTU 8550: 2015 were used to assess active acidity (pH). The coagulation ability of the milk was evaluated by the time of clotting initiation.

Bile resistance was tested after 24 hours of incubation in liquid medium containing 0.5 %, 20 % or 40 % bile; the number of solid bacteria present per milliliter of solution was determined using *Cole medicata* (medicated bile).

Salinity tolerance was assessed using liquid media containing 2% to 6% inorganic substances; the ability of bacteria to grow in the presence of NaCl was measured using liquid nutrient solutions containing 2% to 6% NaCl. Salt tolerance was evaluated by biomass growth (change in optical density) and D value after 24 hours of incubation at maximum temperature [3].

The resistance of lactic acid bacteria to phenol was evaluated by multiplying the biomass growth (change in optical density) by the D value



after 24 hours incubation at the optimum temperature using a liquid nutrient solution containing 0.4% phenol.

This research led to the discovery of a number of lactic acid bacteria belonging to different groups. From these, naturally occurring lactic acid bacteria (strains) (D) and commercially available lactic acid bacteria (Pr) with similar properties were selected for further investigation: *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus Lactobacillus fermentum*.

The results show that the characteristics of the strains tested for biomass collection vary according to the type and species of lactic acid bacteria. Remarkably, all strains gained biomass rapidly in the first 10-12 hours.

All cultures studied fermented well with milk (table 1), with *Lmb. casei*, *Lmb. plantarum*, *Lbm. acidophilum* (Pr) forming solid masses of equal concentration. They were subjected to fermentation to impart flavour. In addition to whey, *Lmb. fermentum* and *Lmb. brevis* (D) strains were detected in the masses [4].

Table 1

Ability of lactic acid bacteria to produce lactic acid

Strain	Fermentation activity hour	Acidity			Number of viable cells CFU/cm <sup>3</sup>
		Active pH	Titrateable	Limiting	
<i>Lmb. casei</i> 1 (Пр)	6	4,64	106	154	2,2·10 <sup>10</sup>
<i>Lmb. casei</i> 2 (Пр)	6	4,63	108	158	1,8·10 <sup>10</sup>
<i>Lmb. casei</i> 3 (Д)	7	4,70	108	154	1,0·10 <sup>10</sup>
<i>Lmb. casei</i> 4 (Д)	6	4,68	110	158	5,3·10 <sup>9</sup>
<i>Lmb. casei</i> 5 (Д)	4	4,59	120	170	3,0·10 <sup>10</sup>
<i>Lmb. casei</i> 6 (Д)	6	4,71	110	156	1,8·10 <sup>10</sup>
<i>Lmb. fermentum</i> 1 (Пр)	7	4,70	104	142	5,4·10 <sup>9</sup>
<i>Lmb. fermentum</i> 2 (Пр)	8	4,76	106	148	9,5·10 <sup>9</sup>
<i>Lmb. fermentum</i> 3 (Д)	6	4,75	100	138	3,6·10 <sup>9</sup>
<i>Lmb. fermentum</i> 4 (Д)	7	4,77	112	154	2,4·10 <sup>10</sup>
<i>Lmb. plantarum</i> 1 (Пр)	6	4,71	104	176	7,7·10 <sup>9</sup>
<i>Lmb. plantarum</i> 2 (Д)	6	4,70	102	178	1,5·10 <sup>9</sup>
<i>Lbm. acidophilum</i> (Пр)	4	4,62	119	210	2,1·10 <sup>9</sup>

It is worth noting that these 'wild' lactic acid bacteria share many technical characteristics with strains used in cheese production. Some strains

produce more acid than those used in cheese-making: the most promising are *Lmb. casei* 5 (E), *Lmb. fermentum* 4 (E), *Lmb. plantarum* 2 (E).

Other strains are suitable for producing a range of cultured milk products because they produce sour milk at 100-120°C after 24 hours, besides being necessary for a variety of cultured milk products.

On dairy products, each strain examined formed a different peptide ring of casein in Eikman's agar medium, indicating their ability to produce enzymes that hydrolyse milk proteins. This indicates that these strains are suitable for use in the food industry. They have also been found to produce extracellular and cell-associated proteases, which are essential for proper protein metabolism in organisms [10].

In this study, data were collected on the survival of lactic acid bacteria under pH stress (fig. 1), combined with 20 % and 40 % bile, and the highest concentration of bacteria was found in the intestine [9].

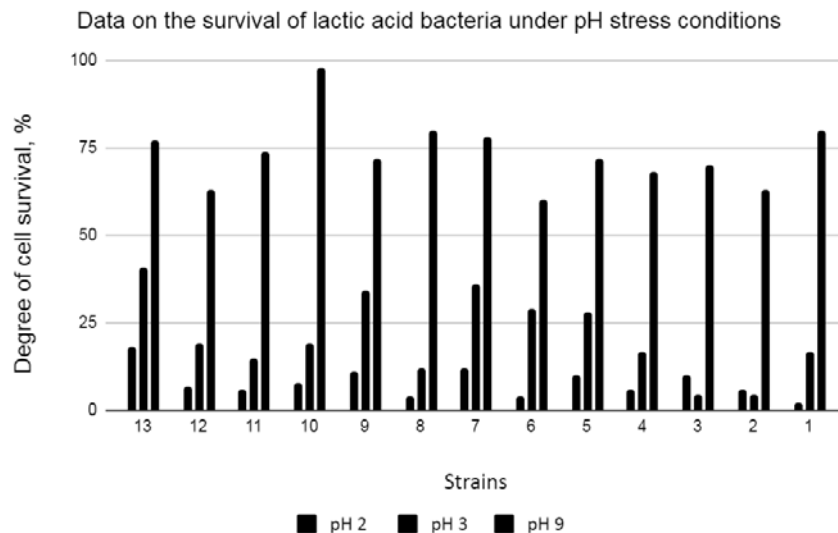


Figure 1. Change in lactic acid bacteria survival at different pH levels

At pH 2.0, *lb. Cheese*, *Lmb. Plants* and *Lmb. Fermentation* bacteria were marginally viable, with survival rates of 0.5-10%, 4-12% and 4-12% respectively, while *Lbm. Acidophilus*, *Lbm. acidophilus* were the most acid tolerant, with survival rates of 18% and 15% respectively.

Increasing the pH to 9.2 had no noticeable effect on the reactivity of the lactic acids analysed. Between 62% and 96% of the colonies exhibited an adsorptive reaction. *Lmb. fermentum* 4 (D) showed maximum compatibility with ester medium (96%).

The results showed that different species and strains of lactic acid bacteria responded quite differently to changes in pH, with *Lmb. fermentum* 3 (D) being the two most resistant to low pH. However, *L.M.B. fermentum* 4 (D) showed a significant alkaline medium reaction, which is very important for probiotic applications.



*Conclusions.* Thus, the experimental results showed that *Lmb.casei* 5, *Lmb.plantarum* 2 and *Lmb.fertum* 4 are more resistant to salt and bile than strains producing lactic acid bacteria. *Lactobacillus* strains can be used to predict how long they can retain their enzymatic activity when passing through the digestive system and settling in the intestine, as well as during storage in the refrigerator or on the counter. Therefore, by studying new strains of probiotic cultures used in the production of fermented dairy products and their ability to mimic different gastrointestinal conditions, suitable strains can be identified for use as probiotics in the production of functional foods. Probiotics can be useful not only for the prevention of infection, but also in the early stages of disease and during convalescence. Because the products are made from specific microorganisms and strains, they are of high quality. Adequate consumption of probiotic milk products can boost the immune system, improve intestinal microflora, act as a dietary supplement, have antibacterial effects in intestinal infections and lower cholesterol levels. The bacteria contained in probiotics determine the functional properties of the finished product. To be safe and effective, a probiotic product should contain a sufficient number of live active probiotic bacteria.

#### References

1. Kryzhak L., Petliuk L. The use of bifidobacteria in the production of smoked sausages. *InterConf.* 2022. P. 458–460
2. Kryzhak L. Watering composition in the creation of food products for health purposes. *Collection of scientific works SCIENTIA.* 2021.
3. Cagno R. The Cachiota cheese system model was used to determine the proteolytic and lipolytic activities of mesophilic monocultures of *Lactobacillus* in complementary cultures. *Int. Dairy J.* 2018. V.16. P. 119–130.
4. Holzapfel W.H. Introduction to pre-probiotics and probiotics. *International.* 2017. V.35. P. 125–129.
5. Park H.S. Selection and characterisation of microorganisms for probiotics. *Food-Nutr.* 2018. V. 27. P. 433–440.
6. Succi M. Resistance of *Lactobacillus rhamnosus* isolates to bile salts and acids. *FEMS.* 2017. V. 244. P.129–135.
7. Shah N. P. Selective enumeration and survival of probiotic microorganisms in dairy products. *Sci.* 2018 V. 83 P. 894–907.
8. Charteris W.P. The gradient diffusion method was used to determine the antibiotic susceptibility of probiotic lactic acid bacteria. *J. Food-Prot.* 2020. V. 64.
9. Lema M., Williams L., Rao D. R. Reduction of fecal shedding of enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157: H7 in lambs by feeding microbial feed supplement. *Small ruminant research.* 2001. T. 39. №. 1. C. 31–39.



10. Gaggia, F., Di Gioia, D., Baffoni, L., & Biavati, B.. The role of protective and probiotic cultures in food and feed and their impact in food safety. *Trends in food science & technology*. 2011. Т. 22. Pp. 58–66.

11. Kryzhak L. Improving the technology of functional yogurt with the use of *Echinacea purpurea*. Author. dis. ... cand. tech. science: special. 05.18.04. Odesa: ONAHT, 2016. 19 P.

Стаття надійшла до редакції 23.04.2022 р

**Л. Крижак<sup>1</sup>, Л. Петлюк<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Вінницький торговельно-економічний інститут КНТЕУ

<sup>2</sup>Тульчинський фаховий коледж ветеринарної медицини БНАУ

## **НОВІ ШТАМИ ПРОБІОТИЧНОЇ КУЛЬТУРИ У ВИРОБНИЦТВІ МОЛОЧНИХ ФЕРМЕНТОВАНИХ ПРОДУКТАХ**

### *Анотація*

В останні роки зростає інтерес до продуктів, що приносять користь організму. Пробиотики, що містять живі штами природної мікробіоти людини є однією з найважливіших категорій функціональних продуктів харчування на сьогоднішній день. Пробиотики першого покоління, такі як «*Bifidobacterium*», «*Lactobacillus*» та «*Propionibacterium*», використовуються вже давно. Крім того, ці бактерії використовуються у виробництві різноманітних корисних молочних продуктів.

Індустрія функціональних продуктів харчування розширюється, оскільки дедалі більше людей хворіють, їх імунна система знижується. У зв'язку зі зменшенням корисної мікрофлори в організмі людини збільшується кількість патогенних та помірно патогенних мікроорганізмів та їх метаболітів. В результаті кишкова флора змінюється, що призводить до алергії, раку та анемії. Тому особливу увагу слід приділяти мікробному балансу шлунково-кишкового тракту, який необхідний людині для виживання, вживаючи органічні продукти, багаті на пробіотичну мікрофлору. Органічні функціональні продукти харчування з пробіотичною мікрофлорою – це розумний спосіб підтримки та покращення здоров'я людей. Стійкість штамів молочнокислих бактерій оцінювалася *In vitro* в умовах, наближених до функціонування травної системи людей. Виявили штами, які можна використовувати як пробиотики при виробництві продуктів здорового харчування.

**Ключові слова:** штами, пробиотики, бактерії, пробіотична культура, молочні продукти, ферменти, мікроорганізми.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-25

УДК 537.528

В. Б. Гулевський, к.т.н.

ORCID: 0000-0003-1434-9724

Ю. О. Постол, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-0749-3771

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: vadym.hulevskyi@tsatu.edu.ua

## УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КАВІТАЦІЙНОГО ТЕПЛОГЕНЕРАТОРУ

*Анотація.* Основними проблемами в теплоенергетичній галузі протягом багатьох років залишається низька енергоефективність, надійність і неекономічність пристроїв отримання теплової енергії. Широке застосування електроенергії для електрифікації теплових процесів не завжди визначається грамотним рішенням застосування електричного нагріву, що не дозволяє отримати максимальний економічний ефект [1, 2]. Вирішення цього питання протягом тривалого часу знаходиться в центрі уваги фахівців теплоенергетичного профілю. Однак їх підходи до підвищення енергоефективності інженерних систем істотно відрізняються.

Науково-технічний прогрес визначається розвитком високих технологій, які забезпечують, з одного боку, отримання нових матеріалів і виробів, а з іншого – зниження енерго- та ресурсовитрат, підвищення екологічних показників виробництва. Одним з приладів, робота якого заснована на новому принципі отримання теплової енергії, є кавітаційний теплогенератор. Кавітаційний теплогенератор – спеціальний пристрій, у якому застосовується ефект нагрівання рідини кавітаційним способом. Тобто це ефект, при якому утворюються мікроскопічні бульбашки пари в областях локального зменшення тиску у воді [3]. Останнім часом виробництво таких агрегатів освоюють багато виробників і вони все більше з'являються на вітчизняному ринку. Для того, щоб здійснити технологічний прорив у цій сфері – необхідно різко знизити втрати електроенергії у відомих кавітаційних теплогенераторах. На відміну від традиційних технологій отримання кавітаційних бульбашок, заснованих на безперервному споживанні електроенергії, електроімпульсна технологія дозволяє підвищити параметри електричних впливів (напруженість поля, щільність струму, миттєву потужність) і, як наслідок, значно інтенсифікувати процеси, зменшити енерговитрати [4, 5, 6].





*Ключові слова.* Кавітаційний теплогенератор, електроімпульсна технологія, електричний розряд, теплоенергетична галузь.

*Постановка проблеми.* Проблема розробки або удосконалення кавітаційного теплогенератора, який забезпечує даний технологічний процес з максимальним використанням можливості установки та без споживання зовнішньої електроенергії на роботу насоса та ін., залишається одним із найбільш актуальних виробничих завдань. Основне завдання реконструкції - енергозбереження та енергоефективність тепловиділення в рідині, вдосконалення або заміна обладнання.

*Аналіз останніх досліджень.* Кавітаційний теплогенератор дозволяє створити процес, під час якого у рідині створюються бульбашки. Принцип дії кавітаційного теплогенератора полягає в ефекті нагрівання за рахунок перетворення механічної енергії на теплову [3]. Якщо розглядати цей процес, то його можна порівняти із закипанням води. Однак при кавітації спостерігається локальне падіння тиску, що призводить до появи бульбашок. У тепловому генераторі формуються вихрові потоки, внаслідок них відбувається розрив кавітацій бульбашок, що призводить до нагрівання рідини. Нагрівання призводить до різкого зниження тиску рідини. Отримана енергія виходить досить дешевою, вона добре підходить для опалення приміщень. Для таких установок зазвичай потрібно приблизно в 1,5 рази менше електричної енергії, ніж це необхідно для радіаторних та інших систем. При цьому нагрівання рідини здійснюється у замкнутій системі.

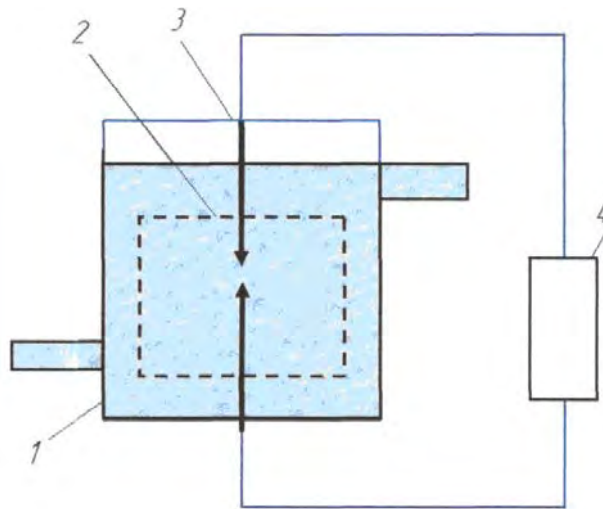
Утворення кавітаційних бульбашок, заснованих на використанні ефекту Юткіна, дозволяє радикально вдосконалити та спростити кавітаційний теплогенератор, оскільки стає взагалі непотрібним електродвигун насоса. Протікання електричного розряду в рідині (електрогідравлічного удару) викликає складний комплекс явищ: іонізацію та розкладання молекул у плазмі каналу та біля нього, світлове випромінювання каналу розряду, ударні хвилі, інтенсивне ультразвукове випромінювання, утворення та пульсацію газового міхура, кавітаційні процеси. У місці виникнення розряду миттєво утворюється тиск в десятки і сотні тисяч атмосфер. Мікроскопічний канал, по якому проскакує іскра, має надзвичайно велику щільність енергії, миттєва потужність досягає колосальних величин. Так, наприклад, від установки потужністю всього в 0,5 кВт можна отримати миттєву потужність в 100 тис. кВт і більше. Вода, що оточує іскру, з величезною швидкістю розлітається в сторони, створюючи перший гідравлічний удар. Утворюється порожнеча - порожнина, яка відразу заповнюється водою; виходить ще один потужний гідравлічний удар – кавітація [7, 8].

*Формування мети статті.* Основне завдання реконструкції кавітаційного теплогенератора – енергозбереження та енергоефективність при споживанні теплової енергії, вдосконалення або заміна обладнання.

*Основна частина.* В даний час у техніці широко використовуються конструкція електрокавітаційного нагрівача, яка містить лише три основних простих безконтактних елементи – ємність з рідиною, електричний розрядник та кавітатор, який складається з пластин або дисків.

Прийняття рішення на користь оптимальної конструкції базується на вдосконаленні пристрою, в якому шляхом введення в систему нових конструктивних елементів [9].

Конструкція пояснюється рисунком 1 на якому зображено схему пристрою.



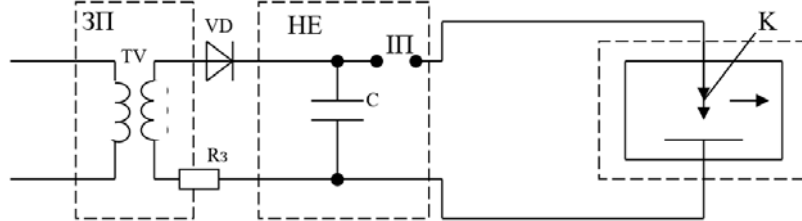
1– теплоізольована ємність з рідиною, 2– замкнутий перфорований елемент, 3– електроди, 4 –високовольтний імпульсний генератор.

Рисунок 1. Електрокавітаційний нагрівач

Пристрій працює таким чином. Теплоізольовану ємність з рідиною 1 заповнюють водою так, щоб замкнутий перфорований елемент 2 був нижче її рівня, на електроди 3, розділені невеликим проміжком (не позначений), подають електричний імпульс від високовольтного імпульсного генератора 4 і здійснюють електричний вплив на воду. При цьому виникають водяні струмені, які проходять крізь замкнутий перфорований елемент 2, встановлений в ємності 1 з рідиною нижче її рівня, в середині якого розміщено електроди 3, в результаті чого утворюється потужна кавітація, перетворюючи кінетичну енергію потоку рідини в теплову енергію, яка використовується для опалення і гарячого водопостачання.

Принцип дії високовольтного імпульсного генератора заснований

на електрогідрравлічному ефекті, що полягає в генерації ударних хвиль рідини при її пробіі [10]. Зарядний пристрій ЗП заряджає конденсатор С в перебіг часу. Напруга конденсатора підвищується до величини пробією іскрового проміжку П. У цьому момент накопичувач НЕ підключається до електродів технологічного блоку, при цьому починається початкова стадія розряду у каналі К (рис.2).



ЗП – зарядний пристрій; НЕ – накопичувач енергії; П – іскровий проміжок, К – канал розряду

Рисунок 2. Принципова електрична схема високовольтного імпульсного генератора

Процес пробією залежить від: максимального значення електричного поля в проміжку між електродами, електропровідності води, відстані між електродами.

При тепловому пробіі в однорідному полі час пробією  $t_{np}$  визначається виразом [6]:

$$t_{np} = \frac{C_p \cdot \rho \cdot l^2}{\tau_0 \cdot 2 \cdot U^2} \ln \frac{1 + \lambda T_2}{1 + \lambda T_1}, \quad (1)$$

де  $C_p$  – теплоємність рідини,  $\frac{Дж}{кг \cdot ^\circ C}$ ;

$\rho$  – щільність рідини,  $\frac{кг}{м^3}$ ;

$l$  – відстань між електродами, м;

$\tau_0$  – питома електропровідність рідини при  $0^\circ C$ ,  $Ом/м$ ;

$\lambda$  – температурний коефіцієнт провідності,  $\frac{1}{^\circ C}$ ;

$U$  – напруга, В;

$T_1$  – початкова температура,  $^\circ C$ ;

$T_2$  – температура закипання рідини,  $^\circ C$ .

Застосування електрокавітаційного нагрівача запропонованої конструкції дозволяє спростити конструкцію та зменшити

металоємність, за рахунок встановлення в ємності з рідиною 1 нижче її рівня замкнутого перфорованого елемента 2, в середині якого розміщено електроди 3 розділені невеликим проміжком, замість розсікача, що складається з пластин, які примикають одна до одної, з



висіченими в них вікнами, розділеними перегородками і встановленими так, що вікна пластин частково перекриваються перегородками суміжних пластин. В запропонованій конструкції не потребується водопідготовка, завдяки відсутності щільних елементів, що дає можливість використовувати неочищену воду.

**Висновок.** Таким чином, метод пов'язаний з розрядами в рідині є актуальним і перспективним для використання в теплоенергетичній галузі. Якісно новий підхід до створення конструкції електрокавітаційного нагрівача є вагомим резервом удосконалення технологічного процесу та дозволяє радикально вдосконалити та спростити кавітаційний теплогенератор.

#### Список використаних джерел

1. Гулевський В., Постол Ю. та ін. Основні принципи проектування автономного енергогенеруючого комплексу. *Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph*. Boston: Primedia eLaunch, 2020. P. 106-114.

2. Struchaiev N., Postol Y., Stopin Y., Zhuravel D., Hulevskyi V. Ways to improve the efficiency of pipelines heat insulation/ *Problemele energeticii regionale/ inst power engineering acad sciences Moldova, str academieii 5, chisinau, 2020, Moldova*. p.43-52.

3. Müller M., Zima P., Unger J., Zivny M. Design of experimental setup for investigation of cavitation bubble collapse close to a solid wall. *EPJ Web of Conferences*. 2012. Vol. 25. P. 02017. DOI: 10.1051/epjconf/20122502017.

4. Электрогидравлический эффект. Сайт об открытии электрогидравлического эффекта и его авторе Л. А. Юткине. URL: <https://sites.google.com/site/yutkin1911/home> (дата звернення: 08.05.2022)

5. Макогон А. В. Методи обробки рідин за допомогою високовольтних розрядів і сильних імпульсних електричних полів: дис. ... д-ра філософії: спец. 141: галузь знань 14; наук. керівник Бойко М. І.; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків, 2021. 176 с.

6. Гулевський В. Б., Постол Ю. О. та ін. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни "Електротехнології в АПК". Мелітополь: ФОП Белень В.В., 2021. 48с.

7. Samo Mahnič-Kalamiza, Damijan Miklavčič. Scratching the electrode surface: Insights into a high-voltage pulsed-field application from in vitro & in silico studies in indifferent fluid. *Electrochimica Acta* Vol.363, 10 December 2020, 137-187. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.137187>

8. Duaa A. Uamran, Thamir H. Khalaf. Study for electrical breakdown within dielectric liquids due to streamer discharge in rod-to-plane electrodes



configuration. *Materials Today: Proceedings*. Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.002>

9. Пат. 135198, Україна, МПК: F22B 1/30 (2006.01). Електрокавітаційний нагрівач / Стручаєв М. І., Гулевський В. Б., Вороновський І. Б., Хлепівко В. В. Ігнатенко О. В.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. № у 2018 12770; заявл. 21.12.2018; опубл. 25.06.2019. Бюл. №12/2019.

10. Бойко М. І. Наукові основи створення електротехнологічних установок для високовольтних імпульсних дій: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.09.13 / НТУ «ХП». Харків, 2003. 38 с.

Стаття надійшла до редакції 12.04.2022 р.

**V. Hulevskyi, Y. Postol**  
**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

## **IMPROVEMENT OF CAVITATION HEAT GENERATOR DESIGN**

### ***Summary***

The main problems in the heat industry for many years remain low energy efficiency, reliability and inefficiency of thermal energy devices. Widespread use of electricity for electrification of thermal processes is not always determined by a competent solution for the use of electric heating, which does not allow to obtain the maximum economic effect. The solution of this issue has been in the center of attention of heat and energy specialists for a long time. However, their approaches to improving the energy efficiency of engineering systems differ significantly.

Scientific and technological progress is determined by the development of high technologies, which provide, on the one hand, the production of new materials and products, and on the other - reduce energy and resource consumption, increase environmental performance. One of the devices, the operation of which is based on the new principle of obtaining thermal energy, is a cavitation heat generator. Cavitation heat generator - a special device that uses the effect of heating the liquid by cavitation. That is, it is an effect in which microscopic vapor bubbles are formed in areas of local reduction of water pressure. Recently, the production of such units is mastered by many manufacturers and they are increasingly appearing on the domestic market. In order to make a technological breakthrough in this area - it is necessary to dramatically reduce electricity losses in known cavitation heat generators. Unlike traditional technologies of cavitation bubbles based on continuous power consumption, electropulse technology allows to increase the parameters of electrical influences (field strength, current density, instantaneous power) and, consequently, significantly intensify processes, reduce energy consumption.

**Key words:** cavitation heat generator, electropulse technology, electric discharge, heat industry.



УДК 519.682

О. Ю. Михайленко, ст. викл.

ORCID: 0000-0003-1559-3825

Г. В. Антонова, ст. викл.

ORCID: 0000-0001-9269-6356

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: elen.mikha@gmail.com

e-mail: galina8286@ukr.net

## **ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМОУТВОРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСУ ДИНАМІЧНОЇ ПОВЕРХНІ**

*Анотація.* Розглянуто в роботі питання розробки функціональної схеми процесу автоматизованого проектування з врахуванням сучасних умов виробництва.

Найбільш прогресивною та перспективною умовою удосконалення процесу проектування є створення і впровадження в практику систем автоматизованого проектування (САПР), забезпечених сучасними ПЕОМ з розвиненими термінальними системами. Автоматизація підготовки виробництва дає можливість підприємствам швидко реагувати на зміну попиту, у короткий термін випускати нові види продукції, швидко модернізувати випускаєму продукцію, відслідковувати життєвий цикл виробів, ефективно підвищувати якість.

Робота за технологією виготовлення відповідальної деталі віднесена до розряду високих технологій, характеристикою яких є : наукомісткість, системність. математичне моделювання з метою структурно-параметричної оптимізації. високоефективний робочий процес розмірної обробки, комп'ютерне технологічне середовище і автоматизація усіх етапів проектування і реалізації на базі сучасного металообробного устаткування з використанням пакету застосовних програм PowerShape, PMPost.

*Ключові слова:* висока точність, розробки функціональної схеми процесу автоматизованого проектування, 5-ти осьова обробка, агрегування різних способів механічної обробки складних поверхонь.



*Постановка проблеми.* Характеристика деталі: деталь виконана з високоміцного легкого сплаву, має складну геометричну поверхню конструктивних елементів різного призначення.

З метою дотримання високої точності розмірів і якості поверхні уперше для виготовлення такої деталі використано 5-ти осьова обробка при єдиній базі і одного установа. Відмітною особливістю розробленої технології є можливість агрегування різних способів механічної обробки складних поверхонь (циліндричних, конічних, трапецієвидних), що раніше було ускладнене або неможливе при використанні традиційних способів виробництва багатофункціональних деталей [1-6].

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Сучасні тенденції розвитку різних галузей промисловості стимулюють розробку високоефективних і конкурентних видів техніки і технологій, які забезпечать жорсткі вимоги к якості та експлуатаційним властивостям виробів при економії матеріальних та енергетичних ресурсів, витрати на робочу силу, зниження собівартості виробництва, що є актуальними для машинобудування [7-10].

*Формування цілей статті.* Кожна технологічна задача в умова підприємства може мати велику кількість варіантів, тому спеціалісту складно впоратися з подібними обсягами робіт, і в цих умова вирішальною передумовою до прискорення виробництва є впровадження алгоритму системи проектування.

*Основна частина.* Розроблена CAD- модель деталі "Плита" в програмі PowerShare показана на рис. 1. Деталь виконана з алюмінієво-магнієвого сплаву. Габаритні розміри 400x400 мм.

Для обробки деталі "Плита" вибраний верстат "OCUMA". Для забезпечення точності базування передбачено спеціальне пристосування, що встановлюється на поворотному столі верстата.

Обробка розпочинається з центру деталі, тобто з конуса, розташованого по центру оброблюваної заготівлі. Далі вестиметься 5-ти осьова обробка по секторах деталі і плавно переходячи до основи плити, де вона кріпиться [11-14].

Вирішуючи таку задачу, в процесі обробки, різання ведеться з центру плити до її краю, при цьому ми уникаємо вірогідності поломки або зрушення опори(пристосування) у разі перевоначальної обробки країв деталі. Також дотримується при цьому жорсткість системи в процесі різання, зберігається стійкість інструменту і точність робочих органів верстата, оскільки при різанні виникають вібрації, які негативно впливають на якість обробленої поверхні і на точність балансування шпинделя верстата, оснащення і вживаного допоміжного інструменту.

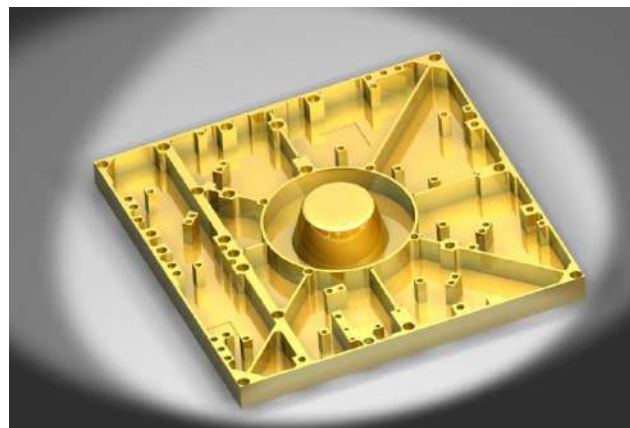
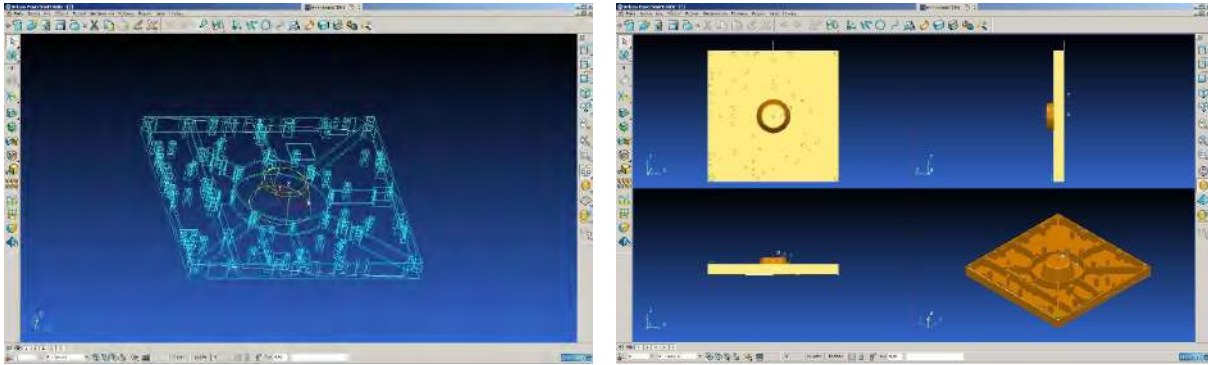


Рисунок 1. CAD-проект деталі "Плита"

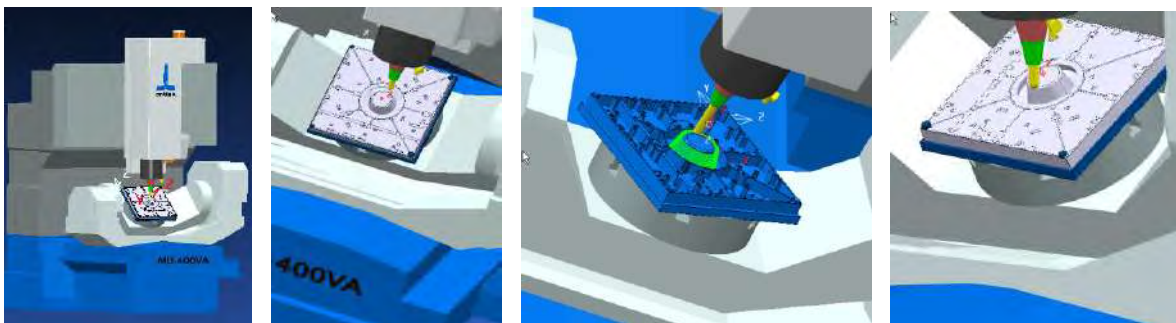


Рисунок 2. Фрагменти технологічного процесу обробки деталі "Плита".

**Схема обробки:**

- обробка конуса по центру деталі
- обробка секторів
- обробка елементів основи плити, в місцях кріплення.

На рис. 2 приведені фрагменти технологічного процесу обробки деталі "Плита"

В проекті було створено постпроцесор для 5-ти осьового верстата "OSUMA MU - 400va", для цього була використана програма PMPost (рис. 3).



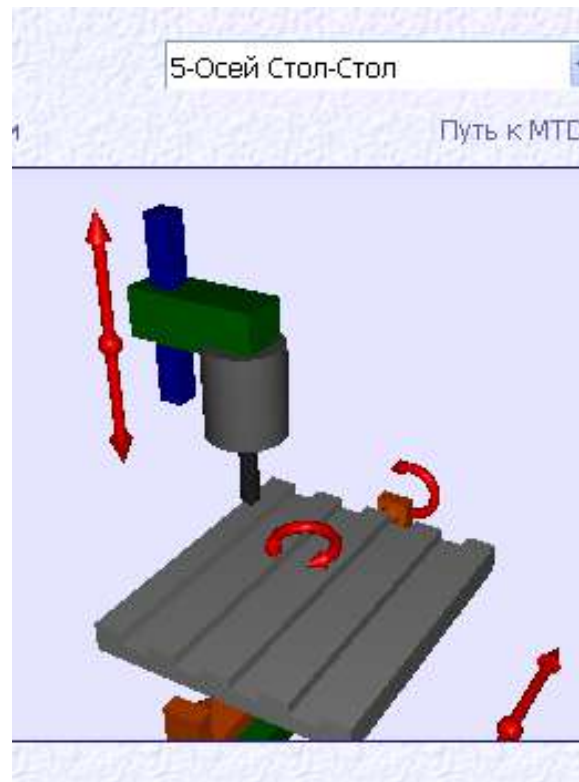


Рисунок 3. Вибір кінематичної схеми

Кинематическая цепочка

Поворотная ось A			
	X	Y	Z
Вектор	1	0	0
Положение	0	0.018	-30.381
	Мин	Initial	Макс
Пределы	-110	0	20

Поворотная ось C			
	X	Y	Z
Вектор	0	0	1
Положение	0	0	0
	Мин	Initial	Макс
Пределы	-99999	0	99999

Рисунок 4. Відображення реальних параметрів верстата

Элемент	Позначить	Значение								
Block Number	Нет									
Вывод в программу	Зависимость	Следующий вывод								
Как в формате	Как в формате	Игнорировать								
Элементы										
1	Block Number	Comment_A								
2	Block Number	Comment_C								
3	Block Number	Motion Mode	Cutter Compen...	X	Y	Z	Machine A	Machine C	Spindle Speed	Spindle Dir
4	Comment_A									
5	Comment_C									
6	Block Number	Coolant Mode								

Рисунок 5. Проведення синтаксису системи ЧПУ "OSP-P200M" в усіх підблоках.

У зв'язку з необхідністю в проведення "М-кодів" (M15, M16, M115, M116), що визначають обертання осей "A" і "C" по найкоротшому шляху, був розроблений скрипт (рис. 6). Фрагмент програми, що управляє, показаний на рис. 7

FUN\_M\_A\_C

```

Function FUN_M_A_C()
{
//
var out_str = "";
var a = GetParam("%p(Machine A)%");
var k = GetParamPrevValue("%p(Machine A)%");
if (a<k)
SetParam("%p(Comment_A)%", 16);
if (a>k)
SetParam("%p(Comment_A)%", 15);

//
var b = GetParam("%p(Machine C)%");
var n = GetParamPrevValue("%p(Machine C)%");
if (b<n)
SetParam("%p(Comment_C)%", 116);
if (b>n)
SetParam("%p(Comment_C)%", 115);
out_str = StandardResponse("");
return out_str;
}

```

```

( 2 )
(STANOK : OCUMA_MU400VA)
(POSTPROCESSOR : MU_400VA_5AXISS)
(DATE : 23/04/2010, TIME : 10:37)
N140 G40 G17 G80 G90 G21 G0
N150 (START TOOLPATH : 2 )
N160 ( DIAMETER=20 RADIUS TORCA=10 )
N170 T1 M6
N180 G15 H01
N190 G56 H1
N200 M0
N210 G0 A0
N220 M0
N230 G0 C0
N240 X0 Y0
N250 G1 Z100. S1500 M3 F3000
N260 Z61.
N270 M8
N280 M16
N290 M115
N300 X15.7 Y-75.82 Z31.352 A-30. C86.202
N310 Y-73.887 Z28.004
N320 Z23.004 F500
N330 F1000
N340 X14.079 Y-73.387 Z22.041
N350 X12.166 Y-73.246 Z21.683
N360 X2.171 Y-73.502 Z21.535
N370 M116
N380 X1.069 Y-73.549 Z21.508 C84.31
N390 X-.017 Y-73.565 Z21.499 C82.418
N400 X-.02 C79.91
N410 X-.008 C74.889
N420 X-.009 C72.403
N430 X-.001 Y-73.564 C67.426
N440 X-.003 C64.952
N450 X0 C60.
N460 C57.526

```

Рисунок 6. Скрипт-функція

Рисунок 7. Фрагмент програми

**Висновки.** Забезпечена прискорена підготовка виробництва базової деталі з високими функціональними характеристиками, якістю поверхні і точності розмірів, які не можуть бути забезпечені традиційними способами механічної обробки.

Представлена стаття є результатом наукової роботи кафедри, яка займається формуванням у молоді інтересу до науки і техніки, дослідницької діяльності.



## Список використаних джерел

1. Grigorenko S. 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. P. 255-257.
2. Zhuravel D., Skliar O. Modeling the reliability of units and units of irrigation systems. *Multidisciplinary academic research*. Abstracts of I International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, Netherlands 2021. P. 83–86.
3. Zabolotko O. O. Performance indicators of farm equipment. *Kramar Readings: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference*. 2017. P. 155–158
4. Zhuravel D. Integrated approach to ensuring the reliability of complex systems. *Current issues, achievements and prospects of Science and education: Abstracts of XII International Scientific and Practical Conference*. Athens, Greece 2021. P. 231–233.
5. 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, Italy 2021. P. 171–176.
6. Manita I. Y., Komar A. S. Justification of the energy saving mechanism in the agricultural sector. *Engineering of nature management*. 2021. №1(19). P. 7–12.
7. Пихтєєва І. В., Івженко О. В., Лубко Д. В. Вирішення задачі по визначенню технологічних параметрів процесу простою обтягування. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип. 19, т. 3. С. 316–324.
8. Гавриленко Е. А., Холодняк Ю. В., Пыхтеева И. В., Дереза Е. А., Ивженко А.В. Моделирование рабочих поверхностей промышленных изделий на основе массива точек. Сучасні проблеми моделювання. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21. С. 83–90
9. Мацулевич Ю. О., Скорлупін О. В., Пихтєєва І. В. Загальна методика комп'ютерного геометричного моделювання профілів кулачків механізмів приводу шліфувальних головок зубозаточувальних верстатів. *Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: зб. наук. праць XIV Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів*. Львів: ЛДУБЖД, 2019. С. 225–226.
10. Мацулевич О. Є., Вершков О. О., Холодняк Ю. В., Дмитрієв Ю. О., Чаплінський А. П. Розробка мурашиного алгоритму для оптимізації оперативного планування робіт по збиранню врожаю кісточкових. *Плодовий сад – новітнє в теорії та практиці: матеріали*



V Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 106–110.

11. Гавриленко Є. А., Івженко О. В., Пихтєєва І. В. Методика комп'ютерного моделювання динамічних поверхонь. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. Вип.9, том 1. С. 1–5.

12. Пихтєєва І. В., Гавриленко Є. А., Бохан В. Д. Методика реалізації програмного модуля для механізованих технологічних комплексів розсадництва. *Плодовий сад – новітнє в теорії та практиці*: матеріали V Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 111–114.

13. Пихтєєва І. В., Вершков О. О., Малюта С. І. Метод швидкого прототипування виготовлення профільних об'ємних виробів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1. С.326–333.

14. Холодняк Ю. В., Гавриленко Е. А. Моделирование каркаса динамических поверхностей. *Інноваційні технології в агропромисловому комплексі*: матеріали II Всеукраїн. наук.-практ. конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 21–24.

Стаття надійшла до редакції 20.04.2022 р.

**O. Mikhaylenko, G. Antonova**  
**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

## **TECHNOLOGY FORMATION FORM OF ELEMENTS FRAMEWORK DYNAMIC SURFACE**

### ***Summary***

The question of development of functional diagram of process of the automated planning is considered in-process taking into account the modern terms of production.

The most progressive and perspective condition of improvement of planning process are creation and introduction in practice of the computer-aided(CAD) designs provided by modern computers with the developed terminal systems. Automation of preproduction gives an opportunity to the enterprises quickly to react on the change of demand, in short space produce the new types of products, quickly to modernize выпускаемую products, watch the life cycle of wares, effectively to improve quality.

Description of detail : a detail is executed from a високоміцного easy alloy, has a difficult geometrical surface of structural elements of the different setting. With the aim of observance of high exactness of sizes and quality of surface first for making of such detail it is used 5-ти axial treatment at an only base and one the establishment. The distinctive feature of the worked out technology is possibility of unitization of different methods of tooling of difficult surfaces, that was before complicated or impossible at the use of traditional methods of production of multifunction details.

Work on technology of making of responsible detail of микроспутника is attributed to the digit of high-tech description of that is : наукоємкость, system.



mathematical design with the purpose of структурно-параметрической optimization. high-efficiency working process of size treatment, computer technological environment and automation of all stages of planning and realization on the base of modern metal-working equipment with the use of complete application of PowerShape package, PMPost.

The provided speed-up reproduction of base detail is with high functional descriptions, quality of surface and exactness of sizes that can not be provided with the traditional methods of tooling. The presented article is a scientific job of department, that engages in forming for the young people of interest in a scitech, to research activity, performance.

**Key words:** high precision, development of a functional diagram of the computer-aided design process, 5-axis processing, aggregation of various methods of machining complex surfaces.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-27

УДК 514.18

Ю. В. Холодняк, к.т.н., доцент

ORCID: 0000-0001-8966-9269

Є. А. Гавриленко, д.т.н., проф.

ORCID: 0000-0003-4501-445X

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

e-mail: yuliya.kholodnyak@tsatu.edu.ua

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ФОРМУВАННЯ САД-МОДЕЛЕЙ ПОВЕРХОНЬ ТЕХНІЧНИХ ВИРОБІВ

*Анотація.* В роботі розроблено метод, який дозволяє формувати моделі функціональних поверхонь технічних виробів в САД-системах. Поверхня формується на основі каркасу, лінійними елементами якого є плоскі криві лінії, представлені аналітично або конструктивно. Процес формування кривої включає в себе розрахунок точкового ряду, на основі якого можливо із заданою точністю сформувати лінійний елемент каркасу поверхні. Отриманий точковий ряд в автоматичному режимі інтерполюється в САД-системі В-сплайном або кривими другого порядку з використанням спеціально розробленого програмного забезпечення. Модель поверхні виробу формується на основі отриманого каркаса з використанням стандартних функцій САД-системи. В роботі продемонстровано застосування розробленого методу на прикладі формування робочих поверхонь планетарно-роторного компресора.

*Ключові слова:* САД-модель, каркас поверхні, крива лінія, осциляція.

*Постановка проблеми.* Вироби, обмежені поверхнями складної форми, обробляються на верстатах із числовим програмним керуванням (ЧПК). Технологія виготовлення на верстатах із ЧПК дозволяє обробляти поверхні будь-якої форми. Керуюча програма для верстата із ЧПК створюється в автоматизованому режимі в САМ-системі. Вихідними даними для САМ-системи є тривимірні моделі виробу, що формується у САД-системі (SolidWorks, AutoCAD, NX CAD та інші) [1]. Точність обробки визначається точністю формування тривимірної моделі, точністю визначення траєкторії ріжучого інструменту САМ-системою та точністю, з якою верстат виконує запрограмовані операції [2].

Коректне формування тривимірної моделі – необхідна умова



якісного виготовлення виробу. Технологія моделювання у CAD-системі передбачає формування поверхонь на основі лінійних каркасів [3]. Геометричні характеристики кривих ліній (елементів каркасу) визначають функціональні властивості поверхонь, що моделюються. Необхідні властивості багатьох поверхонь забезпечуються застосуванням в якості елементів каркасу заданих кривих ліній. Це може бути евольвенти, трохіоди, криві, які мають аналітичне представлення та формуються на основі алгоритму.

Існуючі CAD-системи використовують обмежений набір кривих ліній: пряма лінія, криві другого порядку, B-сплайн та ін. При використанні ліній, які неможливо точно сформувати в CAD-системі, лінії замінюються складовою кривою. Ділянки складової кривої формуються кривими із бібліотеки CAD-системи. Головна умова формування складових кривих у CAD-системі – забезпечення необхідної точності представлення вихідних елементів каркасу. Засоби, які дозволяють контролювати виконання зазначеної умови, у сучасних CAD-системах відсутні.

Розробка автоматизованих технологій моделювання складних функціональних поверхонь на основі кривих ліній, які відсутні у бібліотеках CAD-систем, – актуальне завдання геометричного моделювання.

*Аналіз останніх досліджень.* Методика формування комп'ютерних моделей поверхонь запропонована роботах [4-9]. Моделі створюються на основі каркасів, які складаються із двох сімейств ліній. В перше сімейство входять лінії, які описують під час свого руху поверхню (твірні лінії). Лінії другого сімейства визначають переміщення твірних ліній у просторі (напрямні лінії).

Каркас моделі створюється на основі визначника поверхні, в який входять твірні та напрямні лінії, представлені аналітично. У роботі [4] визначник поверхні включає криві другого порядку, у роботі [5] – B-сплайн. Для таких поверхонь формування каркасу в CAD-системі не вимагає додаткових операцій формування елементів каркаса.

У роботі [6-7] визначник поверхні включає в себе лінії, які відсутні у бібліотеці CAD-системи (циклоїду та трехоїду). Лінійні елементи моделі формуються наступним чином: аналітично розраховуються координати точок, що належать кривій. Отриманий точковий ряд формується в CAD-системі та інтерполюється B-сплайн.

У роботі [8] вирішується задача зворотного інжинірингу. Координати точок, на підставі яких формуються лінійні елементи моделі, визначаються на поверхнях реальних виробів. Елементи моделі формуються в CAD-системі інтерполяцією точкового ряду B-сплайн.

У роботі [9] запропоновано методику представлення плоских та просторових траєкторій переміщення ріжучого інструменту, що



супроводжує ламаною лінією або коробовою лінією кіл. Траєкторія формується на основі точкового ряду, що належить поверхонь тривимірної комп'ютерної моделі, отриманої в CAD-системі.

Точність представлення вихідної кривої обводом залежить від кількості вузлів інтерполяції, призначених на вихідній кривій. У CAD-системі крива, що інтертерполює точковий ряд, може бути сформована у ручному режимі. Наприклад, при формуванні B-сплайну на екрані монітора за допомогою миші вказується послідовність вузлових точок обводу. Програми, що дозволяють формувати обводи точкових рядів в автоматизованому режимі, у сучасних CAD-системах відсутні. Ручний режим обмежує кількість вихідних вузлів, а тому і точність представлення ліній. Оцінка точності, з якою сформовані в CAD-системі лінії представляють теоретичні траєкторії, – одна з проблем моделювання поверхонь.

Спосіб визначення максимальної абсолютної похибки, з якою сформований обвід є вихідною кривою, запропонований у роботах [10-11]. Похибка інтерполяції визначається на основі можливого розташування кривої лінії з відомими геометричними властивостями. Для плоских кривих ліній така властивість – це напрям зростання радіусів кривини вздовж кривої. Для просторових кривих – це хід кривої, напрям зростання радіусів кривини і радіусів стичних сфер. Область можливого розташування ділянок вихідної кривої та обводу, що інтерполює точковий ряд, визначається відстанню між точками, що обмежують ділянку.

Вирішення завдання використання в CAD-системі будь-яких кривих ліній, заданих аналітично або конструктивно – важливий етап розробки технології створення керуючої програми для верстата з ЧПК.

*Формулювання мети статті.* Метою дослідження є розробка методики формування комп'ютерних моделей складних поверхонь на основі каркасу, що складається з кривих ліній, які відсутні у бібліотеках CAD-систем.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- розробити алгоритми формування обводів із заданою точністю, що представляють криві лінії, задані аналітично або конструктивно, які є лінійними елементами визначника поверхні;
- розробити програмне забезпечення для автоматизованого формування в CAD-системі каркасів, що складаються з обводів, що є лінійними елементами визначника поверхні;
- випробувати розроблену методику для формування функціональних поверхонь планетарно-роторного компресора.

*Основна частина.* Алгоритм, що дозволяє визначити область можливого розташування кривої лінії, заснований на контролі виникнення осциляції (зміна опуклості-увігнутості) на її ділянках. Для





опуклої кривої, в кожній точці якої існує єдине положення дотичної, будь-яка ділянка розташовується всередині трикутника, який називатимемо базисним. Базисний трикутник (БТ) обмежений хордою, що з'єднують точки, що належать кривій, і дотичні до кривої в цих точках.

Будь-який обвід, що інтерполює точковий ряд, призначений на опуклій кривій, на ділянках якого не відбувається зміни опуклості-увігнутості, розташовується всередині послідовності БТ з вершинами в вузлових точках обводу. Висоту БТ найбільшої довжини можна вважати максимальну абсолютну похибку інтерполяції.

У разі коли вихідні точки обводу визначені на невідомій кривій, дотичні до обводу визначаються виходячи з її передбачуваних властивостей. Цією властивістю є напрям зростання радіусів кривини вздовж кривої. Напрямок зростання радіусів кривини визначається на основі стичних кіл, що проходять через три послідовні точки ряду. Напрямок зростання вздовж кривої радіусів стичних кіл і радіусів кривини збігається. Положення дотичної визначається як середнє положення дотичних до двох стичних кіл, що проходять через дану точку.

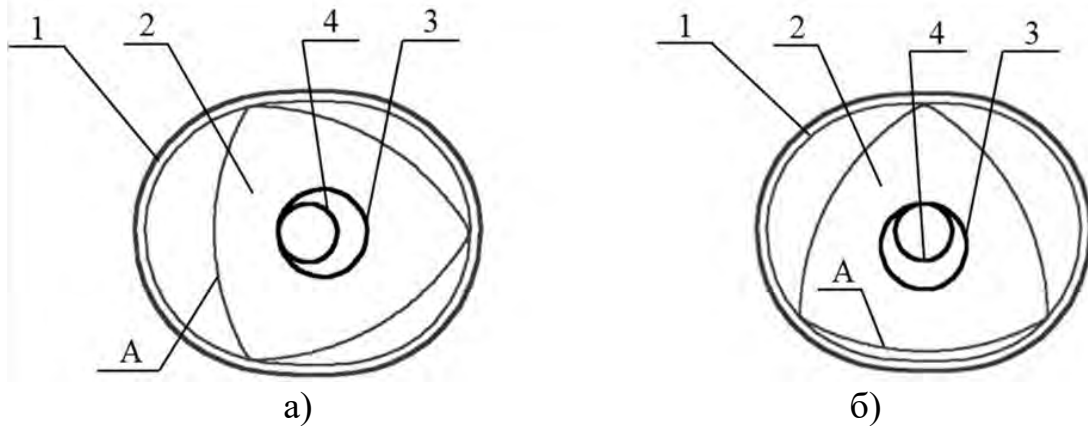
На основі зазначеного алгоритму розроблено технологію автоматизованого формування ліній у САД-системі SolidWorks. На першому етапі визначаються координати точок, що належать опуклій ділянці кривої, що моделюється, і послідовність БТ, сформованих на їх основі. Умова формування точкового ряду – максимальна висота БТ не перевищує допустиму абсолютну похибку формування лінії у САД-системі.

Програма для формування ліній розроблена з використанням інструменту API (Application Program Interface) програма інтегрована із САД-системою – SolidWorks. Вихідними даними для програми є текстові файли з координатами точок, які попередньої розраховуються в середовищі Maple. Програма автоматично створює B-сплайн, що інтерполює вихідний точковий ряд. На основі отриманої сплайнової кривої за допомогою стандартних функцій SolidWorks формується комп'ютерна модель поверхні.

Розроблена технологія використана для моделювання функціональних поверхонь планетарно-роторного компресора.

Схему роботи компресора показано на рис. 1. Компресор складається з корпусу (1) та ротора (2). При обкатуванні зубчатого колеса (3), яке з'єднане з ротором, нерухомого зубчатого колеса (4), яке з'єднане з корпусом, ротор здійснює планетарне обертання всередині корпусу. Вершини ротора знаходяться у постійному контакті із внутрішньою поверхнею корпусу. Поверхні ротора та корпусу обмежують три робочі камери компресора. При обертанні ротора об'єм

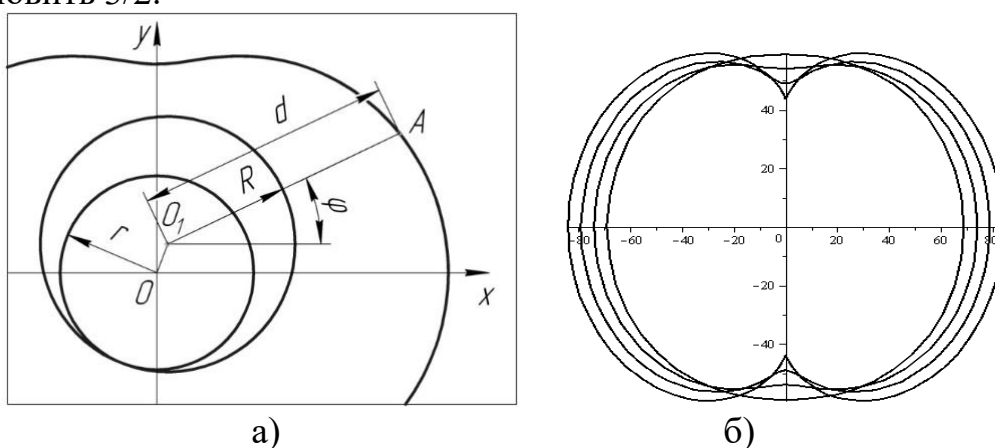
робочих камер постійно змінюється. На рис. 1 показано положення ротора, при якому об'єм робочої камери, обмежений стороною А, максимальний (рис. 1, а) та мінімальний (рис. 1, б). Продуктивність роботи компресора визначається різницею діаметрів шестерень планетарно-роторного механізму (позиції 3 та 4) та розмірами ротора.



а – за максимального обсягу робочої камери; б – при мінімальному обсязі робочої камери

Рисунок 1. Положення робочих органів планетарно-роторного компресора

Робоча поверхня корпусу є циліндричною поверхнею, яку визначає епітрохіда - крива, отримана рухом вершини ротора (точка А), жорстко пов'язаною відстанню  $d$  і кутом  $\varphi$  з колом радіуса  $R$ . Це коло котиться без ковзання по зафіксованому колу радіуса  $r$  (рис. 2, а). Співвідношення між радіусом рухомого ( $R$ ) і нерухомого ( $r$ ) кіл становить  $3/2$ .



а – схема утворення епітрохіди; б – сімейство епітрохід для різних значень  $R$  при  $R/r=3/2$

Рисунок 2. Формування профілю корпусу компресора

Поперечний переріз ротора – криволінійний трикутник Релло, сторони якого утворюються дугами кіл. Розміри ротора визначаються

відстанню між центром і вершиною трикутника.

При незмінній відстані  $d$  збільшення радіусів кіл призводить до того, що форма корпусу стає більш витягнутою і найвужча частина корпусу зменшується (рис. 2, б). В результаті збільшується амплітуда коливань ротора та різниця між максимальним та мінімальним обсягами робочих камер. Продуктивність компресора збільшується. При збільшенні радіусів кіл настає момент, коли профілі корпусу і ротора перетинаються (ротор заклинюється в корпусі). Для ротора з перетином у вигляді трикутника Релло, який визначається розміром  $d=60$  мм максимальний з можливих радіус ділового кола рухомої шестірні  $R=23,4$  мм.

Для подальшого збільшення обсягу робочих камер знадобилася оптимізація профілю ротора. Сторона оптимізованого профілю ротора сформована В-сплайном, що інтерпретує точковий ряд, координати вузлів якого визначені конструктивно. Положення вихідних точок визначається складовою кривою, ділянки якої формуються в такий спосіб. Положення вихідного профілю ротора фіксується. Контур корпусу жорстко зв'язується з коло радіуса  $r$ . Це коло обкатує зафіксоване коло  $R$ , і профіль корпусу здійснює планетарний рух. При цьому рух визначається частина ротора, що потрапляє в межі різних положень контуру корпусу (рис. 3). Оптимізація форми ротора полягає у видаленні зазначеної частини.

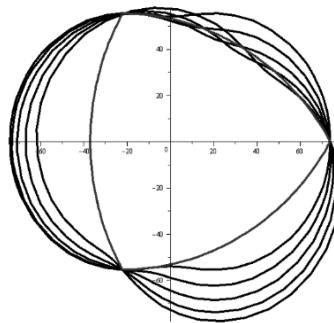


Рисунок 3. Переміщення епітрохіди щодо профілю ротора

Для формування вихідного точкового ряду визначається послідовність положень контуру ротора. Число цих положень дорівнює кількості вихідних вузлів. Формується складова крива, кожна ділянка якої належить епітрохіді в одному з її положень. Ділянки обмежені точками перетину послідовних положень епітрохіди. У середині кожної ділянки призначається вихідна точка. З отриманого точкового ряду формується В-сплайн - оптимізований контур ротора.

Оптимізовані профілі корпусу та ротора сформовані для радіусу рухомого кола  $R=30$  мм (розподільний діаметр рухомого зубчатого колеса планетарно-роторного механізму) та відстані  $d=60$  мм (відстань від центру тяжкості перерізу ротора до його вершини).



Профіль сторони ротора сформований на основі 32 точок, координати яких розраховані за запропонованою методикою. В таблиці 1 наведено характеристики вихідного точкового ряду для формування ротора:  $h_i$  – довжина хорди точкового ряду,  $\delta_i$  – похибка інтерполяції на відповідній ділянці. Максимальна абсолютна похибка інтерполяції ( $\delta_i$ ) склала  $3,16 \cdot 10^{-4}$  мм (таблиця 1).

Таблиця 1

Вихідні дані для формування профілю ротора

<b>i</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
$h_i$ , мм	3,843	3,656	3,322	3,110	3,063	2,895	2,944	2,642
$\delta_i \cdot 10^{-4}$ мм	2,19	2,31	2,23	2,65	2,18	2,96	2,48	2,46
<b>i</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
$h_i$ , мм	2,542	2,487	2,657	2,398	2,841	<b>2,955</b>	2,814	2,982
$\delta_i \cdot 10^{-4}$ мм	2,92	3,08	3,02	2,94	3,02	<b>3,16</b>	3,12	3,06
<b>i</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>
$h_i$ , мм	2,564	2,841	2,654	2,369	2,854	2,631	2,842	2,723
$\delta_i$ , мм	2,96	2,83	3,04	2,83	2,67	2,91	2,84	2,65
<b>i</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>
$h_i$ , мм	3,215	3,459	3,561	3,679	3,812	3,642	3,841	3,692
$\delta_i \cdot 10^{-4}$ мм	2,89	2,92	2,58	2,71	2,86	2,67	2,59	2,51

Вибрані параметри планетарно-роторної машини визначили профіль корпусу у вигляді епітрохіди, що визначається рівняннями:

$$\begin{cases} x = 10 \cos \phi + 60 \cdot \cos \frac{\phi}{3}, \\ y = 10 \sin \phi + 60 \cdot \sin \frac{\phi}{3}. \end{cases}$$

На отриманій кривій розраховане положення вузлів вихідного точкового ряду, на основі якого сформовано B-сплайн – лінійний елемент для формування моделі поверхні SolidWorks. Характеристики точкового ряду, що належить до однієї чверті епітрохіди, наведено в таблиці 2. Максимальна абсолютна похибка подання епітрохіди ( $\delta_i$ ) склала  $2,94 \cdot 10^{-4}$  мм.

Вихідні точкові ряди, на основі яких моделюються контури ротора та корпусу, сформовані виходячи з вимог необхідної точності інтерполяції. Ця точність має перевищувати точність, з якою верстат із ЧПК забезпечує обробку запрограмованих траєкторій. Для особливо точних верстатів (класу 3) ця точність становить  $1,6 \cdot 10^{-3}$  мм.

Тривимірна модель виробу, створена в CAD-системі (SolidWorks), імпортується в САМ-систему (PowerMill). Імпорт моделі здійснюється за допомогою прямих трансляторів або через нейтральні формати *iges*, *x\_b*, *step*, *sat* та інші, які передають дані про поверхні, що обмежують



Таблиця 2

Вихідні дані для формування профілю корпусу

<b>i</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
$h_i, \text{ мм}$	3,65	3,54	3,53	3,48	3,65	3,22	3,87	3,46	3,39
$\delta_i \cdot 10^{-4} \text{ мм}$	2,46	2,63	2,41	2,16	2,36	2,82	2,46	2,65	2,81
<b>i</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>
$h_i, \text{ мм}$	3,73	3,68	3,13	2,98	<b>3,84</b>	3,97	3,61	3,12	3,36
$\delta_i \cdot 10^{-4} \text{ мм}$	2,63	2,31	2,64	2,87	<b>2,94</b>	2,64	2,51	2,69	2,74
<b>i</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>
$h_i, \text{ мм}$	3,85	3,67	3,65	3,94	3,62	3,74	3,64	3,82	3,52
$\delta_i \cdot 10^{-4} \text{ мм}$	2,46	2,32	2,45	2,56	2,74	2,62	2,34	2,71	2,63

виріб. Керуюча програма обробки виробу на верстаті з ЧПУ створюється з допомогою стандартних функцій САМ – системи.

*Висновки.* Запропонована у роботі методика моделювання в САД-системі поверхонь складної форми заснована на формуванні обводів, які із заданою точністю представляють лінії із визначника поверхні.

Розроблені алгоритми дозволяють визначити вихідний точковий ряд, що належить будь-якій кривій лінії, і забезпечують задану точність інтерполяції при формуванні обводу В-сплайном або дугами кривих другого порядку. Створене на основі розробленої методики програмне забезпечення випробуване під час моделювання функціональних поверхонь планетарно-роторного компресора.

З метою збільшення продуктивності компресора виконано оптимізацію робочих поверхонь ротора. Максимальний обсяг робочої камери збільшено за рахунок збільшення радіусу рухомого зубчатого колеса планетарно-роторного механізму. З метою запобігання заклинювання ротора у процесі роботи компресора було змінено контур ротора. Вихідний контур, сформованого кола був замінений на обвід, що інтертерполює точковий ряд, вузли якого призначені за спеціально розробленим алгоритмом. Алгоритм заснований на визначенні взаємного розташування контуру корпусу та ротора у різні моменти роботи компресора.

Недоліком запропонованої методики і те, що вона полягає у формуванні лише плоских обводів. Завдання подальших досліджень – інтерполяція із заданою точністю точкових рядів, що належать просторовим кривим лініям.

Вирішення такої задачі дозволить підвищити точність моделювання напрямних кривих ліній з визначника поверхні. Такими кривими є осьові лінії поверхонь, функціональним призначенням яких є транспортування середовища. Такі поверхні обмежують міжлопаткові простори турбін, канали трубопроводи. Крім того,



з'явиться можливість формувати в САД-системі траєкторії переміщення обробного інструменту виходячи із заданої точності розташування цих траєкторій на поверхнях, які обмежують модель виробу, створену в САД-системі.

#### Список використаних джерел

1. Light R., Gossard D. Modification of geometric models through variational geometry. *Computer Aided Design*. 1982. Vol. 14, No 4. P. 209–214.
2. Czerech L., Kaczynski R., Werner A. Machining Error Compensation for Objects Bounded by Curvilinear Surfaces. *Acta Mechanica et Automatica*. 2012. Vol. 6. P. 26–30.
3. Короткий В. А., Усманова Е. А., Хмарова Л. И. Компьютерное моделирование кинематических поверхностей. *Геометрия и графика*. 2016. Т.3. №4. С.19–26.
4. Chekalin A. A., Reshetnikov M. K., Shpilev V. V, Borodulina S. V. Design of Engineering Surfaces Using Quartic Parabolas. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 221. UNSP 012015.
5. Pérez-Arribas F., Pérez-Fernández R. A B-spline design model for propeller blades. *Advances in Engineering Software*. 2018. Vol. 118. P. 35–44.
6. Lai T.-S. Design and machining of the epicycloid planet gear of cycloid drives. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2006. Vol. 28. P. 665–670.
7. Saini D., Kumar S., Gulati T.R. NURBS-based geometric inverse reconstruction of free-form shapes. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 2017. Vol. 29. No. 1. P. 116–133.
8. Zhang Y., Ye P., Wu J., Zhang H. An optimal curvature-smooth transition algorithm with axis jerk limitations along linear segments. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2018. Vol. 95. P. 875–888.
9. Pessoles X., Landon Y., Rubio W. Kinematic modelling of a 3-axis NC machine tool in linear and circular interpolation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 2010. Vol. 47. P. 639–655.
10. Холодняк Ю. В., Дмитриев Ю. А. Формирование одномерных обводов с закономерным изменением кривизны. *Динамика систем, механизмов и машин*. 2014. № 3. С. 241–243.
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 Technology*. 2018. Vol. 1. No 4(91). P. 76–82.

Стаття надійшла до редакції 15.04.2022 р.



**Yu. Kholodniak, Ye. Havrylenko**  
**Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University**

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR FORMING CAD-MODELS OF TECHNICAL PRODUCTS**

### *Summary*

The modeling technology in the CAD system involves the formation of surfaces based on linear frames. The geometric characteristics of the frame elements (curved lines) determine the functional properties of the simulated surfaces. The modeling technique in the CAD system of surfaces of complex shape, based on the formation of contours that represent lines from the surface determinant with a given accuracy is proposed in this article.

The developed algorithms make it possible to determine the initial point series that belongs to any curve of the line and provide the specified interpolation accuracy when forming the contour. The software created on the basis of the developed technique was tested in modeling the functional surfaces of a planetary rotary compressor.

Models of the surfaces of the housing and rotor are formed based on the gear ratio of the gearing of the planetary-rotor mechanism and the dimensions of the rotor. In order to increase the compressor performance, optimization of the rotor working surfaces has been performed. The maximum volume of the working chamber is increased by increasing the radius of the movable gear of the planetary-rotor mechanism. In order to prevent jamming of the rotor during compressor operation, the rotor contour was changed. The initial contour of the formed circle was replaced by a contour interpolating a point row whose nodes were determined by a specially developed algorithm. The algorithm is based on determining the relative position of the body and rotor circuits at various times of the compressor. Modeling the compressor working surfaces required the formation of linear frame elements based on a point series obtained from the analytical representation of the curve and a point series obtained constructively.

The disadvantage of the proposed method is that it is based on the formation of only flat contours. The task of further research is the interpolation with a given accuracy of the point series that belong to spatial curved lines.

**Key words:** CAD model, frame of surface, plane contour, oscillation, monotonic change of differential geometric characteristics.



DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-28

УДК 004.946:378

О. О. Дереза, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-8933-782X

Б. В. Болтянський, к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0003-2072-4025

С. В. Дереза, інж.

ORCID: 0000-0001-9797-0967

*Таврійський державний агротехнологічний університет**імені Дмитра Моторного*

e-mail: olena.dereza@tsatu.edu.ua

## ВИКОРИСТАННЯ VR-ТЕХНОЛОГІЙ В НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

*Анотація.* Підвищення якості освіти неможливо без використання нових підходів та методів навчання, які впроваджуються в тісній взаємодії з новітніми інформаційними технологіями. Інтерактивні технології навчання, включаючи VR-технології, мають великий освітній і розвивальний потенціал, забезпечують максимальну активність учасників освітнього процесу і його результативність, дають можливість вибору оптимального часу навчання.

В даній статті розглянуто основні способи та програми для цифрових технологій. Представлено основні програмні продукти, за допомогою яких створюються та запроваджуються способи навчання, електронні підручники, віртуальні лабораторії, система контролю та оцінювання.

Представлено основні програмні продукти, за допомогою яких створюються та запроваджуються способи навчання, електронні підручники, віртуальні лабораторії, система контролю та оцінювання.

Проаналізовано можливості використання он-лайн інструментів та ресурсів, які дозволяють організувати співпрацю під час наукових досліджень. В роботі виділено основні техніки створення та використання VR-технологій у сучасній освіті.

Одним з перспективних освітніх методів сучасних інформаційних технологій є освітнє середовище – віртуальна реальність (VR), яке моделюється комп'ютером і розглядається як особливе інформаційне середовище, в якому всі об'єкти представлені в тривимірному просторі. Навчальні віртуальні програми не можуть повністю замінити викладання в навчальних закладах, бо в підсумку вони є лише імітацію реальних дій та об'єктів в інформаційному просторі. Їх доцільно широко використовувати щодо найскладніших тем, проведенні дослідів, які можуть бути небезпечні в реальній ситуації.





*Ключові слова:* інтерактивні технології, VR-технології, віртуальна лабораторія, віртуальний тренажер, віртуальна реальність, програмне забезпечення.

*Постановка проблеми.* У сучасному середовищі одними з головних завдань є навчити людину навчатися та обучити ефективній взаємодії в процесі навчальної діяльності, тобто формувати здатність цілеспрямовано оволодівати професійними навичками, знаходити та опрацьовувати наукові дані, проявляти свій творчий потенціал, знайти шлях до самовираження та реалізації себе в житті [1, 2, 3].

У наукових дослідженнях інтерактивні технології, відіграють дуже важливу роль, оскільки повне залучення в процес наукового дослідження за допомогою спостереження за максимально реалістичною картинкою підвищує мотивацію й успіхи в отриманні знань, стимулює мозкову діяльність.

Одним з перспективних освітніх методів сучасних інформаційних технологій є освітнє середовище - віртуальна реальність (VR), яка моделюється комп'ютером і розглядається в якості особливого інформаційного середовища, в якому всі об'єкти представлені в трьохвимірному просторі. [1].

Використання VR в науці – візуалізація внутрішньої будови об'єктів, молекулярних і атомних структур. Зокрема в техніці віртуальна реальність забезпечує дистанційне і точне керування інструментами.

Українська освіта наразі робить тільки перші кроки в напрямку використання новітніх технологій. Існує низка проблем, які заважають впроваджувати технології віртуальної та доповненої реальності в освітніх закладах. Справді, Google Play та App Store пропонують велику кількість мобільних застосунків з доповненою реальністю, а в магазинах представлено широкий вибір VR-пристроїв. Але попри це україномовного контенту все ще недостатньо для проведення повноцінних наукових досліджень за допомогою інтерактивних технологій [5, 11].

Сучасні дослідження віртуальної реальності в Україні переважно стосуються проблем віртуальної освіти, використання VR-технологій при створенні дизайну інтер'єрів, будівництва мостів, у конструюванні, інженерно-архітектурній та інших сферах. Окремі автори наводять переваги використання технологій віртуальної реальності у медицині, корпоративній освіті, автомобілебудуванні, цифровому маркетингу, суднобудуванні тощо. Зважаючи на стрімкий розвиток технологій віртуальної реальності, зростаючу кількість і якість VR-девайсів, які з'являються на технологічному ринку, варто очікувати, що і кількість бізнес-моделей з їх використанням зростатиме. Тому вважаємо за необхідне уточнити вплив VR-технологій на формування



конкурентоспроможності організації та оцінити їх вагу при створенні організацією конкурентних переваг [5, 11, 12].

Віртуальна реальність конструює новий штучний світ, а доповнена – лише вносить окремі штучні елементи у сприйняття реального світу. Незабаром такі технології стануть звичною частиною повсякденного життя. Однак існує низка проблем, які заважають впроваджувати технології віртуальної та доповненої реальності в освітніх закладах. Значне поширення саме VR-технологій ще стримують, по-перше, низька якість VR-контенту, по-друге, розрізненість платформ і відсутність єдиних стандартів при його створенні, по-третє, відсутність чіткої системи дистрибуції, єдиного майданчика, де були б зібрані відповідні продукти.

Якщо проблеми отримання навчальної інформації при дистанційному навчанні успішно вирішуються, то набуття дослідницьких навичок залишається навчальною і науково-методичною проблемою.

*Аналіз останніх досліджень.* Обсяг ринку освітнього програмного забезпечення постійно зростає. Безліч технологій використовують для забезпечення інтерактивного навчання в усіх сферах освіти. У Державному університеті Північної Кароліни віртуальну реальність використовують під час вивчення природничих наук. Під час віртуальних польових досліджень студенти знаходять, спостерігають і вивчають організми в їхньому природному середовищі існування. У Пеннському державному університеті в Пенсільванії студенти всіх спеціальностей відвідують практичні заняття у класах, обладнаних технологіями віртуальної реальності. Такий підхід підвищує ефективність навчання та готує до реальних робочих ситуацій. У Вестмінстерському університеті збудовано віртуальний простір для студентів кримінального права [5].

Технології повного або часткового занурення у віртуальний світ або різні види змішання реальної і віртуальної реальності (імерсивні технології) все далі набувають поширення по всьому світу. Це інтеграція віртуального вмісту з фізичним середовищем, що дозволяє природно взаємодіяти зі змішаною реальністю. У практиці вчителів закордонних закладів освіти приклади використання цієї технології відображають застосування чотирьох типів занурення, а саме: повне занурення, часткове занурення, без занурення та поєднання віртуальної і доповненої реальностей.

В дійсний час існує мало систематичної роботи про те, як дослідники застосовували імерсивну віртуальну реальність для цілей вищої освіти. Іноземні автори підкреслюють три ключових моменти: поточна доменна структура з точки зору змісту навчання, елементів



дизайну віртуальної реальності й теорії навчання в якості основи для успішного навчання на основі віртуальної реальності [4].

Розглянуті матеріали Інтернет ресурсів виявляють актуальність та недостатню обґрунтованість використання інтерактивних технологій у наукових дослідженнях.

*Формулювання цілей статті.* Виявити техніки створення та використання VR-технологій у сучасній освіті, скласти алгоритм реалізації методів і засобів навчання.

Мета дослідження – проаналізувати особливості застосування та обґрунтувати ефективність використання сучасних он-лайн інструментів інтерактивного навчання при наукових дослідженнях.

*Основна частина.* VR-технології набувають істотної ваги через стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних та цифрових технологій. Сьогодні гостро стоїть питання про підготовку учнів вищої школи та наукових дослідників до життя в "цифровому суспільстві", що передбачає вміння використовувати інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) для вирішення своїх завдань.

Важливою складовою ефективного використання електронних ресурсів для організації наукових досліджень є вміння підбирати інструменти та створювати контент. Дослідник повинен вибрати програмне забезпечення, яке відповідає потребам своїх досліджень. Найкраще шукати інструмент, який є насиченою функцією, і дозволяє використовувати його різними способами.

Використання інтерактивних засобів дає змогу ефективно реалізувати ідеї змішаного навчання («blended learning») – найбільш перспективного підходу до організації навчання в сучасній освітній практиці багатьох розвинених країн (США, Німеччина, Австралія, Велика Британія, Японія та ін.) [6].

Blackboard Analytics дозволяє зберігати різноманітні масиви інформації, яка накопичується у процесі освітньої діяльності, створювати аналітичні довідки тощо.

Для здійснення комунікації з групою дослідників допоможуть програми Skype, ZOOM, Webex\_Meeting, за допомогою яких можна використовувати її на своїх заняттях, маючи включений комп'ютер в мережі Інтернет щоб дослідники, які не можуть бути присутніми на занятті, могли навчатися дистанційно в режимі реального часу. Можна встановити модуль WhiteBoard Meeting, який дозволить працювати з віртуальною дошкою. Дошка нагадує графічний редактор, який дозволяє працювати одночасно кільком користувачів над одним і тим же рисунком чи графіком, чим і відрізняється від звичайної програми для роботи з растровою графікою. Дошка дозволяє редагувати, вставляти на зображення текст, створювати рисунки, графіки, масиви даних, друкувати тощо. На віртуальній дошці для зручності



користувача відкривається окрема вкладка, коли створюємо декілька об'єктів одночасно [6].

На віртуальній дошці для зручності користувача відкривається окрема вкладка, коли створюємо декілька об'єктів одночасно. Це може бути рисунок, графік, таблиця бази даних, матриця планування експерименту, математична модель, тощо. Застосунок дає змогу обирати зі свого списку контактів користувачів, які матимуть доступ до цього документа. Робота у вікні WhiteBoard Meeting відбувається в режимі реального часу. Користувачі бачать стан поточної роботи один одного й можуть порівняти результати своєї роботи з результатами роботи інших користувачів. Одночасно науковий керівник або консультант може контролювати роботи своїх дослідників.

Найбільш популярні та доступні для широкого застосування є такі програмні продукти, як Google Expeditions, InMind, Oil Platform Simulator, Labster, zSpace Labs тощо [5, 6].

Також для спільного управління проектами та завданнями є такі гнучкі онлайн-інструменти:

- Trello, інтерфейс базується на віртуальних дошках. Він легко адаптується до проектів, команди і навчального процесу; основні компоненти Trello: дошки, списки, картки тощо.

- Padlet - призначений для створення та наповнення контентом віртуальної дошки (простору) з можливістю спільного редагування. Цей сервіс можна назвати платформою для ідей, мозкових штурмів тощо;

- он-лайн сервіс LearningApps. Платформа є однією з хмарних сервісів веб 2.0 для організації та підтримки освітніх процесів та безкоштовним міжнародним відкритим освітнім ресурсом, що містить як представлені в режимі загального доступу навчальні готові навчальні матеріали (завдання-модулі; тести-модулі), так і конструктор для самостійного виробництва нових інтерактивних навчально-методичних матеріалів з найрізноманітніших дисциплін.

*Найбільш популярна он-лайн-дошка – Padlet.* Padlet дозволяє розміщувати на одній сторінці різноманітний контент: фотографії, рисунки, графіки, аудіофайли, відеоролики, нотатки, покликання на інші сайти мережі Інтернет. По-перше з чим починають працювати з онлайн-дошкою – збір інформації на певну тему. Дуже зручно, коли збираєш в одному місці матеріал до теми: огляд конструкцій, технологій, види моделей, тощо.

Зручно створити майданчик для розміщення статистичних даних, додаткових матеріалів, математичних виразів. В Padlet є можливість скласти списки різного роду та використовувати мапу. Адже чітко буде встановлено строки та порядок проведення дослідів, наглядно можна представити місця та час випробовування техніки, нагляду за

рослинами залежно від кліматичних та погодних умов. Матеріали дослідів можна оформити у вигляді лінії часу – timeline.

Окремо зручно зробити дошку зі *списком програм та онлайн-інструментів*, якими користувалися (рис.1).

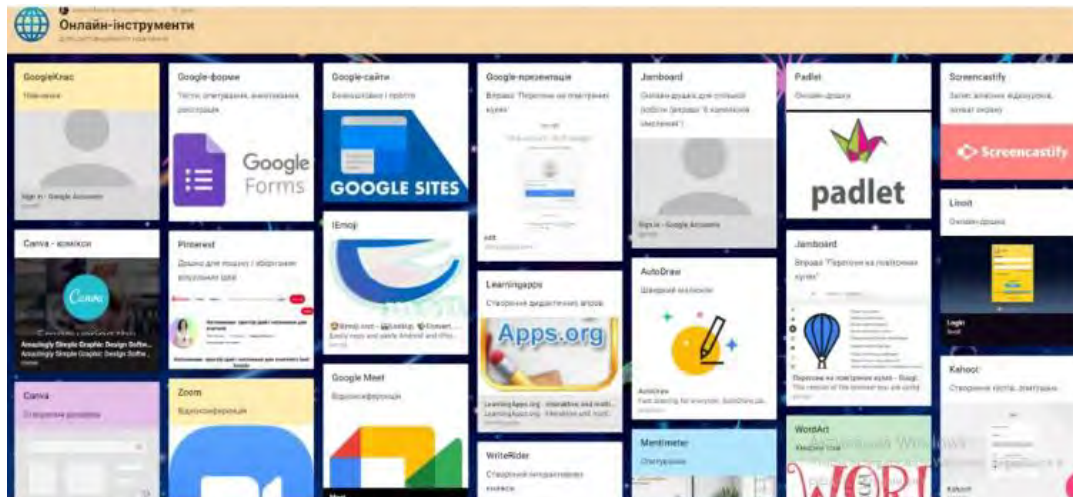


Рисунок 1. Приклад використання дошки Padlet зі списком онлайн-інструментів

Важливим елементом дистанційної освіти є специфічне кадрове забезпечення, особливістю якого є якісно нові вимоги до викладача вищого закладу освіти від принципово нового рівня професійних і комп'ютерних знань та умінь до володіння концептуальними питаннями й дидактикою дистанційної підготовки. Викладач стає консультантом, кваліфікованим опонентом, розробником науково-методичного забезпечення дистанційних матеріалів та помічником у наукових дослідженнях.

Типовий шлях навчання з використанням VR-технологій у сучасній освіті наглядно показано на рисунку 2. Для здійснення цього процесу необхідно вирішити низку питань організаційного характеру, вибрати засоби для створення та використання електронних навчальних матеріалів, спосіб контролю виконаних завдань.

Кожен навчальний заклад самостійно вибирає найбільш зручне програмне забезпечення для комунікації і створення електронних навчальних матеріалів. Є певні рекомендації і програми зі створення електронних підручників, посібників та конспективних матеріалів. Для підготовки до семінарів, практичних, лабораторних та дослідницьких занять розміщуються електронні методичні розробки. Також застосовуються електронні довідники та бази даних, до яких необхідно звертатися в процесі навчання (фізичні чи історичні довідники, бази юридичних законів, картографічних даних, стандартів тощо).

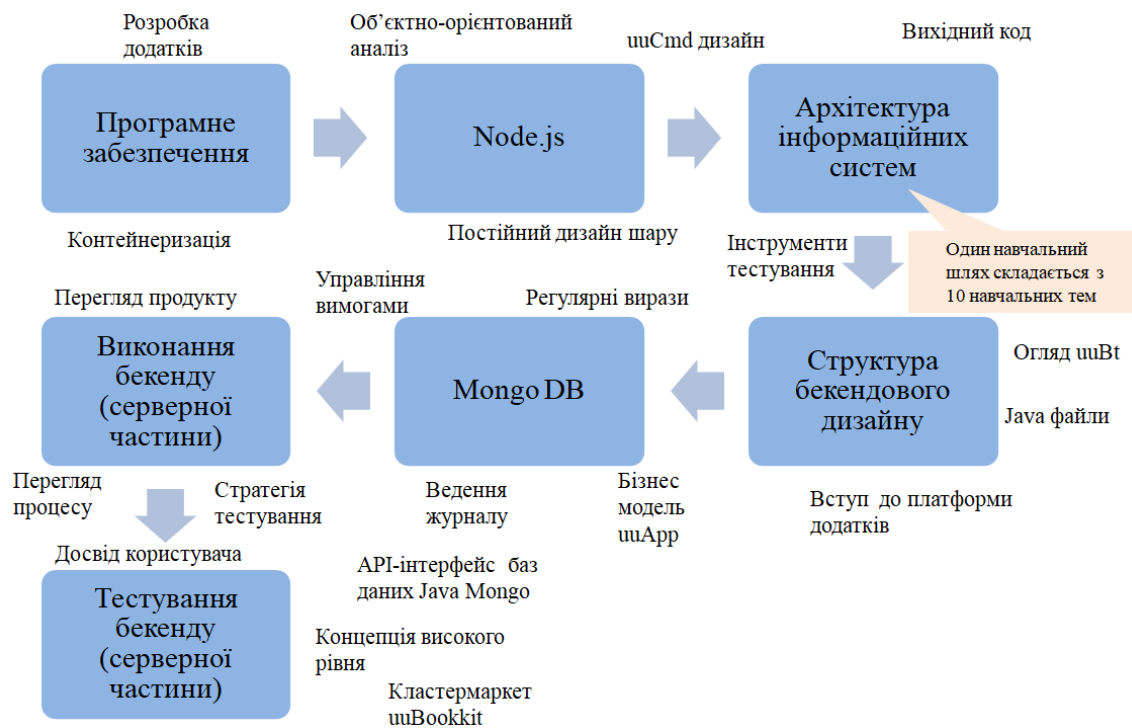


Рисунок 2. Типовий шлях інтерактивного навчання

Дистанційно виконувані роботи набувають все більшого застосування. Керування експериментом здійснюється послідовно з окремих діалогових вікон, кожне з яких викликається зі спільного інтерфейсу користувача. Кількість діалогових вікон може бути будь яка (за потреби), але найбільш необхідні і застосовані:

1. Вибір необхідних умов проведення експерименту.
2. Проведення експерименту.
3. Аналіз отриманих результатів.
4. Проведення обчислень, побудова графіків оформлення звіту.

Спрощені моделі віртуальних симуляторів лабораторних установок для наукових досліджень можливо розробити в навчальному закладі на базі даних реальних вимірювань. Задля цього необхідно достатньо компетентних викладачів, спроможних працювати з відповідним програмним забезпеченням для створення моделей віртуальних симуляторів. Створення моделей в трьохвимірних програмах (*SketchUp*, *AutoCAD*, *ARCHICAD*, *SolidWorks*, *3ds-max*) реалізується автоматично відповідно до набору заданих параметрів [7-10].

Доступність віртуальних приладів через комп'ютерні мережі, зокрема і мережу Internet, відкриває широкі можливості для моніторингу, збирання даних і керування віддаленими об'єктами (у тому числі за допомогою локальної мережі). Використання середовища *LabVIEW* у лабораторному практикумі дозволяє створювати й використовувати різноманітні прилади. У середовищі *LabVIEW*



поєднані можливості проведення віртуальних віддалених вимірювань на реальних об'єктах із широкими можливостями імітаційного моделювання.

При отриманні «експериментальних даних» результат кожного «спостереження» може бути визначений інтерполяцією даних та додаванням випадкової похибки. Величина похибки розраховується на основі характеристик приладів.

Інтерфейс користувача ВС може бути таким же, як у реальної установки, тому студент отримує навички і досвід постановки та проведення експерименту.

Перевагою ВС є можливість «підвищення швидкодії обладнання», що дає можливість у стислий термін дослідити вплив різних параметрів експерименту на його точність.

За умови творчої співпраці програмістів та викладачів застосування віртуальної лабораторної роботи наближає до виконання реальної і дає можливість пошукувачу набути навичок науково-дослідної роботи.

«Експериментальні» значення «вимірюваних величин» беруться з бази даних, які були отримані на реальних установках. Дослідники мають можливість спрогнозувати поведінку процесу за межами бази даних.

Отримані результати – алгоритм, методика та віртуальні моделі і стимулятори широко використовуються в навчальному процесі і при розробленні нових математичних моделей та інженерних рішень щодо апаратів та іншого обладнання.

*Висновки.* VR-технології сьогодні – це додаткова можливість використання чогось нового. До основних умов ефективного використання VR-технологій в наукових дослідженнях в освітньому процесі, слід віднести необхідність забезпечення постійного спілкування учасників наукових досліджень, активної особистої участі у спільній роботі, ефективність доцільного планування, особисту та колективну відповідальність за прийняття рішень і надання висновків та пропозицій.

Навчальні віртуальні програми не можуть повністю замінити викладання в навчальних закладах, бо в підсумку вони є лише імітацію реальних дій та об'єктів в інформаційному просторі. Їх доцільно широко використовувати при вивченні найбільш складних тем, проведенні дослідів, які можуть бути небезпечними в реальному становищі.

Актуальним напрямом подальшої роботи є аналіз сучасного стану застосування інструментів інтерактивного навчання в освіті, розроблення рекомендацій щодо їх ефективного використання у наукових дослідженнях.



## Список використаних джерел

1. Трач Ю. VR-технології як метод і засіб навчання. ISSN Online: 2312-5829. *Освітологічний дискурс*, 2017, № 3-4. С. 18–19.
2. Дереза О. О., Дереза С. В. Засоби і методи навчання професійним дисциплінам в технічному закладі вищої освіти. *Зб. наук.-метод. праць ТДАТУ «Удосконалення освітньо-виховного процесу в вищому навчальному закладі»*. 2019. Вип. 22. С. 202–210.
3. Дереза О. О., Мовчан С. І., Дереза С. В. Сучасні комп'ютерні технології у підготовці майбутніх інженерів АПК. *Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції: збірник наукових праць міжнар. наук.-практ. конф. Ч.2*. Тернопіль: Крок, 2019. С. 24–26.
4. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda Jaziar Radianti Tim A. Majchrzak Jennifer Fromm Isabell Wohlgenannt *Computers & Education* Vol. 147, April 2020, 103778.
5. Віртуальна та доповнена реальність: як нові технології надихають вчитися URL: [http://www.economy.nauka.com.ua/pdf/1\\_2020/71.pdf](http://www.economy.nauka.com.ua/pdf/1_2020/71.pdf) (дата звернення 15.02.2022).
6. Гладун М. А., Сабліна М. А. Сучасні онлайн інструменти інтерактивного навчання як технологія співробітництва. *Open educational e-environment of modern University*, № 4 2018.
7. Дереза О. О., Дереза С. В. Моделювання механічних передач. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. Вип. 10, том 1. URL: <http://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik>. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-30.
8. Bress T. *Effective LabVIEW Programming: (\*new file uploaded 02/19/15)*. NTS Press, 2013. 720 p. ISBN 9781934891087.
9. Історія віртуальної реальності з 19-го століття по наші дні URL: <https://www.imena.ua/blog/the-history-of-virtual-reality/>.
10. IT-Enterprise. Віртуальна реальність (VR): лучшие практики / IT-Enterprise // it.ua URL: <https://www.it.ua/ru/articles/virtualnaja-realnost-vr-luchshie-praktiki>. (дата звернення: 14.02.2022).
11. Chugunov M. V. Multi-disciplinary integration of engineering courses based on API-programming for CAD/CAE (2013) 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2013, стаття № 6644556, Pp. 138–139. DOI: 10.1109/ICL.2013.6644556.
12. Лабораторія дистанційного та віртуального навчання – (Дистанційне навчання дидактика, методика, організація-монографія) URL: <http://vdll.kture.kharkov.ua> (дата звернення 10.01.2022).





13. dela Cruz D. R., Mendoza D. M.M. Design and development of virtual laboratory: A solution to the problem of laboratory setup and management of pneumatic courses in bulacan state university college of engineering 2018 *IEEE games, entertainment, media conference*, IEEE (2018), Pp. 1–23.
14. AlAwadhi S., AlHabib N., Murad D., AlDeei F., AlHouti M., Beyrouthy T., *et al.* Virtual reality application for interactive and informative learning 2017 *2nd international conference on bio-engineering for smart technologies*, IEEE (2017), Pp. 1–4.
15. Boulton C. A., Kent C., Williams H. T. Virtual learning environment engagement and learning outcomes at a ‘bricks-and-mortar’ university. *Computers & Education*, 126 (2018), Pp. 129–142.

Стаття надійшла до редакції 14.03.2022 р.

**O. Dereza, B. Boltianskyi, S. Dereza**  
**Dmytro Motornyi Tavsria State Agrotechnological University**

## **USE OF VR-TECHNOLOGIES IN SCIENTIFIC RESEARCH**

### ***Summary***

Improving the quality of education is impossible without the use of new approaches and teaching methods, which are implemented in close cooperation with the latest information technologies. Interactive learning technologies, including VR-technologies, have great educational and developmental potential, provide maximum activity of participants in the educational process and its effectiveness, allow you to choose the optimal learning time.

This article discusses the main methods and programs for digital technologies. A review and analysis of literature sources related to VR-technologies, simulators, the use of virtual software.

The main software products are presented, with the help of which teaching methods, electronic textbooks, virtual laboratories, control and evaluation system are created and implemented.

Possibilities of using online tools and resources that allow to organize cooperation during research are analyzed. The paper highlights the basis of techniques for creating and using VR-technologies in modern education.

One of the promising educational methods of modern information technology is the educational environment - virtual reality (VR), which is simulated by a computer and is considered as a special information environment in which all objects are presented in three-dimensional space. There is currently little systematic work on how researchers have applied virtual reality for higher education purposes.

Virtual educational programs cannot completely replace teaching in educational institutions, because in the end they are only an imitation of real actions and objects in the information space. It is advisable to widely use them when studying the most complex topics, conducting experiments that can be dangerous in a real situation.

**Key words:** interactive technologies, VR-technologies, virtual laboratory, virtual simulator, virtual reality, software.