

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

*Журнал заснований у 1918 році*

**ВЧЕНІ ЗАПИСКИ  
ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

**Серія: Технічні науки**

**Том 31 (70) № 6 2020**

**Частина 2**



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2020

## Головний редактор:

**Кисельов Володимир Борисович** – доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту муніципального управління та міського господарства Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського.

## Члени редакційної колегії:

**Медведєв Микола Георгійович** (відповідальний секретар) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

**Бронін Сергій Вадимович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних систем та технологій Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

**Домніч Володимир Іванович** – кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизованого управління технологічними процесами Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

**Дехтяр Анатолій Соломонович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри архітектурних конструкцій Національної академії образотворчого мистецтва і архітектури;

**Дичко Аліна Олегівна** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерної екології Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

**Дубко Валерій Олексійович** – доктор фізико-математичних наук, професор, професор кафедри вищої математики Київського національного університету технології та дизайну;

**Єремєєв Ігор Семенович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизованого управління технологічними процесами Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

**Лисенко Олександр Іванович** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри телекомунікацій Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Огородник Станіслав Станіславович** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

**Сегай Олександр Михайлович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

**Чумаченко Сергій Миколайович** – доктор технічних наук, старший науковий співробітник, завідувач кафедри інформаційних систем Національного університету харчових технологій;

**Цомко Олена** – доктор філософії по спеціальності «Безпека і управління інформацією», відділення комп'ютерної інженерії, Інститут Міжнародної освіти, Університет Донгсо, Республіка Корея.

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

**Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet  
Вченою радою Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського  
(протокол № 4 від 26.11.2020 року)**

Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки» зареєстровано Міністерством юстиції України (Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого ЗМІ серія КВ № 22895-12795Р від 11.08.2017 року)

Журнал включено до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») з технічних наук (спеціальності: 144. Теплоенергетика, 161. Хімічні технології та інженерія, 172. Телекомунікації та радіотехніка) відповідно до Наказу МОН України від 17.03.2020 № 409 (додаток 1), 121. Інженерія програмного забезпечення, 123. Комп'ютерна інженерія, 126. Інформаційні системи та технології, 151. Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 275. Транспортні технології (за видами) відповідно до Наказу МОН України від 02.07.2020 № 886 (додаток 4)

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

Сторінка журналу: [www.tech.vernadskyjournals.in.ua](http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua)

**ISSN 2663-5941 (Print)**

**ISSN 2663-595X (Online)**

© Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, 2020

## ЗМІСТ

### ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

**Залюбовський М.Г., Панасюк І.В.**

СИЛОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ШЕСТИЛАНКОВОГО МЕХАНІЗМУ МАШИНИ ДЛЯ  
ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ (ЧАСТИНА 2: ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ РОБОТІ МАШИНИ НА РОБОЧОМУ ХОДІ).....1

### АВІАЦІЙНА ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА

**Бойко С.М., Ножнова М.О., Журід В.І., Олійник Ю.Л., Ємець В.В.**

ДО ПИТАННЯ ЛЬОТНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ  
ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СФЕРИ ЇХ УПРОВАДЖЕННЯ.....7

**Бойко С.М., Стущанський Ю.В., Хебда А.С., Голованов С.Л., Шахова О.В.**

АСПЕКТИ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВІОНІКИ ВЕРТОЛЬОТІВ МІ-2  
ТА МІ-8 ДОДАТКОВОЮ ІНДИКАЦІЄЮ ПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....12

**Остапчук Е.С.**

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ДОЗАПРАВКИ ПАЛИВОМ У ПОВІТРІ В РАЗІ ПОСТАНОВКИ  
ЗАВДАНЬ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ НА ЕТАПІ СТИКУВАННЯ...17

### КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

**Коваленко І.В.**

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ СУДНОВИХ  
ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РІЗНОРІДНИХ СТАЛЕЙ.....21

### ЕНЕРГЕТИКА

**Гулей А.Б., Ключка Е.П.**

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ УГЛЯ  
НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ТОПКИ КОТЛА ТПП-312А.....27

### МЕТАЛУРГІЯ

**Воденнікова О.С., Воденніков С.А., Вінник І.І.**

АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ТРАВІЛЬНОМУ ВІДДІЛЕННІ.....35

**Нежурин В.И., Николенко А.В., Куваев В.Ю., Иващенко В.П.**

СТРУКТУРА РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ШАХТНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ  
ДЛЯ ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА С УЧЕТОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО  
ИССЛЕДОВАННЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОДЕРЖИМОГО ВАННЫ.....42

### ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

**Федоришин О.М., Князева К.С., Хом'як С.В., Петріна Р.О.**

ОПТИМІЗАЦІЯ ОДЕРЖАННЯ ФЛАВОНОЇДІВ І ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК  
З ЕКСТРАКТІВ БІОМАСИ *CARLINA ACAULIS*.....48

**Фролова Л.А.**

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФЕРИТИЗАЦІЇ В СИСТЕМІ  $\text{CO}_2^+ \text{-FE}^{2+} \text{-SO}_4^{2-} \text{-OH}^-$   
ПІД ДІЄЮ КОНТАКТНОЇ НЕРІВНОВАЖНОЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЛАЗМИ.....54

### ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

**Антоненко А.В., Бровенко Т.В., Земліна Ю.В., Толоч Г.А., Криворучко М.Ю., Грищенко І.М., Бігдан О.О.**

ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ ХОЛОДНИХ ЗАКУСОК  
ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН.....58

**Марченко Н.І., Дітріх І.В.**

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ WELLNESS-ІННОВАЦІЙ В ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ.....65

<b>Одарченко Д.М., Соколова Є.Б., Карбівнича Т.В., Сподар К.В.</b> КВАЛІМЕТРИЧНА ОЦІНКА НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ СМУЗИ.....	70
<b>Очеретна А.В., Фролова Н.Е.</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ОЛІЇ РИЖІЮ ТА ПЕРСПЕКТИВ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ДІЄТИЧНОМУ ХАРЧУВАННІ.....	76
<b>Rohova N.V., Volodko O.V.</b> NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE OF JUICES, THEIR EFFECT ON THE HUMAN BODY AND THEIR IMPORTANCE IN NUTRITION.....	82
<b>Ряполова І.О., Гончарук Д.В.</b> РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ТА ЕКСПЕРТИЗА СОУСНОЇ ПРОДУКЦІЇ ІЗ НЕКОНДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ....	89
<b>Скульська І.В., Цісарик О.Й., Сливка Н.Б.</b> ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ БРИНЗИ, ВИГОТОВЛЕНОЇ ЗА ЧАСТКОВОЇ ЗАМІНИ ХЛОРИДУ НАТРІЮ.....	95
<b>Шинкарук М.В., Кірова Я.В.</b> ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ КОНСЕРВОВАНИХ ОГІРКІВ.....	101

## ТРАНСПОРТ

<b>Арсеньєва Н.О., Фоменко Г.Р.</b> ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ – ШЛЯХ ДО ПОКРАЩЕННЯ УМОВ РУХУ.....	107
<b>Боровик С.С.</b> МЕТОДИКА РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ РУХУ ПАСАЖИРСКИХ СУДЕН.....	114
<b>Гаврілюк В.І., Тітов С.С., Єгольников О.О.</b> УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДІАГНОСТУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ НА ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ.....	120
<b>Даки О.А., Ткаченко В.В., Будолак С.Ю.</b> МЕТОД УПРАВЛІННЯ ВИТРАТОЮ ПАЛИВА НА РІЧКОВИХ СУДНАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СПЛАЙН-ФУНКЦІЙ.....	129
<b>Єманов В.В., Полтавський Е.М., Споришев К.О., Карпенко С.І.</b> МЕТОД ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СУКУПНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ І ВУЗЛІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ДІАГНОСТОВАНИХ ЗА КРИТЕРІЯМИ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	135
<b>Іванченко О.В., Іванченко А.О.</b> ВПЛИВ СУМАРНОЇ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО НА ЗМІНУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	144
<b>Круглий Д.Г.</b> КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РІЧКОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ.....	150

## БУДІВНИЦТВО

<b>Дегтяр М.В.</b> ОСОБЛИВОСТІ ПОВОДЖЕННЯ З РІДКИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ.....	158
<b>Khrapatova I.V., Naidonova V.E.</b> WORK OF PILE FOUNDATIONS IN SWELLING-SHRINKING AND SUBSIDENCE SOILS.....	164

## ГЕОДЕЗІЯ

<b>Бузіна І.М., Коломієць С.М., Леженкін І.О.</b> ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ТА УПРАВЛІННЯ НА РІВНІ АДМІНІСТРАТИВНОГО РАЙОНУ.....	168
---	-----

<b>ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....</b>	174
-----------------------------------	-----

# CONTENTS

## INDUSTRIAL ENGINEERING

**Zalyubovskiy M.G., Panasyuk I.V.**

POWER STUDY OF THE SPATIAL SIX-LINK MECHANISM OF THE MACHINE  
FOR PROCESSING PARTS (PART 2: RESEARCH WHEN THE MACHINE IS RUNNING).....1

## AIRCRAFT AND AEROSPACE TECHNIQUES

**Boiko S.M., Nozhnova M.O., Zhurid V.I., Oliinyk Yu.L., Yemets V.V.**

ON THE ISSUE OF FLIGHT OPERATION OF UNMANNED AIRCRAFT DEPENDING  
ON THE FIELD OF THEIR IMPLEMENTATION .....7

**Boiko S.M., Stushchansky Yu.V., Hebda A.S., Golovanov S.L., Shakhova O.V.**

ASPECTS OF MODERNIZATION OF MI-2 AND MI-8 HELICOPTERS AIRCRAFT  
WITH ADDITIONAL INDICATION OF FLIGHT INFORMATION.....12

**Ostapchuk E.S.**

FEATURES OF THE PROCESS OF MID-AIR REFUELLING WHILE SETTING OBJECTIVES  
OF AUTOMATIC AIRCRAFT CONTROL AT THE STAGE OF ATTACHING.....17

## SHIPBUILDING

**Kovalenko I.V.**

WAYS TO INCREASE TECHNOLOGICAL RELIABILITY  
OF SHIP ENERGY INSTALLATIONS WITH THE USE OF DIFFERENT STEEL .....21

## POWER ENGINEERING

**Huley O.B., Kliuchka Y.P.**

ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF CHANGE OF COAL HUMIDITY ON THE TEMPERATURE  
REGIME OF THE FIREPLACE OF THE BOILER TPP-312A.....27

## METALLURGY

**Vodennikova O.S., Vodennikov S.A., Vinnyk I.I.**

ANALYSIS OF PRODUCTIVITY OF EXHAUST VENTILATION IN THE LAWNING DEPARTMENT.....35

**Nezhurin V.I., Nikolenko A.V., Kuvaiev V.Yu., Ivashenko V.P.**

THE STRUCTURE OF THE WORKING SPACE OF A RECTANGULAR MINE ELECTRIC FURNACE  
FOR SMELTING FERROSILICON MANGANESE, WITH CONSIDERING THE EXPERIMENTALLY  
STUDIED GAS-DYNAMIC FEATURES OF THE CONTENTS OF THE BATH .....42

## CHEMICAL TECHNOLOGY

**Fedoryshyn O.M., Kniazieva K.S., Khomyak S.V., Petrina R.O.**

OPTIMIZATION OF OBTAINING OF FLAVONOIDS AND PHENOLIC COMPOUNDS  
FROM EXTRACTS OF BIOMASS *CARLINA ACAULIS*.....48

**Frolova L.A.**

INVESTIGATION OF THE FERRITIZATION PROCESS IN THE  $\text{CO}^{2+}$  - $\text{Fe}^{2+}$  - $\text{SO}_4^{2-}$  -  $\text{OH}^-$  BY ACTION  
OF CONTACT NON-EQUILIBRIUM LOW-TEMPERATURE PLASMA.....54

## TECHNOLOGY OF FOOD PROCESSING AND CONSUMER GOODS INDUSTRY

**Antonenko A.V., Brovenko T.V., Zemlina U.V., Tolok G.A.,**

**Krivoruchko M.U., Grischenko I.M., Bihdan O.O.**

TECHNOLOGY OF COOKING SNACKS WITH HIGH CONTENT OF FOOD FIBERS .....58

**Marchenko N.I., Ditrikh I.V.**

PROSPECTS OF WELLNESS INNOVATION IN THE HOSPITALITY INDUSTRY .....65

<b>Odarhenko D.M., Sokolova Ye.B., Karbivnycha T.V., Spodar K.V.</b> QUALIMETRIC EVALUATION SEMI-FINISHED PRODUCT FOR A SMOOTHIE .....	70
<b>Ocheretna A.V., Frolova N.E.</b> RESEARCH OF QUALITATIVE COMPOSITION OF RYZHIYA OIL AND PROSPECTS OF ITS USE IN DIETARY NUTRITION .....	76
<b>Rohova N.V., Volodko O.V.</b> NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE OF JUICES, THEIR EFFECT ON THE HUMAN BODY AND THEIR IMPORTANCE IN NUTRITION.....	82
<b>Ryapolova I.O., Honcharuk D.V.</b> DEVELOPMENT OF RECIPES AND EXAMINATION OF SAWN PRODUCTS FROM NON-CONDENSED RAW MATERIALS .....	89
<b>Skulska I.V., Tsisaryk O.I., Slyvka N.B.</b> FORMATION OF QUALITATIVE INDICATORS OF THE CHEESE MADE AT PARTIAL REPLACEMENT OF SODIUM CHLORIDE .....	95
<b>Shyinkaruk M.V., Kirova Ya.V.</b> RATIONALE FOR THE DEVELOPMENT OF THE DEVELOPMENT OF A NEW TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF CANNED CUCUMBERS WITH THE ADDITION OF NON-TRADITIONAL PLANTS .....	101
<b>TRANSPORT</b>	
<b>Arsenieva N.O., Fomenko H.R.</b> FUNCTIONAL CLASSIFICATION OF CITY STREETS AND ROADS – WAYS TO IMPROVE TRAFFIC CONDITIONS .....	107
<b>Borovyk S.S.</b> METHODOLOGY OF DEVELOPMENT AND SELECTION OF THE OPTIMAL ROUTE OF PASSENGER VESSELS .....	114
<b>Havryliuk V.I., Titov S.S., Yeholnikov O.O.</b> MANAGEMENT OF PROCESSES OF DIAGNOSIS AND MONITORING OF AUTOMATIC MEANS ON PRIVATE RAILWAYS .....	120
<b>Daki O.A., Tkachenko V.V., Budolak S.Yu.</b> FUEL CONSUMPTION CONTROL METHOD ON RIVER SHIPS USING SPLINE FUNCTIONS .....	129
<b>Yemanov V.V., Poltavskyi E.M., Sporyshev K.O., Karpenko S.I.</b> METHOD OF FORMING A RATIONAL SET OF DIAGNOSTIC PARAMETERS OF SYSTEMS AND COMPONENTS OF THE VEHICLE, DIAGNOSED ACCORDING TO THE CRITERIA OF OPERATIONAL SAFETY .....	135
<b>Ivanchenko O.V., Ivanchenko A.O.</b> THE INFLUENCE OF TOTAL FUEL CONSUMPTION ON THE CHANGE OF THE TECHNICAL CONDITION OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT.....	144
<b>Kruhlyi D.H.</b> KEY PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS RIVER INFORMATION SYSTEMS OF UKRAINE.....	150
<b>CONSTRUCTION</b>	
<b>Dehtiar M.V.</b> FEATURES MANAGEMENT OF LIQUID HOUSEHOLD WASTE .....	158
<b>Khrapatova I.V., Naidonova V.E.</b> WORK OF PILE FOUNDATIONS IN SWELLING-SHRINKING AND SUBSIDENCE SOILS.....	164
<b>GEODESY</b>	
<b>Buzina I.M., Kolomiets S.M., Lezhenkin I.O.</b> GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR ASSESSMENT OF LAND RESOURCES AND GOVERNANCE AT THE ADMINISTRATIVE AREA.....	168
<b>INFORMATION ABOUT AUTHORS.....</b>	174

# ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.924.7

DOI https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/01

**Залюбовський М.Г.**

Відкритий міжнародний університет розвитку людини «Україна»

**Панасюк І.В.**Навчально-науковий інститут інженерії та інформаційних технологій  
Київського національного університету технологій та дизайну

## СИЛОВЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОГО ШЕСТИЛАНКОВОГО МЕХАНІЗМУ МАШИНИ ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ (ЧАСТИНА 2: ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИ РОБОТІ МАШИНИ НА РОБОЧОМУ ХОДІ)

Для виконання галтувальних технологічних операцій обробки дрібних металевих і полімерних деталей (шліфування та полірування дрібних деталей абразивом у вигляді гранул, відділення деталей від ливників, подрібнення, очищення металевих деталей від продуктів корозії, заокруглення гострих країв тощо) використовують різні типи обладнання. Найбільш ефективним типом обладнання, що забезпечує високопродуктивну обробку деталей, є машини зі складним просторовим рухом робочих ємностей. За допомогою системи автоматизованого проектування SolidWorks 2016 Motion виконано 3D моделювання руху робочого масиву всередині ємності, яка виконує складний просторовий рух, із подальшим силовим дослідженням просторового шестиланкового механізму галтувальної машини. Слід відзначити, що у просторовому механізмі досліджуваної машини наявний пасивний (надлишковий) зв'язок, який може мати негативний вплив на її експлуатаційні властивості. Суть силового дослідження полягає у визначенні реакцій в усіх кінематичних парах просторового механізму машини при її роботі на робочому ході. На основі проведеного силового дослідження просторового механізму машини встановлено, що значення усіх реакцій у кінематичних парах машини при роботі її на робочому ході пропорційно збільшилося приблизно на 40–50% від значення реакцій у кінематичних парах машини при роботі її на холостому ході, максимальні значення мають радіальні складові частини реакцій, мінімальні – осьові складові. Результати досліджень дали можливість отримати «гранично допустимі» значення реакцій у кінематичних парах машини та можуть бути використані для подальшого розрахунку напружень у кінематичних парах аналогічних просторових механізмів галтувальних машин зі складним просторовим рухом робочих ємностей із метою визначення їх надійності та доцільності використання у промисловості.

**Ключові слова:** просторовий рух, силове дослідження, реакції, кінематична пара, робоча ємність.

**Постановка проблеми.** Для виконання галтувальних технологічних операцій [1, с. 145–150] обробки металевих і полімерних деталей (шліфування та полірування дрібних деталей абразивом у вигляді гранул [2, с. 24–25], відділення деталей від ливників [3, с. 120], подрібнення, очищення металевих деталей від продуктів корозії тощо) використовують «базову» конструкцію машини [4, с. 21], в якій робоча ємність виконує складний просторовий рух. У роботі [5] за допомогою САПР SolidWorks було виконано силове дослідження просторового механізму такої конструкції машини при її роботі на холостому ході, на основі якого було встановлено характер зміни реакцій у всіх обертових кінематичних парах машини,

встановлено, які з реакцій мають максимальне значення, а які – мінімальне. Однак невідомо, який характер матиме зміна реакцій у кінематичних парах машини при роботі її на робочому ході (із завантаженим робочим масивом). Також відомо [6, с. 260–262], що завантажений робочий масив під час складного просторового руху ємності створює значні інерційні навантаження на її стінки, які, відповідно, будуть передаватися й на інші рухомі ланки та кінематичні пари машини. Таке інерційне навантаження, спричинене переміщенням робочого масиву, також впливатиме на збільшення реакцій у всіх кінематичних парах просторового механізму машини. Таким чином, за допомогою САПР SolidWorks необхідно

виконати силове дослідження просторового механізму «базової» конструкції машини при її роботі на робочому ході, визначивши величину та характер зміни реакцій у всіх кінематичних парах.

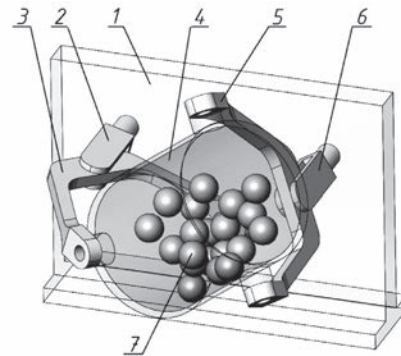
**Постановка завдання.** Мета роботи – визначення реакцій у всіх кінематичних парах просторового шестиланкового механізму машини при її роботі на робочому ході за допомогою САПР SolidWorks.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Модель «Базової» конструкції машини із завантаженим робочим масивом [4, с. 21] представлена на рис. 1. Така конструкція є прототипом промислового змішувача «Turbula T10B», який сьогодні є в серійному виробництві швейцарської компанії «Willy A. Bachofen Group» [7]. Окрім використання як змішувача [8 с. 18–19], відоме успішне використання машини для реалізації різних галтувальних технологічних процесів, зокрема для відділення металевих деталей замка «блискавка» від ливників [9, с. 28–31], а також шліфування та полірування різних дрібних полімерних деталей [10, с. 25–30].

При моделюванні руху робочого масиву ємність згідно з результатами попередніх досліджень [4, с. 155–165; 11 с. 160] заповнювали приблизно на 35% від її загального об’єму. Як робочий масив використовувалися 20 куль діаметром 0,065 м (65 мм) і масою 0,8 кг. При моделюванні елементів робочого масиву його загальну масу приймали, виходячи зі специфіки галтувальних технологічних операцій, які можна виконати на цій машині. Таким чином, загальна маса змодельованого робочого масиву відповідала масі робочого масиву, що завантажується до робочої ємності машини з аналогічними геометричними параметрами при виконанні технологічної операції відділення металевих деталей від ливників. Ведучому валу машини надавалася кутова швидкість, яка відповідає реалізації водоспадного режиму руху [6, с. 262] робочого масиву. Саме при водоспадному режимі руху робочого масиву виникає найбільше інерційне навантаження на стінки робочої ємності, що, у свою чергу, впливатиме на збільшення значень реакцій у кінематичних парах просторового механізму. Усі геометричні та конструктивні параметри цієї моделі машини, а також інші необхідні для проведення подальших досліджень дані представлені у табл. 1.

Аналогічно до [5] за допомогою САПР SolidWorks визначали зміну радіальних та осьових складників реакцій у кожній кінематичній парі просторового механізму «базової» конструкції машини за один повний оберт її ведучого валу. Схематичне зображення векторів реакцій у кінематичних парах просторового механізму «базової» конструкції машини представлено на рис. 2.

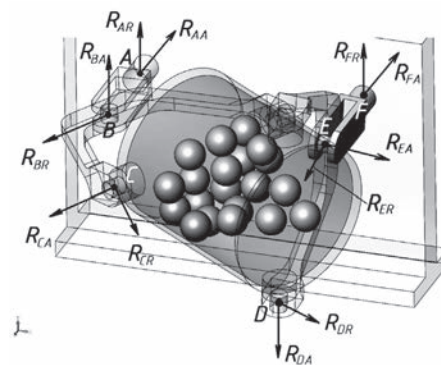
матичних парах просторового механізму «базової» конструкції машини представлено на рис. 2.



**Рис. 1.** Модель «базової» конструкції машини, де 1 – станина, 2 – ведучий вал, 3 – ведуча вилка, 4 – робоча ємність, 5 – ведена вилка, 6 – ведений вал, 7 – робочий масив

Таблиця 1

Технічна характеристика моделі «базової» конструкції машини	
Діаметр робочої ємності $d_{PC}$	0,318 м (318 мм)
Довжина (між протилежними торцями) робочої ємності $l_{Ц}$	0,342 м (342 мм)
Міжосьова відстань робочої ємності $l_{PC}$	0,272 м (272 мм)
Об’єм робочої ємності $V_{PC}$	0,0024 м <sup>3</sup> (24 л)
Коефіцієнт $\delta$ , що характеризує співвідношення $l_{PC} / l_B$	1
Масштабний коефіцієнт $n$	2,5
Маса завантаженого робочого масиву $m$	16 кг
Маса усіх рухомих деталей машини $m_D$	42 кг
Характеристика тіл робочого масиву	20 куль діаметром 0,065 м (65 мм) і масою 0,8 кг
Рівень заповнення ємності робочим масивом	40%
Кутова швидкість ведучого валу машини $\omega_{ведч.}$	3,3 с <sup>-1</sup> (32 об/хв)
Режим руху робочого масиву	Водоспадний



**Рис. 2.** Схематичне зображення векторів реакцій у кінематичних парах просторового механізму «базової» конструкції машини



Було визначено реакції  $R$  в 6 обертальних кінематичних парах машини:  $A, B, C, D, E$  та  $F$ . Реакція  $R$  у кожній кінематичній парі (далі – КП) була розподілена на дві складові частини: радіальну й осьову, таким чином:

$R_{AA}$  – осьова складова частина реакції в КП «станина – ведучий вал»;

$R_{AR}$  – радіальна складова частина реакції в КП «станина – ведучий вал»;

$R_{BA}$  – осьова складова частина реакції в КП «ведучий вал – ведуча вилка»;

$R_{BR}$  – радіальна складова частина реакції в КП «ведучий вал – ведуча вилка»;

$R_{CA}$  – осьова складова частина реакції в КП «ведуча вилка – робоча ємність»;

$R_{CR}$  – радіальна складова частина реакції в КП «ведуча вилка – робоча ємність»;

$R_{DA}$  – осьова складова частина реакції в КП «робоча ємність – ведена вилка»;

$R_{DR}$  – радіальна складова частина реакції в КП «робоча ємність – ведена вилка»;

$R_{EA}$  – осьова складова частина реакції в КП «ведена вилка – ведений вал»;

$R_{ER}$  – радіальна складова частина реакції в КП «ведена вилка – ведений вал»;

$R_{FA}$  – осьова складова частина реакції в КП «ведений вал – станина»;

$R_{FR}$  – радіальна складова частина реакції в КП «ведений вал – станина».

Таким чином, на рис. 3–8 представлено графічні залежності реакцій у відповідних кінематичних парах просторового механізму «базової» конструкції машини від кута повороту ведучого валу машини при роботі машини на робочому ході (із завантаженням робочого масиву).

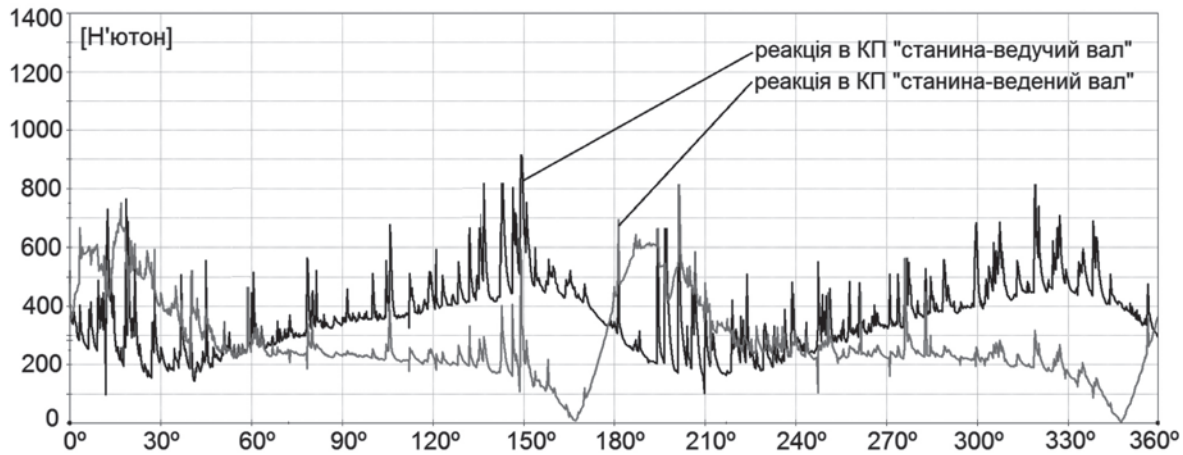


Рис. 3. Залежності величини радіальних реакцій  $R_{AR}$  та  $R_{FR}$  від кута повороту ведучого валу «базової» конструкції машини на робочому ході

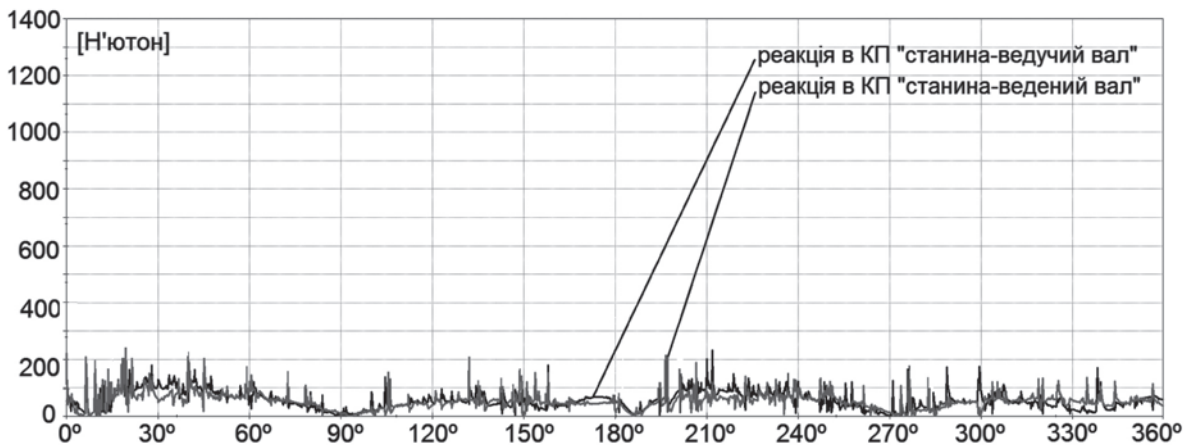


Рис. 4. Залежності величини осьових реакцій  $R_{AA}$  та  $R_{FA}$  від кута повороту ведучого валу «базової» конструкції машини на робочому ході



Рис. 5. Залежності величини радіальних реакцій  $R_{BR}$  та  $R_{ER}$  від кута повороту ведучого валу «базової» конструкції машини на робочому ході



Рис. 6. Залежності величини осьових реакцій  $R_{BA}$  та  $R_{EA}$  від кута повороту ведучого валу «базової» конструкції машини на робочому ході



Рис. 7. Залежності величини радіальних реакцій  $R_{CR}$  та  $R_{DR}$  від кута повороту ведучого валу «базової» конструкції машини на робочому ході

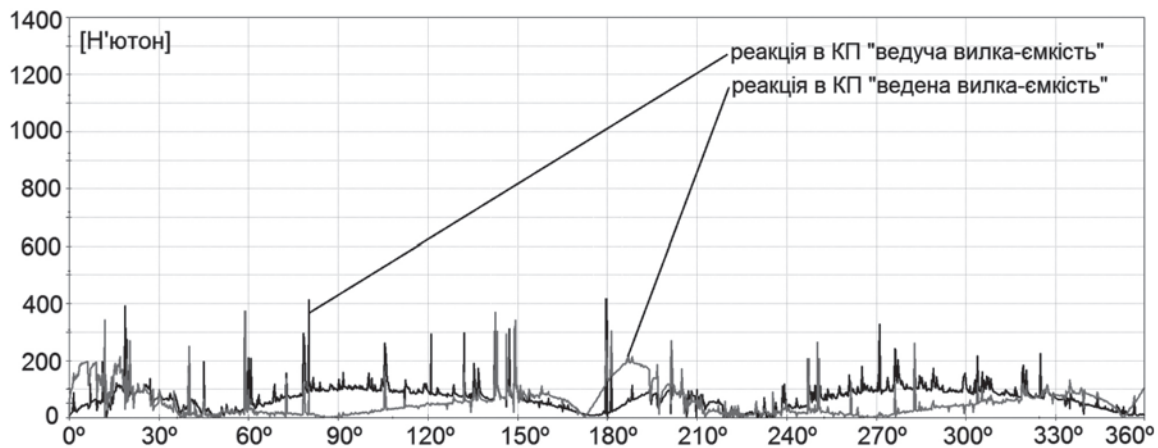


Рис. 8. Залежності величини осьових реакцій  $R_{CA}$  та  $R_{DA}$  від кута повороту ведучого валу «базової» конструкції машини на робочому ході

Таким чином, проаналізувавши графіки, представлені на рис. 3–8, ми встановили, що отримані криві мають значну кількість «стрибоподібних» екстремумів. Загалом виникнення «стрибоподібних» екстремумів має випадковий характер і зумовлене постійними, циклічними та випадковими зіткненнями елементів робочого масиву із внутрішніми стінками ємності.

При порівнянні отриманих результатів силового дослідження машини при її роботі на робочому ході із результатами силового дослідження на холостому ході, представленими у роботі [5], встановлено, що закономірність зміни кривих в обох випадках залишається аналогічною.

Отримані результати дослідження можуть бути використанні для подальшого розрахунку напру-

жень у кінематичних парах аналогічних просторових механізмів галузевих машин.

**Висновки.** Визначено реакції в усіх кінематичних парах просторового шестиланкового механізму машини при її роботі на робочому ході за допомогою САПР SolidWorks.

Значення усіх реакцій у кінематичних парах машини при роботі її на робочому ході пропорційно збільшилося приблизно на 40–50% від значення реакцій у кінематичних парах машини при роботі її на холостому ході.

Екстремуми радіальних складових частин реакцій у всіх кінематичних парах машини перевищують екстремуми відповідних осьових складових реакцій.

#### Список літератури:

1. Бурмістенков О.П. Виробництво литих деталей та виробів з полімерних матеріалів у взуттєвій та шкіргалантерейній промисловості : монографія / за ред. В.П. Коновала. Хмельницький : ХНУ, 2007. 255 с.
2. Zalyubovskiy M.G., Panasyuk I.V., Smirnov Y.I., Klaptsov Y.V., Malyshev V.V. Experimental investigation of the handling process of polymeric units in a machine with a compacted space movement of working capacity. *Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*. 2019. № 2. P. 24–32.
3. Копин В.А., Макаров В.Л., Ростовцев А.М. Обработка изделий из пластмасс. Москва : Химия, 1988. 176 с.
4. Marigo M. Discrete Element Method Modelling of Complex Granular Motion in Mixing Vessels: Evaluation and Validation: dissertation EngD. The University of Birmingham, UK., 2012. P. 311.
5. Залюбовський М.Г., Панасюк І.В., Малишев В.В. Силowe дослідження просторового механізму «базової» конструкції машини для обробки деталей (частина 1: дослідження при роботі машини на холостому ході). *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія : технічні науки*. 2020. № 5. Т. 31 (70).
6. Panasyuk I., Zalyubovskiy M. Driving machine shaft angular velocity impact on motion conditional change of granular medium in working reservoir for components compounding and process. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. № 3. P. 260–264.
7. Willy A. Bachofen (WAB): сайт Willy A. Bachofen AG, Maschinenfabrik. 2019. URL: <https://www.wab-group.com/en/> (дата відвідування: 08.08.2020).
8. Marigo M., Cairns D.L., Davies M., Ingram A., Stitt E.H. Developing Mechanistic Understanding of Granular Behaviour in Complex Moving Geometry using the Discrete Element Method. Part B: Investigation of Flow and Mixing in the Turbula® mixer. *Powder Technology*. 2011. Vol. 212. P. 17–24.

9. Залюбовський М.Г., Панасюк І.В. Експериментальне дослідження впливу режимів руху робочого масиву та об'єму заповнення ємності на інтенсивність відділення металевих деталей від ливників. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну*. 2020. № 1 (142). С. 27–38.

10. Zalyubovskiy M.G., Panasyuk I.V., Smirnov Y.I., Klaptsov Y.V., Malyshev V.V. Analytical determination of the time of handling process of polymeric details in a machine with a complex movement of working container. *Bulletin of the Kyiv National University of Technologies and Design*. 2019. № 2. P. 24–32.

11. Залюбовський М.Г. Панасюк І.В. Малишев В.В., *Машини зі складним рухом робочих ємностей для обробки полімерних деталей* : монографія. Київ : Університет «Україна», 2018. 228 с.

**Zalyubovskiy M.G., Panasyuk I.V. POWER STUDY OF THE SPATIAL SIX-LINK MECHANISM OF THE MACHINE FOR PROCESSING PARTS (PART 2: RESEARCH WHEN THE MACHINE IS RUNNING)**

*Various types of equipment are used to perform tumbling technological operations for processing small metal and polymer parts (grinding and polishing small parts with abrasive in the form of granules, separating parts from sprues, grinding, cleaning metal parts from corrosion products, rounding of sharp edges, etc.). The most efficient type of equipment providing high-performance processing of parts are machines with complex spatial movement of working containers. With the help of the SolidWorks 2016 Motion computer-aided design system, 3D modeling of the movement of the working mass inside the container was performed, which performs complex spatial movement, followed by a force study of the spatial six-link mechanism of the tumbler. It should be noted that in the spatial mechanism of the machine under study there is a passive (redundant) connection, which can have a negative impact on its operational properties. The essence of the force research is to determine the reactions in all kinematic pairs of the spatial mechanism of the machine during its operation at the working stroke. On the basis of the conducted power study of the spatial mechanism of the machine, it was found that the value of all reactions in the kinematic pairs of the machine, when it is working at the working stroke, proportionally increased by about 40–50% of the value of the reactions in the kinematic pairs of the machine, when it is idling, the maximum values are for the radial components of the reactions, the minimum values are for the axial components of the reactions. The research results made it possible to obtain the “maximum permissible” values of the reactions in the kinematic pairs of the machine and can be used in the further calculation of stresses in the kinematic pairs of similar spatial mechanisms of tumbling machines with complex spatial motion of working containers in order to determine their reliability and expediency of use in industry.*

**Key words:** *spatial motion, force research, reactions, kinematic pair, working capacity.*

## АВІАЦІЙНА ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА

УДК 629.7.01

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/02>**Бойко С.М.**

Криворізький національний університет

**Ножнова М.О.**

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

**Журід В.І.**

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

**Олійник Ю.Л.**

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

**Ємець В.В.**

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

### ДО ПИТАННЯ ЛЬОТНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СФЕРИ ЇХ УПРОВАДЖЕННЯ

Безпілотні літальні апарати та їх впровадження в різні сфери сьогодні є дуже актуальною темою для дослідження. Безпілотні літальні апарати нині застосовуються в таких сферах, як археологія, архітектура, сільське господарство, містобудування, аеротаксі, картографія, кінозйомка тощо. На даний момент ведуться розробки безпілотних літальних апаратів для польотів у відкритому космосі, для роботи в агресивному середовищі й на інших планетах. Безпілотні літальні апарати активно використовуються у військових цілях. Безпілотні літальні апарати є ефективними в застосуванні для моніторингу навколишнього середовища. Також безпілотні літальні апарати застосовуються для забезпечення правопорядку підрозділами Міністерства внутрішніх справ як України, так й інших країн світу. Розвиток функціональних можливостей безпілотних літальних апаратів дає додаткові можливості під час їх експлуатації та покращує їхні льотні характеристики. Водночас у залежності від сфер упровадження безпілотних літальних апаратів та від завдань, які перед ними ставляться, залежать і їхні тактико-технічні характеристики. Зважаючи на різноманітні задачі та специфіку умов застосування безпілотних літальних апаратів у різних сферах застосування, виникає необхідність урахування особливостей та специфіки льотної експлуатації тих чи інших типів безпілотних літальних апаратів під час виконання завдань у нових сферах застосування. Проте слід зауважити, що певну роль у льотній експлуатації безпілотних літальних апаратів відіграє людський фактор, який теж слід урахувати. У статті обґрунтовано необхідність подальшого вивчення питання льотної експлуатації безпілотних літальних апаратів у залежності від сфери їх упровадження. Запропоновано надалі, під час формування підходів до льотної експлуатації безпілотних літальних апаратів урахувати не тільки специфіку їх експлуатації, а і людський фактор у залежності від сфери впровадження різних типів безпілотних літальних апаратів.

**Ключові слова:** безпілотні літальні апарати, льотна експлуатація, модернізація безпілотних літальних апаратів, безпека польотів, людський фактор.

**Постановка проблеми.** Безпілотні літальні апарати (далі – БПЛА) та їх упровадження в різні сфери нині є дуже актуальною темою для дослідження [1]. БПЛА застосовуються в таких сферах, як археологія, архітектура, сільське господарство, містобудування, аеротаксі, картографія, кінозйомка тощо. Натепер ведуться розробки БПЛА для польотів у відкритому космосі, для роботи в агресивному середовищі й на інших планетах [2]. БПЛА активно використовуються у військових цілях. БПЛА є ефективними в застосуванні для моніторингу навколишнього середовища. Також БПЛА застосовуються для забезпечення правопорядку підрозділами як МВС України, так й інших країн світу.

Розвиток функціональних можливостей БПЛА дає додаткові можливості під час їх експлуатації та покращує їхні льотні характеристики. Водночас у залежності від сфер упровадження БПЛА та від завдань, які перед ними ставляться, залежать і їхні тактико-технічні характеристики. Зважаючи на різноманітні задачі та специфіку умов застосування БПЛА у різних сферах застосування, виникає необхідність урахування особливостей та специфіки льотної експлуатації тих чи інших типів БПЛА під час виконання завдань у нових сферах застосування [3].

Однак слід зауважити, що певну роль у льотній експлуатації БПЛА відіграє людський фактор, який теж слід ураховувати.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Більшість досліджень направлено на поліпшення льотних характеристик існуючих БПЛА за допомогою вдосконалення конструкції апарату або внесення змін у систему управління БПЛА [1–10].

БПЛА використовуються не тільки в дослідницьких цілях, але й для транспортних, військових, рятувальних потреб. Багато в чому тип БПЛА залежить від мети його застосування [1–13].

**Мета статті** – обґрунтування необхідності врахування особливостей льотної експлуатації безпілотних літальних апаратів у залежності від сфери їх впровадження.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Безумовно, БПЛА мають ряд переваг у порівнянні з пілотованою авіатехнікою. Серед них – насамперед відсутність екіпажу, відносно невисока собівартість і низькі витрати на їх експлуатацію. Різноманітність типів БПЛА сприяє їх впровадженню в різних сферах для виконання все нових і нових завдань.

Однак у порівнянні з пілотованою авіатехнікою БПЛА мають низку недоліків. Поміж іншого,

БПЛА характеризуються меншою автономністю застосування, сучасне програмне забезпечення не має можливості функціонально повністю компенсувати відсутність екіпажу на борту [6].

Зважаючи на вказані недоліки БПЛА, слід зазначити, що в подальшому застосуванні є ряд аспектів, що унеможливають вирішення таких завдань, як [7]:

- транспортування пасажирів, що вимагає підвищеної надійності та безумовної присутності на борту екіпажу, здатного управляти відповідним типом повітряного судна в ручному режимі пілотування та за нештатних ситуацій спроможного вжити дії щодо порятунку повітряного судна;

- виконання високоточного та вибіркового візуального спостереження швидкоплинної наземної обстановки в складних умовах неможливе без прийняття нестандартних рішень пілотом повітряного судна;

- під час використання в надзвичайних ситуаціях повітряного судна важливу роль у пілотуванні відіграє миттєве прийняття рішень, часто не стандартних, пілотом.

Водночас БПЛА актуальні для застосування у вирішенні завдань, недоступних пілотованому аналогу повітряного судна, до яких можна віднести такі [8]:

- велику тривалість польоту, що екіпаж фізично не має можливості виконати;

- політ на великих швидкостях, що характеризується тривалою дією різних тривалих перевантажень на організм пілота;

- маневри під час експлуатації повітряного судна, які характеризуються кутовими швидкостями, що перевищують порогові значення, які здатен витримати організм пілота;

- експлуатація на борту повітряного судна обладнання, що негативно впливає на стан здоров'я пілота;

- виконання небезпечних завдань за умови можливого ураження повітряного судна;

- експлуатація повітряного судна в умовах біологічного, хімічного або радіоактивного зараження.

До основних сфер, де застосовуються БПЛА, належать [9]:

1. Спектроналізна зйомка.
2. Аерофотозйомка місцевості.
3. Моніторинг стану нафтопроводів і газопроводів.
4. Моніторинг стану забруднення навколишнього середовища.
5. Охорона великих територій зі складним рельєфом у денний і нічний час.

6. Моніторинг стану природних ресурсів.
7. Моніторинг стану повітряних ліній електропередач.
8. Моніторинг стану будівель.
9. Моніторинг дорожньої обстановки, виявлення заторів та аварій.
10. Охорона правопорядку на великих територіях зі складним рельєфом місцевості.
11. Використання для контролю прикордонної території.
12. Застосування в силових структурах.
13. Сфера обслуговування.
14. Використання для пошуку та порятунку людей.

Все це – далеко не повний перелік сфер удосконалення БПЛА.

Ця різноманітність зумовлена технологічністю БПЛА, яка характеризується ознаками, що визначають види цих літальних апаратів, причому збільшення сфер їх використання, безумовно, породжує збільшення кількості цих ознак. Сучасні класифікації не є досить повними, оскільки не розглядають всі види БПЛА, які існують сьогодні, у зв'язку з динамічним розвитком цієї технології [10].

Між тим, передпольотна підготовка відіграє дуже важливу роль у виконанні польотів. Екіпажі повітряних суден мають бути забезпечені різноманітною інформацією, необхідною для прийняття рішення на виліт та безпечного виконання польоту. Обов'язки забезпечення передпольотною інформацією та надання рекомендацій стосовно подальшого польоту покладено на льотних диспетчерів, що забезпечують польоти в кожній сучасній авіакомпанії. Дуже часто не менш важлива інформація, що надходить до льотного диспетчера, має динамічний характер, та час на її сприйняття та аналіз стає значно меншим. Тому доцільно розробити систему підтримки прийняття рішень льотного диспетчера під час підготовки передпольотної інформації [11].

Статистика показує, що майже 50% авіаційних подій сталося через порушення національних авіаційних правил, експлуатаційних посібників, інструкцій та вимог передпольотної підготовки. У деяких випадках тимчасові економічні вигоди мають пріоритет, і безпека польоту має високий ризик.

Іноді через брак часу льотний екіпаж виконує підготовку до польоту в недостатній строк, що призводить до невідомості ситуацій, а найгірше – до авіаційних подій. Характер, зміст та складність інформації різняться, тому важливо надати інформацію таким чином, щоб пілоти могли легко її осягнути [12].

Існує можливість підвищити ефективність підготовки передпольотної інформації за допомогою інформаційного забезпечення офіцера льотних операцій під час надання рекомендацій льотним бригадам щодо можливості вильоту вертольотів. Такі програми допомагають створити оптимальні оперативні польотні плани з високою точністю щодо вітру, температури, приймати графіки погоди та звіти, графічні зображення маршруту та профілю польоту й іншу інформацію, яка передбачається відповідним польотом. Кожен оператор вертольоту вибирає власну систему планування польотів, що підходить для цілей, стратегії та вимог польотних операцій.

Під час планування польотів та підготовки передпольотної інформації спеціаліст аеронавігаційної інформації стикається з низкою труднощів, наприклад, комп'ютер обчислює лише найкоротший маршрут, не враховуючи особливостей експлуатації даного ПС (обмеження, пов'язані з технічним статусом) або особливостей зон ОНР. Крім того, такі системи не дозволяють виводити часткову інформацію, коли необхідно підтримувати льотний екіпаж у процесі прийняття рішень [13].

Тому необхідно розробити інформаційну підтримку для прийняття правильних, безпечних рішень, що надасть у такому динамічному середовищі точну, повну та упереджену інформацію для оцінки всіх факторів, які можуть впливати на рішення про виліт та намір продовжувати безпечний рейс.

Відповідно до вимог ІКАО щодо планування польотів, автоматизовані передпольотні інформаційні системи для проведення інструктажів та планування польотів повинні мати можливість:

а) забезпечувати постійне та своєчасне оновлення системної бази даних та моніторинг дійсності й цілісності інформації, що зберігається перед польотом;

б) дозволяти доступ до системи операторами та членами льотного екіпажу, а також іншими зацікавленими користувачами аеронавігації за допомогою відповідних засобів зв'язку;

в) використовувати процедури доступу та опитування на основі скороченої простої мови, користувальницького інтерфейсу, керованого меню або інших відповідних механізмів;

г) забезпечити швидке реагування на запит користувача на інформацію.

Система повинна мати два режими роботи [14]:

– передпольотний інформаційний режим;

– режим підтримки рішення про виїзд.

У передпольотному інформаційному режимі роботи встановлюються вихідні дані:

- аеродром вильоту [13];
- маршрут польоту;
- аеродром призначення;
- альтернативний аеродром;
- тип ACFT.

Інформація, що взята з бази даних, зібрана та розподілена в інформаційні блоки відповідно до встановлених початкових даних (DEP AD (аеродром вильоту), DES AD (пункт призначення – аеродром), FLT ROUTE (маршрут польоту), ALT AD (альтернативний аеродром), ACFT (операційна інформація за типом ACFT) [14].

У режимі підтримки рішення про виліт система аналізує можливість вильоту ПС щодо фактичних умов. Для аналізу можливості вильоту система бере інформацію з вибраних інформаційних блоків та вхідних даних і поміщає їх у модуль підтримки прийняття рішень. Після запиту диспетчера база даних збирає дані, необхідні для оцінки кожного коефіцієнту, отримує та порівнює результат кожного із затвердженими умовами. Відповідно до оцінки кумулятивних факторів система видає рекомендації щодо можливості вильоту ПС і в разі негативної відповіді повідомляє, який фактор не задовольняє. На цьому етапі система для підготовки передпольотної інформації виконує такі завдання [15]:

- аналіз придатності відправлення вертодрому за встановленими стандартами фактичних метеорологічних умов;
- аналіз прогнозованих небезпечних погодних явищ на маршруті польоту;

- аналіз фактичних та прогнозованих метеорологічних умов призначення вертодрому;
- аналіз технічного стану вертодрому вильоту та призначення;
- аналіз повітряної обстановки;
- вибір альтернативного вертодрому;
- аналіз готовності льотної екіпажу;
- аналіз технічної готовності та льотної придатності ПС;
- перевірка поданого та підтвердженого плану польоту;
- перевірка наявності обмежень ваги ПС.

Таким чином, результати аналізу показали, що, незважаючи на льотну експлуатацію БПЛА без пілотів на борту, значну роль в їх експлуатації відіграє оператор. А різноманітність сфер застосування БПЛА і велика кількість їх типів, що мають різні характеристики, підтверджує необхідність ретельного вивчення льотної експлуатації безпілотних літальних апаратів у залежності від типу та сфери їх впровадження.

**Висновки.** 1. У статті обґрунтовано необхідність подальшого вивчення питання льотної експлуатації безпілотних літальних апаратів у залежності від сфери їх впровадження.

2. Запропоновано далі, під час формування підходів до льотної експлуатації безпілотних літальних апаратів урахувати не тільки специфіку їх експлуатації, а і людський фактор у залежності від сфери впровадження різних типів безпілотних літальних апаратів.

#### Список літератури:

1. Безпека авіації / В.П. Бабак та ін. Київ : Техніка, 2004. 584 с.
2. Козейчук Е.Ю. Стан сучасного проектування дронів, системи управління дронами, конструкції коптерів, елементи коптерів, solidworks. *Automation and development of electronic devices aded.* 2019. С. 64–66.
3. Цимбалістова О. А. Розвиток ринку послуг безпілотних літальних апаратів як основний напрямок інноваційного прогресу сучасної авіації. *Економічний аналіз* : зб. наук. праць ; Тернопільський національний економічний університет. Тернопіль : Видавничо-поліграфічний центр Тернопільського національного економічного університету «Економічна думка», 2015. Том 19. № 1. С. 116–122.
4. Моисеев В.С. Прикладная теория управления беспилотными летательными аппаратами : монография. Казань : ГБУ «Республиканский центр мониторинга качества образования». Серия «Современная прикладная математика и информатика», 2013. 768 с.
5. Петров А.М. Применение дронов в сельском хозяйстве. *Молодой ученый.* 2014. № 2. С. 182–184.
6. Глотов В., Церклевич А. Аналіз і перспективи аерознімання з безпілотного літального апарата. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка».* Сер.: *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва.* Львів : Вид-во НУ «Львівська політехніка». 2014. Вип. I (27). С. 131–136.
7. Кутовий О.П. Тенденції розвитку безпілотних літальних апаратів. *Наука і озброєння.* 2014. № 4. С. 39–47.
8. Луцький М.Г. Розвиток міжнародного регулювання та нормативної бази використання безпілотних літальних апаратів. *Вісник НАУ / М.Г. Луцький та ін.* 2015. № 4. С. 5–14.
9. Харченко О.В., Кулешин О.В., Коцуренко Ю.В. Класифікація та тенденції створення безпілотних літальних апаратів військового призначення. *Наука і оборона.* 2015. № 6 С. 47–54.
10. Класифікація безпілотних літальних апаратів. *Системи озброєння і військова техніка / О.І. Тимочко та ін.* 2007. Вип. 1 (9). С. 61.



11. Ростопчин В.В., Бурдун І.Е. Безпілотні авіаційні системи: основні поняття. *Електроніка: Наука, Технологія, Бізнес*. 2016. № 7. С. 82–88.
12. Аналіз доцільності створення та застосування багатофункціональних безпілотних авіаційних комплексів цивільного призначення. *Системи озброєння і військова техніка* / А.В. Приймак та ін. 2010. № 3 (23). С. 142–145.
13. Reg Austin, Unmanned aircraft systems : UAVS design, development and deployment. 2010. John Wiley & Sons Ltd.
14. Shmelova T., Sikirda Y. Models of Decision Making Operators of Socio-Technical System. International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2018. P. 33–75.
15. Shmelova T., Sikirda Y. Analysis of the Development Situation and Forecasting of Development of Emergency Situation in Socio-Technical Systems. International Publisher of Progressive Information Science and Technology Research, USA, Pennsylvania, 2018. P. 76–107.

**Boiko S.M., Nozhnova M.O., Zhurid V.I., Oliinyk Yu.L., Yemets V.V.**

**ON THE ISSUE OF FLIGHT OPERATION OF UNMANNED AIRCRAFT DEPENDING  
ON THE FIELD OF THEIR IMPLEMENTATION**

*Unmanned aerial vehicles and their implementation in various fields today are a very relevant topic for research. Unmanned aerial vehicles are currently used in such areas as archeology, architecture, agriculture, urban planning, aerotaxi, cartography, filming, and others. Currently, unmanned aerial vehicles are being developed for spaceflight, for work in aggressive environments and on other planets. Unmanned aerial vehicles are actively used for military purposes. Unmanned aerial vehicles are effective when used for environmental monitoring. Also, unmanned aerial vehicles are used to ensure law and order by units of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine and other countries. The development of the functionality of unmanned aerial vehicles gives them additional capabilities during operation and improves their flight characteristics. Meanwhile, depending on the areas of implementation of unmanned aerial vehicles and the tasks set before them, their tactical and technical characteristics also depend. Given the various tasks and specifics of the conditions of application of unmanned aerial vehicles in different areas of application, there is a need to take into account the features and specifics of flight operation of certain types of unmanned aerial vehicles when performing tasks in new applications. Meanwhile, it should be noted that a certain role in the flight operation of unmanned aerial vehicles is played by the human factor, which should also be taken into account. The article substantiates the need for further study of the flight operation of unmanned aerial vehicles depending on the scope of their implementation. It is proposed in the future, when forming approaches to the flight operation of unmanned aerial vehicles to take into account not only the specifics of their operation, but also the human factor depending on the scope of implementation of different types of unmanned aerial vehicles.*

**Key words:** *unmanned aerial vehicles, flight operation, modernization of unmanned aerial vehicles, flight safety, human factor.*

УДК 629.735.05

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/03>

**Бойко С.М.**

Криворізький національний університет

**Стуцанський Ю.В.**

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

**Хебда А.С.**

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

**Голованов С.Л.**

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

**Шахова О.В.**

Кременчуцький льотний коледж

Харківського національного університету внутрішніх справ

## АСПЕКТИ МОДЕРНІЗАЦІЇ АВІОНІКИ ВЕРТОЛЬОТІВ МІ-2 ТА МІ-8 ДОДАТКОВОЮ ІНДИКАЦІЄЮ ПОЛЬОТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

*Безпека польотів є комплексним поняттям, що стосується всієї авіаційної транспортної системи, що визначає здатність виконувати польоти без загрози для життя і здоров'я людей. Наразі широко застосовуються пристрої, що сигналізують про небезпечні зближення вертольоту з перешкодами, сигнали, які перетворюються у відповідні звукові та візуальні попередження. Їх розвиток іде насамперед у напрямку підвищення точності вимірювань і швидкості змін показників датчиків. З технічної точки зору раннє попередження критичних ситуацій здійснюється шляхом виведення на екран багатофункціонального індикатора даних, що потребує часу на сприйняття інформації пілотом вертольоту. Тому нині існує актуальна науково технічна задача модернізації авіоніки вертольотів додатковою індикацією польотної інформації. Як відомо, основними типами для виконання авіаційних робіт, у тому числі під егідою ООН, у країнах африканського континенту є вертольоти типів Мі-2 та Мі-8. Щоб вирішити та поліпшити ергономічну ситуацію, запропоновано становити на вищевказані прилади (показник швидкості, висотомір) підсвічування, яке буде безпосередньо зв'язана з додатковими приладами раннього попередження критичних ситуацій. Авіаційні компанії, що експлуатують вертольоти, безумовно, підтримують політику ООН щодо підвищення безпеки польотів, виконують вимоги щодо закупівель та установки на вертольоти компанії додаткового обладнання для відповідності вимогам, підвищення рівня безпеки польотів та конкурентоздатності. Але, як показала практика та досвід експлуатації, наявність додаткового обладнання раннього попередження критичних ситуацій під час польоту на ПС не є гарантією безпеки польоту. У даній роботі обґрунтовано необхідність подальшої модернізації авіоніки вертольотів додатковою індикацією польотної інформації. Запропоновано створення додаткової світлодіодної індикації систем раннього попередження критичних ситуацій під час пілотування вертольотом.*

**Ключові слова:** індикація, авіоніка вертольотів, модернізація авіоніки, безпека польотів, людський фактор.

**Постановка проблеми.** Безпека польотів є комплексним поняттям, що стосується всієї авіаційної транспортної системи. Вона визначає здатність виконувати польоти без загрози для життя і здоров'я людей.

Вітчизняна аеронавігаційна система функціонує майже на максимумі своїх можливостей. Іnten-

сивність руху в повітряному просторі призводить до того, що використовувані для керування повітряним рухом методи [1] не відповідають вимогам економічності виконання польотів.

Нині широко застосовуються пристрої, що сигналізують про небезпечні зближення вертольоту з перешкодами, сигнали, які перетворюються у

відповідні звукові та візуальні попередження. Їх розвиток іде насамперед у напрямку підвищення точності вимірювань і швидкості змін показників датчиків.

З технічної точки зору раннє попередження критичних ситуацій здійснюється шляхом виведення на екран багатофункціонального індикатора даних, що потребує часу на сприйняття інформації пілотом вертольоту.

Тому натеper існує актуальна науково-технічна задача модернізації авіоніки вертольотів додатковою індикацією польотної інформації.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз останніх досліджень і публікацій [1–9] показав, що на даний час широко застосовуються пристрої, що сигналізують про небезпечні зближення вертольоту з перешкодами, сигнали, які перетворюються у відповідні звукові та візуальні попередження. Водночас ці системи постійно вдосконалюються, враховуючи аспекти ергономіки та психофізичних властивостей пілотів. Проте натеper, з технічної точки зору, не було досягнуто рішення раннього попередження критичних ситуацій, що потребувало б мінімального часу для сприйняття інформації пілотом вертольоту.

**Постановка завдання.** Метою статті є обґрунтування модернізації авіоніки вертольотів додатковою індикацією польотної інформації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Безпека польотів та авіаційна безпека відіграють першорядну роль у функціонуванні та розвитку міжнародного повітряного транспорту.

За даними Міжнародної організації цивільної авіації, відносні показники рівня безпеки польотів у вітчизняній галузі цивільної авіації значно гірші від середніх загальносвітових показників. Проблема безпеки перевезень авіаційним транспортом дуже важлива, тому що вона пов'язана зі значними збитками соціального та економічного характеру. Моральні збитки у зв'язку з травматизмом чи загибеллю людей, втрата іміджу авіатранспортних підприємств, утрата підготовлених фахівців і необхідність їх заміни в суспільстві, економічні збитки, пов'язані з необхідністю відшкодування наслідків авіапригод, розроблення та реалізація заходів із запобігання причин транспортних пригод тощо являють собою складники цих втрат [4].

Питання забезпечення безпеки польотів актуальні до тих пір, поки експлуатуються літальні апарати самого різного призначення, зокрема й повітряні судна цивільної авіації. У зв'язку з цим відбувається постійне вдосконалення конструкції повітряних суден, методів і способів їх експлуата-

ції, підготовки екіпажів, проблеми льотної придатності, живучості повітряних суден, безпеки повітряного руху, що постійно залишається в полі зору представників експлуатуючих підприємств і наукових установ. Дані процеси найгостріше позначають проблему браку нових способів управління процесами забезпечення безпеки польотів, визначення загроз та відповідних джерел небезпеки авіаперевезень, а отже, продовжуватимуть ставати все більш актуальними.

Проблема безпеки польотів, незважаючи на стрімкий науково-технічний прогрес у галузі авіаційної техніки, набула в наш час виключної соціальної гостроти. Це пояснюється кількістю та характером аварій і катастроф.

Так, щорічно з 2000 по 2009 роки в середньому відбувалася 31 авіаційна подія, в яких гинуло по 810 чоловік. Згідно з даними, що надійшли до НБРЦА (Національного бюро з розслідування авіаційних пригод та інцидентів з цивільними повітряними суднами), у 2017 році під час експлуатації цивільних повітряних суден (ПС) України з виконання пасажирських та вантажних перевезень, здійснення авіаційних робіт, навчально-тренувальних польотів та експлуатації ПС авіації загального призначення, що внесені в Державний реєстр цивільних ПС, сталися [5; 9]:

- 5 катастроф (2 з яких – під час виконання авіаційних робіт та учбово-тренувальних польотів та 3 – з ПС авіації загального призначення);
- 3 аварії;
- 4 серйозних інциденти;
- 41 інцидент;
- 1 пошкодження ПС на землі.

Крім того, тільки за аналізований період сталося 2 катастрофи, в яких загинуло 2 особи під час виконання несанкціонованих приватних польотів, які не внесені до Державного реєстру цивільних ПС. У 2017 році на території України сталося 64 події з іноземними цивільними повітряними суднами. У зв'язку з цим із кожним роком вимоги щодо забезпечення безпеки польотів ПС цивільної авіації стають все вище і вище.

Як відомо, основними типами для виконання авіаційних робіт, у тому числі під егідою ООН, у країнах африканського континенту є вертольоти типів Mi-2 та Mi-8 [6].

Вимоги ООН до авіаційної техніки і персоналу, які працюють за контрактами цієї організації, за короткий проміжок часу зросли в рази. Цей факт має під собою обґрунтування, оскільки число ПС різних операторів зросло, і пропорційно зросла кількість авіаційних пригод, небезпечних зближень

у повітрі, в тому числі й катастроф, пов'язаних із зіткненням ПС із земною поверхнею і штучними перешкодами на ній.

Основним способом подання інформації екіпажу є індикація за допомогою різних приладів, сигналізаторів і електронних індикаторів, які розміщують на панелях приладів у кабіні екіпажу.

Незважаючи на велику різноманітність літальних апаратів існують загальні правила розташування індикаційних пристроїв на панелях приладів відповідно до виду на дисплеї інформації.

Натепер розроблено багато різних способів індикації інформації, і вибір відповідного для конкретного випадку способу часто є непростим завданням.

На сучасних ПС головним засобом індикації стали електронні індикатори. На відміну від традиційного приладу, ідентифікують 1–2, максимум 5–8 параметрів на екрані електронного індикатора, можуть відтворюватись десятки параметрів і сигналів, змінюючи один одного за необхідністю. Така гнучкість поряд із хорошими ергономічними якостями, високою надійністю, ефективністю за багатьма критеріями (наприклад, за масою, габаритами, вартістю, споживаною потужністю) призвела до того, що нині електронні індикатори захопили всі головні ролі в кабіні, відтіснивши традиційні прилади й сигналізатори на периферію робочої зони як додаткові й резервні.

Для індикаторів з великим екраном, в яких в основному використовуються комерційні рідкокристалічні панелі, досягнення необхідного рівня яскравості проблематично. Максимальна яскравість комерційних панелей сягає близько 300 кд/м<sup>2</sup>.

Характеристики яскравості бортового індикатора повинні враховувати не тільки можливий рівень освітленості в площині приладової дошки, але й ту обставину, що пілот постійно переводить погляд між позакабінним простором та індикатором. За умови яскравого сонячного випромінювання для розрізнення інформації на екрані після переведення погляду на бортову індикацію потрібна акомодация очей. Щоб скоротити час акомодации, індикатор повинен забезпечувати дуже високу яскравість. Дослідження в приміщенні з природним освітленням показали, що під час переведення погляду на екран індикатора залежність часу періоду акомодации від яскравості зображення має явно виражений характер: за яскравості більше 750 кд/м<sup>2</sup> помітного скорочення часу акомодации не спостерігається.

Для умов авіаційного застосування подібні дослідження також проводяться, й відомі попере-

дні результати, згідно з якими мінімальний час акомодации спостерігається за яскравості індикатора порядку 1200–1370 кд/м<sup>2</sup>.

Вночі рівень яскравості індикатора повинен бути зовсім іншим, зазвичай потрібно 0,35 кд/м<sup>2</sup>, якщо не використовуються окуляри нічного бачення, і 1 кд/м<sup>2</sup>, якщо використовуються. Бажано, щоб мінімальна межа яскравості була на рівні 0,1 кд/м<sup>2</sup>.

Оскільки в поле зору пілота можуть потрапляти предмети з різною яскравістю, то в інженерній психології вводиться поняття адаптованої яскравості. Під нею розуміють ту яскравість, на яку адаптований (налаштований) у даний момент часу зоровий аналізатор. Приблизно можна вважати, що для зображень із прямим контрастом адаптована яскравість дорівнює яскравості фону, а для зображення зі зворотним контрастом – яскравості предмета.

Авіаційні компанії, що експлуатують вертольоти, безумовно, підтримують політику ООН щодо підвищення безпеки польотів і виконують вимоги щодо закупівель та установки на вертольоти компанії додаткового обладнання для відповідності вимогам, підвищення рівня безпеки польотів та конкурентоздатності [7]. Але, як показала практика та досвід експлуатації, наявність додаткового обладнання раннього попередження критичних ситуацій під час польоту на ПС не є гарантією безпеки польоту.

Результати попередніх досліджень показали, що в полі зору виділяють три зони: центрального зору, де можливо найбільш чітко розрізнення деталей; ясного бачення, де в разі нерухомого ока можна впізнати предмет без різних дрібних деталей; периферичного зору, де предмети виявляються, але не розпізнаються.

Вважається, що в кабіні ПС без повороту голови і очей зона спостереження пілота, в якій він може ясно бачити, обмежується тілесним кутом 10°. З поворотом очей і, як виняток, голови розмір зони спостереження збільшується до кутів 31° вліво/вправо і 23° вгору/вниз. З поворотом голови і нахилом тулуба зона спостереження збільшується до 53° вліво/вправо, 42° вгору і 57° вниз. Часто зустрічається таке завдання в діяльності пілота, як інформаційний пошук – знаходження на індикаторі об'єкта із заданими ознаками. Такими ознаками може бути миготіння, особлива форма або колір об'єкта, відхилення стрілки за допустиме значення тощо. Час пошуку займає десятки частки секунди, наприклад, пошук позначки на екрані РЛС – 0,37 с, читання букви або цифри – 0,31 с, пошук простих геометричних фігур – 0,2 с. Час розпізнавання реального предмета становить близько 0,4 с, час

розпізнавання зображення – 0,9 с для кольорового зображення і 1,2 с – для чорно-білого. Час сприйняття показань приладів становить 0,2–0,8 с. Час візуального визначення положення ЛА в просторі становить у середньому 1,35 с, за приладами – 1,55 с [8].

Розглянемо компонування приладових дошок для самого поширеного випадку – ПС із двома пілотами, а саме три приладових дошки КПП – комплексний пілотажний індикатор, КІНО – комплексний індикатор навігаційної інформації, КІСС – комплексна інформаційна система сигналізації.

Навпроти кожного пілота в зонах 1а розміщуються основні пілотажно-навігаційні прилади. У зонах 1б розміщуються інші пілотажно-навігаційні прилади.

На панелях приладів вертольотів лівого і правого пілотів розміщується по одному примірнику таких приладів: радіовисотомір, вказівник числа М, вказівник істинної повітряної і путньої швидкостей, вказівник повороту і ковзання, комбінований показчик кута атаки і перевантаження, дублюючий висотомір, вказівник висоти у футах, індикатор курсових кутів, індикатор дальності, годинник, індикатори висіння і малих швидкостей [9].

На середній приладовій дошці в зоні 2 розміщуються резервні пілотажно-навігаційні індикатори: авіагоризонт, навігаційний індикатор або комбінований пілотажно-навігаційний дублер, висотомір, вказівник приладової швидкості, варіометр.

У зоні 3 розташовують індикатори параметрів силової установки: вказівник положення важелів паливних насосів, тахометри, показчик температури вихідних газів, показчик миттєвої витрати палива, вказівник сумарного запасу палива, показчик тиску масла, показчик температури масла, показчик тиску палива перед форсунками, показчик рівня вібрації, показчик тиску підкачки, показчик запасу палива в баках. Для вертольотів у цю групу додатково входять показчик обертів і кроку гвинтів, прилади контролю трансмісії [8].

У зонах 4а, 4б, 4в розміщують попереджуючі аварійні світлосигналізатори.

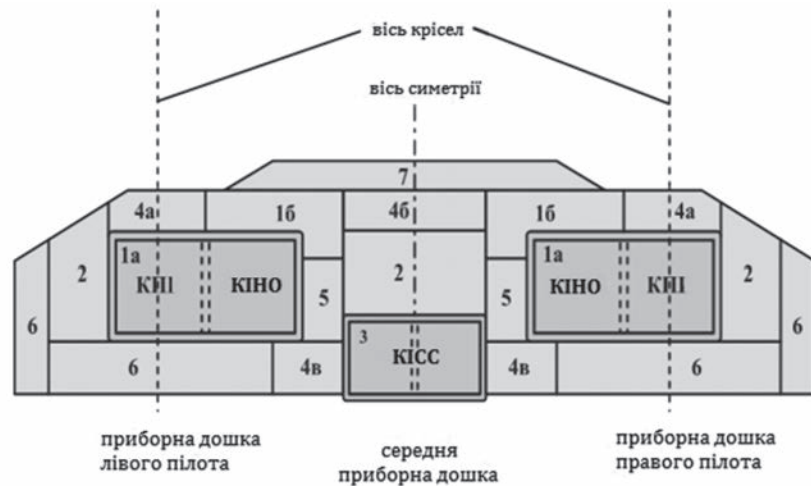


Рис. 1. Зони розміщення індикаторів на приладових дошках

У зоні 5 встановлюють прилади контролю положення тримерів (поперечного, поздовжнього і ножного) і параметрів випускних пристроїв.

У зонах 6 розташовують індикатори систем ПС. Для кисневої системи ці прилади дублюються у кожного пілота, індикатори інших систем (паливної, кондиціонування, протипожежної, противозледеніння, електропостачання, гальма тощо) можуть бути загальними, якщо вони видимі обома пілотами.

У зоні 7 знаходяться засоби управління пілотажно-навігаційним комплексом (пульта систем автоматичного управління).

Найбільша увага пілота концентрується на приладових дошках зони 1а, 1б, та 2. У цих зонах встановлені важливі для пілотування прилади, на які пілот автоматично звертає увагу. До таких приладів відносять висотомір, показчик швидкості [9].

Отже, щоб вирішити та поліпшити ергономічну ситуацію, ми пропонуємо встановити на вищевказані прилади (показник швидкості, висотомір) підсвічування, яке буде безпосередньо зв'язане з додатковими приладами раннього попередження критичних ситуацій вертольотів типів Мі-2 та Мі-8 [7; 9].

**Висновки.** 1. У даній роботі обґрунтовано необхідність подальшої модернізації авіоніки вертольотів типів Мі-2 та Мі-8 додатковою індикацією польотної інформації.

2. Запропоновано створення додаткової світлодіодної індикації систем раннього попередження критичних ситуацій під час пілотування вертольотів типів Мі-2 та Мі-8.

**Список літератури:**

1. Безпека авіації / В.П. Бабак та ін. Київ : Техніка, 2004. 584 с.
2. Гофманн-Велленгоф Б., Легат К, Візер М. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування ; пер. з англ. за ред. Я.С. Яцківа. Львів : Львів. нац. ун-т імені Івана Франка, 2006. 443 с.
3. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Авиационная электросвязь: Приложение № 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. ICAO, 1995. Т. IV: Системы обзорной радиолокации и предупреждений столкновений. 208 с.
4. Остроумов І.В. Недосконалість систем відображення повітряної обстановки навколо літака. *Avia-2006* : Міжнар. наук.-техн. конф., 25–27 вересня 2006 р. : матеріали конференції. Київ, 2006. С. 21.29–21.32.
5. Харченко В.П., Остроумов І.В. Авіоніка : навч. посіб. Київ : НАУ, 2013. 272 с.
6. Харченко В.П., Ю.В.Зайцев. Аеронавігація : навч. посіб. Київ : НАУ, 2008. 272 с.
7. Modern aspects of helicopters' modernization. Monograph / S.M. Boiko et al. Warsaw : iScience Sp. z.o.o., 2020. 140 p.
8. Myron Kayton, Walter R. Fried. Avionics navigation systems. Wiley Interscience, John Wiley & Sons. Inc. New York., 1997. 800 p.
9. Impact of Supply Voltage Change on the Energy Performance of Boost Quasi-Resonant Converter for Radioelectronic Equipment Power Supplies / O. Gorodniy et al. *Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, 2017. P. 232–235.

**Boiko S.M., Stushchansky Yu.V., Hebda A.S., Golovanov S.L., Shakhova O.V.**  
**ASPECTS OF MODERNIZATION OF MI-2 AND MI-8 HELICOPTERS AIRCRAFT**  
**WITH ADDITIONAL INDICATION OF FLIGHT INFORMATION**

*Flight safety is a complex concept that applies to the entire aviation transport system. It determines the ability to fly without endangering human life and health. Currently, widely used devices that signal the dangerous approach of the helicopter with obstacles, the signals of which are converted into appropriate audible and visual warnings. Their development is mainly in the direction of improving the accuracy of measurements and the rate of change of sensors. From a technical point of view, early warning of critical situations is carried out by displaying a multifunctional data indicator, which takes time for the perception of information by the pilot of the helicopter. Therefore, at present there is an urgent scientific and technical problem of modernization of avionics of helicopters with additional indication of flight information. As you know, the main types of aviation work, including under the auspices of the UN, in the countries of the African continent are helicopters type Mi-2 and Mi-8. To solve and improve the ergonomic situation, it is proposed to install lighting on the above devices (speed indicator, altimeter), which will be directly related to additional devices for early warning of critical situations. Helicopter airlines unequivocally support the UN's policy to improve flight safety and meet the requirements for the procurement and installation of additional equipment on the company's helicopters to meet the requirements, increase flight safety and competitiveness. However, as practice and experience have shown, the availability of additional equipment for early warning of critical situations during the flight on the aircraft is not a guarantee of flight safety. This paper substantiates the need for further modernization of helicopter avionics with additional indication of flight information. It is proposed to create an additional LED indication of early warning systems for critical situations during helicopter piloting.*

**Key words:** indication, helicopter avionics, avionics modernization, flight safety, human factor.

**Останчук Е.С.**

orcid.org/0000-0002-8095-0203

Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України

## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ДОЗАПРАВКИ ПАЛИВОМ У ПОВІТРІ В РАЗІ ПОСТАНОВКИ ЗАВДАНЬ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ НА ЕТАПІ СТИКУВАННЯ

Актуальність статті полягає в тому, що дозаправка дозволяє літальному апарату, який заправляється, збільшити час активних дій у повітрі та злітати з більшим корисним навантаженням. Експерименти у сфері дозаправки паливом у повітрі почалися у 20-х рр. минулого століття, задача автоматичного управління стикуванням літального апарату під час дозаправки досі не вирішена. В останні роки використовується дедалі більше з'єднання літального апарата, безпілотних літальних апаратів при проведенні військових операцій. Вони стають важливою частиною військових операцій. Оскільки для безпілотних літальних апаратів слід дотримуватися тих же функцій, що і від пілотованих літальних апаратів, вони повинні бути здатні виконувати повний цикл дозаправки паливом у повітрі, яка збільшує ефективність безпілотних літальних апаратів за кількома важливими напрямками, такими як: бойовий радіус дії, час знаходження в повітрі, скорочення необхідних місць базування. У статті розглянуті особливості процесу дозаправки паливом у повітрі й обмеження на параметри руху літального апарату при постановці завдання автоматичного управління літального апарату, що заправляється, на етапі зближення та стикування із заправним шлангом літака-танкера. Наголошено, що етап розстикування починається, як тільки закінчено перекачування палива. Літальний апарат, який заправляється, знижує швидкість і відділяється від танкера. Управляти літальним апаратом, що заправляється під час дозаправки, набагато складніше, ніж у звичайному польоті через вихрове поле (спутного сліду) танкера. На додаток до цього, у міру того, як літальний апарат на першому етапі наближається до танкера для способу штанга-конус, конус починає робити коливальні рухи через пориви вітру від вихрового поля танкера. Стикування штанги з конусом стає нетривіальним завданням. Для пілотованих літальних апаратів ці труднощі долаються адаптацією пілота. Крім того, детальний огляд досліджень із проблеми дозаправки паливом у повітрі виявив низку невирішених завдань у сфері автоматичного управління літальним апаратом у процесі дозаправки. Використання моделі динаміки конуса для вироблення упереджувального управління неможливе, оскільки наявна модель не забезпечує необхідну ймовірність стикування за умов впливу турбулентності та дії спутного сліду від танкера.

**Ключові слова:** дозаправка, паливо, літальний апарат, навігація, оптична система.

**Постановка проблеми.** Дозаправка паливом в повітрі – це процес перекачування палива з одного літального апарату (ЛА) на інший під час польоту [1; 2]. Дозаправка дозволяє ЛА, що заправляється, збільшити час активних дій у повітрі та злітати з більшим корисним навантаженням. Експерименти у сфері дозаправки паливом у повітрі почалися у 20-х рр. минулого століття [1], задача автоматичного управління стикуванням ЛА під час дозаправки досі не вирішена.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В останні роки використовується все великі з'єднання ЛА, безпілотних літальних апаратів (БЛА) при проведенні військових операцій. Вони стають важливою частиною військових операцій. БЛА – це нове покоління засобів для розвідки, ідентифікації цілей, ударних завдань і визначення

бойових збитків, нанесених об'єктам противника. Оскільки від БЛА слід дотримуватися тих же функцій, що і від пілотованих ЛА, вони повинні бути здатні виконувати повний цикл дозаправки паливом у повітрі, яка збільшує ефективність БЛА за кількома важливими напрямками, такими як: бойовий радіус дії, час знаходження в повітрі, скорочення необхідних місць базування.

Завдання автоматичної дозаправки паливом ЛА в повітрі включає кілька підзадач [3]:

– Визначення точного відносного положення танкера. Операція дозаправки вимагає від ЛА (БПА) перебування в безпосередній близькості від танкера та високоточної інформації про його стан щодо реальних параметрів руху танкера.

– Система управління ЛА (БЛА) повинна забезпечувати високоточний процес управління

стикуванням і оперативно реагувати на команди бортового обчислювального комплексу верхнього рівня або оператора по припиненню дозаправки.

– Необхідно забезпечити уніфікацію конструкції вузлів стикування для безпілотних і пілотованих танкерів. Це необхідно для зниження вартості процесу дозаправки, забезпечення готовності парку танкерів до виконання таких операцій. Обмеження по вазі, габаритам і конструктивним особливостям вимагають доопрацювання існуючих пристроїв стикування і дозаправки.

– Забезпечення всепогодної дозаправки за складних метеоумов.

Кінцева мета досліджень у цій сфері – розробка надійних технічних засобів автоматичних систем управління, які дозволять пілотованим і безпілотним ЛА виконувати дозаправку в автоматизованому і автоматичному режимі.

Процедура дозаправки паливом у повітрі може бути розділена на три етапи:

1. Етап зближення ЛА, БЛА з танкером і стикування;
2. Етап заправки та підтримки відносного положення БЛА і танкера;
3. Етап розстикування і відходу.

На етапі стикування ЛА, який заправляється, підходить до танкера ззаду і знизу, і стикується з ним. При заправці паливо перекачується з танкера в ЛА. Заправляємий ЛА намагається підтримувати постійне положення щодо танкера для збереження з'єднання штанга-конус або штанга-горловина. Етап розстикування починається, як тільки закінчена перекачування палива. ЛА, який заправляється, знижує швидкість і відділяється від танкера. Управляти ЛА, який заправляється, під час дозаправки набагато складніше, ніж у звичайному польоті, через вихрове поле (спутного сліду) танкера. На додаток до цього, у міру того, як ЛА на першому етапі наближається до танкера, для способу штанга-конус, конус починає робити коливальні рухи через пориви вітру від вихрового поля танкера. Стиковка штанги з конусом стає нетривіальним завданням. Для пілотованих ЛА ці труднощі долаються адаптацією пілота. Крім того, детальний огляд досліджень із проблеми дозаправки паливом у повітрі виявив низку невирішених завдань у сфері автоматичного управління ЛА у процесі дозаправки, а саме використання моделі динаміки конуса для вироблення упереджувального управління неможливо, оскільки модель не забезпечує необхідну ймовірність стикування за умов впливу турбулентності та дії спутного сліду від танкера. У разі БЛА ці завдання повинні бути вирішені

шляхом розробити адаптивних систем управління для етапу підльоту і стикування.

Таким чином, у рамках завдання управління БЛА у процесі дозаправки паливом в повітрі формуються три підзадачі:

- маневрування з метою стикування штанги дозаправки з конусом дозаправки на етапі 1;
- підтримка постійної висоти і швидкості польоту для забезпечення безпечної перекачування палива з танкера на БЛА, який заправляється, на етапі 2;
- маневрування з метою безпечної розстикування і відходу БЛА, який заправився від танкера на етапі 3.

Структура системи автоматичного управління під час дозаправки паливом в повітрі орієнтується на приладове забезпечення прототипу сучасного БЛА типу Х-47В. Отже, БЛА і танкер укомплектовані необхідним набором датчиків кутових швидкостей обертання і перевантажень, системою БИНС, що забезпечує вимір кутів крену, тангажу, курсу і вектора швидкостей, системою супутникової навігації, оптичною системою визначення та вимірювання відносного положення штанги і конуса. Передбачається можливість обміну інформацією між двома ЛА (БЛА). Як аеродинамічній моделі БЛА який заправляється і танкера розглядається один тип літального апарату. Як виконавчі пристрої системи управління розглядаються електродвигачні агрегати вітчизняного виробництва. У процесі дозаправки (в т. ч. і стикування) танкер виконує прямолінійний горизонтальний політ при постійній швидкості. Необхідно забезпечити підхід БЛА до танкера. Алгоритм (контур) автоматичного управління повинен забезпечувати таке управління рухом БЛА який заправляється, за якого виконується стикування штанги та конуса дозаправки, узгодженість між кінчиком штанги та центром конуса в площині перпендикулярній осі конуса повинна бути не більше 0.4 м, а відносна швидкість зближення штанги і конуса повинна бути в межах 1,2 ... 2,5 м/с.

На рис. 1 представлено взаємне положення танкера і БЛА який заправляється для варіанту дозаправки, розглянутого в статті.

На рис. 2 представлений загальний вид танкера зі встановленим універсальним підвісним агрегатом заправки (УПАЗ), випущеним шлагом і конусом дозаправки.

У статті передбачається, що штанга дозаправки розташована на повздовжній осі літака з виносом кінчика відносно центру мас літака на 6 м вперед.

Зовнішній вигляд безпілотного літального апарату в польотній конфігурації представлений на рис. 3.



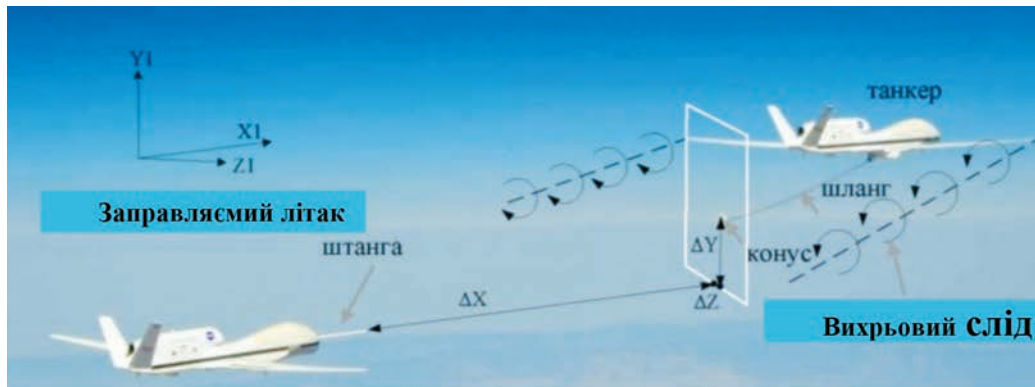


Рис. 1. Положення танкера і БЛА

На танкері УПАЗ розташований зі зміщенням відносно центру ваги по висоті  $\Delta Y_{\text{Упаз}} = 1260$  мм. Точка кріплення (виходу з УПАЗ) заправного шланга зміщена щодо центру мас  $\Delta X_{\text{Упаз}} = 1680$  мм, довжина шланга дозаправки становить 28 м. Таке розташування вибрано за аналогією з розташуванням УПАЗ на іноземних БЛА (доопрацьований серійний «Global Hawk») і літаках F-18 використовувалися і використовуваних NASA для розробки системи автоматичної дозаправки. На рис. 2 представлено взаємне положення танкера і літака який заправляється для варіанту дозаправки одного БЛА «Global Hawk» від іншого. Видно, що завдання, яке поставили перед собою дослідники з NASA аналогічна дослідженню автора.

Необхідно відзначити, що завдання дозаправки паливом в повітрі - це завдання точного пілотування в безпосередній близькості від іншого ЛА. Для того, щоб мінімізувати ймовірність зіткнення двох ЛА, необхідно уникати інтенсивного маневрування. Тому доцільно накласти додаткові обмеження на параметри руху БЛА, що заправляється:

- кут атаки не повинен відрізнятися від балансування більш ніж на  $5^\circ$ ;
- кут тангажу не повинен відрізнятися від балансування більш ніж на  $5^\circ$ ;
- кут нахилу не повинен перевищувати  $10^\circ$ ;
- вертикальна швидкість не повинна бути більше 10 м/с;

Даний набір обмежень обґрунтовує можливість використання лінеаризованих моделей динаміки процесу стикування БЛА і танкера, що надалі суттєво спростить завдання синтезу системи автоматичного управління.



Рис. 2. Розташування танкера і заправляемого БЛА (БЛА «Global Hawk») під час дозаправки

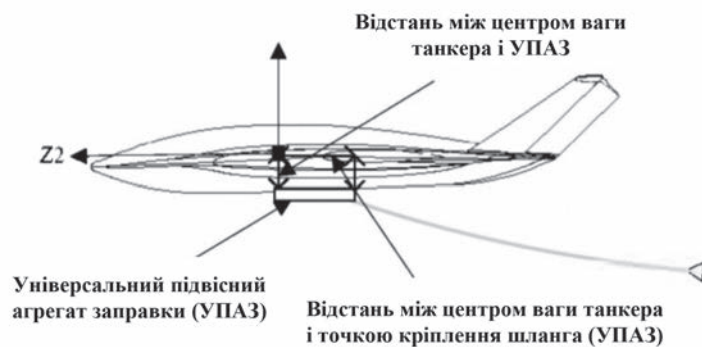


Рис. 3. Зовнішній вигляд безпілотного літального апарата

$\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$  – неузгодженість по осі  $X, Y, Z$  між становищем конуса і штанги дозаправки;  $X1, Y1, Z1$  – інерціальна система координат

**Висновки.** У статті розглянуто розглянуті особливості процесу дозаправки паливом у повітрі й обмеження на параметри руху ЛА при постановці завдання автоматичного управління ЛА, що заправляється, на етапі зближення та стикування з заправним шлангом літака-танкера.

Також необхідно звернути увагу на уточнення завдань автоматичної дозаправки паливом ЛА в повітрі, що включає чотири основні підзадачі, без вирішення яких виконання дозаправки паливом у повітрі буде не можливим.

**Список літератури:**

1. Smith R.K. Seventy Five Years of Inflight Refueling, Highlights, 1923 1998. Air Force History and Museum Program, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C., 1998. p. 457.
2. Nalepka J.P. and Hinchman J.L. Automated Aerial Refueling: Extending the Effectiveness of Unmanned Air Vehicles. AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference and Exhibit, 15–18 August, San Francisco, California, USA, AIAA 2005–6005.
3. Mao W. and Eke F.O. A Survey of the Dynamics and Control of Aircraft During Aerial Refueling. *Nonlinear Dynamics and Systems Theory*. № 8 (4). 2008. P. 375–388.

**Ostapchuk E.S. FEATURES OF THE PROCESS OF MID-AIR REFUELLING WHILE SETTING OBJECTIVES OF AUTOMATIC AIRCRAFT CONTROL AT THE STAGE OF ATTACHING**

*The relevance of the article is that refueling allows the refueling aircraft to increase the time of active action in the air and take off with a greater payload. Experiments in the field of refueling in the air began in the twenties of last century, the problem of automatic control of the docking of the aircraft during refueling is currently not solved. In recent years, increasingly large aircraft connections, unmanned aerial vehicles have been used in military operations. They are becoming an important part of military operations. Since unmanned aerial vehicles must follow the same functions as unmanned aerial vehicles, they must be able to perform a full cycle of refueling in the air, which increases the efficiency of unmanned aerial vehicles in several important areas: combat range, time in the air, reduction of necessary bases. The article considers the peculiarities of the process of refueling in the air and restrictions on the parameters of the aircraft during the task of automatic control of the aircraft, which is refueled at the stage of convergence and docking with the refueling hose of the aircraft tanker. It is emphasized that the undocking phase begins as soon as the fuel pumping is completed. The aircraft, which is refueled, reduces speed and separates from the tanker. It is much more difficult to control an aircraft that is refueled during refueling than in a normal flight through a vortex field (accompanying track) of a tanker. In addition, as the aircraft approaches the tanker in the first stage, for the rod-cone method, the cone begins to make oscillating movements due to gusts of wind from the vortex field of the tanker. Joining the bar with the cone becomes a non-trivial task. For manned aircraft, these difficulties are overcome by the adaptation of the pilot. In addition, a detailed review of research on the problem of refueling in the air, revealed a number of unsolved problems in the field of automatic control of the aircraft during refueling, namely, the use of the cone dynamics model to develop precautionary control is impossible, as the existing model does not conditions of turbulence and the action of the accompanying trace of the tanker.*

**Key words:** *refueling, fuel, aircraft, navigation, optical system.*

# КОРАБЛЕБУДУВАННЯ

УДК 520.6.05

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/05>**Коваленко І.В.**

Азовський морський інститут

Національного університету «Одеська морська академія»

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ РІЗНОРІДНИХ СТАЛЕЙ

На сучасному етапі розвитку кораблебудування у світі та Україні приділяється увага до використання економічно легованих конструкційних матеріалів, які мають стабільні експлуатаційні властивості. При розробці нових технологій, застосовуваних у виготовленні суднових допоміжних механізмів, дуже важливо дослідити властивості з'єднань різнорідних сталей і утворену ними виражену хімічну, структурну і механічну неоднорідність. При проведенні аналізу цих факторів повинні враховуватися як властивості та призначення матеріалів конструкції, так і вибір технології її виготовлення.

Застосовувані при розробці цієї технології методи зварювання повинні забезпечувати мінімізацію витрат і оптимізацію геометрії зварного шва. Також важливим фактором є оцінка ступеня легування марок зварювальних сталей і рівень сумарної собівартості виготовлення виробу. Дослідження властивостей перехідних шарів шва й основного металу і їх вплив на кількість циклів навантаження при випробуваннях також є ключовими. Тому мінімізація числа дифузійних прошарків у зоні сплаву знижують циклічну втому металу шва і є основним фактором.

Важливим є порівняння зварних з'єднань різного ступеня і класу легування. Наприклад, порівняння термічно зміцненої та дисперсно твердих аустенітних сталей. Для сталей цього класу термічна обробка після зварювання є обов'язковою для відновлення властивостей навколошовної зони. Також важливою є підсумкова структура шва, яка безпосередньо визначає число циклів до початку першого етапу руйнування. Найкращі властивості з погляду експлуатації у дрібнодисперсної аустенітної та перлітної структур. Особлива роль належить вибору режимів термічної обробки зварного з'єднання, вона залежить від рівня легування Ni, Mg, Cr як основного металу, так і зварного з'єднання. Також необхідно розглянути і величини експлуатаційних навантажень на судові енергетичні установки.

**Ключові слова:** легуючі елементи, аустеніт, основний метал, наплавлений метал, перехідний шар, структура металу.

**Постановка проблеми.** Різнорідні сталі є універсальним матеріалом, який застосовується в багатьох секторах світової економіки: металургії, машинобудуванні, енергетиці, будівництві, оборонному комплексі, кораблебудуванні.

Також різнорідні сталі є високотехнологічним матеріалом, що сприяє підвищенню ефективності виробництва, енергоефективності, матеріалоефективності, періоду і циклу експлуатації та рівня якості.

У світовій практиці при використанні різнорідних сталей для виготовлення конструкцій найбільш поширені поєднання основного шару з конструкційної сталі, а робочого шару – з низьколегованою матеріалу, у якого підвищені експлуатаційні властивості.

Найбільш раціональним є використання різнорідних сталей як основного матеріалу при виготовленні вузлів судових агрегатів. Такий вид конструкційного матеріалу найбільш стійкий до впливу як циклічних деформацій, так і агресивних середовищ. У багатьох джерелах представлений досвід застосування різнорідних сталей як основного матеріалу судових металоконструкцій. Вибір різнорідної сталі, що складається із шару конструкційного матеріалу і легованого шару, мало висвітлений у наукових джерелах. Не повною мірою розкрито методи підбору класу сталі, ступеня легування і типу термічної обробки. Недостатньо описані процеси взаємодії легуючих елементів із перехідним шаром.

Тому питання отримання якісних зварних з'єднань у судових металоконструкціях

із двошарових сталей, здатних тривалий час сприймати статичні навантаження і працювати за підвищених температур і агресивних середовищ, є досить актуальним.

Дослідження в цьому напрямі важливі для багатьох компаній і підприємств, які спеціалізуються на ремонті та виготовленні елементів суднового енергетичного устаткування. Результати, наведені в цій статті, допоможуть зменшити змінну частину собівартості виготовлення і ремонту суднового устаткування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При розгляді технології виготовлення вузлів суднових конструкцій із різнорідних сталей різними методами зварювання основною вимогою вибору зварювального режиму є забезпечення заданого співвідношення проплавлення кожної зі зварювальних кромок, але важливим залишається пошук технологічного підходу до зварювання плавленням із вимогою відомості до мінімуму частки основного металу у шві. Цей результат досягається процесом на режимах із мінімальною силою струму за помірних швидкостей.

Відомо, що способи зварювання плавленням, формування шва в яких йде тільки за рахунок проплавлення основного металу, впливають на властивості шва [1]. Причиною цього можуть бути грубозернисті структури, схильні до охрупчення. Вирішення цього питання полягає у використанні автоматичного зварювання під флюсом при приварці шипів зі сталі типу сіхромаль до труб із малоуглецевої сталі до поверхні нагрівання котлів [2]. Такий підхід дозволяє стверджувати, що у швах за рахунок проплавлення матеріалу дроту утворюється однофазна феритна структура, і вони стають крихкими після експлуатації за інтервалу температур 400–500°C. Стійкість швів проти охрупчення не була помітно підвищена, коли перед зварюванням була введена операція нікелювання зварної ванни [3]. Тому важливий пошук конструкційних матеріалів, у яких нікель переходив у шов, тому додатково легують його, що призводить до усунення однофазної великої феритної структури.

Актуальним залишається питання вибору зварювальних матеріалів. Від легування наплавленого металу істотно залежить можливість утворення в перехідних шарах шва тендітних структур і тріщин, а також інтенсивність розвитку в зоні сплаву кристалізаційних і дифузних шарів. У комбінованих суднових конструкціях метал шва за своєю міцністю може задовольняти вимоги менш міцною зі сталей. Зазвичай зварні шви за механічними властивостями в жароміцних сталях близькі

або навіть перевершують властивості основного металу [4]. Тому використання зварювальних матеріалів близького складу, але менших за міцністю і з менш легованими складами задовольняє вимоги, що висуваються до міцності суднових конструкцій. Помітно спрощується технологія зварювання таких виробів і підвищується їх експлуатаційна міцність [5].

Тому необхідно виконати та сформулювати обґрунтування вибору основного металу та зварювальних матеріалів для виготовлення суднових конструкцій. Найбільш необхідне обґрунтування вибору матеріалів у з'єднаннях різнорідних перлітових і високохромистих сталей. Однак при зварюванні перлітових сталей з аустенітними існує небезпека утворення загартованих структур і тріщин у ділянках шва, що примикають до аустенітної сталі [6], тому необхідно застосувати високолеговані зварювальні матеріали, які мають різну структуру після кристалізації.

Все це дає підстави стверджувати, що проведення аналізу та дослідження в цьому напрямі є актуальними.

**Постановка завдання.** Основним завданням дослідження є аналіз та обґрунтування забезпечення правильного підбору основного металу і зварювальних матеріалів у виготовленні суднових енергетичних установок вузлів із різнорідних сталей. Також необхідно обґрунтувати супутні режими термічної обробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

– обґрунтувати вибір матеріалу і режиму термічної обробки з урахуванням основних і додаткових вимог вибору зварювального режиму щодо забезпечення заданого співвідношення проплавлення кожної зі зварювальних кромок, без виникнення мартенситних структур;

– структурувати вимоги до аустенітного матеріалу, суднових конструкцій із різними геометричними параметрами при стиковому зварюванні при переході від м'яких до жорстких режимів;

– визначити вплив легуючих елементів за різних методів зварювання плавленням на частку основного металу у шві за рахунок ведення процесу на режимах із мінімальною силою струму за помірних швидкостей.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** При дослідженні процесу вибору матеріалів для зварювання перлітових сталей доцільно використовувати зварювальні матеріали, близькі за складом до менш легованої сталі [7]. Оскільки технологічна міцність перлітових швів знижується

із підвищенням ступеня їх легування, необхідно забезпечити відсутність у швах тріщин за рахунок пропорції елементів. У зварних з'єднаннях високохромистих мартенситних, феритних і ферито-аустенітних сталей, вибір електродних матеріалів для зварних з'єднань різнорідних високохромистих сталей визначаються рядом вимог. Найголовніша з них – отримання швів без тріщин і відсутність у них тендітних складників [8]. При зварюванні цих сталей внаслідок високого вмісту в основному металі енергійного карбідоутворюючого елемента – хрому – помітного розвитку дифузних шарів у зоні сплаву очікувати не слід. Дослідження зварювання 12-відсоткових хромистих мартенситних або мартенситно-феритних сталей різного легування показало, що для цього виду зварювання можуть застосовуватися електродні матеріали з легуванням хромом не менше 10% для будь-якої зі зварювальних сталей. При автоматичному зварюванні під флюсом сталей цього класу або у вуглекислому газі необхідно використовувати зварювальний дріт типу 08X14ГТ, який забезпечує високу циклічну стійкість до тріщин металу шва.

Режим підігріву для сталей вищевказаних класів слід вибирати за вимогами сталі, яка має найбільшу схильність до загартовування і зазвичай підвищений вміст вуглецю. Його температура залежно від жорсткості конструкції та вмісту у сталі вуглецю може коливатися в межах 200–400°C [9]. Після зварювання обов'язковим є термічний відпуск за температури 700–750°C. Якщо товщина зварювальних елементів перевищує 30 мм, то до охолодження конструкції не нижче температури 100–150°C необхідно поміщати її в термічну піч для нагрівання під відпуск.

Дослідження зварювання 12-відсоткових хромистих мартенситних сталей із високохромистими феритними та ферито-аустенітними сталями показали, що найбільш доцільно використовувати зварювальні матеріали ферито-аустенітного класу. Перевагою цих матеріалів порівняно з феритними (типу ЕФХ17) є мала схильність металу шва до зростання зерна і висока його пластичність у початковому стані після зварювання (рис. 1).

Температура підігріву таких з'єднань при зварюванні повинна вибиратися з термічного режиму з розрахунку для 12-відсоткової хромової сталі. Після зварювання необхідно виконати відпуск при в інтервалі 700–750°C.

У ході термічної обробки слід вживати заходів до прискореного охолодження конструкції, щоб уникнути прояву ефекту крихкості, за температури 475°C [10]. Проведення відпуску помітно

підвищує корозійну стійкість зварного з'єднання, насамперед у районі навколошовної зони сталей ферито-аустенітного класу, що підтверджено результатами експерименту.

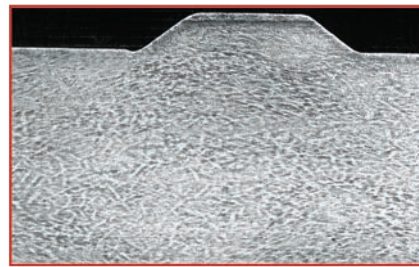


Рис. 1. Вид зварного з'єднання сталі з феритною структурою

При зварюванні з'єднання 08X13 + 10XСНД застосовуються також аустенітні, електродні та присадочні матеріали. Температура підігріву може бути знижена на 100–150°C, на відміну від необхідного режиму для високохромистих сталей [12].

При проведенні дослідження визначено, що температура підігріву при зварюванні перебувала в межах 130–180°C. За необхідності викликані умовами забезпечення необхідного рівня властивостей і стійкості проти міжкристалітної корозії температура термічного відпуску виробу може бути підвищена до 800–850°C.

Для попередньої оцінки придатності зварювальних матеріалів доцільно використовувати поділ аустенітних сталей по зварюваності на дві групи [13]. До першої з них належать найбільш поширені аустенітні сталі, в яких вміст основного легуючого елемента – хрому – перевищує або близький до вмісту нікелю > 1%. Ці сталі можуть зварюватися найбільш технологічними електродними матеріалами аустенітно-феритного класу. Друга група охоплює сталі з підвищеним запасом аустеніту, в яких вміст нікелю перевершує вміст хрому < 1% і які аустенітно-феритними електродними матеріалами зварюватися не можуть [14].

Вищевказані доводи були ключовими у розробці технології зварювання суднового вузла – елемента відцентрового насоса.

На підставі вищевикладеного матеріалу і проведених досліджень була розроблена технологія відновлення працездатності вузла суднової енергетичної установки. Так, на рис. 2 приведена схема кріплення лопаті відцентрового насоса до маточини. Маточина 1 виконана з феритної сталі марки 0X13, приварюється до неї лопать 3, виготовлена з маловуглецевої сталі. Зварювальний шов 2 виконаний із кутовим профілем,

зі збереженням установочного розміру  $H$ . За умовами зварювання для сталі 0X13, так само як і малоуглецевої сталі, підігріву або зовсім не потрібно, або його температура не перевищує  $100\text{--}150^\circ\text{C}$ . Такий же термічний режим був прийнятий і при зварюванні комбінованого з'єднання, яке використовувалося в насосі цього типу, електродами типу Е-ХМ. Спочатку заварювався зовнішній кільцевий шов, після чого швом до маточини приварювалася внутрішня сорочка на глибину  $h$ . При виконанні шва утворювалися кільцеві тріщини, що йдуть переважно поблизу межі сплаву зі сталлю 0X13.

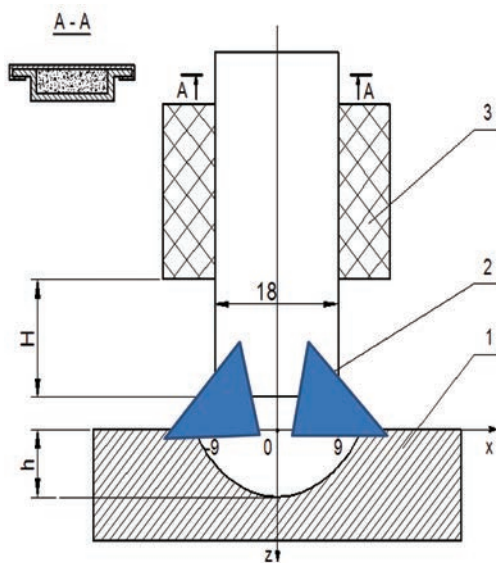


Рис. 2. Схема приварки лопаті відцентрового насоса до маточини

При детальному розгляді вузла, зображеного на рис. 2, були виявлені тріщини, які є наслідком виникнення загартованих ділянок перлітного шва за рахунок проплавлення крайок високохромистої сталі. Щоб уникнути цього дефекту, необхідно ввести підігрів деталей до температури  $300\text{--}400^\circ\text{C}$ . Ці дії мінімізують ризики появи тріщин. Особливо слід відзначити ту обставину,

що при ремонті суднового відцентрового насоса вимоги до режиму підігріву комбінованого вузла рис. 2 вищі, ніж вимоги до підігріву складників деталей. Тому при використанні електродних і присадних матеріалів аустенітного класу режим підігріву перед зварюванням може бути змінений у бік зниження його температури на  $150\text{--}200^\circ\text{C}$ . Це відрізняється від режимів, застосовуваних для однорідних з'єднань [15]. Так, наприклад, після труднощів при виготовленні вузла маточини насоса (рис. 2) вихід був знайдений шляхом заварки вузла аустенітними електродами без підігріву і наступної термічної обробки.

Особливий акцент необхідно зробити на те, що при виготовленні суднових конструкцій найбільш поширені хромо-молібдено-ванадеві сталі марок 12X1MФ і 15X1M1Ф. Їх властивості більш стабільні через наявність у них вільних карбідоутворюючих елементів (Cr, Mo і V). Водночас ці сталі при тривалих витримках на температурах вище  $500^\circ\text{C}$  також схильні до утворення дифузійних шарів у зоні сплаву з аустенітним швом. Тому температура їх експлуатації повинна обмежуватися  $500^\circ\text{C}$ .

Дослідження показали що найбільш стабільними перлітними сталями є 5-процентні хромисті сталі марок X5, X5M і X5MФ, а також високолеговані сталі марок 15X2M2ФБС і 25X3VMФ (EN 415). При їх експлуатації для роботи в зоні температур до  $550\text{--}580^\circ\text{C}$  можна не побоюватися помітного розвитку дифузійних шарів.

Також на підставі даних проведених досліджень можна відзначити, що гранична температура застосування в різномірних зварних з'єднаннях частки перлітної складової частини може бути підвищена:

а) при введенні перехідників із перлітної сталі з більш високим вмістом у них активних карбідоутворюючих елементів;

б) використання захисних облицювальних перлітових наплавлень на кромки перлітної сталі,

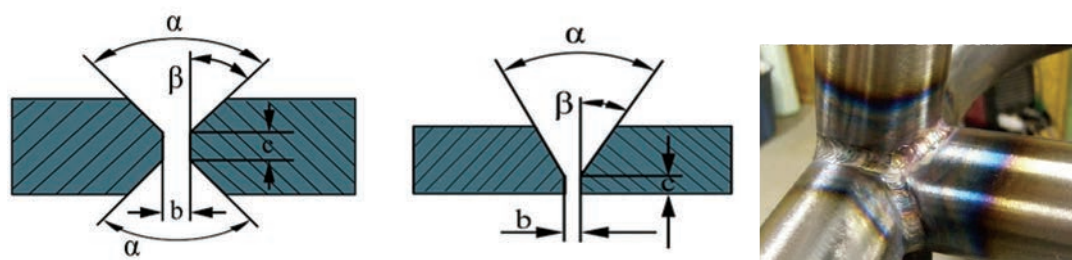


Рис. 3. Схеми розділок під зварювання з обробленими перлітними крайками:  
а – X-подібне оброблення; б – V-подібне оброблення;  
в – зварне з'єднання труби із розширеним кордоном сплаву

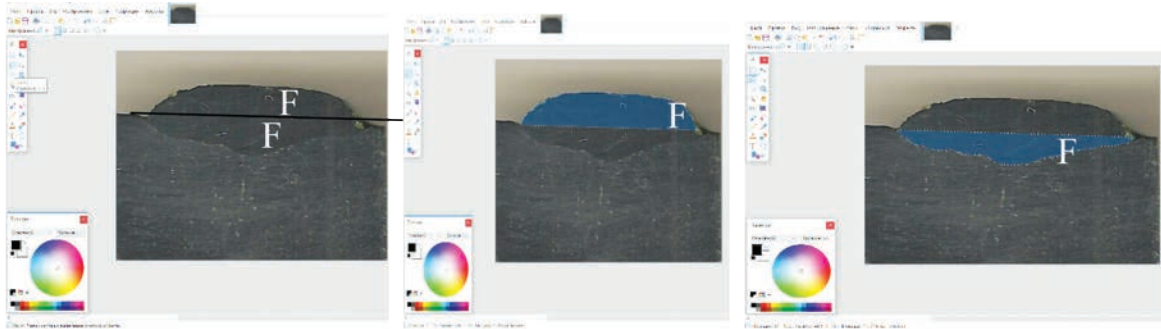


Рис. 4. Визначення частки участі основного металу в наплавленому за допомогою програми: а – зображення зразка; б – сектор площі наплавлення; в – сектор площі проплавлення

облицювальний шар повинен мати більший вміст активних карбидоутворюючих елементів, ніж перлітний основний метал.

Вставки-перехідники зі стабільних перлітових сталей найбільш доцільно застосовувати у стиках трубопроводів (рис. 3). З'ясовано, що важливими для підготовки під зварювання є геометричні розміри (рис. 3) стиків:  $\alpha$ ,  $\beta$ - кути розділу основного металу, b, c – зазор і притуплення металу. Слід звернути увагу на те, що облицювання кромки зварювальних у з'єднаннях різнорідних сталей (рис. 3), крім зменшення інтенсивності дифузійних шарів, може використовуватися також для усунення підігріву при зварюванні, а також зменшення небезпеки утворення тріщин при зварюванні конструкцій підвищеної жорсткості зі сталями, схильними до гартування [16].

Результати вимірів визначили товщину облицювального шару при зварюванні незагартованих сталей у межах 5–6 мм. У випадках застосування сталей, схильних до гартування, товщина облицювального шару повинна бути збільшена до 9 мм. Метал облицювання не може бути піддано загартуванню при зварюванні. Схема обробки крайок зварного шва після нанесення облицювання може бути обрана за аналогією до стикового зварного з'єднання.

У дослідженні застосовувалася програма Lasso і здійснювалося виділення кордонів шва – проплавлення ( $F_{np}$ ) і наплавлення ( $F_n$ ). Програма автоматично прораховувала площу у квадратних пікселях, підставляючи ці значення у вираз

$m = F_{np} \cdot 100\% / (F_{np} + F_n)$ , і ми отримували значення частки участі основного металу в наплавленому (рис. 4).

Визначено вплив легуючих елементів при зварюванні плавленням на частку основного металу у шві. Відсоток основного наплавленого металу склав інтервал близько 56–60%, а залишок обсягу 40–43% – структура легуючих елементів і перехідні структури металу шва.

**Висновки.** У ході дослідження й аналізу експлуатаційних властивостей матеріалів, застосовуваних за суднових умов, визначено максимальне рекомендоване значення робочої температури для вуглецевих і хромо-молібденових сталей із вмістом Cr 1% і Mo 1% на рівні 500°C.

Визначено, що за температури експлуатації суднових конструкцій в інтервалі 450–500°C не виникає розвитку дифузійних шарів в у сплаву хромо-молібденової сталі зі швом. Обґрунтовано, що ці умови експлуатації є оптимальними для сталей такого класу.

Визначено співвідношення пропорцій зварного шва і легуючих елементів при зварюванні плавленням на частку основного металу. Відсоток основного металу – 60%, а залишок обсягу 40% – структура легуючих елементів і перехідні структури шва.

Сформульовано основні напрями впровадження результатів проведеного дослідження. Розроблено технологію виготовлення і ремонту вузлів суднових енергетичних установок із застосуванням низьколегованих сталей і проаналізованих видів термічної обробки.

#### Список літератури:

1. Chigarev V.V., Belik A.G. Flux-cored strips for surfacing. *Welding International*. V. 26. P. 975–979. 2012.
2. Фока А.А. Судовой механик. 2010. Одесса, Феникс, Т.1. 1030 с.
3. Kovalenko I., Spiridonov V. Operation reliability evolution of the ship power pipelines with application of mathematical modeling and ultrasonic testing methods. *The scientific heritage*. V. 6. P. 88–91. 2016.
4. Chigarev V.V., Belik A.G., Zarechenskii D.A. Optimization of the fractional composition and performance melting powder tapes with exothermic mixture in the filler. *Welding International*. V. 30. № 7. P. 557–559. 2016.

5. Чигарев В.В., Коваленко И.В. Способ увеличения срока службы металлургического оборудования. *Вестник ПГТУ*. № 20. С. 231. 2010.
6. Чигарев В.В., Коваленко И.В. Исследование эксплуатационных свойств биметаллических сварных соединений. *Вестник ПГТУ*. № 22. С. 161. 2011.
7. Готальский Ю.Н. Сварные соединения разнородных сталей. Москва : Техника, 1981. 185 с.
8. Патон Б.Е., Чепурной А.Д., Саенко В.Я. и др. Перспективы производства толстостенных биметаллических корпусов высокого давления. *Автомат. сварка*. № 1. С. 30. 2004.
9. Закс И.А. Сварка разнородных сталей. Москва : Статус – Эко, 1973. 208 с.
10. Махненко В.И. Ресурс безопасной эксплуатации сварных соединений и узлов современных конструкций. Киев : Наукова думка, 2006. 618 с.
11. Патон Б.Е., Медовар Л.Б., Саенко В.Е. Новые возможности автоматической сварки в машиностроении. *Металлургия машиностроения*. № 1. С. 2. 2003.
12. Медовар Б.И. Сварка хромоникелевых аустенитных сталей. Москва : Машгиз, 1958. 258 с.
13. Mohammad Essa Ahmad, Chigarev W.W., Belik A.G. Application of flux-cored strips for ruggedization and reconditioning of machine parts. *Modern Developments in Renewable Energy and Sustainability*. Kuala Lumpur, Malaysia. P. 110. 2008.
14. Стафаков Ю.П., Побаль И.Л., Князева А.Г. Рост трещин вблизи границы раздела разнородных материалов в условиях сжатия. *Физ. мезомеханика*. № 1. С. 81. 2002.
15. Харин В.М. Судовые машинные установки устройства и системы. Одесса : Фенікс, 2010. 648 с.
16. Muller E. Geschweisste Turbinenlaufer. *BBC. Nachr. Shweissenund Schneiden*. 1995. V. 47. № 6. P. 277.

#### **Kovalenko I.V. WAYS TO INCREASE TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF SHIP ENERGY INSTALLATIONS WITH THE USE OF DIFFERENT STEEL**

*At the present stage of development of shipbuilding in the world and in Ukraine, attention is paid to the use of economically alloyed structural materials that have stable performance properties. When developing new technologies used in the manufacture of ship auxiliary mechanisms, it is very important to study the properties of joints of dissimilar steels and the pronounced chemical, structural and mechanical inhomogeneity formed by them. When conducting the analysis of these factors, both the properties and purpose of the construction materials and the choice of its manufacturing technology must be taken into account.*

*The welding methods used in the development of this technology should minimize costs and optimize the geometry of the weld. Another important factor is the assessment of the degree of alloying of welding steel grades and the level of the total cost of manufacturing the product. Studies of the properties of the transition layers of the weld and the base metal and their effect on the number of load cycles in the tests are also key. Therefore, minimizing the number of diffusion layers in the alloy zone reduces the cyclic fatigue of the weld metal is a major factor.*

*It is important to compare welded joints of different degrees and classes of alloying. For example, the comparison of thermally strengthened and dispersed hard austenitic steels. For steels of this class, heat treatment after welding is mandatory to restore the properties of the seam area. Also important is the final structure of the seam, which directly determines the number of cycles before the first stage of destruction. In this case, the best properties in terms of operation in fine austenitic and pearlitic structures. A special role is given to the choice of heat treatment modes of the welded joint, it depends on the level of doping of Ni, Mg, Cr as the base metal and the welded joint. It is also necessary to consider the magnitude of operating loads on ship power plants.*

**Key words:** alloying elements, austenite, base metal, weld metal, transition layer, metal structure.



УДК 621.181:519.876

DOI https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/06

**Гулей А.Б.**

Украинская инженерно-педагогическая академия

**Ключка Е.П.**

Украинская инженерно-педагогическая академия

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ УГЛЯ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ТОПКИ КОТЛА ТПП-312А**

*Актуальність дослідження полягає в тому, що для енергетики України необхідна розробка методів оцінки і прогнозу стану котельних установок ТЕС, в яких здійснюють перехід на непроєктне низькосортне вугілля.*

*Метою дослідження є підвищення можливості адекватної оцінки теплового стану топки для запобігання шлакуванню поверхонь теплових екранів у разі використання вугілля різної вологості.*

*На підставі результатів огляду літератури з теми дослідження показано, що для вирішення проблеми необхідні розрахунково-теоретичні методи аналізу стану топки, засновані на досвіді практичної експлуатації котлів та математичних моделях, які у свою чергу побудовані на фізичних принципах процесів тепломасобміну в топці котла.*

*Предметом дослідження є вплив зміни вологості вихідного вугілля на температури димових газів на рівні поду топки, на рівні газового вікна на виході з топки та на рівні факела палаючого палива, що дає підставу для аналізу умов шлакування поверхонь теплових екранів.*

*Завданням дослідження є оцінка можливостей варіанту зонального методу розрахунку тепломасообміну в топці парового котла (автор Е.С. Карасіна) у дослідженні впливу вологості вугілля на шлакування поверхонь теплообміну в паровому котлі ТПП-312А.*

*Методикою дослідження є математичне моделювання за допомогою спеціальної програми (на ПЕОМ) для варіанту зонального методу розрахунку процесу згорання вугілля в топці котла. При цьому використовують вугілля різної вологості за умови постійної величини зольності (за умови постійної величини корисного виділення тепла в топці).*

**Ключові слова:** температура, математична модель, зона, димові гази, топка, котельна установка, вологість вугілля, шлакування поверхонь, факел палаючого палива, радіаційні властивості, газове вікно, випромінювання, баланс теплоти.

**Постановка проблеми.** Угольные тепловые электростанции (ТЭС) занимают важное место в энергетике Украины, обеспечивая более 40% общего годового производства электроэнергии [1, с. 27].

Практика сжигания энергетического угля на ТЭС затрудняется устойчивой тенденцией понижения качества углей. За время эксплуатации сегодняшнего парка котлов теплота сгорания угля на ТЭС уменьшилась в 1,5 раза [2, с. 125] по сравнению с теплотой сгорания проектного угля, что привело к снижению КПД котлов. Основным механизмом этого явления является увеличение балласта – содержания золы и влаги в составе угля.

Из опыта эксплуатации котельных установок (далее – КУ) известно, что при изменении свойств

топлива возникают проблемы, обусловленные несоответствием топок КУ изменившимся характеристикам угля.

В число важнейших показателей качества угля входит массовая доля влаги в его рабочей массе  $W^p$ . Влага топлива снижает его теплоту сгорания, увеличивает затраты на перевозку, создает значительные трудности при размоле, сжигании и уменьшает величину КПД котла.

Условием стабильного сжигания пылевидного угля является поддержание теплового баланса топki при температуре, обеспечивающей жидкое шлакоудаление. Увеличение влажности угля приводит к нарушению условий баланса и проблемам шлакоудаления.

Влажность топлива оказывает существенное влияние на теоретическую адиабатную температуру  $\Theta_a$  процесса в топке, понижая ее величину и негативно воздействуя на сам процесс горения. Так, при изменении влажности бурых углей от  $W^p = 10\%$  до  $W^p = 45\%$  рассчитанная адиабатная температура в топке уменьшилась от  $\Theta_a = 1900^\circ\text{C}$  до  $\Theta_a = 1600^\circ\text{C}$  [3, с. 62].

Для кузнецких углей расчеты показали, что на каждый процент повышения содержания влаги адиабатная температура снижается на  $6^\circ\text{C}$  [4, с. 76]. Ту же тенденцию подтверждают оценки влияния  $W^p$  на  $\Theta_a$  высокорекреационных углей: уменьшение  $W^p$  на 10% повышает  $\Theta_a$  в пределах от  $100^\circ\text{C}$  до  $160^\circ\text{C}$ , а температуру в ядре факела – от  $85^\circ\text{C}$  до  $130^\circ\text{C}$  [5, с. 2].

С увеличением  $W^u$  угля значительно снижается величина  $Q_n^p$  ввиду затраты теплоты на испарение влаги. В результате снижается температура продуктов сгорания в зонах воспламенения и горения, вследствие чего уменьшается скорость горения и увеличивается механический недожог. Также с ростом  $W^u$  повышаются потери с уходящими газами.

Таким образом, для каждого типа КУ необходимо принимать технические и технологические решения в зависимости от характеристик используемых углей. Но переход на непроектные угли нуждается в предварительной оценке возможных его условий и последствий. По результатам такого оценивания оптимизируют поиск замещающих углей, на начальных этапах прогнозируют значимые последствия смены топлива [8, с. 64, с. 97], что уменьшает затраты на экспериментальную проверку предложенных решений.

Чисто экспериментальное решение подобных задач практически неосуществимо. Так, важные характеристики процесса горения не могут быть экспериментально с необходимой точностью оценены на работающем котле. На сегодня не существует достаточной номенклатуры высокотемпературных датчиков состояния физических тел и элементов оборудования в топках КУ. Тем более что многие характеристики КУ, в принципе, недоступны непосредственному контролю. А косвенные их оценки далеко не всегда могут обеспечить необходимую точность в силу того, что отсутствуют адекватные математические модели [6, с. 25, с. 48], [7, с. 177, с. 204, с. 212], а также возможность с удовлетворительной точностью получать экспериментальные оценки краевых условий для моделей [6, с. 21, с. 22].

Отсюда следует, что для решения проблемы необходимы расчетно-теоретические методы ана-

лиза состояния КУ, основанные на опыте практической эксплуатации и построенных на физических принципах математических моделях происходящих в них процессов теплообмена.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Формально одним из основополагающих методов сегодня является нормативный метод «Тепловой расчет котлов» [9]. Этот метод в принципе дает возможность получать оценки необходимых характеристик теплообмена в топках КУ. Но идеализированная одномерная схема топочного процесса и ряд предположений, которые лежат в ее основе, недостаточно соответствуют реальным условиям работы топок КУ.

Так, в [10] отмечается, что нормативный метод базируется на применении теории подобия к процессам теплообмена, в результате чего теплообмен определяется в зависимости от безразмерных критериев Больцмана ( $Bo$ ) и критерия Бугера ( $Bu$ ) в [9]. Фактически, это эмпирический метод с многочисленными, не всегда физически обоснованными поправками от конструктивных, режимных и прочих факторов, а также от свойств топлива. Кроме того, соотношение критериев  $Bo$  и  $Bu$  индивидуально для каждого котла и обобщающая его зависимость могут дать грубое приближение.

Также в [10] делается вывод, что при подготовке эксперимента по сжиганию непроектного угля необходимо использовать компьютерную модель горения в топке, построенную на физически обоснованных принципах.

**Постановка задачи.** Для выполнения исследования влияния влажности угля на характеристики топок КУ необходимо использовать методы расчета теплового состояния этих топок при работе на непроектных углях. Методы должны основываться на модели теплообмена, построенной на физически обоснованных принципах и использовать данные, полученные при практической эксплуатации КУ.

Моделирование процесса теплообмена в топке выполняется на основе информации о составе рабочей массы исходного угля и необходимых технологических характеристиках топки КУ. Критерии оценки полученных результатов должны соответствовать условиям отсутствия шлакования поверхностей топки при ее работе с топливом переменной влажности.

**Изложение основного материала исследования.** На основании результатов обзора литературы нами был сделан вывод о том, что поставленным условиям отвечает модель зонального метода расчета теплообмена, предложенная в [11],

[12]. Поэтому в нашей работе мы использовали вариант зонального метода [11, с. 42, 45], который разработан для расчета лучистого теплообмена в топке котла. В основу метода положены работы Э.С. Карасиной и соавторов [12 с. 25, с. 30; 13, с. 40], которые успешно использовались для расчета лучистого теплообмена в топках котлов [12].

В математической модели, используемой в методе, в результате условного деления топки на ряд объемных и поверхностных зон действительные непрерывные поля температуры и физических характеристик тел заменяются конечным числом ступенчато-прерывных однородных участков, в пределах которых температура и все физические характеристики сред могут быть приняты постоянными.

Интегральные уравнения теплообмена излучением заменяются при этом конечной системой алгебраических уравнений. Из решения этой системы уравнений совместно с уравнениями массопереноса, конвективного теплообмена и горения определяются все неизвестные характеристики, в том числе температуры и тепловые потоки между зонами.

Для каждой пары зон: объемная – объемная, объемная – поверхностная и поверхностная – поверхностная, определяются коэффициенты лучистого переноса согласно [11], [12].

Для каждой объемной и поверхностной зоны записывается уравнение теплового баланса. В уравнение объемной зоны, кроме членов, определяющих ее теплообмен излучением с остальными зонами, входят также члены, учитывающие тепловыделение от сгорания топлива и от изменения энтальпии топочных газов. При решении системы уравнений вычисляются температуры в объемных зонах и тепловосприятие каждой поверхностной зоны.

Исходные эмиссионные свойства топочной среды основаны на данных [9]. Для уточнения излучения золовых частиц были проведены экспериментальные исследования [13]. В них оценено ослабление излучения в пылевоздушном потоке, причем пробы золы представляли основные энергетические угли СНГ. Также в модели учитывается и рассеяние лучей частицами.

Система нелинейных балансовых уравнений, число которых равно сумме объемных и поверхностных зон, решается численными методами.

Моделирование решения поставленной задачи выполнено на примере исследования сжигания исходного угля (марка Г, № 23, Донецкий бассейн [9, с.124].) в топке котла ТПП-312А на номинальном режиме его работы.

Для этого необходимы данные о характеристиках топки, а также результаты теплового расчета топки на заданной марке угля, необходимые в качестве исходных условий модели горения в топке. Этот расчет выполнялся по Нормативному методу [9] с целью оценки КПД котла, расхода топлива и других характеристик для моделирования работы топки.

Схема и конструктивные характеристики котла соответствуют данным [14], принципиальная схема котла приведена на рис. 1.

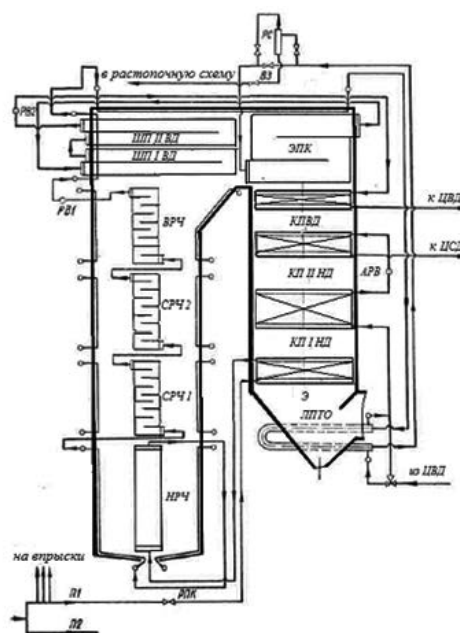


Рис. 1. Принципиальная схема котла

Паровой котел ТПП-312А прямоточный, сверхкритического давления рабочего тела, с промежуточным перегревом пара. Он вырабатывает пар с давлением 25 МПа и температурой 545°C. Расход перегретого пара 263,9 кг/с (950 т/ч), расход вторичного пара – 216,7 кг/с (номинальный режим).

Компоновка котла выполнена по П-образной схеме. Топка открытая, однокамерная, прямоугольного сечения. В верхней части камеры (под перевалом на высоте 15,2 м) вводятся дымовые газы рециркуляции.

Геометрические размеры топки: высота 42 м × ширина 17 м × глубина 8,7 м. Высота до ширмового пароперегревателя – 34 м. Размеры газового окна: 9 м×17 м. Объем топки – 5100 м<sup>3</sup>. Высота оси горелок – 3,36 м.

Подовые экраны и НПЧ до отметки 14 м покрыты зажигательным карборундовым поясом. Топка оборудована восьмью вихревыми горелками, встречно расположенными в один ярус на фронтальной и задней стенках.

Шлакоудаление жидкое через две охлаждаемые летки в поду топки.

Приведенная влажность угля:  $W^p = 0,51\%$  кг/МДж.

Свойства золы угля [9, с. 127]:  $t_A = 1180^\circ\text{C}$ ;  $t_B = 1240^\circ\text{C}$ ;  $t_C = 1300^\circ\text{C}$ .  $t_{н.ж.ш.у.} = 1450^\circ\text{C}$ ;  $t_{н.шл.} = 980^\circ\text{C}$ . Фракционный состав золы – 16,6 мкм.

Температуры уходящих газов, холодного воздуха, коэффициент избытка воздуха, а также величины  $q_4$  принимают следующие значения:

$$t_{х.в.} = 30 ; t_{yx} = 150 ; \alpha_{yx} = 1,51; q_4 = 0.5\%.$$

В результате расчета по нормативному методу получены следующие характеристики: КПД котла брутто  $\eta_{бр} = 91,65\%$ ; полезно использованная теплота в топке  $Q_1^p = 636907$  кВт; расчётный расход топлива  $B_p = 39,8$  кг/с.

Анализ влияния одного из компонентов балласта топлива в нашем случае предполагает фиксацию содержания в угле зольности при заданном изменении влажности. В принципе, это возможно за счет применения разомкнутой схемы пылеприготовления с использованием сушилок. Но при этом расход золы в топке включает и переменную долю, определяемую изменением расхода угля для вариантов влажности, что приводит к дополнительному тепловому эффекту. Этот эффект отвечает реальным условиям горения в топке, и его невозможно исключить.

В нашем случае при моделировании влажности угля изменяют от  $W^p = 8\%$  до  $W^p = 29\%$  с шагом 3%. Величина зольности постоянна  $A^p = 22,3\%$ .

Принимаем величину  $\eta_{бр}$  зависящей от влажности на всем диапазоне изменения  $W^p$ . По данным [15] и нашим оценкам, повышение влажности угля на 1% понижает  $\eta_{бр}$  парогенератора в пределах от 0,07% до 0,1%. Принимаем, что изменение  $\eta_{бр}$  составляет 0,1% на 1% изменения  $W^p$ .

Таким образом, все необходимые для теплового расчета топки конструктивные и режимные характеристики КУ и расчетные характеристики топлива известны. Результаты расчетов  $W^p$ ,  $\eta_{бр}$ , и  $B_p$  приведены в табл. 1.

Для решения поставленной в работе задачи необходимы оценки температурных полей дымо-

вых газов в объеме топки. Их получение сводится к решению многофакторной, стационарной, нелинейной, неоднородной и трехмерной задачи тепло-массообмена. Решение этой задачи выполняем с использованием зонального метода [11], [12].

В работе [13] автор указывает на то, что тестирование метода по результатам исследований большого количества котлов в ВТИ, УралВТИ, и по данным испытаний зарубежных котлов показало хорошее соответствие.

Схема аппроксимации объема топки для котла ТПП-312А показана на рис. 2, где топка разбита на объемные зоны (блоки). В свою очередь каждый блок разбит на кубы одинакового размера (на рисунке не показаны), в пределах которых температура и оптико-геометрические характеристики среды принимаются постоянными. При этом размеры блоков кратны величине ребра куба, которая вычисляется для каждого случая.

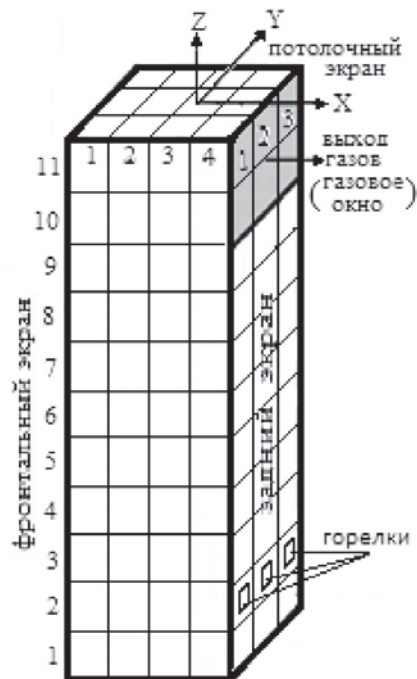


Рис. 2. Схема аппроксимации блоками объема топки котла ТПП-312А

Таблица 1

Расчетные характеристики топлива и  $\eta_{бр}$  топки

Варианты	1	2 (базовый)	3	4	5	6	7	8
$W^p, \%$	8	11	14	17	20	23	26	29
$Q_n^p, \text{кДж/кг}$	22747	21378	20789	18235	19290	17209	16146	15091
$\eta_{бр}, \%$	91,95	91,65	91,35	91,05	90,75	90,45	90,15	89,85
$B_p, \text{кг/с}$	31,77	33,44	35,305	37,33	39,63	42,19	45,09	48,43

Интегральные уравнения теплообмена излучением в топке заменяются при этом конечной системой нелинейных балансовых алгебраических уравнений. Из решения этой системы определяется пространственное поле температур дымовых газов, которое соответствует температурам кубов. Такой подход существенно повышает физическую адекватность модели теплообмена в топке и дает возможность ее более детального исследования.

Схема аппроксимации объема топки блоками по осям координат задана следующим образом:  $X \times Y \times Z = 4 \times 3 \times 11$ . В итоге: количество блоков аппроксимации – 144, количество кубов – 828. Размер ребра куба равен 1,804 м.

Для решения поставленной задачи нами были использованы возможности свободно распространяемого программного обеспечения (СРПО), которое включает программы, ориентированные на моделирование теплоэнергетических систем. К СРПО относится и вычислительная программа «Furnace (KGTU)», разработанная под руководством д.т.н. Е.А. Бойко (Красноярский государственный технический университет) [15]. Программа предназначена для использования при наладке и эксплуатации топок паровых котлов и позволяет проводить вычислительные эксперименты. В ней реализован метод расчета теплообмена [12]. Для горелок задаются распределения подаваемого в топку воздуха и дымовых газов (двумерные) по глубине и высоте топки. Также задается распределение воздуха и аксиальных массовых скоростей газов в каждом горизонтальном слое.

В программе введена «изотермическая проверка» – сравнение степени черноты объема топки, полученной суммированием тепла излучения от всех объемных зон при одинаковой температуре в них, со степенью черноты, рассчитанной по эффективной толщине газового слоя. Расхож-

дение должно быть не более 10%, но обычно оно не превышает 5%.

Полученная при расчете система нелинейных балансовых уравнений решается методом Ньютона–Рафсона и требует трех – шести итераций.

Результаты оценки температур пода дымовых газов топки в зависимости от влажности угля приведены в табл. 3 и на рис. 3. Здесь  $t_{min}$  пода для блока с координатами ( $Z=1; X=1; Y=1$ ) – это минимальный уровень температур в зоне пода топки (блок на максимальном расстоянии от оси факела).

Для гарантированного шлакоудаления минимальная температура дымовых газов в районе летки должна быть не ниже температуры нормального жидкого шлакоудаления  $t_{н.ж.ш.у.}$ . Обычно дается ее завышенная оценка (запас до 10%), которая в целом может быть применена для расчетов [17, с. 140]. Также можно использовать и  $t_c$  – температуру жидкоплавкого состояния или растекания шлака топлива:  $t_{сши} = t_c + 100^\circ\text{C}$  [9]. Для выбора из этих температур необходимо учитывать состав угля [17, с. 142].

Из результатов расчетов следует, что величине заданной температуры жидкоплавкого состояния  $t_{сши} = 1300^\circ\text{C}$  удовлетворяют температуры газов для всех значений влажности. В свою очередь величине заданной температуры  $t_{н.ж.ш.у.} = 1450^\circ\text{C}$  не удовлетворяют температуры газов при влажности 26% и 29%.

Температуры  $t_{max}$  факела горящего топлива в зависимости от изменения влажности угля приведены в табл. 4 и на рис. 3. Здесь  $t_{max}$  факела для блока с координатами ( $Z=2; X=2$  и  $3; Y=2$ ) – это максимальный уровень температур по оси факела.

Как следует из данных табл. 4, максимальная температура факела по мере роста влажности падает в среднем на  $6,7^\circ\text{C}$  на 1% увеличения

Таблица 2

Данные, необходимые для программы «FURNACE» (не приведены в тексте)

1	Общая поверхность нагрева стен топки, $\text{м}^2$	2407
2	Рабочая масса топлива и его $Q_n^0$ , МВт/кг	В зависимости от влажности
3	Коэффициент избытка воздуха $\alpha_T$	1,15
4	Коэффициент уноса золы $\alpha_{ш}$	0,8
5	Фракционный состав золы, мкм	16
6	Влажность воздуха, г/кг	10
7	Поглощательная способность стен топки	0,75
8	Средняя температура воздуха, поступающего в топку, $^\circ\text{C}$	320
9	Температура пароводяной смеси в экранных трубах, $^\circ\text{C}$	405
10	Температура газов рециркуляции (верхней и нижней) и их доли, $^\circ\text{C}$	420; 0,07; 0
11	Распределение выгорания топлива по оси Z:	Z=2, $\varphi=0,94$ ; Z=3, $\varphi=0,04$ ; Z=4, $\varphi=0,02$ .
12	Степень загрязнения поверхностей нагрева	3,5;6.

Изменение температур дымовых газов  $t_{min}$  пода топки в зависимости от влажности угля

Влажность угля, $W^P$ , %	8	11	14	17	20	23	26	29
Температуры газов $t_{min}$ пода, °C	1530	1519	1506	1493	1477	1459	1440	1418

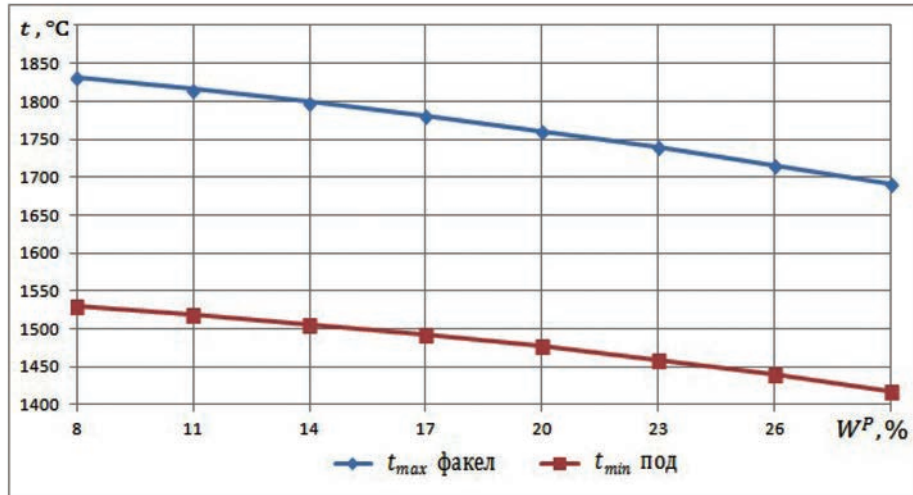


Рис. 3. Изменение температуры дымовых газов  $t_{min}$  пода топки и температуры  $t_{max}$  факела горящего топлива в зависимости от влажности угля

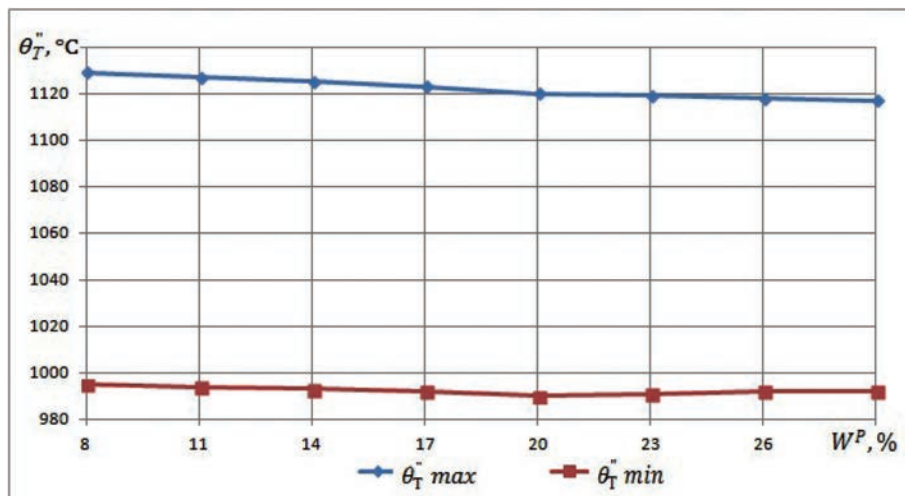


Рис. 4. Изменение максимальных и минимальных температур дымовых газов в плоскости газового окна на выходе из топки в зависимости от изменения влажности угля

влажности. Характер изменения этой температуры близок к линейному. Эти данные соответствуют результатам работ [7] и [8].

Оценки температуры дымовых газов на выходе из топки в зависимости от влажности угля приведены в табл. 5 и на рис. 4. Здесь  $\theta_T''$  min выхода – температура блока с координатами ( $Z=1$ ;  $X=4$ ;  $Y=12$ ) – это блок в верхнем правом (левом) углах газового окна;  $\theta_T''$  max выхода – температура

блока с координатами ( $Z=2$ ;  $X=4$ ;  $Y=11$ ) – это блок внизу по середине газового окна.

Из представленных результатов следует, что с ростом влажности средняя температура газов на выходе из топки падает в среднем на  $0,4^\circ\text{C}$  на 1% влажности. Температурные градиенты по газовому окну достигают  $130^\circ\text{C}$ , средняя температура газов в нем недостаточно информативна для оценки возможности шлакования поверхностей.

Таблица 4

**Изменение максимальных температур факела горящего топлива в зависимости от влажности угля**

Влажность угля, $W^p$ , %	8	11	14	17	20	23	26	29
Температуры $t_{max}$ факела, °С	1832	1816	1799	1781	1761	1740	1716	1691

Таблица 5

**Изменение максимальных, минимальных и средних температур дымовых газов на выходе из топки в зависимости от влажности угля**

Влажность угля, $W^p$ , %	8	11	14	17	20	23	26	29
Температуры $\Theta_T$ min выхода, °С	995	994	993	992	990	991	992	992
Температуры $\Theta_T$ max выхода, °С	1129	1127	1125	1123	1120	1119	1118	1117
Максимальный градиент температур газового окна, °С	134	133	132	131	130	128	126	125
Средняя температура газового окна, °С	1055	1054	1052	1051	1049	1048	1048	1048

В нашем случае температура начала шлакования  $t_{н.ш.д.} = 980^\circ\text{C}$ . Поэтому использование исходного угля при заданном режиме работы котла затруднено из-за шлакования поверхностей пароперегревателей за газовым окном. Потребуется мероприятия, предупреждающие это шлакование.

**Выводы.** В работе исследованы и проанализированы результаты использования варианта зонального метода расчета лучистого теплообмена в топке котла для оценки возможности применения непроектного угля на ТЭС.

Расчет характеристик горения в топке выполнен математическим моделированием процесса горения исследуемого угля переменной влажности при постоянном тепловыделении в топке. В результате получены оценки изменения температуры факела, температур дымовых газов на выходе из топки и на уровне пода топки в зависимости от величины влажности угля.

Характер и величины изменений этих температур физически непротиворечивы и соответствуют научным данным.

На основании этих оценок сделаны выводы о возможности шлакования пода топки и газового окна для исследованного угля и, соответственно, о возможности его использовании в данном котле.

Также показано, что поле температур газового окна характеризуется большими градиентами, что исключает возможность использования средних температур в этом окне для анализа его теплового состояния.

Анализ результатов обзора литературы и применения зонального метода расчета лучистого теплообмена в топке парового котла дает основания для рекомендации этого метода для оценки возможности использования углей с заданными свойствами на ТЭС.

**Список литературы:**

1. Подготовка угольного топлива для пылевидного сжигания на тепловых электростанциях. *Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб.* / Ю.Н. Филиппенко и др. 2013. Вип. 53 (94). С. 27–32.
2. Шуваева Н.М., Борисенко О.М., Борисенко О.А. Повышение эффективности подготовки к факельному сжиганию низкорреакционных углей Украины. *Вестник Нац-техн. ун-та «ХПИ» : сб. науч. тр. Темат. вып.: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование.* Харьков : НТУ «ХПИ». 2005. № 6. С. 124–129.
3. Белосельский Б.С., Барышев В.И. Низкосортные энергетические топлива: особенности подготовки и сжигания. Москва : Энергоатомиздат, 1989. 136 с.
4. Паршин А.А., Митор В.В., Безгрешнов А.Н. Тепловые схемы котлов. Москва : Машиностроение, 1987. 224 с.
5. Пылеприготовительные системы буроугольных котлов в СССР и за рубежом. Обзор. Энергетическое машиностроение. 2-78-14. Москва, 1978.
6. Бек Дж., Блэкуэлл Б., Сент-Клер Ч. Некорректные обратные задачи теплопроводности ; пер. с англ. Москва : Мир, 1989. 312 с.
7. Блох А.Г. Теплообмен в топках паровых котлов. Ленинград : Энергоатомиздат. Ленингр. Отделение, 1984. 240 с.

8. Томилов В.Г., Яганов Е.Н. Исследование влияния качества топлива на эффективность котельных агрегатов в условиях задачи изменения топливного баланса ТЭС. *Состояние и перспективы развития электротехнологии* : материалы Международн. научн.-техн. конф. Иваново, 2013. Том II: Теплоэнергетика. С. 94–97.
9. Тепловой расчет котлов (нормативный метод). Изд. 3-е, перераб. и дополн. / НПО ЦКТИ. Санкт-Петербург, 1998. 256 с.
10. Алехнович А.Н. Состояние и проблемы расчёта теплообмена в пылеугольных топках. *Электрические станции*. 2015. № 3. С. 32–36.
11. Карасина Э.С. Алгоритм и программа зонального расчета теплообмена в топочных камерах паровых котлов. *Теплоэнергетик* / Э.С. Карасина и др. Москва, 1982. № 7. С. 42–50.
12. Развитие метода и программы трехмерного зонального расчета теплообмена в топочных камерах пылеугольных котлов. *Теплоэнергетика* / А.А. Абрютин и др. 1998. № 6. С. 20–24.
13. Опыт применения программы трехмерного зонального метода расчета теплообмена в топочных камерах пылеугольных котлов энергоблоков мощностью 350 и 575 МВт. *Теплоэнергетика* / Э.С. Карасина и др. 2010. № 10.
14. Волошенко А.В., Медведев В.В., Озерова В.В. Принципиальные схемы паровых котлов и топливоподач ; Томский политехнический университет. Томск : изд-во Томского политехнического университета, 2011. 100 с.
15. Экономическая эффективность повышения качества угольного топлива. URL: <https://lektsii.org/18-74693.html/>
16. Бойко Е.А. Программа трехмерного зонального метода расчета теплообмена в топочных камерах паровых котлов. Руководство пользователя. URL: <http://enek.ru>
17. Влияние физико-химических характеристик золы на параметры жидкого шлакоудаления для угля донецкого бассейна. *Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика* : збірник наукових праць / А.Ю. Майстренко та ін. Дніпропетровськ : Нова ідеологія, 2009. Випуск 1. С. 129–148.

#### **Huley O.B., Kliuchka Y.P. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF CHANGE OF COAL HUMIDITY ON THE TEMPERATURE REGIME OF THE FIREPLACE OF THE BOILER TPP-312A**

*The relevance of the study is that for the energy sector of Ukraine it is necessary to develop methods for assessing and forecasting the condition of boiler plants of thermal power plants, which carry out the transition to non-project low-grade coal.*

*The aim of the study is to increase the possibility of adequate assessment of the thermal state of the furnace to prevent slagging of the surfaces of thermal screens in the case of using coal of different humidity.*

*Based on the results of the literature review on the research topic, it is shown that the problem requires calculation and theoretical methods of analysis of the furnace, based on the experience of practical operation of boilers and mathematical models, which, in turn, are based on physical principles of heat transfer in the boiler furnace.*

*The subject of the study is the effect of changes in the humidity of the source coal on the flue gas temperature at the hearth of the furnace, at the level of the gas window at the outlet of the furnace and at the level of the burning fuel torch, which provides a basis for analysis of slag conditions*

*The objective of the study is to assess the possibilities of the zonal method of calculating heat and mass transfer in the furnace of the steam boiler (author Karasina ES) in the study of the influence of coal moisture on slag of heat exchange surfaces in the steam boiler TPP-312A.*

*The research method is mathematical modeling using a special program (on a PC) for a variant of the zonal method of calculating the process of coal combustion in the boiler furnace. With use coal of different humidity under the condition of constant ash content (under the condition of constant value of useful heat release in the furnace).*

**Key words:** *temperature, mathematical model, zone, flue gases, furnace, boiler installation, coal humidity, surface slag, burning fuel flare, radiation properties, gas window, radiation, heat balance.*



# МЕТАЛУРГІЯ

УДК 621.784:621.63--047.44

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/07>

**Воденнікова О.С.**

Запорізький національний університет

**Воденніков С.А.**

Національний університет «Запорізька політехніка»

**Вінник І.І.**

Запорізький національний університет

## АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ ВИТЯЖНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ТРАВІЛЬНОМУ ВІДДІЛЕННІ

*Проаналізовано сучасні методи травлення металу та показано, що для видалення окалини з поверхні гарячекатаних виробів на металургійних підприємствах в основному застосовують кислотне травлення розчинами сірчаної або соляної кислот. У процесі кислотного травлення в атмосферу виділяється велика кількість шкідливих та небезпечних газів і парів: оксиди азоту (до 400 мг/м<sup>3</sup>), фтористий водень (до 100 мг/м<sup>3</sup>), пари сірчаної кислоти (до 200 мг/м<sup>3</sup>) та солі металів. Одним з основних технічних засобів, які запобігають потраплянню шкідливих речовин у повітря робочої зони, є встановлення системи витяжної вентиляції, яка забезпечує відведення шкідливих речовин від технологічного обладнання або місць їх утворення.*

*Показано, що перехід під час травлення металу із сірчаної на соляну кислоти дозволяє знизити втрати металу на 25%, підвищити інтенсивність розчинення окалини, отримати більш чисту поверхню та мати можливість повної регенерації відпрацьованих соляно-кислотних травильних розчинів.*

*Для умов травильного відділення ВАТ «Запоріжсталь», яке перейшло на соляно-кислотне травлення металу, запропоновано для відводу з технологічних ванн аерозолів, що утворюються, застосування двоборткових відсмоктувачів. Кількість повітря, яке видаляється за допомогою борткових відсмоктувачів, визначається в залежності від ширини та висоти травильної ванни; рівня соляної кислоти у ванні; рухливості повітря в приміщенні та різниці температур розчину і навколишнього повітря.*

*Показано, що допустима температура повітря робочої зони в травильному відділенні для холодної пори року становить 17–23°C та для теплої пори року – 18–27°C. При цьому зростання температури повітря навколо ванни з 16°C до 40°C прямо пропорційно знижує продуктивність вентиляції  $\approx$  на 71%. Аналіз впливу розмірів травильних ванн на продуктивність вентиляції показав, що в разі збільшення ширини (з 0,8 м до 1,4 м) та довжини (з 5 м до 8 м) ванни продуктивність вентиляції збільшується  $\approx$  на 48%.*

**Ключові слова:** травильне відділення, травильна ванна, соляно-кислотне травлення, пари кислот, витяжна вентиляція, борткові відсмоктувачі.

**Постановка проблеми.** Натепер однією з головних задач сучасного виробництва металовиробів є підвищення якості й конкурентоспроможності готової продукції з одночасним зменшенням забруднення навколишнього природного середовища [1]. Так, у процесі травлення металу з поверхні ванн виділяються шкідливі та небезпечні пари кислот, уловлювання яких є досить складним процесом.

Травлення металу дозволяє видаляти з виробів окалину, іржу й оксиди під дією кислот, солей

та лугів у розчинах. Найчастіше застосовується хімічне травлення металу, яке здійснюється зануренням заготовки у ванну з розчиненими хімічними речовинами [2].

Кислотне травлення проводять розчинами сірчаної, соляної та фосфорної кислот. За наявності кременію в сталі додають фтористоводневу кислоту. Під час травлення в сірчаній кислоті максимальна швидкість травлення відбувається за концентрації кислоти 20–25%. Також для видалення іржі та окалини з поверхні сталі застосовують

розчини 15–20%-ої соляної кислоти за температури 30–40°C [3].

Для видалення окалини з поверхні гарячекатаних виробів на металургійних підприємствах застосовують травлення в сірчаній або соляній кислотах, яке здійснюється періодично або безперервно. Під час травлення металів у кислотах в атмосферу виділяється велика кількість шкідливих газів і парів: оксиди азоту (до 400 мг/м<sup>3</sup>), фтористий водень (до 100 мг/м<sup>3</sup>), пари сірчаної кислоти (до 200 мг/м<sup>3</sup>) та солі металів [4].

Саме тому натеper для умов травильного відділення актуальною проблемою є утилізація викидів парів кислот, які забруднюють виробниче та навколишнє середовище, та дослідження системи уловлювання небезпечних та шкідливих парів кислот.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Сьогодні одним з основних технічних засобів, які запобігають потраплянню шкідливих речовин у повітря робочої зони, є місцеві відсмоктувачі. Вони представляють собою пристрої для відведення шкідливих речовин від технологічного обладнання або місць їх утворення [5].

Для зменшення виділень парів кислот з технологічних ванн їх обладнують подвійними кришками та гідравлічними затворами у бортів. Також скороченню випарів сприяють піноутворюючі добавки. Застосування піноутворювачів з розрахунку 1 кг/м<sup>3</sup> розчину знижує випаровування в 300–400 разів. Для знешкодження викидів травильних агрегатів застосовуються газоочисні системи, де можуть використовуватися пінні апарати, порожнисті скрубери, низьконапірні скрубери Вентурі та фільтри з вініпластових сіток. Для знешкодження кислотних випарів може використовуватися система, що служить для адсорбції кислих компонентів лужними розчинами. Ця система складається з повного скрубера з евольвентними форсунками, краплеуловлювача, циркуляційного збірника, групи насосів-дозаторів та димососів [4].

Згідно з НПАОП 28.0-1.03-08 [6] для забезпечення ефективної вентиляції простору над травильними ваннами необхідно використовувати герметичні повітроводи, розташовані над бортом ванни в зоні найбільш інтенсивного випаровування, а видаляти пару – через всмоктувальні пристрої, розташовані під кутом 90° до поверхні рідини. Відведення шкідливих речовин в атмосферу від травильних ванн необхідно здійснювати через спеціальні фільтри, наприклад ФВГ-Т-3,2. Очищення повітря в кабінах машиніста кранів травильного відділення здійснюється за допомогою фільтра аерозольного типу (касети) з фільтру-

вальним матеріалом з ультратонких полімерних волокон.

У роботі [7] надані практичні рекомендації для проектування вентиляції травильної ванни з передувкою. Ефективна вентиляція травильної ванни з передувкою можлива тільки в тому разі, якщо відстань від дзеркала до верхнього краю ванни достатня для розміщення пакету труєного матеріалу (труб або листів). Виконання цієї умови необхідно, оскільки після травлення метал деякий час витримується над дзеркалом для видалення з нього розчину. В іншому випадку пари кислоти, що виділяються з поверхні металу, виявляться в зоні передувками і будуть поширюватися по приміщенню.

З метою забезпечення необхідної кількості об'ємної витрати повітря, що уловлюється від ванн, для дотримання концентрації шкідливих речовин у робочій зоні приміщень проведено порівняльний аналіз методик розрахунку бортових відсмоктувачів [8].

Практичні приклади розрахунку вентиляційної системи розглянуті в роботі [9], зокрема, приділено увагу розрахунку бортового відсмоктувача ванни періодичного травлення та розрахунку передувки над травильною ванною.

**Постановка завдання.** Мета роботи – проаналізувати вплив температури виробничого середовища та розмірів травильних ванн на продуктивність вентиляції в травильному відділенні.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Натеper в умовах травильного відділення ВАТ «Запоріжсталь» функціонування безперервно-травильного агрегату БТА-4 (рис. 1), продуктивністю близько 1350 т/рік травленого металу, дає змогу перейти від використання сірчаної кислоти на соляну.

Ефективність видалення окалини залежить від її фізико-хімічного складу, товщини, структури та умов травлення. Оптимальні умови травлення створюються тоді, коли окалина містить максимальну кількість вюститу (FeO), а гематит (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) при цьому відсутній.

Травлення в соляній кислоті йде в зовнішніх та внутрішніх шарах окалини. Соляна кислота досить добре розчиняє не тільки вюстит, але й вищі оксиди заліза, при цьому окалина не відвалюється з утворенням шламу на дні ванни або смуги, а майже повністю переходить у розчин. Встановлено, що втрати металу за соляно-кислотного травлення  $\approx$  на 25% менше, ніж за травлення в сірчаній кислоті внаслідок зменшення розчинення чистого заліза. Під час травлення в соляній кислоті підвищується інтенсивність роз-

чинення окалини, більш рідкісний процес перетравлення. Травлення в соляній кислоті призводить до отримання більш чистої поверхні, ніж у разі травлення в сірчаній кислоті. Великою перевагою соляної кислоти є можливість повної регенерації відпрацьованих солянокислих травильних розчинів. Травлення зазвичай здійснюється в гарячому розчині, потім смуга віджимается парами віджимних роликів, промивається, сушиться, підрізується кромка. Оброблена таким чином смуга передається на стани холодного прокату [10].



а



б

**Рис. 1. Травильне відділення ВАТ «Запоріжсталь»:**  
а – безперервно-травильний агрегат БТА-4;  
б – ванна травильного відділення

Серед основних факторів, що впливають на питому витрату кислоти в процесі травлення соляною кислотою, є: рівень виробництва труєного металу, продуктивність і ритмічність роботи установок регенерації, концентрація кислоти в регенераторі, ритмічність роботи агрегатів травлення соляною кислотою та втрати кислоти [11].

Для відведення шкідливих парів соляної кислоти з технологічних ванн для умов ВАТ «Запоріжсталь» запропоновано використовувати двобортові відсмоктувачі. Кількість повітря, яке видаляється за допомогою бортових відсмоктувачів, визначається в залежності від ширини та висоти травильної ванни; рівня соляної кислоти у ванні; рухливості повітря в приміщенні та різниці температур розчину і навколишнього повітря.

За допомогою розрахунку продуктивності витяжної вентиляції в травильному відділенні проаналізуємо вплив розмірів травильних ванн та температури виробничого середовища на продуктивність двобортових відсмоктувачів.

Згідно з роботою [12] продуктивність вентиляції ( $V_n$ , м<sup>3</sup>/год.) визначається за формулою:

$$V_n = 3600 \cdot U \cdot a \cdot l, \quad (1)$$

де  $a$  – ширина травильної ванни, м;  $l$  – довжина травильної ванни, м;  $U$  – середня швидкість підйому аерозолу над травильною ванною за рахунок конвективних потоків, м/с:

$$U = 0,155 \cdot \sqrt[3]{Q_0}, \quad (2)$$

де  $Q_0$  – кількість тепла, що виділяється з травильної ванни в навколишнє середовище, визначається, кВт:

$$Q_0 = \alpha(t_g - t_{нов}) \cdot \frac{a \cdot l}{1000}, \quad (3)$$

де  $t_g$  – температура рідини у ванні, °С;  $t_{нов}$  – температура повітря в приміщенні, °С;  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією, Вт/м<sup>2</sup>·град.:

$$\alpha = 2,05 \cdot \sqrt[3]{t_g - t_{нов}}. \quad (4)$$

Змінюючи параметри травильної ванни (довжину від 5 м до 8 м та ширину від 0,8 м до 1,4 м), температуру рідини у ванні (60°С) і температуру повітря навколо ванни (від 16°С до 40°С), отримуємо розрахункові дані продуктивності вентиляції (рис. 2 а-ж).

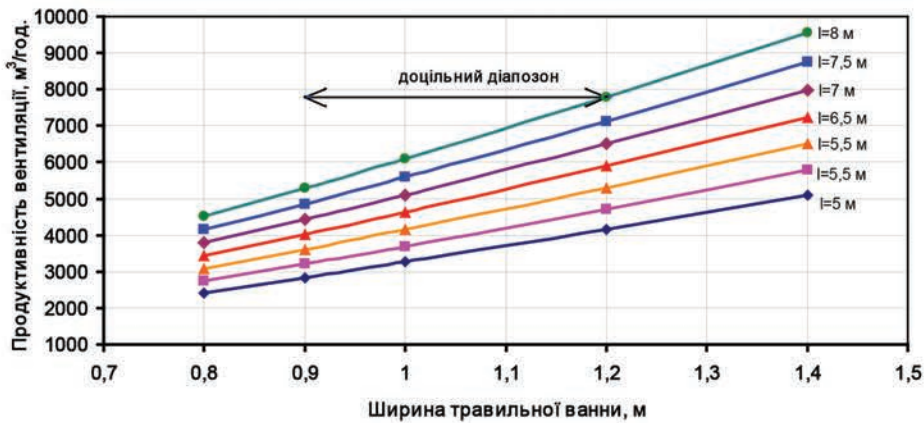
Аналіз залежностей на рис. 2 показує, що збільшення продуктивності системи витяжної вентиляції в травильному відділенні прямо пропорційно залежить від зростання значень ширини та довжини травильної ванни, що пов'язано з підвищенням площі відкритої поверхні.

Згідно з роботою [13] за доцільний діапазон ширини травильної ванни вибрано інтервал 0,9–1,2 м. За довжини ванни 8 м та температури повітря навколо ванни 16°С продуктивність вентиляції в даному діапазоні знаходиться в межах від 3730–5476 м<sup>3</sup>/год. до 5300–7775 м<sup>3</sup>/год. (рис. 2 а).

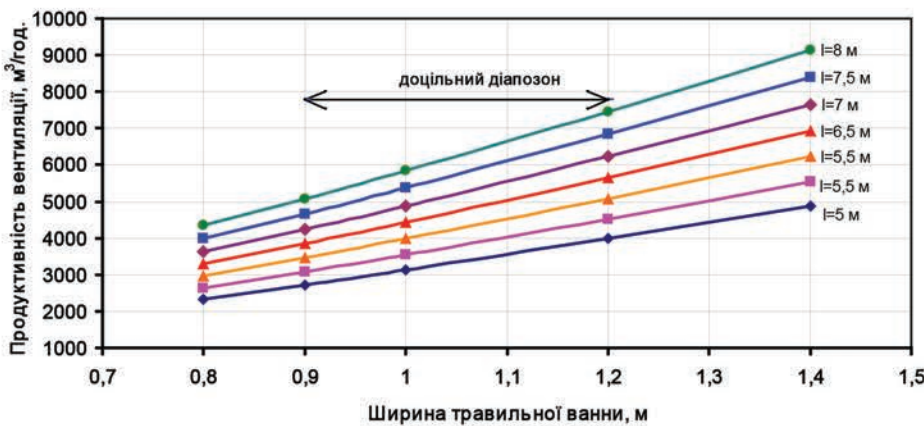
Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [14] категорія робіт у травильному відділенні відноситься до середньої важкості II а, при цьому допустима температура повітря робочої зони в холодну пору року становить 17–23°C та в теплу пору року – 18–27°C. Аналіз даних на рис. 2 показав, що за однакових розмірів ванни (ширині та довжині) необхідна

продуктивність вентиляції в холодну пору року на 29,4% вище, ніж у теплу пору року.

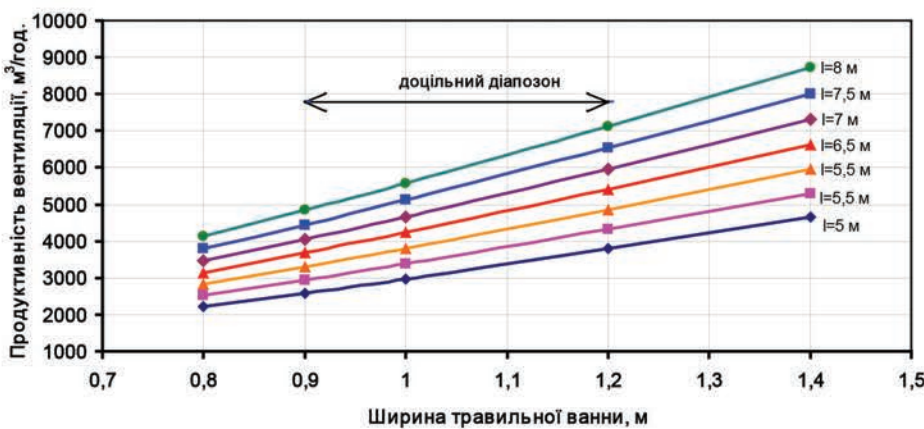
Встановлено, що зростання температури від 16°C до 40°C прямо пропорційно знижує продуктивність вентиляції  $\approx$  на 71%, при цьому збільшення ширина ванни з 0,8 м до 1,4 м збільшує продуктивність вентиляції  $\approx$  на 48%.



а



б



в

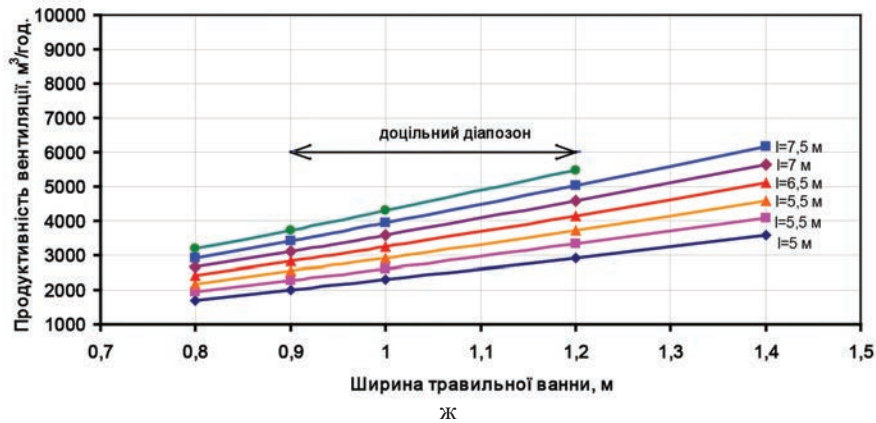
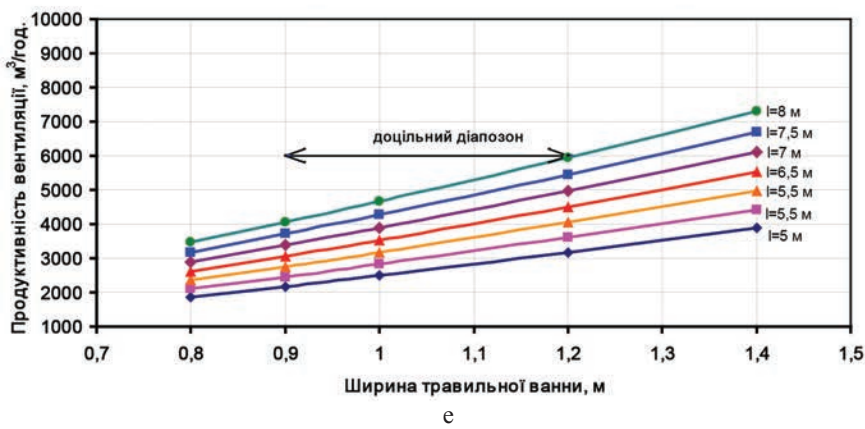
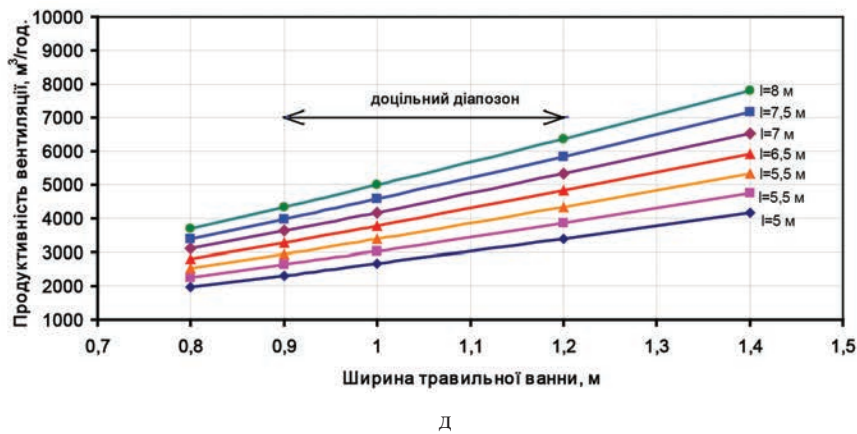
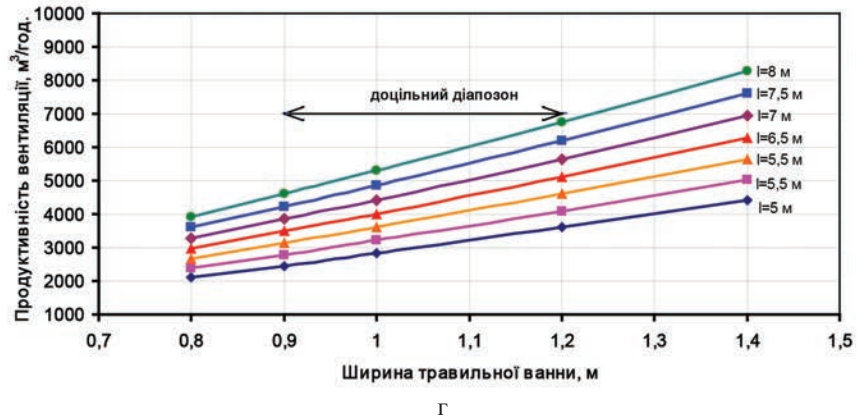


Рис. 2. Залежність продуктивності вентиляції в травильному відділенні від ширини травильної ванни: а – при  $t_{нов} = 16^{\circ}C$ ; б – при  $t_{нов} = 20^{\circ}C$ ; в – при  $t_{нов} = 24^{\circ}C$ ; г – при  $t_{нов} = 28^{\circ}C$ ; д – при  $t_{нов} = 32^{\circ}C$ ; е – при  $t_{нов} = 36^{\circ}C$ ; ж – при  $t_{нов} = 40^{\circ}C$

**Висновки.** Таким чином, проаналізувавши вплив температури виробничого середовища та розміри травильних ванн на продуктивність вентиляції в травильному відділенні, можна зробити такі висновки:

1. Показано, що під час травлення металу ефективність видалення окалини залежить від її хімічного складу, структури, товщини та умов травлення, зокрема вибору виду кислоти (сірчаної або соляної) та технології травлення. Втрати металу за соляно-кислотного травлення  $\approx$  на 25% менше, ніж у разі травлення в сірчаній кислоті внаслідок зменшення розчинення чистого заліза. Під час травлення в соляній кислоті підвищується інтенсивність розчинення окалини, більш рідкісний процес перетравлення, спостерігається більш чиста поверхня та є можливість повної регенерації відпрацьованих солянокислих травильних розчинів.

2. В умовах ВАТ «Запоріжсталь» під час соляно-кислотного травлення металу запропоновано для відведення шкідливих парів кислот з технологічних ванн використовувати двобортові відсмоктувачі.

3. Аналіз впливу температури виробничого середовища на продуктивність двобортових відсмоктувачів показав, що допустима температура повітря робочої зони в травильному відділенні для холодної пори року становить  $17-23^{\circ}\text{C}$  та для теплої пори року –  $18-27^{\circ}\text{C}$ , при цьому зростання температури повітря навколо ванни з  $16^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$  прямо пропорційно знижує продуктивність вентиляції  $\approx$  на 71%.

4. Аналіз впливу розмірів травильних ванн на продуктивність вентиляції показав, що в разі збільшення ширини ванни з 0,8 м до 1,4 м продуктивність вентиляції збільшується  $\approx$  на 48%.

#### Список літератури:

1. Ломов І.М. Розробка та освоєння ефективної технології сухого волочіння сталевий катанки після механічного видалення окалини : автореф. дис. ... на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.03.05. Дніпропетровськ, 2002. 20 с.
2. Для чего используют травление металла. URL: <https://promplace.ru/obrabotka-metallov-staty/travlenie-metalla-1478.htm> (дата звернення: 04.11.2020).
3. Акимов Л.С., Опалёв С.Б., Мурзина Л.П. Химические способы очистки металлов и их сплавов от продуктов коррозии : метод. указания к самост. работе студентов по дисциплине «Химия». Москва : МИИТ, 2006. 16 с.
4. Большина Е.П. Экология металлургического производства: курс лекций. Новотроицк : НФ НИТУ «МИСиС», 2012. 155 с.
5. НПАОП 28.0-1.03-08. Правила охорони праці у метизному виробництві (Чинний від 29.12.2008 р.). Київ : Державний комітет з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду, 2008. 82 с.
6. Кочев А.Г. Вентиляция промышленных зданий и сооружений. Нижний Новгород : Издание ННГАСУ, 2011. 178 с.
7. Схемы удаления паров кислоты от травильных установок. URL: [https://www.airpromvent.ru/article/cloauses/Shemy\\_udaleniya\\_parov\\_kisloty\\_ot\\_travilnyh\\_ustanovok.html](https://www.airpromvent.ru/article/cloauses/Shemy_udaleniya_parov_kisloty_ot_travilnyh_ustanovok.html) (дата звернення: 04.11.2020).
8. Шарифуллин В.М. Сравнительный анализ методик расчёта бортовых отсосов. *Научный журнал*. Москва : Проблемы науки, 2018. № 3 (26). С. 11–13.
9. Расчёт вентиляционной системы. URL: <https://studfile.net/preview/7198563/page:26/> (дата звернення: 04.11.2020).
10. Травление металла. URL: <http://metallopraktik.ru/novosti/travlenie-metalla/> (дата звернення: 04.11.2020).
11. Расход кислоты на травление. URL: <http://metallopraktik.ru/novosti/rashod-kisloty-na-travlenie/> (дата звернення: 04.11.2020).
12. Расчет бортовых отсосов из технологических ванн травления металлов и сплавов : метод. указания к практическим и лаб. занятиям для студентов спец. 1103, 1105, 1203, 1208 всех форм образования / В.А. Ульянов и др. Нижний Новгород : НГТУ, 2007. Ч. 3. 12 с.
13. Дослідження ефективності використання бортових відсмоктувачів травильних ванн / В.К. Тарасов, О.С. Воденнікова, С.А. Воденніков та ін. *Металургія*. 2020. 1(1). С. 35-41.
14. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень (Чинний від 01.12.1999 р.). Київ : Міністерство охорони здоров'я України. Головне сан.-епідем. упр., 1999. 15 с.

#### **Vodennikova O.S., Vodennikov S.A., Vinnyk I.I. ANALYSIS OF PRODUCTIVITY OF EXHAUST VENTILATION IN THE LAWNING DEPARTMENT**

*Modern methods of metal etching are analyzed and it is shown that acid etching with solutions of sulfuric or hydrochloric acids is mainly used for removal of scale from the surface of hot-rolled products at metallurgical*

enterprises. In the process of acid digestion, large amount of harmful and dangerous gases and vapors are released into the atmosphere: nitrogen oxides (up to  $400 \text{ mg/m}^3$ ), hydrogen fluoride (up to  $100 \text{ mg/m}^3$ ), sulfuric acid vapors (up to  $200 \text{ mg/m}^3$ ) and metal salts. One of the main technical means to prevent harmful substances from entering the air of the working area is the installation of an exhaust ventilation system, which ensures the removal of harmful substances from the process equipment or places of their formation. It is shown that the transition during metal etching from sulfuric to hydrochloric acid allows to reduce metal losses by 25%, increase the intensity of scale dissolution, get a cleaner surface and be able to fully regenerate spent hydrochloric acid etching solutions.

It is proposed to remove from the technological baths of aerosols formed, the use of double-sided suction for the conditions of the etching department of JSC «Zaporizhstal», which switched to hydrochloric acid etching of metal. The amount of air that is removed by on-board extractors is determined depending on the width and height of the pickling bath; the level of hydrochloric acid in the bath; indoor air mobility and the temperature difference between the solution and the ambient air.

It is defined that the allowable air temperature of the working area in the pickling department for the cold and warm seasons is  $17\text{-}23^\circ\text{C}$  and  $18\text{-}27^\circ\text{C}$ , respectively, while the increase in air temperature around the bath from  $16^\circ\text{C}$  to  $40^\circ\text{C}$  directly proportionally reduces productivity ventilation approximately by 71%. Analysis of the influence of pickling bath sizes on ventilation productivity showed that when the width (from 0.8 m to 1.4 m) and length (from 5 m to 8 m) of the bath increase, the ventilation productivity increases approximately by 48%.

**Key words:** pickling department, pickling bath, hydrochloric acid etching, acid vapors, exhaust ventilation, on-board extractors.

**Нежурич В.И.**

Национальная металлургическая академия Украины

**Николенко А.В.**

Национальная металлургическая академия Украины

**Куваев В.Ю.**

Национальная металлургическая академия Украины

**Иващенко В.П.**

Национальная металлургическая академия Украины

## СТРУКТУРА РАБОЧЕГО ПРОСТРАНСТВА ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ШАХТНОЙ ЭЛЕКТРОПЕЧИ ДЛЯ ВЫПЛАВКИ ФЕРРОСИЛИКОМАРГАНЦА С УЧЕТОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ИССЛЕДОВАННЫХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СОДЕРЖИМОГО ВАННЫ

*Зазвичай при введенні в експлуатацію нових шахтних рудовідновлювальних електропечей обмежуються детальним дослідженням їх електричних, теплових і деяких інших технологічних режимів роботи, залишаючи осторонь вивчення їх газодинамічних режимів, які відіграють важливу роль при оптимізації техніко-економічних показників (ТЕП) роботи електропічного агрегату. У роботі проаналізовано результати наведених у науковій літературі досліджень газодинамічних особливостей роботи діючих електропечей для виплавки феросиліцію, ферохрому, сплавів марганцю, які дозволили сформулювати структурні моделі робочого простору рудовідновлювальних електропечей. Метою роботи є уточнення раніше запропонованої структурної моделі за рахунок дослідження газодинамічних особливостей діючої прямокутної шахтної електропечі для виплавки феросилікомарганцю. Результати досліджень наведені для поперечного перерізу ванни електропечі, який охоплює частину робочого простору від електроду до футеровки та від поверхні колошника до поду печі. Для цього перерізу наведені залежності тиску від відстані «електрод-футеровка» ( $l$ ) для трьох значень заглиблення ( $h$ ) вимірювальних зондів, вмісту пилу в пічному газі від потужності на електроді та вмісту шихтових матеріалів фракції «-5» мм для двох значень заглиблення, залежності вмісту монооксиду та двооксиду вуглецю для двох горизонтів шихтових матеріалів від відстані ( $l$ ). Одержані результати дозволили уточнити розташування зони активного сходу шихтових матеріалів у печі, а також за спільного аналізу з полем температур виділити в об'ємі робочого простору електропечі додаткові характерні зони агрегатного стану шихтових матеріалів при виплаві феросилікомарганцю, що дозволило розширити перелік показників, які аналізуються при оптимізації ТЕП технологічного процесу виплавки сплаву. Результати досліджень доцільно використовувати при моделюванні на стадії проектування та при оптимізації ТЕП на стадії освоєння проектної потужності електропечей для виплавки феросилікомарганцю.*

**Ключові слова:** феросилікомарганець, рудовідновлювальна шахтна прямокутна електропіч, режим роботи, робочий простір, електрод, шихтові матеріали, колошник, футеровка, газодинаміка.

**Постановка проблеми.** Исследованиям газодинамических свойств содержимого ванн шахтных ферросплавных электропечей посвящено сравнительно небольшое количество работ, тогда как экспериментально полученная информация о газодинамическом режиме рабочего пространства, особенно в период освоения проектной мощности или, например, при освоении компонентов шихт из новых месторождений, позволяет

более обоснованно проводить мероприятия по оптимизации технико-экономических показателей (ТЭП) технологического процесса выплавки. Оптимизация газодинамического режима работы электропечи, тесным образом связанного с электрическим (степень печного трансформатора, глубина погружения электрода и т. д.) и шихтовым (гранулометрический состав и т. д.) режимами выплавки сплава, является непременным



условием оптимизации ТЭП процесса в целом. Имеющаяся в настоящее время информация о газодинамических особенностях технологических процессов при производстве ферросплавов в шахтных электропечах носит локальный, ограниченный, несистемный характер. Объясняется это разнообразием технологических особенностей процессов получения различных марок ферросплавов, а также труднодоступностью и опасностью объектов исследования.

Большое внимание изучению газодинамических характеристик уделяется в доменном процессе [1]. Этот процесс характеризуется соответствующим технологии и устойчивым составом шихтовых материалов, что предопределило значительный прогресс в области изучения газодинамических характеристик именно в доменном производстве, а также справедливость результатов исследований для печей всех существующих объемов.

Накопленный к настоящему времени экспериментальный материал по газораспределению в доменных печах позволил разработать адекватную математическую модель процесса [2] и установить, что изменение скорости газов в сечении печи описывается сложной функцией, зависящей от многих факторов плавки, и в настоящее время не поддается надежному прямому измерению, а оценка газораспределения по содержанию двуокиси углерода и по распределению температур, к сожалению, является весьма условной.

Что же касается исследований газовых режимов ферросплавных процессов, то здесь можно отметить ряд работ по некоторым видам сплавов, обладающих присущими только им технологическими особенностями. Так, в работе [3] авторы отметили, что в слое шихты ферросилициевых электропечей протекают следующие процессы: 1) теплообмен между горячими газами и шихтой, 2) взаимодействия между парами, образующимися в результате протекания первичных процессов, и углеродом или полупродуктами, 3) твердофазные процессы, 4) конденсация паров, не успевших вступить во взаимодействие, 5) фильтрация пыли в связи с уменьшением температуры отходящих газов, а значит, и их скорости движения, 6) подсос воздуха в глубинные слои шихты и сгорание углерода. Протеканию технологических процессов благоприятствует удовлетворительная газопроницаемость шихты и оптимальная скорость ее схода. Для более полного отбора тепла и конденсации паров промежуточных веществ необходимо создать условия для равномерного выхода газов из печи по всей поверхности колошника. Высокое содержание пыли в шихте

и расслоение ее компонентов объясняют неровный ход работы печи, перегрев газов, их прорыв, выброс шихты и горячего продукта.

Достаточно полно вопрос исследования газового режима закрытой печи рассмотрен в [4], где проанализирован противоток шихты и газов при выплавке углеродистого феррохрома по изменению давления и состава газов по глубине ванны печи. Автор подтвердил тот факт, что изменение состава и количества газов непосредственно отражает ход процесса в печи. Закономерное перемещение электродов в течение плавки не оказывает заметного влияния на давление газов на каждом из горизонтов ванны. Это объясняется тем, что, например, по мере подъема зон интенсивного газообразования одновременно изменяется толщина фильтрующего слоя шихты. Отмечено, что этот факт может быть использован на практике применением режима загрузки шихты, обеспечивающего постепенное повышение уровня колошника в цикле плавки по мере накопления шлака, а это позволит более полно использовать тепло газового потока, не ухудшая газопроницаемости шихтового слоя и хода самой печи. В [5] установлено, что состав колошникового газа, его температура и запыленность находятся в прямой зависимости от активной мощности электропечи, полезного фазного напряжения и заглибления электрода в рабочее пространство ванны, т.е. характер газопылевого режима работы закрытой электропечи определяется ее электрическим режимом и геометрией ванны.

Автором [6] предложен обобщенный метод расчета параметров печи, пригодный для проектирования, исходя из учета распределения теплового, температурного, электрического полей трехэлектродной печи. Отмечается, что поток газа описывается формулой аналогичной скорости схода шихты. Состав и температура газов подсводового пространства зависят от конкретного технологического процесса, от способа загрузки шихты на колошник, причем давление газа пропорционально квадрату его скорости и абсолютной температуре. Повышение давления под сводом свидетельствует о развитии в ванне нежелательных процессов, об увеличении потерь тепла и материалов. Наиболее выгодный газовый режим в подсводовом пространстве характеризуется уровнем давления, возможно более близким к давлению окружающего воздуха.

Для расчета параметров проектируемых и оптимизации режимов действующих ферросплавных печей перспективным является метод комплексного моделирования процессов в них

[7; 8]. Однако многообразие и сложность процессов в ваннах промышленных печей, трудности при получении информации о структуре рабочего пространства и механизмах процессов не позволяют пока создать в достаточной степени адекватную модель и связать ее с ТЭП работы печи. Достоверность результатов моделирования зависит от того, насколько точно в модели отражена структура рабочего пространства ванны [9].

Необходимо отметить, что строение рабочего пространства печей РПЗ-48(63) при выплавке ферросиликомарганца изучалось многими исследователями. Так, в [9; 10] с помощью специального зондирования были получены структурные схемы рабочего пространства в соответствии с температурой и агрегатным состоянием шихты. В [11] строение рабочего пространства уточняется результатами измерения скорости схода шихтовых материалов по площади колошника и определением зон активного схода шихты по глубине ванны.

Анализ материалов приведенных, а также ряда других работ, посвященных исследованию рабочих режимов печей, выплавляющих ферросиликомарганец, показывает, что результаты исследований не увязывались в достаточной мере с газодинамическими показателями технологического режима.

**Постановка задания.** Основываясь на вышеизложенном, результаты проводимых нами экспериментальных исследований газодинамических характеристик приэлектродного объема действующей печи предполагалось использовать для дополнения и уточнения экспериментально обоснованной структуры рабочего пространства прямоугольной электропечи, выплавляющей ферросиликомарганец в диапазоне рабочих мощностей, учет которых позволит, на наш взгляд, улучшить показатели ее работы, а также может быть полезным при моделировании.

**Изложение основных результатов исследования.** Нами проводились экспериментальные исследования особенностей газодинамики содержимого ванны действующей электропечи РПЗ-48, выплавляющей товарный ферросиликомарганец, результаты которых изложены в [12]. Для уточнения структуры рабочего пространства прямоугольной печи была проведена серия инструментальных исследований распределения давлений, состава, запыленности газов, позволяющая определить особенности газодинамики не только приэлектродной зоны, но и всего объема ванны печи с помощью известных методов исследований. Измерения проводились в слоях

шихты объема ванны через загрузочные воронки и взрывные клапаны у электродов в диапазоне рабочих мощностей печных трансформаторов. Получены закономерности распределения газодинамических характеристик в приэлектродных зонах [12] и других характерных зонах ванны печи. Для анализа процессов газодинамики было выбрано сечение рабочего пространства ванны печи, проходящее через оси взрывного клапана и электрода, ограниченное соответственно боковой поверхностью электрода и футеровкой ванны, а также колошником печи и подом ванны. Анализируемое сечение рабочего пространства ванны представлено на рис. 1, где в дальнейшем выполнялось уточнение общепринятой структуры ванны электропечи, выплавляющей ферросиликомарганец. За расстояние  $l$  принято расстояние от боковой поверхности электрода до футеровки ( $m$ ),  $a$  – ширина зоны активного схода шихтовых материалов ( $m$ ). Точкой ввода измерительных зондов считалась точка пересечения оси взрывного клапана и линии, проходящей по его поверхности. Следовательно, глубиной измерения  $h$  считается расстояние по вертикали от точки ввода до точки измерения параметра. Давление печных газов определялось в паскалях, запыленность газа – в граммах на норм. куб. метр, содержания окиси и двуокиси углерода в печных газах – в процентах. Изменение давления в выбранном сечении рабочего пространства выполнялось при работе печи на активной мощности 50 МВт, мощность на данном электроде составляла 7,5 МВт, реактивная мощность печи составляла 34 Мвар, напряжение электрода – 200 В, ток – 100 кА, сопротивление под электродом – 0,1 мОм. Фракционный состав шихтовых материалов был следующим: фракция «+10» мм – 56,7%, «+5» мм – 16,4%, «-5» мм – 26,9 %. Для глубины  $h = 2$  м закономерность изменения давления выглядит следующим образом:

$$p_1 = - 24,545 l^2 + 353,36 l - 229,09 \text{ (Па)},$$

для глубины  $h = 2,5$  м –  $p_2 = - 164,545 l^2 + 989,36 l - 709,09 \text{ (Па)}$ ,

для глубины  $h = 3$  м –  $p_3 = - 221,818 l^2 + 1378,545 l - 943,63 \text{ (Па)}$  ( в направлении от футеровки к боковой поверхности электрода). Давление у поверхности футеровки и поверхности электрода отличается на порядок, подтверждая вывод [12] о преимущественном выходе печных газов из подэлектродной полости через зону активного схода шихты в подсводовое пространство печи.

Запыленность печного газа исследовалась в зависимости от мощности на электроде и от содержания в шихте фракции «-5» мм. Зависимость

запыленности от мощности устанавливалась для двух значений заглубления  $h$  – 1,5 и 2 м. Электрический режим работы печи характеризовался изменением мощности на электроде от 8 МВт до 6 МВт. Для глубины  $h = 1,5$  м зависимость запыленности от активной мощности на электроде имеет вид:

$$З = - 0,0071 P^2 + 0,518 P - 7,36,$$

где  $З$  – запыленность печного газа, г/нм<sup>3</sup>,  $P$  – активная мощность на электроде, МВт. Соответственно, для глубины  $h = 2$  м получили аналогичную зависимость:

$$З = - 0,151P^2 + 1,207 P - 21,81.$$

Из полученных зависимостей видно, что запыленность печного газа увеличивается по мере заглубления в рабочее пространство печи почти в 1,12 раза, а при уменьшении мощности на электроде с 8 до 6 МВт – почти в 2,8 раза, что согласуется с результатами известных [4] исследований. Изменение запыленности печного газа в выбранном сечении рабочего пространства в зависимости от содержания в шихте фракции «-5» мм выполнялось при работе печи на активной мощности 49 МВт, мощность на данном электроде составляла 7,2 МВт, реактивная мощность печи составляла 34 Мвар, напряжение электрода – 180 В, ток – 100 кА, сопротивление под электродом – 0,8 мОм. Зависимость запыленности печного газа от содержания в шихте фракции «-5» мм описывается следующими соотношениями:

$$\text{для глубины } h = 1,5 \text{ м} - З = - 0,0018 \Phi^2 + 0,179\Phi - 2,165,$$

$$\text{для } h = 2 \text{ м} - З = - 0,0016 \Phi^2 + 0,1803 \Phi - 2,2275,$$

где  $З$  – запыленность, г/нм<sup>3</sup>,  $\Phi$  – содержание в шихте фракции «-5» мм, %. Как следует из полученных зависимостей, запыленность растет с глубиной и повышением содержания в шихте мелкой фракции. Снижение содержания фракции « - 5» мм в шихте приводит к снижению запыленности печного газа.

Зависимость распределения основных компонентов печных газов  $CO$  и  $CO_2$  от расстояния  $l$  изучалась для двух значений заглубления зонда  $h$ . Для заглубления  $h = 1,5$  м распределение компонентов описывалось следующими соотношениями:

$$CO, \% = 15,4545 P - 37,036 l + 27,909;$$

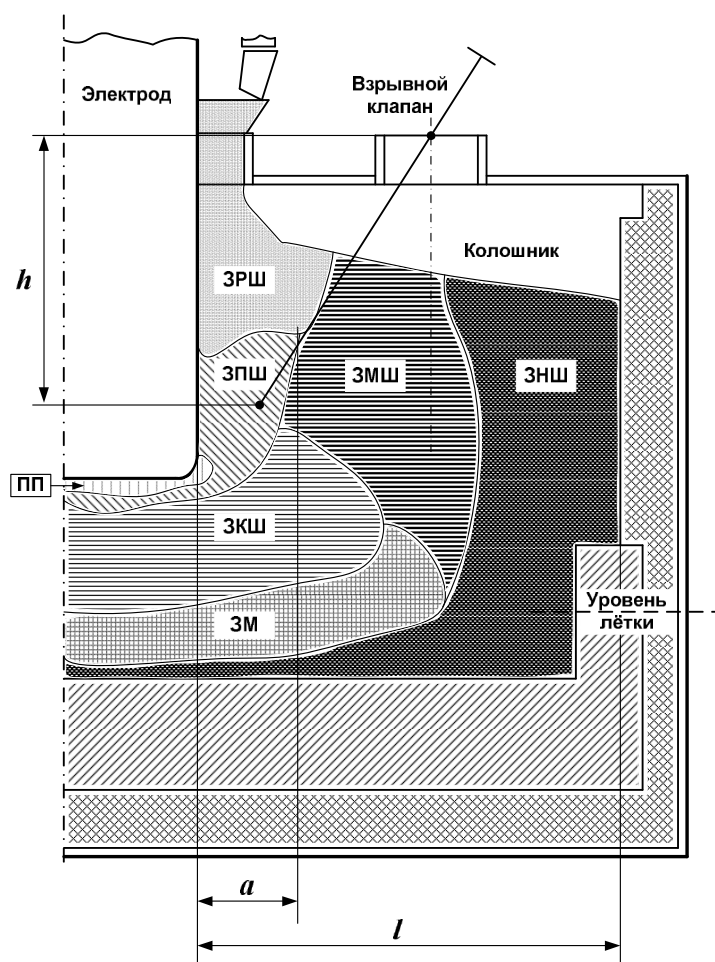
$$CO_2, \% = 3,2727 P - 20,98 l + 42,545,$$

а для заглубления  $h = 2,25$  м –

$$CO, \% = 11 P - 16,1 l + 18,1;$$

$$CO_2, \% = 5,545 P - 35,26 l + 67,1.$$

Из полученных зависимостей видно, что содержание  $CO$  растет к поверхности электрода (в зоне активного схода шихтовых материалов), при этом содержание  $CO_2$  снижается, причина чего изложена в [12], причем полученные на основании этих зависимостей кривые изменения  $CO$  и  $CO_2$  попарно пересекаются в точке, которая для каждого значения  $h$  лежит на границе зоны активного схода шихты шириной  $a$  с остальной частью шихтовых материалов рабочего пространства ванны печи. Следовательно, обобщая полученные и имеющиеся результаты по распределению температур, давления, запыленности и состава



**Рис. 1. Структура рабочего пространства прямоугольной электродпечи, выплавляющей ферросиликомарганец:**  
 $l$  – расстояние от боковой поверхности электрода до футеровки,  
 $a$  – ширина зоны активного схода шихтовых материалов,  $h$  – расстояние по вертикали от точки ввода зонда до точки измерения параметра

газа в объеме рабочего пространства ванны прямоугольной электропечи для получения ферросиликомарганца, удалось уточнить общепринятую структуру содержимого ванны такой шахтной электропечи (рис. 1). В объеме ванны печи можно выделить следующие зоны: К – колошник печи с углом естественного откоса шихтовых материалов, ЗРШ – зона рыхлой шихты, подаваемой из трубопроводов на колошник, ЗПШ – зона первичного шлака, ЗМШ – зона малоподвижной шихты, скорость схода которой на порядок меньше скорости схода рыхлой шихты, ЗНШ – зона неподвижной шихты, ПП – подэлектродная полость, ЗКШ – зона конечного шлака, ЗМ – зона металла. В результате глубокого зондирования рабочего пространства через взрывной клапан у электрода выявить наличие явно выраженного коксового слоя не удалось.

Полученные результаты исследований позволяют однозначно убедиться в том, что источником повышенного давления в печи является ПП, откуда газ поступает в подсводовое пространство

печи вдоль поверхности электрода через зоны ЗПШ и ЗРШ, а также по границе с зоной ЗМШ. Постоянно присутствующая в воронках шихты играет роль своеобразного «подвижного затвора», поэтому газ поступает в подэлектродное пространство у подошвы приэлектродного конуса шихты. Указанные зоны обладают хорошими фильтрующими свойствами, препятствуют потерям марганца и обеспечивают дополнительный подогрев шихты, поступающей в реакционную зону печи.

**Выводы.** Выполнены исследования распределения давления печных газов, их запыленности, содержания  $CO$  и  $CO_2$  в них в сечении рабочего пространства прямоугольной шахтной электропечи для получения ферросиликомарганца.

В результате проведенных исследований уточнена модель структуры рабочего пространства прямоугольной ферросиликомарганцевой электропечи, которая может быть полезна для анализа процессов, протекающих в ванне печи.

#### Список литературы:

1. Тарасов В.П. Газодинамика доменного процесса. Москва : Металлургия, 1990. 216 с.
2. Лялюк В.П. Моделирование процессов доменной плавки. Москва : Изд-во Инфра-Инженерия, 2020. 160 с.
3. Николаев Э.В., Врублевский О.П. Газовый режим закрытых ферросилициевых печей мощностью 33 МВА. *Сталь. Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал*. 1973. № 11. С. 1011–1012.
4. Арбузов В.И. Характеристика газового режима закрытой электропечи. *Сталь. Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал*. 1972. № 10. С. 915–917.
5. Розенберг В.Л., Вальдберг А.Р. Влияние электрических режимов и геометрии закрытых ферросплавных печей на газопылевой выброс. *Сталь. Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал*. 1966. № 11. С. 12–14.
6. Tunso E.A. Computer analysis of temperature distribution and energy consumption in a Submerged arc furnace. *Acta univ. onluca*. 1980. № 17. P. 42.
7. Миронов Ю.Н., Козлов А.И., Парамонова М.Г. *Труды Академии электротехнических наук Чувашской Республики*. 2001. № 2. С. 82–91.
8. Machulec B. Comparison the physico-chemical model of ferrosilicon smelting process with results observations of the process under the industrial conditions. *Archives of Metallurgy and Materials*. 2016. Vol. 61. № 1. P. 265–270.
9. Определение параметров и характеристик элементов схем замещения ванн рудовосстановительных электропечей / Кузьменко С.Н., Николенко А.В., Ольшанский В.И. *Сталь. Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал*. 2005. № 2. С. 35–38.
10. Жердев И.Т., Яськов Е.С. Строение ванны печи РПЗ-48. *Электротехническая промышленность. Серия: Электротермия*. 1974. № 4. С. 10–11.
11. Исследование скорости и характера схода шихтовых материалов при выплавке марганцевых сплавов в закрытых руднотермических электропечах / Карманов Э.С., Кучер И.Г., Нежурин В.И. *Сталь. Ежемесячный международный научно-технический и производственный журнал*. 1991. № 7. С. 37–40.
12. Исследование особенностей газодинамики рабочего пространства ванны действующей электропечи РПЗ-48(63) при выплавке ферросиликомарганца / Нежурин В.И., Николенко А.В., Куваев В.Ю. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія Технічні науки*. 2020. Т. 31 (70). Ч. 2. № 2. С. 9–16.

**Nezhurin V.I., Nikolenko A.V., Kuvaiev V.Yu., Ivashenko V.P. THE STRUCTURE OF THE WORKING SPACE OF A RECTANGULAR MINE ELECTRIC FURNACE FOR SMELTING FERROSILICON MANGANESE, WITH CONSIDERING THE EXPERIMENTALLY STUDIED GAS-DYNAMIC FEATURES OF THE CONTENTS OF THE BATH**

*Typically, at the commissioning of new mine Ore-reducing electric furnaces are limited to detailed research of their electrical, thermal and technological operating modes, leaving aside the study of their gas-dynamic modes, which play an important role in optimizing the feasibility indicators of the electric furnace unit as a whole. The paper analyzes the results of research in the scientific literature of gas-dynamic features of existing electric furnaces for smelting ferrosilicon, ferrochrome, manganese alloys, which allowed formulating a structural model of the working space of the ore-reducing electric furnace. The purpose of the presented work is to clarify the previously proposed structural model by studying the gas-dynamic features of the existing rectangular mine electric furnace for ferrosilicon manganese smelting. The results of the research are given for the cross section of the electric furnace bath, which covers the part of the working space from the electrode to the lining and from the furnace top surface to the hearth of the furnace. For this section, the relationships of the pressure change on the distance "electrode-lining" ( $l$ ) for three values of the depth ( $h$ ) of the measuring probes, changes in dust content in the furnace gas from the power on the electrode and the content of charge materials fraction "-5" mm for two values of depth, the relationships of the change in the content of carbon monoxide and dioxide for the two horizons of charge materials on the change in the distance ( $l$ ). The obtained results confirmed the location of the zone of active descent of charge materials in the furnace, allowed, also based on the known temperature distribution, allocating additional zones of the state of charge materials of the mine electric furnace to obtain ferrosilicon manganese, which allowed analyzing the process from another angle. The research results should be used in the design and commissioning of mine ore-reducing electric furnaces for ferrosilicon manganese.*

**Key words:** *ferrosilicon manganese, ore-reducing rectangular mine electric furnace, operating mode, working space, electrode, charge materials, furnace top, lining, gas dynamics.*

## ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 615:661.1:582.998:57.086.83

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/09>

**Федоришин О.М.**

Національний університет «Львівська політехніка»

**Князева К.С.**

Національний університет «Львівська політехніка»

**Хом'як С.В.**

Національний університет «Львівська політехніка»

**Петріна Р.О.**

Національний університет «Львівська політехніка»

### ОПТИМІЗАЦІЯ ОДЕРЖАННЯ ФЛАВОНОЇДІВ І ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК З ЕКСТРАКТІВ БІОМАСИ *CARLINA ACAULIS*

У статті досліджуються екстракти рослинної сировини та калусної біомаси *C. acaulis* на вміст фенольних сполук і флавоноїдів залежно від параметрів процесу екстракції. Вивчено вплив концентрації екстрагенту етанолу, співвідношення сировини до екстрагенту та способу екстракції. Проведено якісні реакції етанольних екстрактів рослинної сировини та калусної біомаси *C. acaulis* на наявність фенольних сполук і флавоноїдів, які підтверджують їх наявність в екстрактах біомаси рослини.

Одержано подрібнену рослинну сировину із ступенем подрібнення 2,0-3,0 мм. Також отримано калусну біомасу *C. acaulis* в умовах *in vitro* на живильному середовищі Мурасиге-Скуга, доповненому регуляторами росту. Отримано з рослинної сировини екстракти із 40% та 70% етанолом, із співвідношенням сировина : екстрагент 1:10 та 1:20 та отримані трьома різними способами, а саме настоюванням, в апараті Сокслета та у колбі при нагріванні та перемішуванні. За допомогою спектрофотометричного методу кількісно визначено в екстрактах наявність фенольних сполук і флавоноїдів. Найвищий вихід фенольних сполук одержано у 70%-му етанолі при співвідношенні сировина : екстрагент 1:10 при використанні методу настоювання та методу в апараті Сокслета – 1,325% та 1,326% відповідно. Найвищий вихід флавоноїдів одержано у 70% етанолі при співвідношенні сировина : екстрагент 1:10 при використанні методу настоювання (1,326%).

Також визначено вміст фенольних сполук і флавоноїдів у екстракті калусної біомаси *C. acaulis* у 70% етанолі при співвідношенні сировина : екстрагент 1:10 при використанні методу настоювання – 1,420% і 1,325% відповідно. Вміст фенольних сполук і флавоноїдів вищий у екстрактах калусної біомаси *C. acaulis*, ніж у екстрактах рослинної сировини. Тому екстракти калусної біомаси можна використовувати як альтернативне джерело фенольних сполук і флавоноїдів при створенні фармацевтичних препаратів, косметичних і гігієнічних засобів із ранозагоювальними, протизапальними та протівірусними властивостями.

**Ключові слова:** *Carlina acaulis*, метод культури тканин, рослинна біомаса, калусна біомаса, *in vitro*, екстракція, флавоноїди, фенольні сполуки.

**Постановка проблеми.** Лікарські рослини, як і препарати на їх основі, набувають все більшої популярності. Вторинні метаболіти, які у відповідних кількостях містяться в рослинах, дають їм можливість доповнювати або навіть замінювати хімічно синтезовані речовини.

*C. acaulis* належить до роду *Carlina* родини Айстрових (*Asteraceae*), який налічує близько 30 видів

рослин, що ростуть у Європі та Азії [1]. До рідкісних видів роду *Carlina* належать *Carlina onopordifolia*, *Carlina cirsioides*, *Carlina acaulis*. До Червоної книги України внесено 2 види – *Carlina cirsioides* Klokov, *Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer.

*C. acaulis* – багаторічна рослина, яка росте на гірських луках у субальпійському та альпійському поясах Карпат, зустрічається в Південній

і Центральній Європі. Наприкінці XIX століття використання лікарської рослини припинилося. Нині інформації про фітохімію та фармакологічну активність цієї рослини є не досить. Є дані про наявність таких рослинних метаболітів як ефірні олії, фенольні кислоти, тритерпени, інулін та жирні кислоти. Однак це стосується тільки зелених частин рослини. Використання рослини залишається не досить вивченим, оскільки результати досліджень *in vitro* є дуже обмеженими [1].

Фенольні сполуки та флавоноїди є вторинними метаболітами рослин і мають підтверджену високу біологічну активність. Фенольні сполуки беруть участь у процесах росту, розмноження рослин, вироблення стійкості до патогенів, зумовлюють пігментацію листків, стебел, квіток, плодів. Флавоноїди – найчисленніша і найбільш вивчена група рослинних фенолів, вони малотоксичні, виявляють широкий спектр фізіологічної дії на організм людини: беруть участь в окисно-відновних процесах, реакціях імунітету, зумовлюють протизапальну, сенсibilізуючу, протипухлинну дію.

Пошук рослин із високим вмістом фенольних сполук і флавоноїдів та оптимізація процесу екстракції дозволить розширити базу рослинних препаратів із ранозагоювальними, протизапальними та противірусними властивостями.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літературних джерел свідчить про бактериостатичну, бактерицидну, антиоксидантну, протизапальну та протигрибкову дію *C. acaulis* [1–3]. Коріння *C. acaulis* застосовували в медицині з давніх часів, про що свідчать праці Теофраста, Галена, Плінія Старшого та Діоскорида. Рослину *C. acaulis* використовують у народній медицині: відвар з коріння п'ють при простудних захворюваннях, хворобах сечових шляхів і нирок, при болях у шлунку і запаленні легень. Ним лікують ниркові набряки, застосовують як потогінний, сечогінний і протиглислий засіб, для лікування порушень кровообігу, від кишкових паразитів, виразок і отруень від укусів змій [1; 2]. Оцтові відвари застосовуються для лікування ран і шкірних розладів [3].

Є повідомлення про використання як зелених частин, так і коріння рослини для відбілювання, що важливо для косметичних цілей завдяки високому рівню хлорогенової кислоти (1,9%) та похідних коричневої кислоти у листі. Також проводилися дослідження щодо цитотоксичності з використанням трьох ліній злоякісної меланоми людини, що продемонструвало цитотоксичну дію екстрактів листя *C. acaulis*, яке індукувало апоптоз клітин меланоми [4].

Оскільки *C. acaulis* має лікарські властивості, цікавою є ідентифікація вторинних метаболітів. Фітохімічний склад *C. acaulis* досліджено не досить. Основний полісахарид – інулін, який міститься в корінні (приблизно 20%), ефірна олія з різким запахом (вміст у корінні 1-2%). В олії найбільший вміст карлін-оксиду [1–3]. Ідентифіковано й такі сполуки: гептан, бензальдегід, куркумен, слідові кількості лупеолу. Визначено наявність фенольних сполук і пентациклічних тритерпенів у наземних частинах рослини [2].

Ефірна олія коренів *C. acaulis*, яка здебільшого складається із карлін-оксиду, входить як компонент до харчової добавки BELFRIT. Тому були проведені дослідження її на інсектиційну активність проти домашньої мухи, які показали певну гостру токсичність [5]. Також ефірна олія пропонується як інсектицид проти комах-шкідників *Prostephanus truncatus* і *Trogoderma granarium* [6].

Карлін-оксид також був отриманий екстракцією коренів *C. acaulis* в апараті Деринга. Оцінювали його цитотоксичність *in vitro* з використанням ліній людських клітин шкірного покриття та шляхом проведення *in vivo* тесту на рибках данію. Отримані результати показали токсичний вплив карлін-оксиду на клітини культур і живі організми. Автори пропонують виключити з терапевтичного використання екстракти на основі коренів *C. acaulis* через високу токсичність карлін-оксиду [7]. Перспективним є використання ефірних олій із карлін-оксидом в якості пестицидів у вигляді наноемульсії для поліпшення їх стабільності та ефективності. Проведені дослідження показали токсичну дію отриманих наноструктур щодо личинок європейської виноградної молі, яка є шкідником виноградної лози [8].

Трава *C. acaulis* є джерелом хлорогенових кислот, однак коріння не досліджувалося на вміст цих сполук. Зелені частини рослини багаті пентациклічними тритерпенами: урсолова кислота, олеанолова кислота,  $\alpha$ -амірин,  $\beta$ -амірин, ацетат люпеолу та  $\beta$ -амірину ацетат. Насіння рослини містить жирні кислоти, наприклад лінолеву, пальмітинову, стеаринову, олеїнову кислоти [1]. Ідентифіковано апігенін, лутеолін та їхні глікозиди, які є потужними антиоксидантами [2].

У літературі описано метод отримання екстрактів *C. acaulis* на водяній бані зі зворотним холодильником. Коріння та траву *C. acaulis* сушили при кімнатній температурі, подрібнювали у порошок та двічі екстрагували 70%-им метанолом (співвідношення сировина : розчинник 1 : 10, мас/об) протягом 30 хвилин. Екстракти фільтрували і випаровували

при пониженому тиску. Вихід екстрактів (вихід розчинних речовин): 21,3% для коріння та 20,0% для трави *C. acaulis* [2]. Фенольні сполуки у досліджуваних зразках були ідентифіковані методом ВЕРХ при 280 нм: хлорогенова кислота, апігенін, апігенін 7-О-глюкозид, вітексин, орієнтин, гомоорієнтин і шафтозид [2]. Для дослідження екстрактів методом ТШХ 20 мл кожного метанольного екстракту наносили на пластини із силікагелем, як елюент використовували суміш етилацетату:мурашиної кислоти:льодяної оцтової кислоти:води у співвідношенні 100:11:11:26, як проявник – поліетиленгліколь (NP/PEG) [2].

У деяких країнах, наприклад Франції та Польщі, цей вид знаходиться під охороною [1], тому доцільним є його культивування в умовах *in vitro* з метою збереження популяції. В Україні нині наявно небагато інформації в літературі про культивування *C. acaulis* в умовах *in vitro*, є доступні дослідження, проведені на нашій кафедрі технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології НУ «Львівська політехніка» [9; 10].

Рослину було введено у культуру *in vitro* та досліджено вплив фітогормонів на ріст калусної біомаси, підібрані оптимальні умови для культивування [9; 10]. Одержаний етанольний екстракт біомаси досліджено на вміст вторинних метаболітів, а саме дубильних речовин, сапонінів, флавоноїдів, полісахаридів, кумаринів, антраценпохідних і виявлено антимікробну активність екстракту щодо стандартних штамів мікроорганізмів *B. licheniformis*, *S. aureus*, *P. aeruginosa* та клінічного штаму *E. coli* [11].

Також було створено схему стерилізації насіння, отримано калусну біомасу *C. acaulis* та визначено найкращу життєву здатність і швидкість росту при зміні типу експланту, підібрано живильне середовище, яке дозволяє отримувати максимальний приріст біомаси. Визначено вміст флавоноїдів і дубильних речовин, проведено порівняльну характеристику екстрактів із калусної біомаси та рослини з природи на вміст біологічно активних речовин. Проведено визначення антиоксидантної активності екстрактів методом з використанням ДФПГ і отримано позитивні результати, які вказують на те, що екстракти виявляють антиоксидатну активність [12].

Було проведено мікроклональне розмноження та досліджено калусогенез у деяких рослин роду *Carlina*. Підібрано умови та розроблено схеми вкорінення отриманих мікроклінів *in vitro* [13]. Було проведено дослідження по впливу срібла як токсичного металу в різних концентраціях на ріст стебла і кореня *Carlina acaulis*. Досліджено

зміни в кількості вторинних метаболітів, зокрема карлін-оксиду, фенольних сполук і тритерпенової кислоти при різних рівнях Ag (I) стресу [14].

**Постановка завдання.** В основу роботи покладено визначення оптимальних параметрів процесу екстракції біомаси рослинної сировини та калусної біомаси *C. acaulis*, які забезпечать максимальний вихід фенольних сполук і флавоноїдів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для експерименту використано *C. acaulis*, зібрану в природних місцях зростання (Сколівський район, Львівська область) у липні-серпні 2019 року, та калусну біомасу *C. acaulis*, одержану в умовах *in vitro* на живильному середовищі Мурасиге-Скуга, доповненому регуляторами росту [9; 10].

Відомо, що на процес екстракції впливає багато чинників, але даних щодо впливу екстракції на вміст флавоноїдів і фенольних сполук у екстрактах *C. acaulis* є не досить, вони не є систематизованими. Тому вивчено вплив таких технологічних чинників як спосіб екстракції, співвідношення сировина : екстрагент і концентрація екстрагента.

Спочатку брали рослину сировину, подрібнювали і просіювали її крізь сито з розміром отворів 3,0 мм. З літератури відомо, що найоптимальшим ступенем подрібнення сировини є 2,0-3,0 мм, оскільки частинки з меншим ступенем подрібнення можуть закупорювати фільтри на етапі фільтрації екстрактів на виробництві. Для наступних дослідів брали по 10,0 г/5,0 г наважки і додавали 70% і 40%-ий розчини етанолу, настоювали їх 7 діб. Ці розчини паралельно екстрагували у колбах на магнітній мішалці протягом 1 год. при нагріванні до 40°C зі зворотнім холодильником і в апараті Сокслета. Отримані екстракти фільтрували через паперовий складчастий фільтр у мірну колбу, стандартизували та визначали вміст фенольних сполук і флавоноїдів (табл. 1).

Для оптимізації екстракції як екстрагенти було взято 70% і 40%-ий розчини етанолу. Екстракцію було проведено методом настоювання, використовуючи співвідношення 1:10 і 1:20. З усіма отриманими екстрактами проведено якісні кольорові реакції, які дали позитивні результати на наявність фенольних сполук і флавоноїдів.

Кількісні визначення вмісту фенольних сполук і флавоноїдів було проведено за модифікованими методиками на спектрофотометрі UNILab 108UV. Статистичну обробку результатів проводили, використовуючи t- критерій Стьюдента. Вміст фенольних сполук у досліджуваних екстрактах визначали спектрофотометрично з використанням реагенту Фоліна-Чекольтеу та виражали у % (табл. 1).



До 2 мл екстракту додавали 1 мл реагенту Фоліна-Чекольтеу, 10 мл води, перемішували, доводили до 25 мл розчином натрію карбонату і перемішували. Паралельно готували розчин зі стандартним зразком галової кислоти. Розчини витримували 30 хв і вимірювали оптичну густину на спектрофотометрі за довжини хвилі 760 нм у кюветі з товщиною шару 10,0 мм. Загальний фенольний вміст у досліджуваних екстрактах становив від 0,203% до 1,326%. Отримані результати вмісту флавоноїдів у досліджуваних екстрактах, визначених за допомогою спектрофотометричного методу, подано в табл. 1.

Вміст суми флавоноїдів у досліджуваних екстрактах визначали спектрофотометрично з хлоридом алюмінію у перерахунку на рутин при довжині хвилі 430 нм. До 1 мл екстракту додавали 5,0 мл 70%-го етанолу, 5,0 мл 5%-го розчину алюміній хлориду в етанолі, 2,0 мл 5%-ої оцтової кислоти в етанолі, доводили до 25 мл етанолом і перемішували. Паралельно готували розчин зі стандартним зразком рутину. Розчини витримували 30 хв і вимірювали оптичну густину на спектрофотометрі за довжини хвилі 760 нм у кюветі з товщиною шару 10,0 мм. Загальний вміст флавоноїдів у досліджуваних екстрактах становив від 0,180% до 0,852%.

Отримані результати вмісту флавоноїдів у досліджуваних екстрактах, визначених за допомогою спектрофотометричного методу, подано в табл. 1.

Результати досліджень залежності вмісту фенольних сполук у екстрактах з різним співвідношенням сировина : екстрагент показують, що найкращі результати отримано при використанні співвідношення 1:10. При екстракції методом

настоювання та в апараті Сокслета близькі значення – 1,325%; 1,326%. При використанні співвідношення 1:20 спостерігаємо нижчі показники в усіх досліджуваних екстрактах. Пропонується й надалі використовувати для вилучення фенольних сполук співвідношення сировина : екстрагент 1:10.

Аналіз результатів досліджень залежності вмісту фенольних сполук в екстрактах із різною концентрацією екстрагенту показує, що найкращий вихід фенольних сполук відбувається при використанні 70%-го етанолу для будь-якого із використаних способів екстракції. Найвищі показники виходу фенольних сполук при використанні 70%-го етанолу – 1,326% при екстракції в апараті Сокслета, а найнижчі – 0,954% при екстракції в колбі з нагріванням і перемішуванням.

Результати досліджень залежності вмісту фенольних сполук від способу екстракції показують, що це несуттєво впливає на їх вихід, але найоптимальнішими є метод настоювання і метод в апараті Сокслета. Менші результати були отримані після проведення екстракції у колбі при перемішуванні та нагріванні.

Результати досліджень залежності вмісту флавоноїдів у досліджуваних екстрактах *S. acaulis* є дуже схожими з результатами по вмісту фенольних сполук. При екстракції з використанням співвідношення сировина : екстрагент 1:20 із таблиці видно, що у всіх досліджуваних екстрактах менші значення. При використанні співвідношення 1:10 найвищі показники (0,852%) були отримані при використанні методу настоювання та 70%-го етанолу. Пропонується й надалі використовувати саме такі умови екстракції.

Таблиця 1

**Загальний вміст фенолів і флавоноїдів в екстрактах рослинної сировини *S. acaulis*,  $\bar{x} + \Delta x$  (n=3)**

Спосіб екстракції	Екстрагент	Співвідношення сировина: екстрагент	Вміст вторинних метаболітів, %	
			сума фенольних сполук	сума флавоноїдів
Настоювання	40% етанол	1:10	0,826±0,088	0,736±0,021
		1:20	0,623±0,052	0,612±0,035
	70% етанол	1:10	1,325±0,045	0,852±0,010
		1:20	1,284±0,024	0,420±0,018
В апараті Сокслета	40% етанол	1:10	0,918±0,021	0,382±0,012
		1:20	0,858±0,064	0,374±0,026
	70% етанол	1:10	1,326±0,035	0,724±0,061
		1:20	1,281±0,057	0,430±0,092
У колбі при перемішуванні	40% етанол	1:10	0,564±0,064	0,135±0,024
		1:20	0,203±0,043	0,128±0,013
	70% етанол	1:10	0,954±0,092	0,329±0,006
		1:20	0,765±0,078	0,180±0,052

Загальний вміст фенолів і флавоноїдів в екстрактах калусної біомаси *C. acaulis*,  $\bar{x} + \Delta x$  (n=3)

Спосіб екстракції	Екстрагент	Співвідношення сировина : екстрагент	Вміст вторинних метаболітів, %	
			сума фенольних сполук	сума флавоноїдів
Настоювання	70% етанол	1:10	1,420±0,015	0,893±0,008

Результати досліджень залежності вмісту флавоноїдів у екстрактах із різною концентрацією екстрагенту показують, що найкращий вихід флавоноїдів відбувається при використанні 70%-го етанолу для будь-якого із використаних способів екстракції. Результати досліджень залежності вмісту флавоноїдів від способу екстракції показують, що найоптимальнішим є використання методу настоювання. Результат складає 0,852% при використанні 70% етанолу та співвідношенні сировина : екстрагент 1:10. Результати при використанні апарату Сокслета також високі і складають 0,724%. Менші результати було отримано після проведення екстракції у колбі при перемішуванні та нагріванні (0,329%). Надалі пропонується використовувати метод настоювання, який є менш затратним та економічно вигіднішим, ніж використання апарату Сокслета, тому що він не потребує використання додаткових матеріалів, посуду та електроенергії.

Визначивши оптимальні параметри екстракції для вилучення загальних фенольних сполук і флавоноїдів, було проведено екстракцію калусної біомаси *C. acaulis* методом настоювання протягом 7 діб із 70%-им етанолом при співвідношенні 1:10. Результати визначення фенольних сполук і флавоноїдів в отриманому екстракті наведені у табл. 2.

Результати вмісту фенольних сполук і флавоноїдів у екстрактах калусної біомаси *C. acaulis* свідчать, що досліджені екстракти мають високий вміст фенольних сполук і флавоноїдів, які навіть перевищують їхню кількість у рослинах із при-

роди. Фенольних сполук виявлено 1,420% порівняно з екстрактами із рослини з природи при тих же умовах екстракції – 1,325%. Флавоноїдів у екстрактах калусної біомаси виявлено 0,893% порівняно із флавоноїдами у екстрактах із природної сировини – 0,852%. Тому екстракти калусної біомаси *C. acaulis* можна використовувати як сировину для подальших досліджень зі створення препаратів із ранозагоювальними, протизапальними та противірусними властивостями, якими володіють фенольні сполуки та флавоноїди.

**Висновки.** Для досягнення найбільшого виходу фенольних сполук і флавоноїдів із рослинної сировини *C. acaulis* оптимальним екстрагентом є 70%-ий етанол, співвідношення сировина : екстрагент 1:10 і використання методу настоювання. Також можна використовувати апарат Сокслета, але це збільшить витрати та ресурси. Вміст вторинних метаболітів підтверджено за допомогою спектрофотометричних досліджень.

Використання як сировини калусної біомаси *C. acaulis* підтверджує наявність фенольних сполук і флавоноїдів у екстрактах біомаси. Використання біомаси, одержаної в умовах *in vitro*, може бути альтернативним джерелом при розробці оптимальних умов одержання максимального виходу фенольних сполук і флавоноїдів при створенні фармацевтичних препаратів, косметичних і гігієнічних засобів, оскільки вміст фенольних сполук і флавоноїдів є таким самим, а у деяких випадках він навіть перевищує кількість, ніж у природній сировині.

#### Список літератури:

1. Strzemski M., Wójciak-Kosior M., Sowa I., Załuski D., Verpoorte R. Historical and traditional medical applications of *Carlina acaulis* L. A critical ethnopharmacological review. *Journal of Ethnopharmacology*. 2019. V. 239. 111842. doi.org/10.1016/j.jep.2019.111842.
2. Dordevic S., Tadic V., Petrovic S., Kukic-Markovic J., Dobric S., Milenkovic M., Hadzifejzovic N. Bioactivity assays on *Carlina acaulis* and *C. acanthifolia* root and herb extracts. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*. 2012. V. 7. № 3. P. 1213–1222.
3. Link P., Roth K., Sporer F., Wink M. *Carlina acaulis* exhibits antioxidant activity and counteracts. A toxicity in *Caenorhabditis elegans*. *Molecules and Cells*. 2016. V. 21(7). P. 1–10. doi.org/10.3390/molecules21070871.
4. Strzemski M., Wojnicki K., Sowa I., Wojas-Krawczyk K., Krawczyk P., Kocjan R., Such J., Latalski M., Wnorowski A., Wójciak-Kosior M. In Vitro Antiproliferative Activity of Extracts of *Carlina acaulis* subsp. caulescens and *Carlina acanthifolia* subsp. utzka. *Front. Pharmacol.* 2017. V. 8. P. 371. doi: 10.3389/fphar.2017.00371.
5. Pavela R., Maggi F., Petrelli R., Cappellacci L., Buccioni M., Palmieri A., Canale A., Benelli G. Outstanding insecticidal activity and sublethal effects of *Carlina acaulis* root essential oil on the housefly, *Musca domestica*,

with insights on its toxicity on human cells. *Food and Chemical Toxicology*. 2020. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.111037>.

6. Kavallieratos N.G., Boukouvala M.C., Ntalli N., Skourti A. et al. Effectiveness of eight essential oils against two key stored-product beetles, *Prostephanus truncatus* (Horn) and *Trogoderma granarium* Everts. *Food and Chemical Toxicology*. 2020. V. 139. 111255. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111255>.

7. Wnorowski A., Wnorowska S., Wojas-Krawczyk K., Grenda A. Toxicity of Carlina Oxide – A Natural Polyacetylene from the *Carlina acaulis* Roots – In Vitro and in Vivo Study. *Toxins*. 2020. 12. 239. doi: 10.3390/toxins12040239.

8. Benelli G., Pavoni L., Zeni V., Ricciardi R., Cosci F. et al. Developing a Highly Stable Carlina acaulis Essential Oil Nanoemulsion for Managing Lobesia botrana. *Nanomaterials*. 2020. V. 10. 1867. doi: 10.3390/nano10091867.

9. Петріна Р., Конечна Р., Побігушка О., Матвійків С. Введення в культуру *in vitro* відкасника безстеблевого. Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2013. № 761. С. 169–172.

10. Петріна Р.О., Конечна Р.Т., Федорова О.В., Побігушка О.Р., Матвійків С.О., Новіков В.П. Одержання культури тканин відкасника безстеблевого (*Carlina acaulis*) – джерела біологічно активних сполук. *Актуальні проблеми синтезу і створення нових біологічно-активних сполук і фармацевтичних препаратів* : матеріали доповідей і збірник наукових статей (Львів, 23-25 квітня 2013 року). Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2013. С. 63–64.

11. Конечна Р., Петріна Р., Новіков В., Конечний Ю., Шикіла Р., Корнійчук О. Дослідження екстрактів калусної біомаси *Carlina acaulis*. *Український фармацевтичний журнал*. 2015. Т. 4 (39). С. 57–61.

12. Konechna R., Khropot O., Petrina R., Kurka M., Gubriy Z., Novikov V. Research of antioxidant properties of extracts of the plants and the callus biomass. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. 2017. V. 10(7). P. 182–185.

13. Кравець Н., Тулайдан Н., Мосула М., Дробик Н. Мікроклональне розмноження та калюсогенез деяких видів роду *Carlina* L. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2018. Т. 22. С. 274–281.

14. Dresler S., Hawrylak-Nowak B., Strzemski M. et al. Metabolic Changes Induced by Silver Ions in *Carlina acaulis*. *Plants*. 2019. V. 8. 517. doi: 10.3390/plants8110517.

**Fedoryshyn O.M., Kniazieva K.S., Khomyak S.V., Petrina R.O.**

#### **OPTIMIZATION OF OBTAINING OF FLAVONOIDS AND PHENOLIC COMPOUNDS FROM EXTRACTS OF BIOMASS CARLINA ACAULIS**

*Content of phenolic compounds and flavonoids in extracts of plant raw materials and callus biomass of C. acaulis depending on the parameters of the extract process was investigated in article. The influence of ethanol extractant concentration, raw material: extractant ratio and extraction methods was studied. Qualitative reactions of ethanolic extracts of plant raw materials and callus biomass of C. acaulis for presence of phenolic compounds and flavonoids were carried out, which confirm their presence in plant biomass extracts.*

*The crushed plant of raw materials with a degree of crushing of 2,0-3,0 mm was obtained. Callus biomass of C. acaulis was also obtained in vitro on Murasige-Skuga living medium supplemented with growth regulator. Raw extracts of plant with 40% and 70% ethanol content, with the ratio of raw material : extractant 1:10 and 1:20 and with three different ways: infusion, in Soxhlet extractor and in the flask with heating and stirring were obtained. Quantification of phenolic compounds and flavonoids in the extracts by the spectrophotometric method were performed. The highest yield of phenolic compounds in 70% ethanol with a ratio of raw materials: extractant 1:10 when using the method of infusion and the method in Soxhlet extractor was 1,325% and 1,326%, respectively.*

*The highest yield of flavonoids in 70% ethanol with a ratio of raw materials : extractant 1:10 when using the method of infusion was 1,326%. The content of phenolic compounds and flavonoids in extracts of callus biomass of C. acaulis in 70% of ethanols with a ratio of raw material : extractant 1:10 using the infusion method was 1,420% and 1,325% respectively. The content of phenolic compounds and flavonoids is higher in callus biomass of C. acaulis than in extracts of plant raw materials. That's why extracts of callus biomass can be used as an alternative source of phenolic compounds and flavonoids when was creating of pharmaceuticals, cosmetics and hygienic products with healing of wounds, antiinflammatory and antiviral properties.*

**Key words:** *Carlina acaulis, method tissue culture, plant biomass, callus biomass, in vitro, extraction, flavonoids, phenolic compounds.*

**Фролова Л.А.**

ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФЕРИТИЗАЦІЇ В СИСТЕМІ $\text{Co}^{2+}$ - $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{SO}_4^{2-}$ -ОН ПІД ДІЄЮ КОНТАКТНОЇ НЕРІВНОВАЖНОЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ПЛАЗМИ

*На цей час сфера використання феритів кобальту розширюється. Вони використовуються як сучасні сенсори, каталізаторів, для виготовлення постійних магнітів, в медицині як складники композитних матеріалів. Пов'язано це з набором унікальних властивостей, що поєднують високу стабільність, коерцитивної силу, намагніченість насичення, коефіцієнт анізотропії, коефіцієнт прямокутності, нетоксичність. Однак у чисельних дослідженнях наводяться різні дані, що стосуються їх функціональних характеристик. Пов'язано це з тим, що магнітні властивості фериту кобальту визначаються багатьма факторами, серед яких основними є обрана технологія одержання та її параметри.*

*У роботі досліджувався вплив вихідного рН розчину на феритизацію в системі  $\text{Fe}^{2+}$  -  $\text{Co}^{2+}$  -  $\text{SO}_4^{2-}$ -ОН. Ферит кобальту отримували комбінованим методом співсаджання та обробки контактної низькотемпературною нерівноважною плазмою. рН варіювали в діапазоні 7-12. Фазовий склад визначали рентгенофазовим аналізом. Магнітні властивості за допомогою вібраційної магнітометрії.*

*Дослідження показали, що обробка КНП сприяє феритизації. При цьому, варіюючи початкове значення рН, можна отримувати продукти, що володіють різними технологічними характеристиками.*

*Зі збільшенням початкового значення рН зменшується швидкість окиснення, а ступінь кристалічності кінцевого продукту збільшується і магнітні показники (намагніченість насичення, коерцитивна сила) також стрімко збільшуються. Утворення фериту кобальту відбувається при вихідному рН = 11-12.*

**Ключові слова:** ферит кобальту, намагніченість насичення, контактна низькотемпературна нерівноважна плазма, співсаджання.

**Постановка проблеми.** На цей час сфера використання феритів кобальту розширюється. Вони використовуються як сенсори, каталізатори, для виготовлення постійних магнітів, в медицині, як складові сучасних композитів тощо [1–3]. Пов'язано це з набором унікальних властивостей, що поєднують стабільність, нетоксичність, високу коерцитивну силу, намагніченість насичення, коефіцієнт анізотропії, коефіцієнт прямокутності [4–7]. Однак у чисельних дослідженнях наводяться різні дані, що стосуються їх магнітних характеристик. Значення коерцитивної сили, намагніченість насичення фериту кобальту змінюються в широкому діапазоні значень. Пов'язано це з тим, що магнітні властивості визначаються багатьма факторами, серед яких основними є технологія одержання та параметри її проведення.

Одним з найперспективніших методів є технологія отримання фериту кобальту шляхом співсаджання гідроксидів з наступним їх окисненням під дією контактної низькотемпературної нерівноважною плазми (КНП). Змінюючи технологічні параметри обробки КНП, можна в певних межах керувати магнітними характеристиками кінце-

вого продукту. Щодо складності хімізму процесу феритизації у присутності катіонів кобальту можна знайти інформацію в роботі [8]. При цьому дуже важко контролювати процес окислення сполук феруму (II), щоб отримати цільовий продукт заданого фазового складу.

**Постановка завдання.** Плазмові технології одержання феритів можна вважати одним з перспективних способів отримання фериту кобальту. Чисельні дослідження показали, що основні впливові фактори для гідрофазних технологій з використанням КНП – це склад вихідної суміші, рН вихідного розчину, параметри плазмового розряду. Під час розгляду впливу рН на фазоутворення магнетиту, феритів нікелю та мангану було встановлено, що це найважливіший параметр, який впливає на фазовий склад кінцевих продуктів. В деяких роботах кислотність вихідного розчину розглядається як параметр для управління фазовим складом феритів різного складу у гідрофазних технологіях [9–11].

У цьому дослідженні ставилося завдання вивчення кінетики процесу окислення залежно від вихідного рН в системі  $\text{Co}^{2+}$ - $\text{Fe}^{2+}$ -  $\text{SO}_4^{2-}$ -ОН під дією КНП.

Мета цієї роботи – вивчення впливу обробки кон- тактною нерівноважною плазми на процес окислення в системі  $\text{Fe}^{2+}$  -  $\text{Co}^{2+}$  -  $\text{SO}_4^{2-}$  -  $\text{OH}^-$ , вибір оптимального рН для феритизації з отриманням фериту кобальту з високими магнітними характеристиками.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** В ході експериментів використовували розчини ферум(II) сульфату та кобальт сульфату. Викорис- товували 0,5 М розчини сульфатів. Осадження гетерополігидроксидів (ГПГ) проводили 1 М роз- чином натрію гідроксиду. Запропонована плазмо- хімічна феритизація докладно описана у роботах [10–12]. Діапазон зміни рН 7-12 з кроком 1 од. Кислотність середовища розчину визначали через рівні проміжки часу за допомогою рН-метра рН- 150МІ. Після обробки отримані осадки були про- миті і висушені для подальшого дослідження.

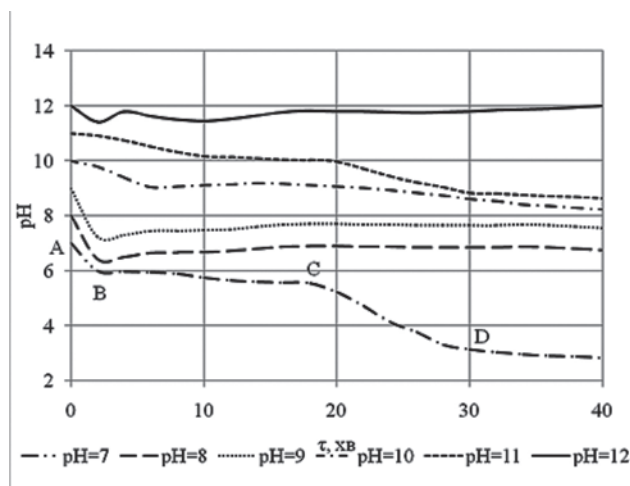
Фазовий склад отриманих зразків визначали за допомогою рентгенівського дифрактометра ДРОН-2.0 в  $\text{Cu-K}\alpha$ - монохроматизованому випро- мінюванні.

Були виконані експерименти по дослідженню впливу вихідного рН розчину на кінетику зміни рН, фазовий склад, а також магнітні властивості отриманого продукту.

На рисунку 1 спостерігається спочатку стрімка зміна рН, а потім більш плавне зменшення рН з подальшою його стабілізацією. Падіння рН свід- чить про проходження процесу окислення сполук ферум(II) до ферум(III). Подальше встановлення цих показників на постійному рівні вказує на досягнення рівноважного стану. Початкова точка А відповідає утворенню сполук загального складу  $\text{Me}_{0,33}\text{Fe}_{0,67}(\text{OH})_2$ . Точка В вказує на перетворення ГПГ в проміжну сполуку, трансформація якої закінчується в точці D. Точка D відповідає пере- творенню інтермедіату на немагнітний ферум оксигідроксид, дефектну структуру типу маг- геміту або шпінельну фазу фериту в залежності від вихідного рН. Постійне значення рН забезпе- чується станом хімічної рівноваги між маточним розчином та продуктами реакції. Повне окислення сполук ферум(II) призводить до різкого зниження рН в точці В, що вказує на закінчення всіх хіміч- них реакцій в розчині.

На рисунку 1 чітко простежується два основні механізми окислення, тобто існує два шляхи окислення  $\text{Co}_{0,33}\text{Fe}_{0,67}(\text{OH})_2$ , перший з формуван- ням шпінельної структури, що відповідає точці D за високому значенні рН. Другий – це формування немагнітних сполук за рН=7-9.

У ході експериментів було встановлено, що на диференціальній кривій зміни рН в процесі окис-



**Рис. 1.** Залежність рН від часу обробки КНП для початкових рН =7-12 в системі  $\text{Co}^{2+}$ - $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{SO}_4^{2-}$ - $\text{OH}^-$ ,  $C[\text{FeSO}_4]/C[\text{CoSO}_4]=2$

лення спостерігаються характерні екстремуми (рис. 2). При цьому перший відповідає початку утворення проміжного продукту, другий – форму- ванню кінцевого продукту. Закінченням процесу окислення є стабілізація рН в часі. Для опису кінетики окислення було розглянуто три вели- чини: час окиснення по першій стадії ( $t_1$ ), загаль- ний час окиснення ( $t_{\text{sum}}$ ), середня швидкість зміни показника рН ( $\theta_{\text{ср}} = \Delta\text{pH}/\Delta t$ ), яка визначається як відношення зміни одиниць рН до часу обробки. Залежність значення інтегральної середньої швидкості зміни рН від початкової кислотності розчину має екстремальний характер, причому максимальне значення  $\theta_{\text{ср}}$  відповідає максималь- ній швидкості окислення. На диференційній кри- вій екстремум відповідає певному перетворенню. Причому перший максимум – утворенню інтер- медіату, другий – утворенню кінцевого продукту.

Зниження вихідного рН в розчині спричиняє утворення гетитоподібної структури замість шпі- нельної. Можливість утворення гетитоподібної структури можна пояснити кінетикою перетво- рення вихідної сполуки (перша стадія реакції). Тобто наявність нестійких ГПГ, що легко руйну- ються, сприяє утворенню саме оксигідроксидів за рН=5-8. Утворення гетитоподібної структури викликане високою швидкістю першої стадії реакції. Можна припустити, що утворення шпі- нельної фази можна індукувати шляхом регулю- вання швидкості окислення.

Наприклад, утворення шпінельної фази зумов- лено повільним окисленням сполук у лужному середовищі. Було встановлено, що збільшення рН у розчині призводить до зниження швидкості пер-

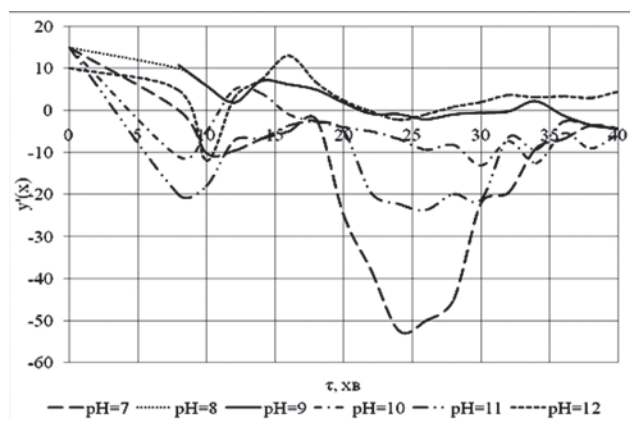


Рис. 2. Залежність диференційних кривих pH від часу обробки КНП для початкових pH =7-12 в системі  $\text{Co}^{2+}$ - $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{SO}_4^{2-}$ -OH,  $\text{C}[\text{FeSO}_4]/\text{C}[\text{CoSO}_4]=2$

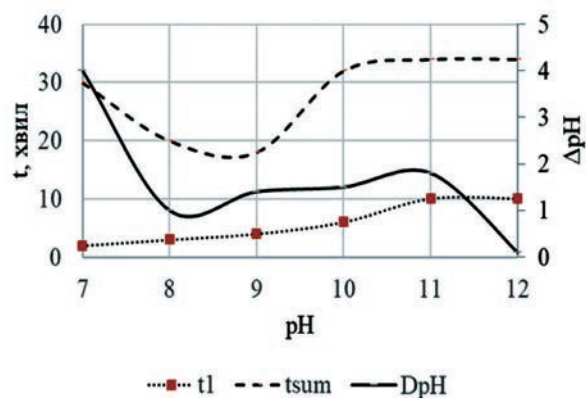


Рис. 3. Залежність часу повного окислення для першої стадії (1) та повного окислення (2) та загальної зміни pH від вихідного pH в системі  $\text{Co}^{2+}$ - $\text{Fe}^{2+}$ - $\text{SO}_4^{2-}$ -OH

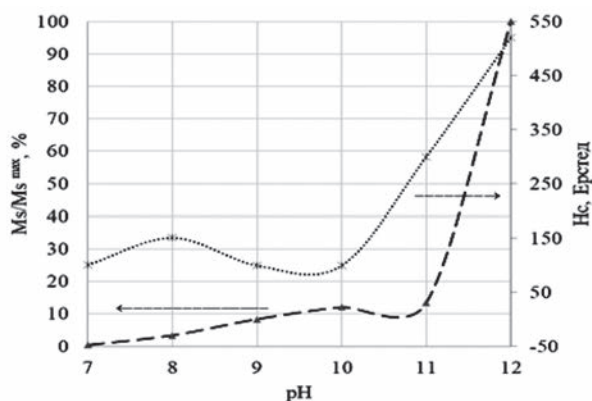


Рис. 4. Залежність коерцитивної сили та намагніченості насичення від pH

шої гетерогенної реакції, як показано на рисунку 3. Зокрема, зменшення часу реакції  $t_1$  характерно для перетворення гетерополігидроксидів в оксигідрокси за низького pH.

Тобто швидкість процесу окислення визначається pH розчину за інших рівних умов. Низькі значення pH призводять до утворення немагнітних фаз. Підвищення pH уповільнює процес окислення гідроксидів  $\text{Fe}(\text{II})$  до тривалентного і приводить до утворення фериту. Це підтверджується залежністю магнітних характеристик від pH вихідної суспензії (рис. 4). Максимальне значення намагніченості насичення і коерцитивної сили відповідає  $\text{pH} = 12$ .

**Висновки.** Дослідження показали, що контактна низькотемпературна нерівноважна плазма сприяє феритизації за  $\text{pH}=11-12$ . При цьому, варіюючи початкове значення pH, можна отримувати продукти, що мають різний фазовий склад.

За даними рентгенівського дослідження при збільшенні вихідного значення pH суспензії ступінь кристалічності та магнітні характеристики кінцевого продукту збільшується.

#### Список літератури:

1. Ai L. et al. Activated carbon/ $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  composites: facile synthesis, magnetic performance and their potential application for the removal of malachite green from water, *Chemical Engineering Journal*, 2010.156. 2, P. 243-249.
2. Kumbhar V. S. et al. Chemical synthesis of spinel cobalt ferrite ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) nano-flakes for supercapacitor application. *Applied Surface Science*, 2012. 259, P. 39-43.
3. Saffari J. et al. Sonochemical synthesis of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles and their application in magnetic polystyrene nanocomposites. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2014. 20. 6, P. 4119-4123.
4. Munjal S. et al. Citric acid coated  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles transformed through rapid mechanochemical ligand exchange for efficient magnetic hyperthermia applications. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2019. 477, P. 388-395
5. Wu X. et al. PEG-assisted hydrothermal synthesis of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  nanoparticles with enhanced selective adsorption properties for different dyes. *Applied Surface Science*, 2016. 389, P. 1003-1011.
6. Senthil V. P. et al. Study of structural and magnetic properties of cobalt ferrite ( $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ ) nanostructures. *Chemical Physics Letters*, 2018. 695, P. 19-23.
7. Ciomaga C. E. et al. Functional properties of percolative  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$ - $\text{PbTiO}_3$  composite ceramics. *Journal of Alloys and Compounds*, 2019. 775, P. 90-99.
8. Gorski C. A. et al. Thermodynamic characterization of iron oxide-aqueous  $\text{Fe}^{2+}$  redox couples. *Environmental science & technology*, 2016. 50. 16, P. 8538-8547.

9. Pourgolmohammad B., Masoudpanah S. M., Aboutalebi M. R. Effect of starting solution acidity on the characteristics of  $\text{CoFe}_2\text{O}_4$  powders prepared by solution combustion synthesis. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 2017. 424, P. 352–358.
10. Фролова, Л. А. Дослідження процесу одержання фериту купрумів плазмовим методом. *Вчені записки «Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського»*. Сер. Технічні науки, 2019. 30 (69), № 3, С. 47–53.
11. Фролова, Л.А., Півоваров, О.А. Умови отримання магнетиту під дією контактної нерівноважної низькотемпературної плазми. *Вчені записки «Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського»* Сер.: Технічні науки, 2019. 30 (69). 5, С. 76–79.
12. Frolova, L.A., Derhachov, M.P. The Effect of Contact Non-equilibrium Plasma on Structural and Magnetic Properties of  $\text{Mn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$  Spinels. *Nanoscale Research Letters*, 2017.12(1), P. 505-517.

**Frolova L.A. INVESTIGATION OF THE FERRITIZATION PROCESS  
IN THE  $\text{CO}^{2+}$  - $\text{FE}^{2+}$  - $\text{SO}_4^{2-}$  -  $\text{OH}^-$  BY ACTION OF CONTACT  
NON-EQUILIBRIUM LOW-TEMPERATURE PLASMA**

Currently, the use of cobalt ferrites is expanding. They are used as modern sensors, catalysts, for the manufacture of permanent magnets, in medicine, as components of modern composites. This is due to a set of unique properties that combine high stability, non-toxicity, high coercive force, saturation magnetization, anisotropy coefficient, straightness coefficient. However, in numerous studies, various data are provided regarding their functional properties. This is due to the fact that the magnetic properties are determined by many factors, among which the main ones are the chosen production technology and its parameters.

The effect of the initial pH of the solution on the ferritization in the  $\text{Fe}^{2+}$  - $\text{Co}^{2+}$  - $\text{SO}_4^{2-}$  -  $\text{OH}^-$  system was investigated. Cobalt ferrite was obtained by a combined method of coprecipitation and treatment with contact low-temperature nonequilibrium plasma. the pH varied in the range of 7-12. The phase composition was determined by X-ray phase analysis. Magnetic properties by vibration magnetometry.

Studies have shown that the treatment of CNP promotes ferritization. In this case, varying the initial pH value, you can get products with different technological characteristics.

As the initial pH value increases, the oxidation rate decreases. According to the X-ray study, as the initial pH value of the suspension increases, the degree of crystallinity of the final product increases and the magnetic parameters (saturation magnetization, coercive force) also increase rapidly. The formation of cobalt ferrite occurs at an initial pH = 11-12.

**Key words:** cobalt ferrite, saturation magnetization, contact low-temperature nonequilibrium plasma, coprecipitation.

## ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 612.6-026:23.2

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/11>

**Антоненко А.В.**

Київський університет культури

**Бровенко Т.В.**

Київський національний університет культури і мистецтв

**Земліна Ю.В.**

Київський університет культури

**Толок Г.А.**

Київський національний університет культури і мистецтв

**Криворучко М.Ю.**

Київський національний торговельно-економічний університет

**Грищенко І.М.**

Київський національний університет культури і мистецтв

**Бігдан О.О.**

Київський університет культури

## ТЕХНОЛОГІЯ ПРИГОТУВАННЯ ХОЛОДНИХ ЗАКУСОК ІЗ ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ХАРЧОВИХ ВОЛОКОН

У статті розглянуто доцільність використання рослинних гідроколоїдів – гуміарабіку та клітковини льону в технології холодних закусок функціонального призначення. Закуси займають важливе місце в раціоні харчування сучасної людини, тому збільшення їхньої біологічної цінності шляхом додавання функціональних інгредієнтів може значно вплинути на загальну оздоровчу дію раціону харчування людини. У зв'язку з актуальністю проблеми поширення та профілактики хронічних захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, у даній статті запропоновано технологію холодної закуски з оселедця «Морський бриз» з додаванням гуміарабіка та клітковини льону. Розроблено й обґрунтовано технологію холодної закуски «Морський бриз». На основі проведених досліджень підтверджено покращення вмісту харчових волокон та інших есенціальних нутрієнтів. Експериментально доведено, що введення гуміарабіка та клітковини льону в страву позитивно впливає на органолептичні показники, адже має нейтральний смак. У результаті проведених досліджень розроблено технологію страви, яку можна вважати джерелом харчових волокон, незамінних амінокислот, вітамінів  $B_1$  і  $B_9$ , а також магнію, заліза та йоду. На основі визначених якісних показників та коефіцієнтів вагомості розраховано комплексний показник якості холодної закуски з оселедця з додаванням клітковини льону та побудовано модель якості. З отриманих даних встановлено, що модель якості демонструє зростання комплексного показника якості дослідного зразка порівняно з контрольним по кожному показнику окремо. Холодна закуска «Морський бриз» є функціональним харчовим продуктом, що сприяє профілактиці захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, запобігає виникненню дефіциту вітамінів  $B_1$  і  $B_9$ , магнію, заліза та йоду в організмі людини й може бути рекомендована в раціонах людей, які працюють на токсичних виробництвах та проживають на екологічно забруднених територіях.

**Ключові слова:** технологія, холодна закуска, гуміарабік, клітковина, льон, біологічна цінність.



**Постановка проблеми.** Проблеми «харчування і здоров'я» та «харчування і хвороби» тісно взаємопов'язані. Науково обґрунтовано та доведено взаємозв'язки між харчуванням та найважливішими хронічними хворобами. Нераціональне харчування є визначальним у виникненні та розвитку таких факторів ризику, як надлишкова маса тіла, артеріальна гіпертензія тощо. Харчування має численні складники, пов'язані з ризиком для здоров'я. Їжа – не лише необхідність, але й одне з найбільших задоволень у житті. Люди їдять, щоб отримати насолоду та вгамувати голод. Водночас їжа – носій та джерело величезної кількості біологічно та фармакологічно активних речовин, потужний лікувальний та оздоровчий фактор [1; 2; 4].

Більшість учених-нутриціологів указують на появу наприкінці ХХ – на початку ХХІ ст. кризи харчування, що насамперед пов'язано зі зниженням рівня фізичної активності. Отже, відповідно, необхідним є адекватне зниження вживання їжі відповідно до зниження енерговитрат. Проте, на відміну від потреби в енергії, яка зменшилась на 30%, потреба в мікроелементах та вітамінах знизилась лише на 10%, тому раціон із натуральних продуктів, адекватний нашим енерговитратам, буде принаймні на 20% дефіцитним за вмістом мікронутрієнтів. Окрім того, постійний психоемоційний стрес та несприятлива екологічна ситуація підвищують потребу організму у вітамінах та мікроелементах та поглиблюють їх дефіцит. Інша проблема – надмірна маса тіла, розповсюдженість якої в Україні становить 30% серед жінок та 15% серед чоловіків за даними 2014 року, а серед населення старше 30-ти років ця цифра наближується до 50%. Нераціональне, розбалансоване, полідефіцитне харчування сприяє росту і розвитку захворювань обміну речовин, серцево-судинної системи, шлунково-кишкового тракту, онкологічних та інших захворювань. Згідно з даними статистики, відмічається щорічне неухильне скорочення термінів життя населення України, особливо чоловіків. Перше місце в структурі смертності посідають серцево-судинні захворювання (57%). Є всі підстави вважати, що в розвитку такої складної демографічної ситуації важливу роль грають порушення в харчовому статусі [3; 6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сучасному етапі розвитку людства перед наукою постало важливе завдання з розроблення технологій виробництва продуктів харчування функціонального призначення. Забезпечуючи масовий випуск продуктів, які підвищують резистентність організму в умовах несприятливого навколиш-

нього середовища, можна покращити якість життя хворої людини і допомогти здоровій знизити ризик виникнення найбільш розповсюджених захворювань, забезпечити адаптацію організму до несприятливих умов життя та праці.

Згідно з теорією адекватного харчування академіка О.М. Уголева, харчовий раціон повинен містити баластні речовини – харчові волокна, під якими розуміють біополімерні компоненти рослинної їжі. Харчові волокна є одним із семи видів функціональних інгредієнтів, що ефективно використовуються в конструюванні функціональних харчових продуктів на сучасному етапі розвитку ринку. Оскільки харчові волокна не представляють енергетичної цінності для організму, їх довгий час вважали баластними речовинами, однак тепер дієтологи і медики дотримуються протилежної теорії. Було проведено безліч досліджень, які підтвердили важливу роль харчових волокон для обміну речовин і травлення. До кінця ХХ століття вченим вдалося довести, що дефіцит цих речовин в організмі стає фактором розвитку таких захворювань, як жовчнокам'яна хвороба, синдром подразненого кишечника, атеросклероз, гіпертонія, ожиріння, цукровий діабет, ішемічна хвороба серця, метаболічний синдром і навіть рак. Інтенсифікація харчової та переробної промисловості та збільшення використання тваринної продукції, очищених злаків, рафінованих продуктів сприяють розвитку цих хронічних захворювань [4].

**Постановка завдання.** Саме тому створення функціональних харчових продуктів з використанням харчових волокон є одним із найперспективніших напрямів розвитку технології продуктів харчування. Різноманітні закуски займають важливе місце в раціоні харчування сучасної людини, тому збільшення їхньої біологічної цінності шляхом додавання функціональних інгредієнтів може значно вплинути на загальну оздоровчу дію раціону харчування людини. У зв'язку з актуальністю проблеми поширення та профілактики хронічних захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, у даній статті запропонована технологія холодної закуски з оселедця «Морський бриз» з додаванням гуміарабіку та клітковини льону.

**Мета досліджень:** обґрунтування і розроблення технології холодної закуски пониженої жирності з підвищеним вмістом харчових волокон.

**Об'єкт досліджень:** технологія холодної закуски з оселедця з використанням клітковини льону.

**Предмет дослідження:** оселедець слабосолений, клітковина льону, холодна закуска з оселедця з додаванням клітковини льону, модельна

композиція холодної закуски з оселедця з додаванням клітковини льону.

**Методи дослідження:** органолептичні, методи планування експерименту і математичної обробки експериментальних даних на основі комп'ютерних технологій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під час визначення вихідної сировини й аналізу наукових джерел встановлено, що для отримання структурованих продуктів високої якості доцільно використовувати гідроколоїди полісахаридної природи – камеді. Гуміарабік і клітковину льону вибрано не лише з урахуванням їхньої фізіологічної користі, але і з урахуванням технологічних властивостей.

Важливим етапом у процесі виробництва закусок є отримання харчової системи з визначеною консистенцією за рахунок використання структуроутворювача. Для використання в технології холодних закусок дієтичні добавки повинні мати властивості структуроутворювача, згущувача, стабілізатора та емульгатора. Для моделювання композиції досліджено фізико-хімічні та технологічні показники дієтичних добавок та обґрунтовано доцільність їх сумісного використання в технологіях холодних закусок.

На основі літературних джерел та попередньо проведених експериментів встановлено, що гідроколоїди полісахаридної природи використовують у концентраціях: клітковина льону до 7%, а гуміарабік – до 10% [8].

Для визначення раціональних концентрацій гуміарабіку та клітковини досліджували гідратаційну здатність, поверхневий натяг, ефективну в'язкість їхніх розчинів. Основною характерною властивістю поверхнево-активних речовин (далі – ПАР), що зумовлює їх практичне застосування, є здатність знижувати поверхневий і міжфазний натяг. Правильність підбору ПАР залежить від того, наскільки вивчені й достовірні дані про поверхневі явища, що відбуваються на міжфазній поверхні розділу гетерогенної системи, що містить ПАР. Відомо, що зі зниженням поверхневого натягу полегшується диспергування гетерогенних систем. Таким чином, дослідження поверхневих властивостей речовин є необхідною умовою для обґрунтування їх вибору [8].

Під час взаємодії гуміарабіку в концентрації 1–10% і пектину 3–7% з рідиною відбувається їх набрякання і розчинення, що у свою чергу супроводжується зниженням поверхневого натягу розчинів, що полегшує диспергування поверхневих систем [7].

Льон – одна з найстаріших та найпоширеніших сільськогосподарських технічних культур світу,

також широко відома як лікарська рослина. Це однорічна трав'яна рослина, яка має пласке, жовто-коричневе, лискуче насіння без запаху. Воно містить слизові речовини (близько 12%), пектин, жирну олію (30–40%), складену з гліцеридів лінолової (35–40%), ліноленової (25–35%), олеїнової (15–20%), пальмітинової та стеаринової кислот, ціаногеновий глікозид лінамарин (1,5%), ензим лінамаразу, протеїни (< 20–25%), цукри, каротин тощо [3].

Поліненасичені жирні кислоти представлені відразу трьома видами – Омега-3, Омега-9 і Омега-6. Їх присутність у людському організмі гарантує гармонійне функціонування основних систем. За вмістом кислоти Омега-3 ляне насіння випереджає всі інші джерела рослинних олій і перевершує в три рази знаменитий риб'ячий жир. Лігнани – специфічні речовини, звані ще «рослинними гормонами», володіють унікальною антиоксидантною дією. Доведено, що їх застосування здатне запобігати виникненню новоутворень, у тому числі злоякісних.

Клітковина насіння льону забезпечує зв'язування в кишечнику шкідливих компонентів, що надходять з їжею, й активне їх виведення, допомагає підтримати імунітет індивіда в працездатному стані. Вона очищує кишечник і активізує його діяльність, що має величезне значення практично за всіх захворювань шлунково-кишкового тракту; служить їжею для корисних мікроорганізмів, що мешкають у товстому кишечнику і виробляють речовини, які сприяють профілактиці раку товстого кишечника; прискорює виведення з організму канцерогенних речовин й інших отрут; уповільнює процес травлення і максимізує виведення з організму холестерину, що сприяє підтримці нормального рівня цукру і холестерину в крові. Клітковина рекомендується як додаткове джерело харчових волокон, водорозчинних вітамінів, органічних солей цинку, калію, заліза, бромю, марганцю, кальцію, селену з метою профілактики і як доповнення до основних методів лікування захворювань травного каналу. Дані щодо поживної цінності клітковини льону зазначені в таблиці 1.

Клітковина льону – це оброблене насіння, волокна, що залишаються в результаті вичавлювання лляної олії. Дієтологи із задоволенням відзначають наявність у складі насіння цієї культури трьох важливих для нашого організму компонентів: жирних кислот з групи омега, клітковини й лігнанів. Значна частина корисних якостей льону визначається саме їх наявністю.

Хімічний склад клітковини льону відзначається високим вмістом білків, харчових волокон, вітаміну В<sub>9</sub>, і таких мінеральних речовин, як кальцій, магній, калій та залізо. Експеримен-

тально доведено, що введення клітковини льону в холодну закуску з оселедця позитивно впливає на органолептичні показники страви, адже має нейтральний смак. Контролем вибрано страву з риби «Оселедець із гарніром» згідно з рецептурою № 132 за Збірником рецептур (гарнір за рецептурою № 817). Для створення модельних харчових композицій в закуску з оселедця було введено 3,5,7 г гуміарабіку та 3, 5 і 7 г клітковини льону, яйце було виключено, а майонез був замінений на вершки для зниження кількості жирів та оптимізації жирно-кислотного складу (табл. 2) [7].

Було проведено органолептичну оцінку показників якості, за п'ятибальною шкалою визначено оптимальну концентрацію в холодній закусці клітковини льону (табл. 3).

Аналізуючи дані з таблиці, робимо висновок, що найкращі органолептичні показники отримав дослід № 2, в який додавали 5 г гуміарабіку та 5 г клітковини льону. Цю холодну закуску запропоновано назвати «Морський бриз». У модельну композицію досліджуваної закуски з оселедця гуміарабік і клітковину льону поступово вводили під час збивання всіх компонентів, листя водорості норі використовували для оформлення та

Таблиця 1

**Поживна цінність  
клітковини льону (на 100 г)**

Речовини	Клітковина льону
Білки, г	34,00
Жири, г	14,00
Вуглеводи, г	9,00
Харчові волокна, г	41
<b>Вітаміни:</b>	
В <sub>1</sub> (тіамін), мг	1,60
В <sub>2</sub> (рибофлавін), мг	0,16
В <sub>5</sub> (пантотенова кислота), мг	0,99
В <sub>6</sub> (піридоксин), мг	0,47
В <sub>9</sub> (фолієва кислота), мкг	87,00
<b>Мінеральні речовини:</b>	
Кальцій, мг	255,00
Магній, мг	392,00
Натрій, мг	30,00
Калій, мг	813,00
Мідь, мкг	1,22
Залізо, мг	5,73
Енергетична цінність, кКал	298,00

Таблиця 2

**Модельні харчові композиції холодної закуски з оселедця  
з додаванням гуміарабіка та клітковини льону**

№ пор.	Найменування сировини	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3
1	Оселедець	25	30	30	30
2	Картопля	16	15	15	15
3	Морква	20	15	15	15
4	Буряк	20	22	22	22
5	Цибуля	10	10	10	10
6	Майонез 67%	10	-	-	-
7	Яйце куряче	10	-	-	-
8	Вершки 10%	-	30	30	30
9	Гуміарабік	-	3	5	7
10	Клітковина льону	-	3	5	7
11	Норі	-	3	3	3
Вихід, г		100	100	100	100

Таблиця 3

**Органолептична оцінка холодної закуски з оселедця з додаванням клітковини льону**

Показник	Зразок	Контроль	Дослід 1	Дослід 2	Дослід 3
Зовнішній вигляд		5,0	4,9	4,9	4,9
Колір		4,9	4,8	4,9	4,7
Смак		5,0	4,9	5,0	4,8
Запах		4,9	4,9	5,0	4,9
Консистенція		4,8	4,7	5,0	4,8
Загальна оцінка		4,92	4,84	4,96	4,82

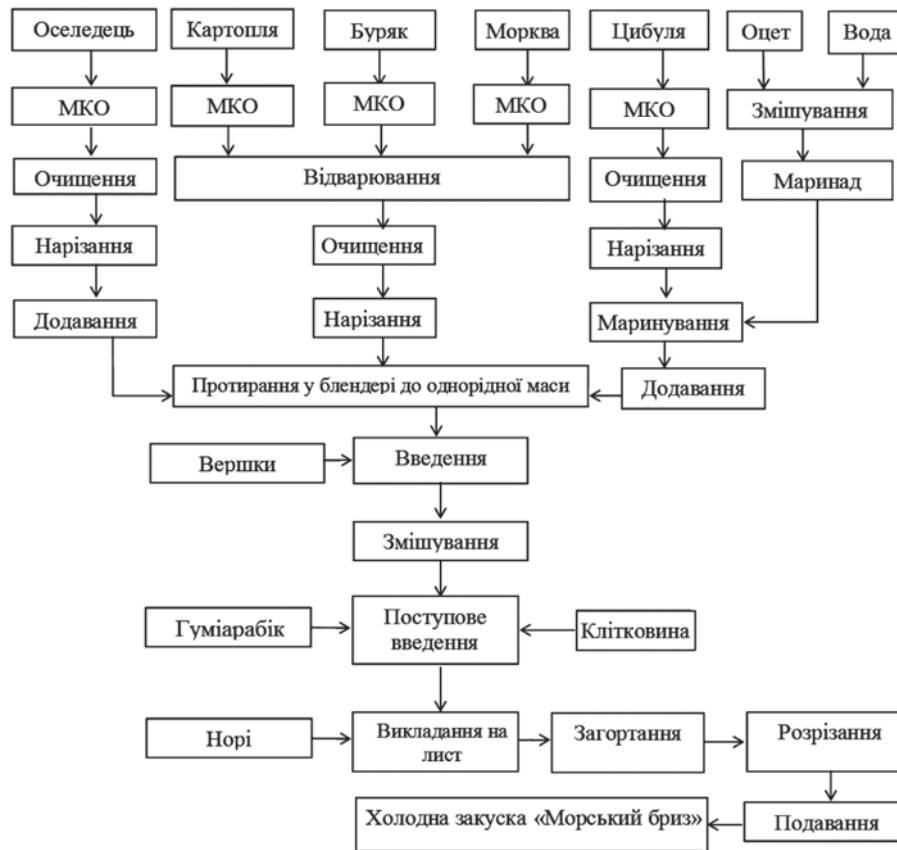


Рис. 1. Технологічна схема приготування холодної закуски «Морський бриз»

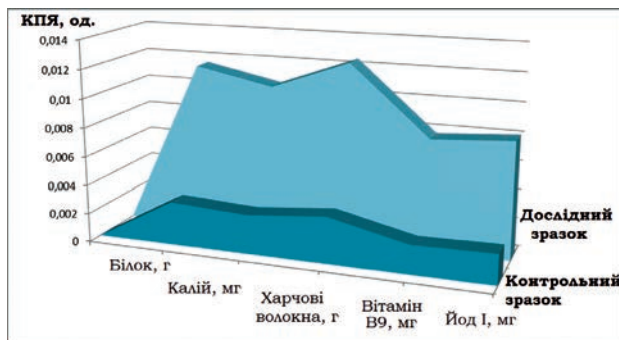


Рис. 2. Модель якості холодної закуски «Морський бриз»

подавання страви. На основі проведених досліджень було розроблено технологічну схему приготування холодної закуски «Морський бриз» (рис. 1).

У таблиці 4 наведено порівняння хімічного складу контрольного і дослідного зразків розробленої холодної закуски «Морський бриз».

На основі даних таблиці 4 робимо висновок, що енергетична цінність страви знизилася на 14%, кількість білків збільшилася у 2 рази, а кількість жирів зменшилася у 1,5 рази. Кількість вуглеводів збільшилася за рахунок високого вмісту клітко-

вини льону, завдяки яким 100 г страви задовольняє потребу в харчових волокнах на 17%. За даними досліджень вітамінно-мінерального складу холодної закуски «Морський бриз» можна зробити висновок, що в цій страві підвищився вміст водорозчинних вітамінів (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>) та більшості мінеральних речовин (кальцію, магнію, калію, заліза, йоду). Так, 100 г страви задовольняє добову потребу людини у вітаміні В<sub>1</sub> на 26%, В<sub>9</sub> – на 23%, магнії – на 28%, у залізі – на 18%, йоді – на 20%.

На основі визначених якісних показників та коефіцієнтів вагомості розраховано комплексний показник якості холодної закуски з оселедця з додаванням клітковини льону та побудовано модель якості (рис. 2). З отриманих даних встановлено, що модель якості демонструє зростання комплексного показника якості дослідного зразка порівняно з контрольним по кожному показнику окремо.

**Висновки.** У результаті проведених досліджень розроблено технологію страви, яку можна вважати джерелом харчових волокон, незамінних амінокислот, вітамінів В<sub>1</sub> і В<sub>9</sub>, а також магнію, заліза та йоду.

## Хімічний склад холодної закуски з оселедця з додаванням гуміарабіку та клітковини льону

Показник	Контроль	Дослід	Різниця	
			+/-	%
Білки, г	8,0	14,83	6,83	85,36
Жири, г	18,2	8,52	-9,68	-53,19
Вуглеводи, г	5,0	11,59	6,59	131,70
Харчові волокна, г	0,8	3,40	2,60	325,00
Вода, г	67,6	63,30	-4,30	-6,36
Вітаміни:				
В1 (тіамін), мг	0,06	0,44	0,38	635,17
В2 (рибофлавін), мг	0,20	0,23	0,03	15,90
В5 (пантотенова к-та), мг	0,50	0,51	0,01	1,96
В6 (піридоксин), мг	0,20	0,27	0,07	33,50
В9 (фолієва к-та), мкг	9,90	45,32	35,42	357,78
Мінеральні речовини:				
Кальцій, мг	39,20	117,17	77,97	198,90
Магній, мг	22,70	110,36	87,66	386,17
Натрій, мг	134,40	156,08	21,68	16,13
Калій, мг	232,80	482,04	249,24	107,06
Мідь, мкг	105,00	230,57	125,57	119,59
Залізо, мг	1,10	1,79	0,69	62,94
Йод, мкг	16,60	29,50	12,90	77,71
Енергетична цін-ть, кКал	209,5	181,02	-28,48	-13,59

Таким чином, можна зробити висновок, що холодна закуска «Морський бриз» є функціональним харчовим продуктом, що сприяє профілактиці

захворювань, пов'язаних з порушенням обміну речовин, та запобігає виникненню дефіциту вітамінів В<sub>1</sub> і В<sub>9</sub>, магнію, заліза та йоду в організмі людини.

## Список літератури:

1. Антоненко А.В. Технологія харчових продуктів функціонального призначення : монографія ; за ред. М.І. Пересічного. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2012. 1116 с.
2. Антоненко А.В. Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія ; за ред. О.І. Черевка, М.І. Пересічного. Харків : Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі, 2017. 591 с.
3. Антоненко А.В. Перспективные тенденции развития науки : техника и технология : монографія ; Інноваційні технології харчової продукції функціонального призначення : монографія ; за ред. И.Я. Львович, А.В. Некрасова. Одесса : Куприенко С.В., 2016. 197 с.
4. Антоненко А. Наукове обґрунтування і розроблення фруктових систем як основи для солодких соусів. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2009. № 2. С. 76–82.
5. Мазаракі А.А., Кравченко М.Ф., Антоненко А.В. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв функціонального призначення. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2013. 772 с.
6. Антоненко А.В. Оцінка якості нових соусів підвищеної харчової цінності. *Міжнар. наук.-практ. журн. «Товари і ринки»*. 2009. № 1. С. 58–62.
7. Антоненко А.В. Плодово-ягідні системи як основа для соусів. *Збірник наукових праць ХДУХТ*. 2013. № 21. С. 102–108.
8. Антоненко А.В. Технологія соусів з дієтичними добавками функціонального призначення : автореф. дис. ... на здобуття наук ступеня канд. техн. наук : 05.18.16. Київ, 2011. 34 с.

**Antonenko A.V., Brovenko T.V., Zemlina U.V., Tolok G.A., Krivoruchko M.U., Grischenko I.M., Bihdan O.O. TECHNOLOGY OF COOKING SNACKS WITH HIGH CONTENT OF FOOD FIBERS**

*The article considers the expediency of using plant hydrocolloids – gum arabic and flax fiber in the technology of cold snacks for functional purposes. Snacks occupy an important place in the diet of modern man, so increasing their biological value by adding functional ingredients can significantly affect the overall health effects of the human diet. Due to the urgency of the problem of spreading and prevention of chronic diseases*

*associated with metabolic disorders, this article proposes the technology of cold snacks from the herring “Sea Breeze” with the addition of gum arabic and flax fiber. The technology of cold snack “Sea Breeze” is developed and substantiated. Based on the conducted research, the improvement of the content of dietary fiber and other essential nutrients has been confirmed. It is experimentally proven that the introduction of gum arabic and flax fiber in the dish has a positive effect on organoleptic characteristics, because it has a neutral taste. As a result of the research, food technology has been developed, which can be considered a source of dietary fiber, essential amino acids, vitamins B<sub>1</sub> and B<sub>9</sub>, as well as magnesium, iron and iodine. Based on the identified quality indicators and weights, a comprehensive indicator of the quality of cold snacks from herring with the addition of flax fiber was calculated and a quality model was built. From the obtained data it is established that the quality model shows the growth of the complex quality indicator of the experimental sample in comparison with the control indicator for each indicator. Cold snack “Sea Breeze” is a functional food product that helps prevent diseases vitamins B<sub>1</sub> and B<sub>9</sub>, magnesium, iron and iodine in the human body and can be recommended in the diets of people working in toxic industries and living in environmentally contaminated areas.*

**Key words:** *technology, cold appetizer, gum arabic, fiber, flax, biological value.*

**Марченко Н.І.**

Національний університет харчових технологій

**Діпріх І.В.**

Національний університет харчових технологій

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ WELLNESS-ІННОВАЦІЙ В ІНДУСТРІЇ ГОСТИННОСТІ

У науковій статті представлено аналіз основних тенденцій конкуренції у сучасних готельних підприємствах. Зазначено необхідність оновлення переліку послуг, які надаються на базі готелю. Охарактеризовано використання інноваційних методів у роботі готельного закладу. Проаналізовано можливість створення wellness-студій і wellness-центрів на базі українських готельних комплексів. Виявлено вплив пандемії COVID-19 на актуалізацію необхідності збереження здоров'я. Охарактеризовано доцільність персоналізації харчування як інтелектуальної послуги wellness. Визначено wellness як систему оздоровлення. Встановлено відмінність wellness від лікувального й оздоровчого туризму. Надано головні відмінності wellness-індустрії. Визначено основні принципи філософії wellness. Встановлено, що в Україні індустрія релаксотерапії знаходиться на недостатньо розвинутому рівні. Охарактеризовано інновації у wellness-туризмі: продуктові, процесні, організаційні, маркетингові. Визначено ідею wellness як можливість природного оздоровлення, яка підходить до стереотипів і потреб наших співгромадян. Вказано, що Україна багата на всі необхідні для wellness-готелів ресурси. Зазначено, що за кількістю потенційних природних багатств Україна в змозі залишити позаду безліч країн Європи та Азії. Виявлено, що одним із основних елементів wellness-готелю є здорове харчування гостей. Охарактеризовано новий напрям wellness – антивікову терапію. Визначено місце дизайн готелю у wellness-концепції. Зазначено важливість здорового сну постояльців як однієї зі складових частин філософії. Описано широке коло інноваційних методик, які можуть використовуватися у рекреаційно-оздоровчому комплексі. Визначено переваги, які має готель, надаючи послуги wellness-центру. Вказано, що гості висококласних wellness-готелів мають можливість обирати між сучасними та найдавнішими методиками оздоровлення. Наголошено, що SPA і wellness міцно увійшли в готельний бізнес і поступово займають провідні місця в переліку додаткових послуг. У роботі використано такі методи дослідження: загальнонаукові, зокрема аналізу, синтезу, теоретичного узагальнення, компаративного аналізу.

**Ключові слова:** індустрія гостинності, wellness, готель, бізнес, СПА.

**Постановка проблеми.** Поєднання сучасних стандартів гостинності та нових технологій охорони здоров'я привели до створення нового напрямку готельного бізнесу – wellness-індустрії. Теми SPA і wellness сьогодні є актуальними не тільки для фахівців індустрії краси та здоров'я, а й для тих, хто займається інвестиціями, будівництвом, експлуатацією й управлінням готелями. Це зумовлено тим, що наявність wellness-центру має велике значення для розвитку всього готельного комплексу і дає додаткову конкурентну перевагу, що приваблює клієнтів і забезпечує збільшення сукупного доходу. Незважаючи на зростаючу популярність, wellness-індустрія досі залишається маловивченою сферою готельного бізнесу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання функціонування та розвитку туристичної сфери досліджували Ж.А. Богданова, В.Є. Хаустова, А.В. Кравець, Н.М. Тягунова, О.А. Спо-

риш, Л.В. Іржавська, О.П. Слюсарчук, В.Ф. Семенов. Проблеми та перспективи розвитку готельної та ресторанної галузі відображено у працях М.О. Рябенської, Д.М. Якимчука, О.В. Борисової, А.Л. Когут, В.Г. Герасименко, І.Л. Литовченко.

Незважаючи на велику кількість досліджень різних аспектів феномену здоров'я, тема здоров'язбереження залишатиметься актуальною, доки існує людина. Буття швидко змінюється і вимагає постійного переосмислення складників суспільної системи координат. Однією з таких складових частин є wellness-технології, які завдяки комплексній програмі оздоровчих процедур обіцяють гармонійне життя без хвороб і до яких щодалі ненаситніше тягнеться сучасна людина.

**Постановка завдання** – проаналізувати перспективи застосування wellness-інновацій в індустрії гостинності.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** За умов постійного зростання конкуренції завданням сучасних готельних підприємств є задоволення нових, а іноді дедалі більш прискіпливих вимог потенційних клієнтів. У цьому контексті важливим для менеджменту є як дослідження ринкового середовища і реагування на його зміни, так і модернізація самого готелю та розширення і диверсифікація всіх пропонованих ним послуг. Від ефективного управління залежить використання інноваційних методів у роботі закладу, а підбір і постійне удосконалення кваліфікації персоналу є основою для задоволення вимог навіть найбільш вимогливих клієнтів.

Нині в нашій країні wellness розвивається дедалі стрімкіше. Крім спортивних клубів, салонів краси, SPA-салонів або фітнес-залів, з'являються wellness-студії і wellness-центри. Не помічати wellness стає неможливо, тому готельєри не залишають без уваги цю тенденцію і збільшують комплекс послуг для гостей готельного підприємства не тільки за допомогою розширення додаткових послуг і розваг, але і за рахунок включання послуг загальнооздоровчого комплексу. Йдеться про симбіоз готельного бізнесу та індустрії краси і здоров'я, результатом якого є wellness-готелі та готелі з wellness-центрами [2, с. 87–93].

Нові виклики, які постали перед людством через пандемію COVID-19 – це питання підтримання здорової імунної системи, яким надали найвищий пріоритет, а отримання достатньої збалансованої кількості безпечних харчових продуктів є однією з основних складових частин збереження здоров'я. Персоналізація харчування як інтелектуальна послуга wellness враховує певні особливості людини та пропонує дієти для лікування вже наявних хворіб.

Wellness – це своєрідна система оздоровлення, що дозволяє досягти емоційної та фізичної рівноваги за умов сучасного урбанізованого життя. Складниками цієї системи є помірне і комфортне фізичне навантаження, здорове харчування, комплексний догляд за шкірою, хороший відпочинок, оптимізм і позитивне мислення.

Wellness не слід асоціювати з лікувальним туризмом, оскільки він передбачає первинну профілактику захворювань, тоді як лікувальний туризм є профілактикою другого-третього рівня чи навіть реабілітацією, спрямованою на перешкодження розвитку вже наявних захворювань чи відновлення втраченого стану. У свою чергу, wellness іноді ототожнюється з оздоровчим туризмом [5, с. 620–625].

Поняття «wellness-готель» має західну термінологію та є спеціалізованим готельним підприємством, що пропонує програми підвищення резервів здоров'я, в основі яких лежить принцип виявлення індивідуальних факторів ризику та їх корекція. Основна відмінність цього закладу розміщення від інших у wellness-індустрії – це взаємозв'язок медичних (комплексна діагностика, медичні програми, лікарський контроль), естетичних (догляд за тілом), фізичних (активний відпочинок та індивідуальні програми фізичних тренувань) і психологічних (заняття йогою) процедур [2, с. 87–93].

Основні принципи філософії wellness:

- рух;
- розумова активність;
- розслаблення і гармонія;
- краса і догляд за тілом;
- збалансоване харчування.

В Україні індустрія релаксотерапії знаходиться на недостатньо розвинутому рівні порівняно із зарубіжними оздоровчими курортами. Необхідне розширення організації мережі wellness-центрів при готельних підприємствах, реконструкція санаторіїв і баз відпочинку у wellness-готелі; активізація інформування населення про наявність wellness-послуг і особливості їх споживання. Таке рішення може сприяти популяризації wellness-індустрії в Україні.

Інновації у wellness-туризмі поділяють на чотири групи (табл. 1).

Таблиця 1

**Інновації у wellness-туризмі [10]**

1. Технічні інновації (технологічні): – продуктові	нові технології та покращене обладнання у приміщеннях; нові оздоровчі продукти; нова архітектура та дизайн; програми лояльності клієнтів; інноваційні ціни; нові ринки та цільовий реципієнт
– процесні	розвиток ІТ (Інтернет, система B2B, система інформації та бронювання); нові системи управління; реструктуризація компанії; нові системи дистрибуції та маркетингу; співпраця з іншими організаціями; навчання персоналу; оптимізація системи
2. Нетехнічні інновації (нетехнологічні): – організаційні	нова організаційна система надання послуг; нова модель доходу
– маркетингові	нова взаємодія із клієнтами, нова система цінностей / ділових партнерів



Нині в Україні сформоване прагнення до природних методів лікування і збереження здоров'я. Ідея wellness як можливість природного оздоровлення прекрасно підходить до стереотипів і потреб наших співгромадян. Українці хочуть поєднувати відпочинок з оздоровленням і доглядом за зовнішністю, тому тема wellness сьогодні актуальна не тільки для фахівців індустрії краси та здоров'я, а й для тих, хто займається інвестиціями, будівництвом, експлуатацією й управлінням готелями [3, с. 54–55].

У нашій країні є велика кількість рекрепарків, рекрополісів, курортполісів і рекреаційних зон у традиційних курортних регіонах (Карпати, Полісся, узбережжя Азовського і Чорного морів), які відомі тільки для місцевого населення. Мають високий потенціал для розвитку Закарпатська, Чернівецька, Волинська, Миколаївська області. Діяльність у галузі поліпшення роботи курортів і санаторіїв України повинна перетворити курортну справу на високорентабельну і конкурентоспроможну галузь економіки та медицини, оскільки Україна має великі природно-географічні та соціально-культурні рекреаційні ресурси.

Дослідження географічного положення України дозволяє стверджувати, що наша держава багата на всі необхідні для wellness-готелів ресурси, серед яких можна виділити бальнеологічні, кліматичні та ландшафтні. Стосовно бальнеологічних ресурсів, то в Україні наявні мінеральні води всіх основних бальнеологічних груп. Деякі з них, зокрема «Миргородська», «Куяльник», «Поляна квасова», «Берегівські мінеральні води», «Нафтуса» і радонові води, є унікальними та мають світове значення [4, с. 217].

Аналіз діяльності найуспішніших SPA-готелів України свідчить, що за кількістю потенційних природних багатств, придатних до використання у SPA-індустрії, Україна в змозі залишити позаду безліч країн Європи та Азії, але це можливо тільки за тієї умови, що потенціал країни буде реалізовуватися і комплексно розвиватися.

Одним з основних елементів готелю, який дотримується філософії wellness, є здорове харчування гостей. В останні роки в індустрії харчування простежується тенденція до приготування екологічно чистих, поживних страв, що не завдають шкоди здоров'ю клієнтів. Основна вимога до їжі, яку можна назвати здоровою, – це максимально можливе використання у приготуванні страв екологічно чистих продуктів; застосування технологій обробки (наприклад, приготування на пару, використання мінімальної кількості олії при

смаженні і т. д.), завдяки яким зберігаються важливі складники продуктів харчування – вітаміни та інші поживні речовини [4, с. 217].

Ще одна тенденція, що вже завоювала популярність у зарубіжних країнах, – безглютенова дієта. Як відзначають фахівці, число людей, які страждають тим чи іншим видом харчової алергії, зростає щороку. Значну частину алергічних реакцій викликають продукти, що містять глютен. Тому розробка страв безглютенової дієти доцільна для підприємств, що надають послуги харчування та позиціонують себе як wellness-підприємства [1, с. 34–36].

Новим напрямом wellness є антивікова терапія (від англ. anti-age therapy) – комплекс заходів із профілактики та подолання різних вікових змін, які сприяють омолодженню організму людини. Основою для формування цього напрямку є твердження дослідників про те, що старіння – це хвороба, яка потребує постійного спостереження та інтенсивного лікування [1, с. 34–36]. Антивікова терапія включає як культуру здорового способу життя, так і застосування низки симптоматичних і локальних медикаментозних і немедикаментозних заходів, спрямованих на збільшення регенеративного потенціалу організму, підвищення його імунного захисту, протидію генетичним мутаціям і збільшення запасу життєвих сил.

До wellness-концепції належить і дизайн готелю. Так, для готелю відкриті широкі можливості: дизайн номерів, починаючи зі стін із живих рослин і закінчуючи водою із природними ароматизаторами, очищення води та повітря, гіпоалергенне облаштування кімнат, високотехнологічне оснащення, яке сприятливо впливає на сон гостей. Інтер'єри відрізняються «чистотою» простору, лаконічністю, єдністю світлового і колірної рішення. Велика увага повинна приділятися максимально можливим використанням екологічно чистих матеріалів, таких як дерево, камінь, натуральні тканини.

Wellness-готель – це не тільки специфічні додаткові послуги, а й сама wellness-філософія, якої дотримується підприємство. Одна зі складових частин цієї філософії – це здоровий сон постояльців. В останні роки дедалі більше готелів стали приділяти увагу ролі здорового сну. На користь такого підходу свідчать недавні результати медичного дослідження, які підтверджують, що основною причиною депресії може бути хронічне недосипання. Так, деякі готелі, як, наприклад, «JWMarriott», розробили спеціальні програми, що включають певні закуски, які сприятливо впливають на сон, і фітнес-заняття.

Найважливішою функцією управління готелем, у т. ч. і SPA-готелем, є правильний підбір колективу працівників, що відповідав би вимогам клієнтів. Персонал має бути професійно підготовлений, структурований та укомплектований так, щоб ефективно діяв за будь-яких умов. В управлінні персоналом готелю необхідно враховувати психологічну сумісність працівників, моральну атмосферу, задоволеність працею і керівником, адже досягнення персоналу є досягненнями всього готелю [8, с. 73–77].

Вдалим прикладом застосування рекреаційних інновацій може бути рекреаційно-оздоровчий комплекс. Серед рекреаційних послуг крім, звісно, традиційних процедур подібного типу, заклад пропонує широке коло інноваційних методик, серед яких [9, с. 49–59]:

- ароматерапія, що застосовується для розслаблення, зниження болю, при лікуванні від депресії, безсоння та підвищує життєвий і психічний тонус;
- бурштинова кімната, перебування у якій сприяє релаксації, оскільки вважається, що бурштин має властивість чинити позитивну дію на енергетику людини;
- соляна печера, основним лікувальним чинником якої є вдихання вологого іонізованого повітря, збагаченого мінералами та мікроелементами, що містяться в солі. Перебування в соляній печері позитивно впливає на дихальні шляхи, шкірні захворювання, щитовидну залозу, усі види алергії, нормалізує артеріальний тиск.

Діяльність СПА-центрів ґрунтується на використанні виключно ефективних природно-оздоровчих компонентів, що транспортуються зі всесвітньо відомих рекреаційних місцевостей світу. Транспортування здійснюється з дотриманням технології збереження цілющих властивостей цих природних компонентів. Так, зокрема, здійснюється перевезення та зберігання грязей Мертвого моря з дотриманням необхідних біохімічних показників. Поряд із використанням природних компонентів СПА-центри взяли «на озброєння» найновіші досягнення й технології апаратної медицини, що значно підвищують ефективність комплексних СПА-процедур [7, с. 50–53].

В аспекті маркетингу продукт SPA при готелі за містом – це поєднання послуг оздоровчого відпочинку та послуг гостинності, які орієнтовані на організацію процедур швидкого видимого результату. Наявність зазначених процедур дозволяє збільшити прибутковість SPA індустрії за рахунок використання психологічного ефекту наявності. Більш того, для закріплення ефекту споживачу рекоменду-

ється пройти серію процедур (зазвичай 3–5 процедур з інтервалом 1–2 тижні), що спрямовано на формування лояльності і збільшує шанси на реалізацію комплементарних послуг [6, с. 100–106].

Одним із плюсів для готелю, що дотримується wellness-напряму, є його позиціонування як «здорового готелю». Для сучасних мандрівників така репутація має велике значення при виборі засобу розміщення. Про це свідчать численні опитування споживачів готельних послуг.

Наявність SPA-комплексу (SPA-зон) дає готелю цілий ряд важливих конкурентних переваг:

- лояльність клієнтури – підвищення відсотка повторних візитів;
- залучення нових клієнтів, у т. ч. завдяки тому, що подарункові сертифікати SPA добре продаються і забезпечують заповнюваність SPA-комплексу до 50% новими клієнтами;
- при правильно розробленій концепції SPA-комплекс допоможе готелю уникнути зниження прибутковості в міжсезонні, оскільки пропозицію можна переорієнтувати на місцевого клієнта;
- підвищення прибутковості готелю загалом (підвищення категорії, можливість збільшення вартості номера, підвищення відсотка завантаження номерного фонду).

Гості висококласних wellness-готелів мають можливість обирати між сучасними та найдавнішими методиками оздоровлення, класичними і нетрадиційними видами медицини, їм пропонують індивідуально складену програму фізичних тренувань і, звичайно ж, повний комплекс послуг догляду за тілом. Відвідувачів цих готельних підприємств залучають до занять йогою, пиття трав'яних чаїв, гартування й активного відпочинку на природі. У постояльців таких готельних комплексів є можливість відвідувати індивідуальні консультації спортивного тренера, лікаря-фізіотерапевта, косметолога, фахівців у галузі wellness-послуг. Крім того, wellness-готелі дарують рідкісне відчуття повного відриву від дійсності.

Таким чином, SPA і wellness як філософія здорового способу життя міцно увійшли в готельний бізнес і поступово займають там провідні місця в переліку додаткових послуг, які підвищують рентабельність і конкурентоспроможність готелю. SPA в готелях різної категорії сприяє поліпшенню якості обслуговування відвідувачів, внесенню в роботу елементів нестандартного сервісу, залученню нових клієнтів і збільшенню кількості постійних, а також створенню індивідуального іміджу готелю. SPA-послуги надаються спеціалізованими SPA-готелями і wellness-готелями як у

місті, так і за його межами (Destination SPA) і не прив'язані до лікувальних джерел.

**Висновки.** Незважаючи на кризу, в Україні індустрія SPA залишається перспективним і популярним сегментом; впроваджуються нові методики вже в наявних SPA-готелях. Україна має базові умови для розвитку SPA: клімат, гео-

графічне положення, значну кількість мінеральних джерел та інших природних оздоровчих ресурсів. Для заохочення закордонних туристів найбільш перспективним спеціалісти називають «етнічний» SPA. Також привабливими можуть бути унікальні українські методики оздоровлення.

#### Список літератури:

1. Головата К.Ю. Перспективи застосування антивікового меню в закладах ресторанного господарства при готелях. *Матеріали Х Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання», 21–22 березня 2019 р.* Черкаси : ЧДТУ, 2019. С. 34–36.
2. Іщенко Т.І. Перспективи розвитку wellness-індустрії в готельному господарстві України. *Географія та туризм*. 2013. № 26. С. 87–93.
3. Кифяк В.Ф. Організація туристичної діяльності в Україні. Чернівці : Книги – XXI, 2008. 300 с.
4. Масляк П.О. Рекреаційна географія : навчальний посібник. Київ : Знання, 2008. 343 с.
5. Модернізація економіки в умовах зростання суспільної свідомості: туризм, людиномірність, партнерство, кооперація. *Матеріали ІІ Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава 14 грудня 2017 р.)*. Полтава : ПУЕТ, 2017. 848 с.
6. Наумік-Гладка К.Г. Маркетингові та психологічні аспекти діяльності spa-індустрії при готельних комплексах. *Modern Economics*. 2017. № 4. С. 100–106.
7. Пересічна С.М. Тенденції розвитку СПА-індустрії в Україні. *Гостинність, сервіс, туризм: досвід, проблеми, інновації: тези доповідей VII Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Київ, 9–10 квіт., 2020 р.* Київ : Вид. центр КНУКіМ, 2020. С. 50–53.
8. Назаренко І.А. Современные тенденции развития Спа-отелей Украины и определение их роли в структуре Спа-индустрии. *Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету», Серія: Економічні науки*. 2018. № 1 (5). С. 73–77.
9. Устименко Л.М. Розвиток wellness-туризму та його вплив на трансформацію туристичної індустрії України. *Вісник Київського національного університету культури і мистецтв. Серія: Туризм*. 2019. Т. 2. № 1. С. 49–59.
10. Eight Dimensions of Wellness. 2019. Center for Psychiatric Rehabilitation. URL: <https://cpr.bu.edu/living-well/eightdimensions-of-wellness>.

#### Marchenko N.I., Ditrikh I.V. PROSPECTS OF WELLNESS INNOVATION IN THE HOSPITALITY INDUSTRY

*The scientific article provides an analysis of the main competition trends in modern hotels. The need to update the list of services provided at the hotel is noted. The use of innovative methods in the work of a hotel establishment is characterized. The possibility of establishing of wellness studios and wellness centers on the basis of Ukrainian hotel complexes is analyzed. The impact of the COVID-19 pandemic on the actualisation of the need for health preservation has been identified. The expediency of personalization of food as an intellectual service of “wellness” is characterized. Wellness is defined as a health-improving system. The difference between “wellness” and medical and health tourism has been established. The main differences of the Wellness industry is provided. The basic principles of the Wellness philosophy are defined. It is established that in Ukraine the industry of relaxation therapy is at an underdeveloped level. Product, process, organizational and marketing innovations in wellness tourism are characterized. The idea of “wellness” as an opportunity for natural healing is suited to the stereotypes and needs of our fellow citizens. It is stated that Ukraine is rich in all the necessary resources for wellness hotels. It is noted that in terms of the number of potential natural resources, Ukraine is able to leave behind many countries in Europe and Asia. It was found that one of the main elements of the Wellness Hotel is a healthy meal for guests. The anti-aging therapy is characterized as a new direction of wellness. The place of hotel design in the Wellness concept is defined. The healthy sleep of guests as one of the components of philosophy is noted. A wide range of innovative techniques that can be used in the recreational and health complex is described. The advantages of the hotel, providing the services of the Wellness Center, are defined. It is stated that guests of high-class Wellness-hotels have the opportunity to choose between modern and traditional methods of health improvement. It is emphasized that SPA and Wellness are firmly entrenched in the hotel business and are gradually taking the leading place in the list of additional services. The research methods used in the work are the search on the available methodical and scientific literature with the analysis of the found material, clarification of causal relations and analysis of documentation and results of activity of researchers on the problem of the conducted research.*

**Key words:** hospitality industry, Wellness, hotel, business, SPA.

**Одарченко Д.М.**

Харківський державний університет харчування та торгівлі

**Соколова Є.Б.**

Харківський державний університет харчування та торгівлі

**Карбівнича Т.В.**

Харківський державний університет харчування та торгівлі

**Сподар К.В.**

Харківський державний університет харчування та торгівлі

## КВАЛІМЕТРИЧНА ОЦІНКА НАПІВФАБРИКАТУ ДЛЯ СМУЗІ

*Перспективним напрямом харчової промисловості є створення безалкогольних напоїв із використанням рослинної сировини, зокрема смузі, який сьогодні стає дедалі більш популярним. Для приготування смузі існує досить великий вибір компонентів. До рецептурного складу можуть входити свіжі, заморожені, сушені фрукти, овочі та ягоди. Потенціал використання фруктів і ягід для виробництва смузі залишається невичерпним з огляду на товарознавчі показники та функціонально-технологічні властивості. За умов глобалізації ринку проблема якості є актуальною для всіх країн і організацій, тому що тільки продукція високої якості може бути конкурентоспроможною. Комплексний аналіз якості в сукупності з кваліметричною оцінкою дозволяє швидко оцінити якість і безпечність сировини, напівфабрикатів і харчової продукції, а також виявити недоліки технології їх виробництва. Метою досліджень є розрахунок комплексного показника оцінки якості смузі за допомогою методів кваліметрії та алгоритму розрахунку комплексної оцінки. Для проведення аналізу показників якості смузі було використано метод кваліметрії. Побудовано «Дерево властивостей», на якому виділено основні групи показників, які визначають якість смузі. Розраховано комплексний показник і встановлено алгоритм його визначення. Розрахунками комплексного показника якості підтверджено інноваційний задум щодо розроблення напівфабрикату для смузі. Установлено, що смузі з розробленого замороженого напівфабрикату відповідає оцінці «дуже добре». Його показник якості (0,92) перевищує показник смузі ТМ «Frenzy» (0,72). Виходячи з отриманих даних побудовано модель якості дослідних зразків смузі. Доведено, що застосування комплексної оцінки дає можливість об'єктивно оцінити споживні властивості смузі. Отримані дані свідчать про прогнозовану конкурентоспроможність напою з розробленого напівфабрикату.*

**Ключові слова:** напівфабрикат, смузі, якість, кваліметрія, комплексний показник, інтегральна оцінка, модель якості.

**Постановка проблеми.** Збалансоване та раціональне харчування є важливою умовою збереження здоров'я населення. Уживання безпечних і якісних продуктів харчування в потрібній кількості є однією з нагальних потреб громадян, що забезпечує підтримку на високому рівні фізичної та розумової активності населення.

За умов глобалізації ринку проблема якості є актуальною для всіх країн і організацій, тому що тільки продукція високої якості може бути конкурентоспроможною. Останнім часом застосування кваліметричної оцінки якості для харчової продукції використовується дедалі ширше. Комплексний аналіз якості в сукупності з кваліметричною

оцінкою дозволяє швидко оцінити якість сировини, напівфабрикатів і харчової продукції, виявити недоліки технології виробництва, що, у свою чергу, дає можливість оперативнo вжити заходів стосовно усунення цих недоліків.

Кваліметрія – це наука, яка об'єднує кількісні методи оцінки якості, що використовуються для обґрунтування рішень, прийнятих при управлінні якістю продукції та стандартизації. Цей метод заснований на кількісному порівнянні досліджуваного продукту з еталоном, за який приймається вже існуючий продукт або ідеалізований з урахуванням сучасних вимог до харчування продукт – еталон. Кваліметричний аналіз вважається

найоб'єктивнішим методом, за допомогою якого можна оцінити якість продукції. Під кількісною оцінкою якості продукції розуміють визначення чисельних значень певних показників якості. Така оцінка зазвичай використовується для проведення атестації якості готової продукції [1].

Існує необхідність в організації постачання населенню якісних продуктів не лише в сезон збору та перероблення фруктово-ягідної сировини, але і протягом усього року, в усіх регіонах України та в широкому асортименті. Дедалі популярнішим напрямом харчової індустрії у світі стає створення безалкогольних напоїв із використанням рослинної сировини – смузі [2]. Створення багатокомпонентних напоїв із заданим комплексом властивостей є складним процесом, що потребує забезпечення найбільш повної збалансованості продуктів за великою кількістю компонентів хімічного складу. Тому актуальним є проведення комплексної товарознавчої оцінки смузі із застосування кваліметричної оцінки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивченням основних принципів формування оцінки якості товарів і послуг займається наука кваліметрія. Кваліметрія виходить із того, що якість залежить від великої кількості властивостей розглянутого продукту. Сьогодні відомо близько 30 кваліметричних методів оцінки якості продукції. Вченими [3] для оцінки якості квасу був обраний експертний метод парного порівняння. Суть методу полягає в попарному порівнянні експертами оцінюваних властивостей і подальшому їх математичному ранжируванні в порядку убавання. Цей спосіб застосовується для розрахування середніх коефіцієнтів вагомості показників однієї групи. Під коефіцієнтом вагомості розуміється кількісна характеристика важливості обраної властивості продукції. Обраний метод кваліметричної оцінки дозволяє оцінювати якість квасу, відстежувати його рівень у наступних партіях і за необхідності розробляти коригувальні дії, спрямовані на його поліпшення.

Вітчизняними вченими [4] наведено загальну методіку комплексної оцінки якості товарів і запропоновано модель комплексної оцінки якості плавлених сирних продуктів. Встановлено, що запропонована методика є більш удосконаленою за рахунок уточ-

нення номенклатури одиничних показників якості та їх оптимальних значень, градацій якості та коефіцієнтів вагомості.

Для оцінки якості певних видів продукції існують методи, в яких поєднуються експертні методи вимірювання показників якості та шкальні принципи аналізу [5]. Для класифікації продукції за характеристиками, сортами використовують гіперпорядковані та номінальні шкали оцінок. Для оцінки якості складних за властивостями продуктів використовують метод багатомірного шкалювання, що базується на розгляді масивів показників якості як множин.

Останнім часом застосування кваліметричної оцінки якості для харчової продукції використовується дедалі ширше [6–8]. Найчастіше для врахування всіх показників під час оцінювання якості харчової продукції застосовують принципи кваліметрії, за допомогою чого отримується комплексна інформація про якість продукції з урахуванням водночас усіх її властивостей [9; 10].

**Постановка завдання.** Метою роботи є розрахунок комплексного показника оцінки якості смузі за допомогою методів кваліметрії та алгоритму розрахунку комплексної оцінки. Предмет досліджень – смузі, виготовлений на основі замороженого та свіжовиготовленого напівфабрикату, й аналог на ринку та показники їх якості. Об'єкт досліджень – алгоритм розрахунку комплексного показника оцінки якості, який використовували для аналізу смузі.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Обґрунтування складу та рецептури досліджуваного напівфабрикату для смузі було детально описано в наукових працях [11–13]. Для проведення комплексної товарознавчої оцінки напою смузі було

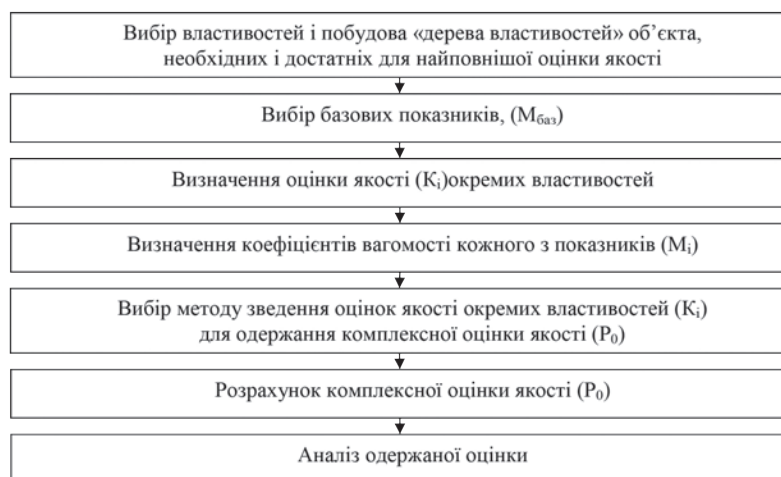


Рис. 1. Схема розрахунку комплексної оцінки якості смузі

розраховано його комплексний показник якості та порівняно зі свіжоприготовленим смузі та смузі ТМ «Frenzy». На ринку України відома заморожена полунично-яблучна суміш для смузі ТМ «Frenzy» виробництва компанії «Рудь». Розрахунок комплексної оцінки якості смузі ( $P_0$ ) проводили методом кваліметрії за схемою, яку наведено на рис. 1.

Оцінка якості продукції починається з визначення властивостей, які найбільш повно характеризують її якість. З цією метою було побудовано «дерево властивостей» і виділено на ньому необхідні та достатні для оцінки якості групи властивостей (рис. 2).

Структура «дерева властивостей» має декілька рівнів. На нульовому рівні знаходиться комплексний показник якості напою ( $P_0$ ). На першому рівні сукупність властивостей диференціюється за такими групами:

1) Органолептичні показники якості ( $Ma_0$ ): смак, аромат, консистенція, зовнішній вигляд;

2) Фізико-хімічні показники ( $Mb_0$ ), до яких належать масова частка сухих розчинних речовин, вміст вологи, масова частка цукрів, масова частка білку, масова частка жиру, титрована кислотність, масова частка клітковини, вміст крохмалю, вміст вітаміну С.

3) Показники безпечності ( $Mc_0$ ): вміст важких металів ртуті, свинцю, миш'яку, кадмію, міді, цинку, вміст нітратів і пестицидів, вміст радіонуклідів.

Для визначення відносних показників якості використовували дані абсолютних і базових значень. Визначення відносних показників проводили за формулами:

$$q = P_i / P_{\text{баз}} \quad (1)$$

$$q = P_{\text{баз}} / P_i \quad (2)$$

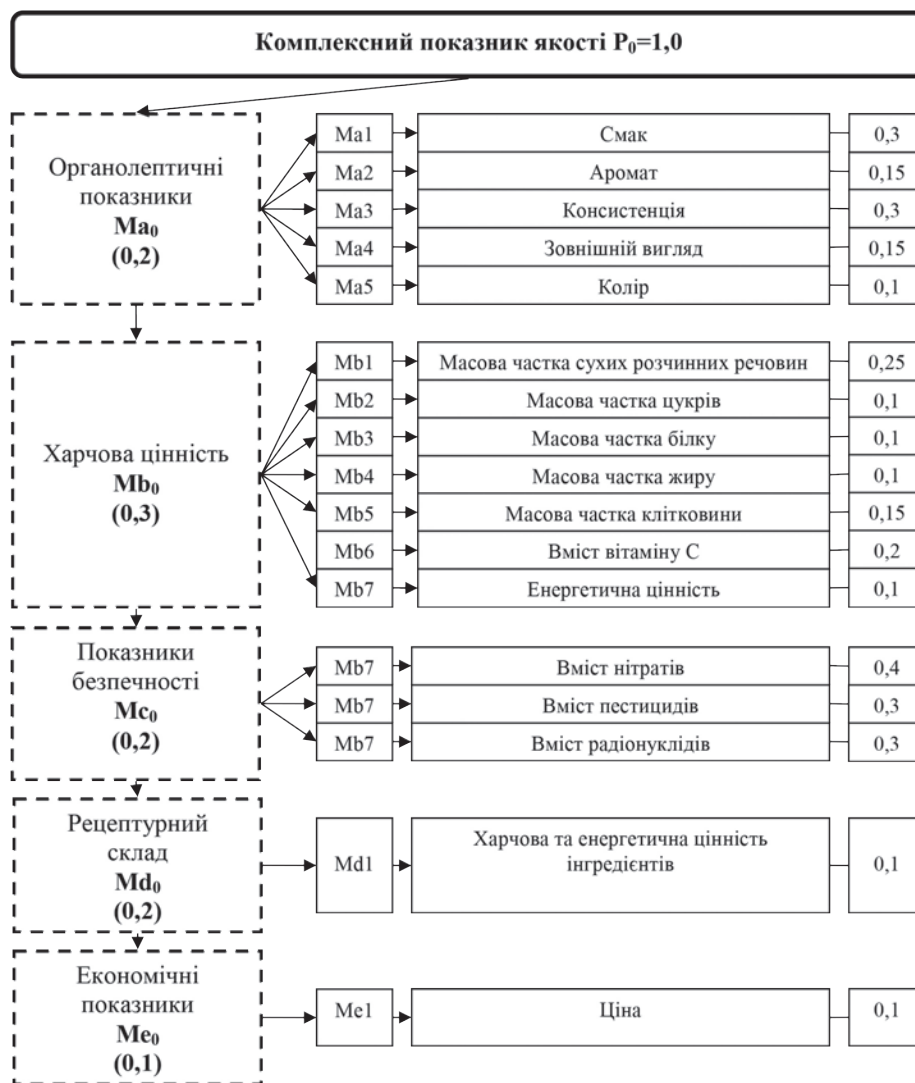


Рис. 2. «Дерево властивостей» для оцінки якості напою смузі

де  $q$  – відносне значення показника якості;  $P_i$  – значення  $i$ -го показника ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) якості оцінюваної продукції.

Обчислення групового показника властивостей групи А, D, E здійснювали з використанням 50-бальної шкали оцінювання, переведення отриманих абсолютних значень у відносні безрозмірні величини здійснювали за допомогою графіка функції бажаності Харрінгтона. Для груп В, С брали значення, виміряні за допомогою стандартних методик із визначенням базового, за яке брали максимальне значення певного показника (табл. 1). Під час оцінки якості смузі були використані зразки: зразок № 1 – свіжовиготовлений смузі, зразок № 2 – Смузі ТМ «Frenzy», зразок № 3 – смузі із замороженого напівфабрикату.

Коефіцієнти вагомості для обраних показників якості в межах кожної групи властивостей визна-

чали в рамках експертної групи з дотриманням такої умови:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1 \quad (3)$$

де  $M_i$  – коефіцієнт вагомості  $i$ -того показника;  $n$  – число показників якості продукції в окремій групі.

Експертною групою було визначено коефіцієнт вагомості (табл. 2).

Групові оцінки якості (K) зразків для кожної групи властивостей визначали за формулами:

$$K_a = (M_{a1} \times K_{a1}) + (M_{a2} \times K_{a2}) + (M_{a3} \times K_{a3}) + (M_{a4} \times K_{a4}) + (M_{a5} \times K_{a5}) \quad (4)$$

Для групи властивостей В:

$$K_b = (M_{b1} \times K_{b1}) + (M_{b2} \times K_{b2}) + (M_{b3} \times K_{b3}) + (M_{b4} \times K_{b4}) + (M_{b5} \times K_{b5}) + (M_{b6} \times K_{b6}) + (M_{b7} \times K_{b7}) \quad (5)$$

Таблиця 1

Визначення відносних показників якості смузі

Одиниці вимірювання	Код	$K_{i-m}$ показники якості			Код	Відносні показники якості		
		№ 1	№ 2	№ 3		№ 1	№ 2	№ 3
Бали	Ma1	50	48	50	Ka1	1,0	0,98	1,0
Бали	Ma2	50	50	45	Ka2	1,0	1,0	0,95
Бали	Ma3	50	45	47	Ka3	1,0	0,95	0,97
Бали	Ma4	50	48	50	Ka4	1,0	0,98	1,0
Бали	Ma5	50	50	50	Ka5	1,0	1,0	1,0
%	Mb1	37,31	25,6	21,34	Kb1	1,0	0,61	0,57
%	Mb2	11,02	8,0	10,54	Kb2	1,0	0,8	0,86
%	Mb3	1,62	0,8	1,32	Kb3	1,0	0,7	0,94
%	Mb4	0,43	0,4	0,41	Kb4	1,0	1,0	0,82
%	Mb5	0,97	0,6	0,97	Kb5	1,0	0,6	1,0
мг/100г	Mb6	30,1	24,05	20,57	Kb6	1,0	0,79	0,68
кКал/100г	Mb7	30,0	39,0	55,98	Kb7	1,0	0,90	0,82
мг/кг	Mc1	300	100	47	Kc1	1,0	0,5	1,0
мг/кг	Mc2	0	0	0	Kc2	1,0	1,0	1,0
Бк/кг	Mc3	80	53	35	Kc3	1,0	0,47	1,0
Бали	Md1	50	40	50	Kd1	1,0	0,8	1,0
грн	Me1	30,00	77,70	23,00	Ke1	0,93	0,23	1,0

Таблиця 2

Коефіцієнти вагомості показників якості для окремих груп

Для властивостей груп А, В, С, D, E	Ma1	Ma2	Ma3	Ma4	Ma5		
	0,3	0,15	0,3	0,15	0,1		
	Mb1	Mb2	Mb3	Mb4	Mb5	Mb6	Mb7
	0,25	0,1	0,1	0,1	0,15	0,2	0,1
	Mc1	Mc2	Mc3	Md1	Me1		
0,4	0,3	0,3	1,0	1,0			

Результати визначення комплексної оцінки якості

Оцінка якості за властивостями	Зразок		
	Свіжовиготовлений смузі	Смузі ТМ «Frenzy»	Смузі із замороженого напівфабрикату
Органолептичні показники (РА+КА)	0,2×1,0	0,2×0,97	0,2×0,98
Харчова цінність (РВ+КВ)	0,3×1,0	0,3×0,740	0,3×0,772
Показники безпечності (РС+КС)	0,2×1,0	0,2×0,64	0,2×1,0
Рецептурний склад (PD +KD)	0,2×1,0	0,2×0,8	0,2×1,0
Економічні показники (РЕ+КЕ)	0,1×1,0	0,1×0,23	0,1×1,0
<b>Комплексний показник P<sub>0</sub></b>	<b>1,0</b>	<b>0,72</b>	<b>0,92</b>

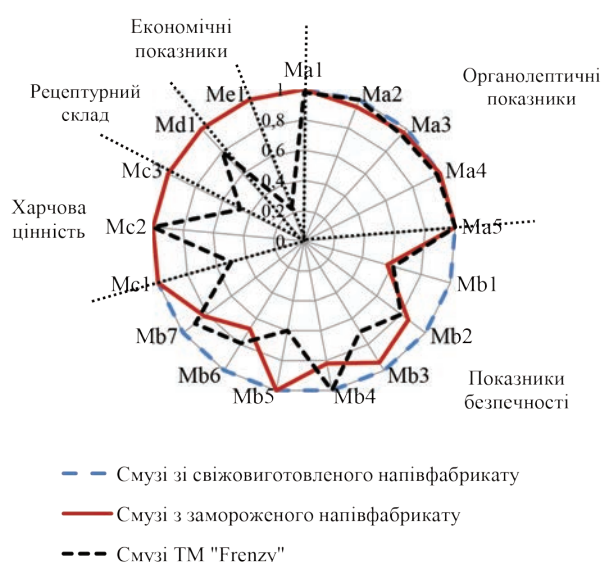


Рис. 3. Модель якості дослідних зразків смузі

Для групи властивостей С:

$$Kc_0 = (Mc1 \times Kc1) + (Mc2 \times Kc2) + (Mc3 \times Kc3) \quad (6)$$

Для групи властивостей D:

$$Kd_0 = (Md1 \times Kd1) \quad (7)$$

Для групи властивостей E:

$$Ke_0 = (Me1 \times Ke1) \quad (8)$$

Комплексну оцінку якості досліджуваних зразків визначали за формулою:

$$K_0 = (Ma_0 \times Ka_0) + (Mb_0 \times Kb_0) + (Mc_0 \times Kc_0) + (Md_0 \times Kd_0) + (Me_0 \times Ke_0) \quad (9)$$

Шкала оцінювання від 1 до 0 поділяється на п'ять інтервалів: 1,00...0,80 – дуже добре; 0,80...0,63 – добре; 0,63...0,37 – задовільно; 0,37...0,20 – погано; 0,20...0,00 – дуже погано. Результати розрахунку комплексного показника якості наведено в таблиці 3.

З урахуванням групових показників окремих властивостей отримано модель якості дослідних зразків за органолептичними та фізико-хімічними показниками (рис. 3).

Отже, комплексна оцінка дозволяє виразити оцінку якості одним числом, що виходить внаслідок об'єднання обраних одиничних показників в один комплексний показник.

**Висновки.** Розрахунками комплексного показника якості підтверджено інноваційний задум щодо розроблення напівфабрикату для смузі. За результатами розрахунку встановлено, що смузі з розробленого замороженого напівфабрикату відповідає оцінці «дуже добре», його показник якості (0,92) перевищує показник смузі ТМ «Frenzy» (0,72). Отримані дані свідчать про прогнозовану конкурентоспроможність напою з розробленого напівфабрикату.

**Список літератури:**

1. Фурсік О.П., Страшинский І.М. Кваліметрична оцінка органолептичних показників варених ковбас. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Ґжицького*. 2017. Т. 19. № 75. С. 72–75.
2. Одарченко А.М., Соколова Є.Б., Зоріна Н.А. Аналіз сучасних тенденцій на ринку безалкогольних напоїв України. *Science and technology of the present time: priority development directions of Ukraine and Poland: materials of International Multidisciplinary Conference, 19–20 October 2018*. / Z. Gloger Wolomin International and Regional Cooperation University. Wolomin, Poland, 2018. Vol. 2. P. 114–117.
3. Ляшук Я.В., Газарян Н.В. Кваліметрическая оценка качества кваса с использованием метода парных сравнений. *Международный студенческий научный вестник*. 2018. № 4. С. 1104–1106.



4. Машта Н.О. Особливості моделювання комплексного показника якості плавлених сирних продуктів функціонального спрямування. *Вісник Львівської комерційної академії*. 2011. № 12. С. 108–112.
5. Ванько В., Столярчук П. Метод оцінки якості продукції та послуг за допомогою теорії матриць. *Вимірвальна техніка та метрологія*. 2007. № 67. С. 108–114.
6. Писарева Е.В. Квалиметрический подход к оценке качества обогащенных мясных продуктов на примере паштетов с растительными порошками. *Молодой ученый*. 2011. № 6. Т. 1. С. 95–99.
7. Лисюк Г.М. Технологія борошняних кондитерських виробів з використанням ядра соняшникового насіння : монографія. Харків : ХДУХТ, 2009. 145 с.
8. Гапонцева О.В., Селютіна Г.А., Летуга Т.М., Скирда О.Є., Віннікова В.О. Розрахунок комплексного показника якості й визначення критеріїв формування якості коренеплодів редьки. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020. № 3. Т. 31 (70). Ч. 2. С. 39–43.
9. Хомич Г.П., Левченко Ю.В., Горобець О.М., Крусір Г.В. Комплексна оцінка якості соусів на фруктовово-овочевій основі. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. 2018. № 1 (85). С. 79–86.
10. Баля Л.В. Комплексна оцінка якості кавових напоїв розчинних. *Товарознавчий вісник. ВНЗ «Укоопспілки» Полтавський університет економіки і торгівлі*. 2015. № 8. С. 152–156.
11. Odarchenko D., Odarchenko A., Sokolova Ye., Mikhailik V. Cryoscopic and microbiological study of the semi-finished product for making a smoothie drink. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 2. № 11 (92). P. 65–70.
12. Одарченко А.М., Соколова Є.Б., Василюк К.К. Дослідження показників якості замороженого напівфабрикату для смузі. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Технічні науки*. 2018. № 5. Т. 29 (68). С. 42–46.
13. Спосіб отримання замороженого фруктового напівфабрикату для виробництва напою смузі: пат. на кор. модель 122890, Україна, МПК 2017.1 A23B 7/04 (2006.01), A23L 19/00 / Одарченко Д.М., Одарченко М.С., Соколова Є.Б., Абабова А.Г. № u201709147; заявл. 15.09.2017; опубл. 25.01.2018, Бюл. № 2. 3 с.

**Odarchenko D.M., Sokolova Ye.B., Karbivnycha T.V., Spodar K.V.**

#### **QUALIMETRIC EVALUATION SEMI-FINISHED PRODUCT FOR A SMOOTHIE**

*The creation of non-alcoholic beverages with the use of vegetable raw materials, in particular smoothies, is becoming a promising trend. There is a wide choice of components for preparation a smoothies. The recipe may include fresh, frozen, dried fruits, vegetables and berries. The potential for the use of fruits and berries for the production of the smoothies remains inexhaustible given the commodity indicators and functional and technological properties. In the context of market globalization, the problem of quality is relevant for all countries and organizations, because only high quality products can be competitive. Comprehensive quality analysis in combination with qualimetric assessment allows you to quickly assess the quality and safety of raw materials, semi-finished products and food products, as well as identify shortcomings in the technology of their production. The aim of the research is to calculate a complex indicator of smoothies quality assessment using qualimetry methods and algorithm for calculating complex assessment. The method of qualimetry was used to analyze the quality of the smoothies. The “Tree of properties” on which the basic groups of indicators defining quality of a smoothies are allocated is constructed. The complex indicator is calculated and the algorithm of its definition is established. The calculations of the complex quality indicator confirmed the innovative idea of developing a semi-finished product for the smoothies. According to the results of the calculation, it is established that smoothies from the developed frozen semi-finished product correspond the rating of “very good”, its quality index (0,92) exceeds that of the TM “Frenzy” smoothie (0,72). Based on the obtained data, a model of the quality of the experimental samples of the smoothies. It is proved that the use of a comprehensive assessment makes it possible to jointly assess the consumer properties of the smoothies. The obtained data indicate the predicted competitiveness of the beverage from the developed semi-finished product.*

**Key words:** semi-finished product, smoothies, quality, qualimetry, integrated indicator, integrated assessment, quality model.

**Очеретна А.В.**

Національний університет харчових технологій

**Фролова Н.Е.**

Національний університет харчових технологій

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКІСНОГО СКЛАДУ ОЛІЇ РИЖІЮ ТА ПЕРСПЕКТИВ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ДІЄТИЧНОМУ ХАРЧУВАННІ

*В якості предмету дослідження обрана олія рижію, отримана за технологією холодного пресування першого віджиму. Досліджено основні показники складу і якості олії рижію. Якість олії та напрямки її використання у продуктах дієтичного призначення здебільшого визначаються її жирно-кислотним складом. Аналіз жирно-кислотного складу олії проводили методом газової хроматографії [1, с. 24] з використанням колонки HP-88 100 m\*0.25 mm\*0.20 μm. Можливість використання олії у дієтичному харчуванні встановлювали шляхом проведення пробних лабораторних досліджень і вивчення зміни фізико-хімічних показників у процесі зберігання.*

*Для порівняння результатів дослідження поряд з олією рижію, яка була придбана в магазині «Еко-товари» м. Вінниця компанії ООО «Біо Еспрі, Україна», використовували олію соняшникову нерафіновану за ДСТУ 4492:2005.*

*Проведені дослідження жирнокислотного складу показали, що цей зразок олії містить насичені жирні кислоти, мононенасичені жирні кислоти та поліненасичені жирні кислоти. Встановлено, що однією з переваг олії рижію є підвищений вміст поліненасичених жирних кислот, особливо варто вказати на високий вміст α-ліноленової кислоти (24,8%) і співвідношення омега-6 / омега-3 як 2:1, що дає можливість використовувати цю олію для отримання харчових продуктів збалансованого жирнокислотного складу та збагачення харчового раціону населення незамінними жирними кислотами. Її можна використовувати і для дієтичного харчування людей, які мають підвищений рівень холестерину в крові. В олії рижію у значній кількості наявні ненасичені ліолева (31,5%), олеїнова (19,8%) та ейкозенова (9,9%) кислоти. Високий вміст цис-11, ейкозанової кислоти є відмінною ознакою рижієвої олії.*

*Експериментально підтверджено показники якості рослинної сировини. У статті розглянуто проблеми якості харчових олій. Досліджено чотири показники якості олії: кислотне, пероксидне, йодне та анізидинове числа. Дослідження окиснювальної стабільності олії проводили при зберіганні за кімнатної температури при вільному доступі світла та у холодному закритому приміщенні. Основним контрольованим показником зміни якості олії при зберіганні було пероксидне число (далі – ПЧ).*

*Встановлено, що олія рижію компанії ООО «Біо Еспрі» має найкращі показники кислотного та пероксидного числа порівняно з контрольним зразком, який складає 0,7 мг/КОН та 1,6 ммоль/кг відповідно. Показник йодного числа, який характеризує ненасиченість жирних кислот, що входять до складу олії, найбільший у олії рижію порівняно з контрольним зразком. Він складає 141% I<sub>2</sub>.*

*Експериментально підтверджено, що інформативність основних фізико-хімічних показників зберігання якості олії залежала як від терміну її зберігання, так і від виду олії. У статті наведено переваги використання олії рижію у дієтичному та лікувальному харчуванні. Проаналізовано роль жирних кислот в раціоні харчування людини. Описано значення поліненасичених жирних кислот для низки важливих фізіологічних функцій організму людини.*

**Ключові слова:** олія рижію, олія соняшnikова, хроматографія, якість, кислотне, пероксидне, анізидинове, йодне число.

**Постановка проблеми.** Українці споживають олії, які здебільшого містять жирні кислоти родини ω-6, ω-9 (найчастіше соняшникову олію), і практично виключили зі свого раціону продукти, багаті на кислоти родини ω-3 – лляну, рижієву, ріпакову олії та олію з грецького горіха [2]. Організм людини не спроможний синтезувати поліненасичені кислоти – лінолеву (Омега-6) та альфа-ліноленову (Омега-3).

Тому вони щоденно повинні поступати в організм із продуктами харчування. Олія рижію завдяки унікальному співвідношенню жирних кислот має великі перспективи використання у харчовій промисловості, дієтичному харчуванні та застосуванні в медицині з лікувально-профілактичною метою.

Насіння і олія багаті на вітаміни А, D, К, Е, F, бета-каротин, магній, фосфоліпіди, фітостероли.

Олія з рижію містить дуже велику дозу вітаміну Е (токоферол) – найголовнішого антиоксиданту для нашого організму. Одна столова ложка олії повністю заповнює добову норму вітаміну Е. За вмістом вітаміну Е олія з рижію переважає інші рослинні олії. Олія з рижію містить багато Омега-3. Вона має бактерицидні, протизапальні, протипухлинні, ранозагоювальні властивості, сприяє очищенню організму від токсинів і радіонуклідів. Її використовують для лікування цукрового діабету, ожиріння, захворювань органів зору, серцево-судинних захворювань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Багато досліджень, публікацій вказують на те, що неправильне харчування є одним із факторів розвитку хронічних захворювань. Приблизно третю частину від загального раціону людини складають жири. За рекомендаціями американської Національної академії наук вміст жирів і олій у щоденному раціоні людини повинен складати 30% від загальної калорійності [3, с. 11], при цьому кількість насичених жирів залежно від фізичної активності людини повинна складати 6-10% від загальної калорійності раціону.

У харчуванні людини важливого значення набуває збалансований вміст поліненасичених жирних кислот (далі – ПНЖК), які надходять в організм людини з продуктами харчування, зокрема рослинними оліями. ПНЖК виконують в організмі низку важливих фізіологічних функцій: беруть участь в обміні ліпідів, деяких вітамінів, модулюють функції імунної системи; незамінні ПНЖК необхідні для росту і правильного розвитку головного мозку, органів зору, статевих залоз, нирок, шкіри.

У науковій літературі велика увага приділяється співвідношенню омега-6 / омега-3 жирних кислот у раціоні. Співвідношення  $\omega$ -6 /  $\omega$ -3 поліненасичених жирних кислот, що рекомендується Інститутом харчування РАМН, у раціоні здорової людини повинно складати 10:1, а для лікувального харчування – від 3:1 до 5:1 [4]. На підставі клінічних та експериментальних досліджень

закордонних вчених співвідношення кислот  $\omega$ -6 та  $\omega$ -3, що рекомендується, складає від 4:1 до 2:1 [5]. В олії з рижію міститься надзвичайно корисний для здоров'я людини склад жирних кислот, з них лише 10% насичених жирних кислот і 90% – ненасичених. Такий склад сприяє тому, що олія може ефективно зменшувати рівень «поганого» холестерину.

**Постановка завдання.** Метою цієї роботи було вивчити якісні показники олії рижію, її жирно-кислотний склад і дослідити перспективи використання у дієтичному харчуванні.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Олія рижію, на відміну від інших олій, має значну кількість вітамінів, особливо вітаміну Е та А, які є природними антиоксидантами, захищають клітини від ушкодження вільними радикалами. Ця олія сприятливо впливає на обмін речовин, прискорює процеси регенерації у клітинах, сприяє схудненню, оскільки знижує кількість шкідливого холестерину в крові, запобігає утворенню тромбів; має широкий спектр лікувальної дії: бактерицидну, протизапальну, протипухлинну, ранозагоювальну властивості. Олію застосовують при хворобах печінки, цукрового діабету (зменшення використання інсуліну), онкологічних захворюваннях.

Рижієва олія має підвищену трансдермальну дифузію, завдяки чому є прекрасним транспортним засобом для ефірних олій та інших рослинних компонентів. Її можна вживати у поєднанні з іншими рослинними оліями, з малим вмістом ліноленової кислоти, з оливковою, соняшниковою оліями. Рижієва олія – відмінна база майже для будь-яких ефірних олій [3].

Зразок обраної олії досліджували на відповідність вимогам нормативних документів. Результати наведені в табл. 1

Для об'єктивної оцінки перетворень, які відбуваються в оліях, ми визначали кислотне [6], пероксидне [7], анізидінове [8] числа і порівнювали отримані дані з нормативними показниками. Дані досліджень наведено у табл. 2.

Таблиця 1

Органолептичні показники олії рижію

Показники	ДСТУ	Дослідні дані
Прозорість	прозора без осаду, допускається невелике помутніння	прозора без осаду
Смак	притаманий олії рижію без стороннього присмаку та гіркоти	специфічний присмак хрону та редьки
Запах	приємний, притаманий олії рижію	характерний запах олії хрестоцвітних
Колір	золотисто-жовтий колір, янтарний колір	золотисто-жовтий колір

Таблиця 2

**Фізико-хімічні показники олії рижю**

Показники	ДСТУ	Дослідні дані
Кислотне число	5,0	0,7
Пероксидне число, $\frac{1}{2} O$ ммоль/кг, не більше ніж	норма до 10,0	1,6
Анізідінове число, у.о.	не нормують	1,4
Йодне число, ЙЧ, % $I_2$	125-145	141
Число омилення, мг КОН	196	183
Колірне число, мг йоду не більше ніж	25	25
Масова частка вологи, %	0,15	відсутня
Густина (20°C), г/с <sup>3</sup>	0,915-0,923	0,920

Отже, олія, придбана в магазині «Еко-товари» м. Вінниця компанії ООО «Біо Еспрі, Україна», відповідає якості згідно з нормативними документами та може використовуватися в подальших дослідженнях.

Зразок олії аналізували на вміст жирних кислот методом газової хроматографії [1] з використання колонки HP-88 100 m\*0.25 mm\*0.20 μm. На рис. 1 наведено хроматограму олії рижю першого холодного віджиму.

Ідентифікація компонентного складу олії рижю компанії ООО «Біо Еспрі, Україна» (табл. 3) здійснювалася за відносним часом утримання. У дослідному зразку олії рижю ідентифіковано та кількісно проаналізовано 14 компонентів.

Аналіз даних, наведених у таблиці 3, показує, що в олії переважають α-ліноленова кислота C18:3, з якої синтезуються дві кислоти родини ω-3: ейкозапентаєнова C20:4 і докозагексаєнова C22:6, і лінолева кислоти, досить великим є вміст олеїнової та ейкозенової кислот, а також присутня властива усім хрестоцвітним ерукова кислота, порівняно незначна кількість арахінової та насичених жирних кислот: пальмітинової і стеаринової. За вмістом ерукової кислоти олія рижю відповідає вимогам для харчових олій (не більше 5%) [3].

Рижієва олія характеризується підвищеним вмістом поліненасичених жирних кислот, особливо варто згадати високий вміст α-ліноленової кислоти (24,8%) і співвідношення омега-6 / омега-3 як 2:1, що дає можливість використовувати цю олії для отримання харчових продуктів збалансованого жирнокислотного складу та збагачення харчового раціону населення незамінними жирними кислотами. Її можна використовувати і для дієтичного харчування людей, які мають підвищений рівень холестерину в крові. Також у значній кількості в ній містяться ненасичені лінолева (31,5%), олеїнова (19,8%) та ейкозенова (9,9%) кислоти. Високий вміст (цис-11, ейкозанової) кислоти є відмінною ознакою рижієвої олії.

Ми провели порівняння функціональності обраної олії з традиційною соняшниковою. Кислотне число є одним із основних якісних показників, що характеризують ступінь свіжості жиру та регламентуються стандартами на всі види харчових жирів. Порівняння кислотного числа олії рижю з контрольним зразком зображено на рис. 2.

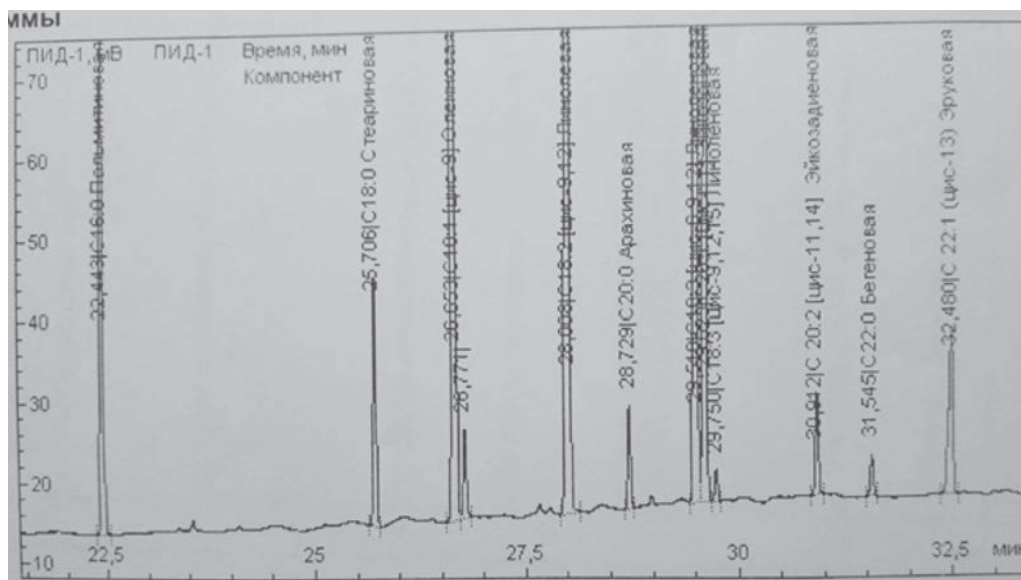


Рис. 1. Хроматограма олії рижю першого холодного віджиму

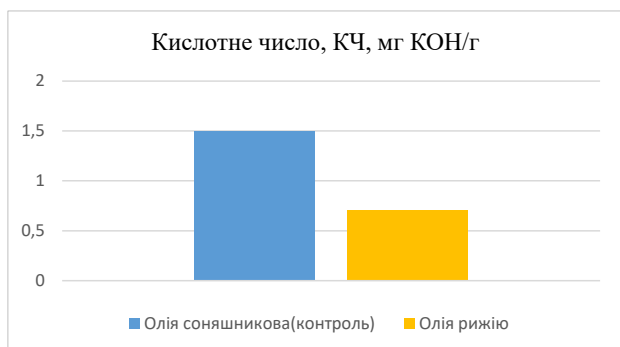


Рис. 2. Графік порівняння кислотного числа олій

Отже, олія ріжю має найкращі показники кислотного числа порівняно з контрольним зразком.

Пероксидне число олій є показником вмісту первинних продуктів окиснення в жири (пероксидів і гідрпероксидів). Більшість цих речовин надають зіпсованим продуктам характерного смаку і запаху.

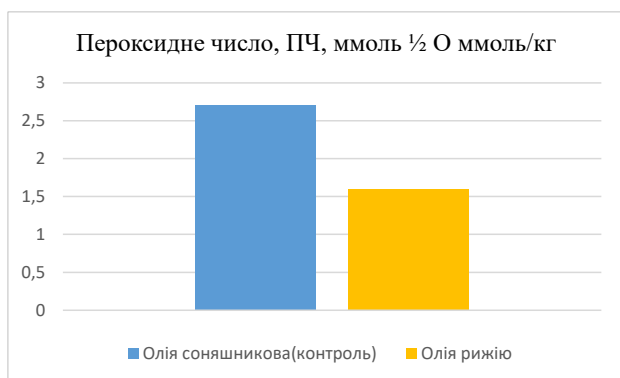


Рис. 3. Графік порівняння пероксидного числа олій

Отже, олія ріжю має найкращі показники пероксидного числа, що складає 1,6 ммоль/кг порівняно з контрольним зразком (рис. 3).

Йодне число – це показник, який характеризує ненасиченість жирних кислот, що входять до складу олії. Порівняльний аналіз йодного числа дослідних зразків олій зображено на рис. 4.

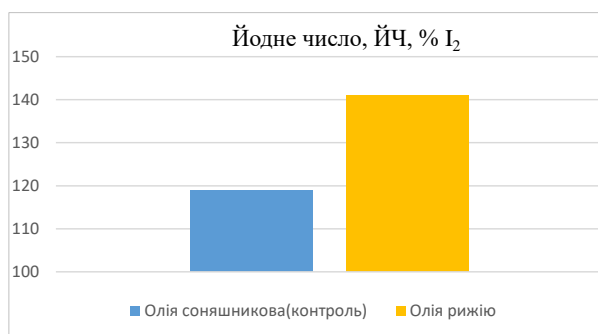


Рис. 4. Графік порівняння йодного числа олій

Отже, із даних рис. 4 найбільший показник йодного числа порівняно з контрольним зразком має олія ріжю, що свідчить про високий вміст ненасичених жирних кислот.

Оскільки об'єктом дослідження були обрані рослинні олії, тому необхідно було провести порівняльний аналіз їх жирнокислотного складу. Порівняльний аналіз жирнокислотного складу олій наведено у табл. 4.

Результати дослідження жирнокислотного складу дослідних зразків олій засвідчили, що його в основному представлено 10 жирними кислотами, за винятком олії ріжю, яка містить у своєму складі 13 жирних кислот.

Порівнявши дані табл. 4 олії соняшникової нерафінованої та олії ріжю нерафінованої, можна зробити висновок, що однією з переваг олії ріжю холодного віджиму є високий вміст

Таблиця 3

**Компонентний склад олії ріжю першого холодного віджиму на початку експерименту**

Час, хв	Компонент	Площа	Площа, %	Концентрація, %
22.443	C16:0 Пальмітинова	158.948	5.829	5.829
25.706	C18:0 Стеаринова	73.455	2.694	2.694
26.653	C18:1 [цис-9] Олеїнова	540.676	19.829	19.829
26.771		27.282	1.001	1.001
28.008	C18:2 [цис-9, 12] Лінолева	857.980	31.466	31.466
28.729	C20:0 Арахінова	29.754	1.091	1.091
29.518	C18:3 [цис-6, 9, 12] Ліноленова	622.266	22.821	22.821
29.623	C20:1 (цис-11) Ейкозанова	270.516	9.921	9.921
29.750	C18:3 [цис-9, 12, 15] Ліноленова	8.720	0.320	0.320
30.912	C20:2 [цис-11, 14] Ейкозадієнова	31.275	1.147	1.147
31.545	C22:0 Бегенова	11.774	0.432	0.432
32.480	C22:1 [цис-13] Ерукова	71.064	2.606	2.606
34.470	C22:2 [цис-13, 16] Докозадієнова	5.413	0.199	0.199
35.544	C20:5 [цис-5, 8, 11, 14, 17] Ейкозопентанова	17.570	0.644	0.644

## Жирнокислотний склад олій

Вміст жирних кислот, %	Назва олії	
	Олія соняшникова нерафінована (контроль)	Олія рижію першого холодного віджиму компанії ООО «Біо Еспрі, Україна»
C16:0 Пальмітинова	6,73	5,83
C16:1 Пальмітино-олеїнова	0,10	0,10
C18:0 Стеаринова	3,55	2,69
C18:1 Олеїнова	24,61	19,83
C18:2 Лінолева	62,59	31,47
C18:3 Ліноленова	0,10	22,82
C20:0 Арахінова	0,23	1,09
C20:1 Ейкозана	0,17	9,92
C20:2 Ейкозадієнова	-	1,15
C20:5 Ейкозопентанова	-	0,64
C22:0 Бегенова	0,58	0,43
C22:1 Ерукова	-	2,61
C22:2 Докозадієнова	-	0,20

лінолевої та ліноленової кислоти. Вміст ПНЖК родини  $\omega$ -6,  $\omega$ -3 у рослинних оліях зображено на рис. 5.

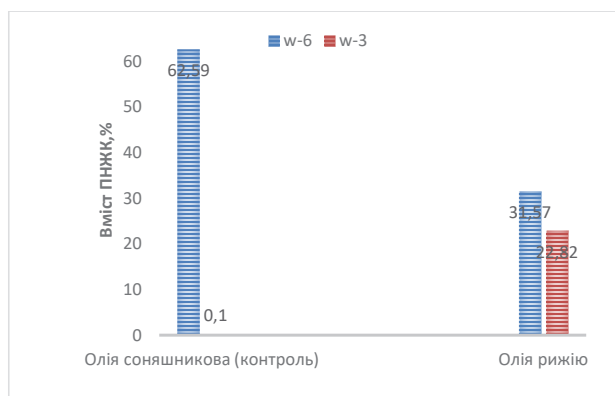


Рис. 5. Графік вмісту ПНЖК родини  $\omega$ -6,  $\omega$ -3 у дослідних зразках олій

Як видно з рис. 5, в олії рижію міститься найбільше  $\alpha$ -ліноленової кислоти C18:3. Також велика кількість лінолевої кислоти C18:2, яка належить до родини  $\omega$ -6 поліненасичених жирних кислот, міститься в олії соняшниковій нерафінованій (контрольний зразок).

За результатами експериментальної роботи з'ясовано, що ПНЖК, які входять до складу олій,

можуть надходити з раціоном у різних кількостях, але реалізація їх біологічної дії можлива лише при певному співвідношенні есенційних кислот. Адекватний рівень споживання лінолевої кислоти складає 10 г/добу, ліноленової – 1 г/добу [2]. Тобто співвідношення  $\omega$ -6,  $\omega$ -3, ПНЖК у раціоні здорової людини має становити 10:1, а для лікувального харчування – від 2:1 до 5:1 [3]. Високі співвідношення  $\omega$ -3 і  $\omega$ -6 доводять високу харчову та біологічну цінність продукту.

**Висновки.** Досліджено основні показники та жирнокислотний склад олії рижію. Встановлено, що за складом основних жирних кислот олія рижію подібна до олію з льону. В олії з рижію міститься надзвичайно корисний для здоров'я людини склад жирних кислот, з них лише 10% насичених жирних кислот і 90% – ненасичених. Мононенасичені кислоти становлять орієнтовно 36%, а поліненасичені – 54%. Найбільше в ній міститься Омега-6 кислот – 31,5%, Омега-3 – 22,8% та Омега-9 – 19,8%. Завдяки унікальному співвідношенню жирних кислот вказана олія має великі перспективи для використання у харчовій промисловості, дієтичному харчуванні та застосуванні у медицині з лікувально-профілактичною метою.

## Список літератури:

1. Фролова Н.Е., Українець А.І., Силка І.М. Застосування препаративної хроматографії для виділення монофракцій складних сумішей природного походження. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. 2016. № 2(4). С. 21–26.
2. Шульга Є.М., Шеманська Є.І., Демидова А.О. Дослідження характеристик та окиснювальної стабільності рижієвої олії з наступним купажуванням. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія «Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів». 2016. № 19(1191). С. 70–74.

3. Зайцева Л.В. Роль жирных кислот в питании человека и при производстве пищевых продуктов. *Масложировая промышленность*. 2010. № 5. С. 11.
4. Іванов С.В. Технологія купажованих жирів збалансованого жирнокислотного складу. Монографія / С.В. Іванов, Л.В. Пешук, І.Г. Радзівська. Київ, 2013. С. 210.
5. Morlion B.J. What is the optimum w-3 to w-6 fattyacid (FA) ratio of parenteral lipid emulsions in post-operative trauma / B.J. Morlion, E. Torwesten, K. Wrenger. *Clinical Nutrition*. 1997. Vol. 16(2). P. 49.
6. ДСТУ 4350:2004 Олії. Методи визначення кислотного числа. Київ, 2005. С. 4.
7. ДСТУ 4570:2006 Жири рослинні та олії. Метод визначення пероксидного числа. Київ, 2007. С. 3–4.

#### **Ocheretna A.V., Frolova N.E. RESEARCH OF QUALITATIVE COMPOSITION OF RYZHIYA OIL AND PROSPECTS OF ITS USE IN DIETARY NUTRITION**

*As a subject of research the red oil received on technology of cold pressing of the first extraction is chosen. The main indicators of the composition and quality of rye oil have been studied. The quality of oil and the directions of its use in dietary products are largely determined by its fatty acid composition. Analysis of the fatty acid composition of the oil was performed by gas chromatography [1, p. 24] using a column HP-88 100 m \* 0.25 mm \* 0.20 mkm. The possibility of using the oil in the diet was established by conducting pilot laboratory studies and studying changes in physicochemical parameters during storage.*

*To compare the results of the study, along with rye oil, which was purchased in the store "Eco-goods" in Vinnytsia, the company LLC "Bio Espri, Ukraine", used unrefined sunflower oil according to DSTU 4492: 2005.*

*Studies of the fatty acid composition showed that this oil sample contains saturated fatty acids, monounsaturated fatty acids and polyunsaturated fatty acids. It is established that one of the advantages of red oil is the increased content of polyunsaturated fatty acids, especially the high content of  $\alpha$ -linolenic acid (24.8%) and accordingly, the ratio of omega-6 / omega-3 as 2:1, which makes it possible to use this Oils to obtain foods with a balanced fatty acid composition and enrich the diet of the population with essential fatty acids can also be used for dietary nutrition of people with high blood cholesterol. Unsaturated linoleic (31.5%), oleic (19.8%) and eicosenoic (9.9%) acids are present in significant amounts in red oil. It should be noted that the high content (cis-11, -eicosanoic) of acid is a hallmark of rye oil.*

*The quality indicators of vegetable raw materials have been experimentally confirmed. The article considers the problems of quality of edible oils. Four indicators of oil quality were studied: acid, peroxide, iodine and anisidine numbers. Studies of the oxidative stability of the oil were performed when stored at room temperature with free access of light and in a cold closed room. The main controlled indicator of changes in the quality of oils during storage was the peroxide value (IF).*

*It was found that the rice oil of the company LLC "Bio Espri" has the best acid and peroxide value in comparison with the control sample, which is 0.7 mg/KOH and 1.6 mmol/kg respectively. The iodine value, which characterizes the unsaturation of fatty acids that are part of the oil, is the highest in red oil compared to the control sample and is 141% I<sub>2</sub>.*

*It is experimentally confirmed that the informativeness of the main physical and chemical indicators of oil quality storage depended on both the shelf life and the type of oil. The article presents the advantages of using ginger oil in dietary and medical nutrition. The role of fatty acids in the human diet is analyzed. The value of polyunsaturated fatty acids for a number of important physiological functions of the human body is described.*

**Key words:** red oil, sunflower oil, chromatography, quality, acid, peroxide, anisidine, iodine number.

**Rohova N.V.**

Higher Educational Establishment of Ukoopspilka “Poltava University of Economics and Trade”

**Volodko O.V.**

Higher Educational Establishment of Ukoopspilka “Poltava University of Economics and Trade”

## **NUTRITIONAL AND BIOLOGICAL VALUE OF JUICES, THEIR EFFECT ON THE HUMAN BODY AND THEIR IMPORTANCE IN NUTRITION**

*The strategy of expanding the range of products useful for human health as a priority for the development of the food industry of Ukraine is due to the need to preserve the health of the population and improve the quality of life. Modern trends in the development of hotel and restaurant services, travel services also require a range of biologically active products with a long shelf life to develop certain diets and diets.*

*Scientific substantiation and development of modern technologies of production of high-quality low-calorie and inexpensive products from ecologically pure domestic raw materials and their introduction is one of the main directions of development of modern branches of food science. At the same time, the search for new effective technologies for the manufacture of modern products from plant raw materials and the preservation of its natural properties remains an urgent problem.*

*The main direction of the food industry development should be investigation on a scientific basis and the introduction into production of high quality and inexpensive food products. The way out is to use environmentally friendly raw materials grown nearby canneries, as well as to use modern technologies for its transformation. Among the foods that have protective functions, juices are of paramount importance. Although juices are not completely free of mutagens, antimutagenic activity is predominant. So far there is not enough complete information about the tread mechanisms of juices.*

*In terms of mass production and consumption, beverages occupy a leading place in the diet. According to numerous studies in the field of nutrition physiology, the most rational form of them are soft drinks, the biochemical and microbiological composition of which largely depends on the health of the population. Therefore, the problem of creating and producing soft drinks for general health purposes has an exceptional impact on the preservation of the nation's gene pool and the development of food and processing industries.*

**Key words:** *technology, birch sap, nutrition, vitamins, aromatic and mineral substances.*

**Formulation of the problem.** The production and consumption of juices takes into account the presence of easily digestible carbohydrates, acids, aromatic and mineral substances, vitamins, etc. Juices are easily digestible products that have stimulating, strengthening, antitoxic and diuretic properties. Juices are a source of moisture, which is necessary for human life, but also provide the human body with nutrients and biologically active substances (BAS): carbohydrates, organic acids, aromatic and mineral substances, vitamins and others.

The strategy of expanding the range of products useful for human health as a priority for the development of the Ukrainian food industry is due to the need to preserve the health of the population and improve the quality of life. Modern trends in the development of hotel and restaurant services, travel services also require a range of biologically active products with a long shelf life to develop certain diets and diets. Scientific substantiation and development of modern technologies of production

of high-quality low-calorie and inexpensive products from ecologically pure domestic raw materials and their introduction is one of the main directions of development of modern branches of food science.

**Analysis of recent research publications.** The strategy of expanding the range of products useful for human health as a priority for the development of the Ukrainian food industry is due to the need to preserve the health of the population and improve the quality of life. Modern trends in the development of hotel and restaurant services, travel services also require a range of biologically active products with a long shelf life to develop certain diets and diets. Scientific substantiation and development of modern technologies of production of high-quality low-calorie and inexpensive products from ecologically pure domestic raw materials and their introduction is one of the main directions of development of modern branches of food science.

At the same time, the search for new effective technologies for the manufacture of modern products



from plant raw materials and the preservation of its natural properties remains an urgent problem.

**Formulation article goals.** The range of low-calorie juices and beverages in Ukraine, which are able to correct the negative impact of environmental and pathogenic factors and increase the level of consumption of biologically active and radioprotective compounds is not enough. In addition, as the monitoring of the market of juices and beverages proves, there are practically no microbiota of the human gastrointestinal tract enriched with the products of life of lactic acid bacteria-normalizers – products of this range.

Therefore, it is advisable to expand the range of juices and beverages that are easily digestible products that have stimulating, strengthening, antitoxic and diuretic properties. The production and consumption of juices takes into account the presence of easily digestible carbohydrates, acids, aromatic and mineral substances, vitamins, etc. Juices are easily digestible products that have stimulating, strengthening, antitoxic and diuretic properties.

Juices are a source of moisture, which is necessary for human life, provide the human body with nutrients and biologically active substances (BAS): carbohydrates, organic acids, aromatic and mineral substances, vitamins and others.

The human body contains 60% of water, and some organs, the human brain for instance, contain up to 85% water. With considerable physical exercise or the disease, each person during the day loses from 2.5 to 8 dm протягом of water. The loss of 10% of water, which is part of the human body, leads to fatal consequences. The role of water in the body is mainly as follows:

- 1) lethal outcome;
- 2) maintain the temperature of the human body;
- 3) dissolves food nutrients and transports them to the cells, where they are digested and then transfers the final metabolic products to the kidneys, skin, lungs, etc., which secrete them;
- 4) dissolves minerals and carries out their movement in the body, providing a metabolic effect.

Water losses must be compensated by water, juices and various beverages. Water from natural sources undergoes a number of operations and treatments, and may not always be pleasant to the taste.

In order to meet human needs for drinking water, mineral waters are bottled. The amount of mineral water that can be bottled meets a person's need for drinking water only to a small extent. Therefore, attempts are being made to partially replace it with products that contain a large amount of water and have a pleasant taste. At the same time, the goal of introducing into

the human body certain substances necessary for a balanced diet and human health is achieved [1]. Juices are products that can to some extent replace water, and also serve the above purposes.

**Presenting main material.** Birch sap is obtained from the most common birch species in Ukraine. The range of applications of birch sap is quite wide. In addition to the food industry, birch sap has been found to be a raw material for edible fat. Turbidity of the sap at the end of sap production is accompanied by the formation of foam on the grooves and in the channels of leaked trees. Especially a lot of foam on fresh birch stumps. To the touch, it resembles a fat mass.

Academician GA Nadson at the beginning of the last century [2] studied the possibility of cultivating yeast-like fungi on birch sap. Lipid yield reached 28% of the dry matter of fungi. In recent decades, birch sap is used for the production of lotions, shampoos, birch eau de toilette. Due to the content of betulin in birch sap, cosmetics made from it have healing and refreshing properties. In the laboratory of the Moscow perfume factory "Dawn" from birch sap created lotion "Birch", which was highly praised by experts. The composition of the lotion "Birch" includes 30% natural birch sap and 35% ethyl alcohol and glycerin [3].

In some European countries birch sap is harvested and processed by industrial methods to obtain cosmetics. In the Czech Republic, freshly harvested birch sap is preserved by adding 10% ethyl alcohol. This product is used to make the famous birch water, birch cream and hair shampoo, the demand for which is growing from year to year. Observations by the Sverdlovsk Forest Chemical Research Station show that cows and calves are willing to drink birch sap. This sharply reduces the incidence of calves [4]. Agricultural societies located near birch forests should organize the collection of sap for livestock needs.

Experiments of germination in birch sap of seeds of a number of vegetable and grain crops have given positive results. Usually the means for germination of grains in the laboratory are solutions of sucrose and glucose in equal concentrations. Sometimes gelatin or agar-agar is added to the nutrient solution to accelerate the germination of pollen grains. It is established that birch sap contains all the substances necessary for pollen germination. Within an hour after sowing in birch sap, most pollen grains germinate.

In the scientific and technical literature there is evidence of the use of birch sap as an effective food for bees. It has been established that feeding bees with ordinary sugar syrup causes a decrease in the quality of honey. This is primarily due to the fact that beet sugar

contains mainly sucrose. Birch sap consists of glucose and fructose – the main components of honey. From the above it can be seen that birch sap is a valuable food and raw material for various industries. Due to the results of research in Japan, Russia, Ukraine in recent years a significant place is given to betuloprenols and their derivatives, important therapeutic factors of birch sap. However, fresh juice is stored for only 2-3 days and only under certain temperature conditions. Due to the development of spontaneous microbiota, there is a fermentation of freshly harvested sap and its non-compliance with the requirements of birch sap standards, so it needs to be processed.

Properties of fermented juices and beverages. Non-alcoholic fermented juices and beverages are substrates of plant origin, organoleptic and physicochemical properties of which are formed as a result of the activity of cultures of microorganisms, and the ethanol content does not exceed 1.2% of the mass. The most widespread are drinks, the technology of which involves the use of lactic acid bacteria.

The antagonistic properties of lactic acid bacteria to the putrefactive microflora of the intestinal tract were first proved by I.I. Swordsmen. He believed that the absorption of the products of life of putrefactive microbes living in the intestinal tract, poisons the human body and causes premature aging. To combat premature aging, II Mechnikov recommended the systematic use of fermented milk products made using lactic acid bacteria [5].

The inhibitory effect of lactic acid bacteria on other microorganisms is due to various factors. Thus, in the first works on the antagonism of lactic acid bacteria, the main factor was considered to be lactic acid secreted by bacteria. It increases the acidity of the environment and inhibits the development of putrefactive microorganisms. In addition to organic acids, other substances produced by lactic acid bacteria during growth are also involved in the mechanism of inhibition. The works of M.L. Gorbunova, A.Z. Arkhipova showed that the active effect on infectious agents is caused by hydrogen peroxide, which is also produced by coccal and rod-shaped lactic acid microorganisms. The antagonistic effect of lactic acid bacteria is manifested in the competition for nutrients. Lactic acid microorganisms produce antimicrobial substances, in particular nisin and the like.

Recently, there is evidence of a positive effect of lactic acid bacteria on radiation exposure. It is believed that they promote the excretion of radionuclides [8]. It has also been established that lactic acid bacteria are effective in the treatment of human dysbacteriosis, the development of which is facilitated by the widespread

use of antibiotics and chemicals in medical practice. This reduces the content of beneficial microorganisms and increases the number of *Escherichia coli* with altered properties, bacteria of the proteus group, spore microflora, etc. All this contributes to intestinal dysfunction and the development of diseases such as choleenteritis, dysentery, food poisoning.

Non-alcoholic fermented juices and beverages are products of plant origin, organoleptic and physicochemical properties of which are formed as a result of the activity of cultures of microorganisms, and the ethanol content does not exceed 1.2% of the mass. The most widespread are drinks, the technology of which involves the use of lactic acid bacteria.

Composition, biological value of deciduous tree sap. The value and usefulness of the sap of deciduous trees is determined by its properties and composition. Depending on the calendar time of sap production and the diameter of trees, the relative density of birch sap varies in the range of 1,0007-1,0038, maple – in the range of 1,0021-1,0046 g/cm<sup>3</sup>. During the calendar time of swapping, there is a change in relative density: it increases in the first half of the swoop and decreases in the second. As the diameter of the trees increases, the relative density of the sap increases. According to Telishevsky DO, Orlova II relative density of birch sap is about 1.0030 g/cm<sup>3</sup>, and Korolyak IS and Tomchuk RI [6] found that this figure varies from 1, 0029 to 1.0046 g/cm<sup>3</sup>. The dry matter content in the juice of warty birch, maple and sycamore for a number of regions of our country is given in table 1.

The difference in dry matter content is primarily due to growth conditions, tree diameter, sampling time during the calendar period of pruning and other factors. As the diameter of trees or stumps increases, there is usually a tendency to increase the dry matter content in the sap. In some cases, birch is characterized by a more intense increase in dry matter content in the first half of pruning and less sharp decrease, but in the second half. In other cases, due to a sharp rise in air temperature in the second half of the juicing with a relatively high dry matter content stops [7]. Juicing of maple and sycamore, is discrete [8]. The quality of the juice largely depends on its sugar content. Data on the content of sugars in the sap of deciduous trees are given in table 2.

The table shows that the highest sugar content is the juice of maple, then maple and only then – birch. In addition, birch sap contains a significant amount of glucose and fructose, which are well absorbed by the body. There is a tendency to increase the sugar content of the sap with increasing diameter of trees.

The average content of sugars in the sap of trees with different diameters and sizes of crowns differs by about 0.1% [9].

The sugar content of the juice also depends on the origin of the birch trees. Thus, in coppice birches the sugar content in the first half of the pruning season was 1.05%, and in the second 0.7-1.0%, in birches of seed origin, respectively, 1.1 and 0.5%. There was no significant difference in the sugar content of day and night juices, only on some days there is a slight increase in the sugar content of day juice [9]. The sugar content of the sap is also significantly affected by the type of forest vegetation conditions. As follows from the data of Egorenkov M.A., Gunyazhenko I.V. [10], the sugar content of birch sap depends on forest types. The highest sugar content was observed in the dreamy type of forest (1.64%), slightly lower in nettle (1.30%) and eagle (1.26-1.31%), the lowest – in heather birch with a small amount of birch.

Thus, it is most expedient to conduct industrial pruning in relatively rich in sugar types of birch trees – snipe, honeysuckle and nettle. Single trees of maple, growing in identical conditions, have a sugar content of 2 to 2.9%. It is established that the content of sugars in the juice is not constant over the years. For the conditions of Ukraine, the off-season variability of the sugar content is illustrated in table 3.

The data in table 3 show significant fluctuations in the sugar content of the juice over the years of pruning. Quite valuable is the fact that when re-counting the decrease in sugar content is not observed. The content of sugars in birch and maple sap changes during the calendar time of pruning. In the first half of podsochki increase in sugar content of juice is observed, in the second – decrease. The active acidity of birch, maple and maple sap is characterized by the data given in table 4.

Table 1

**Dry matter content in the sap of deciduous trees**

The object of the search	Surveillance area	Average diameter, mm	Dry matter content, %
Warty birch, trees	Volyn region	300	0,86-0,90
	Lviv region	300	0,89-1,49
	Poltava region	300	0,85-0,95
Warty birch, hemp	Lviv region	489	1,18-1,32
	Poltava region	490	0,97-1,15
Maple sharp-leaved, trees	Lviv region	410	1,54-2,92
	Poltava region	407	1,65-2,84
Maple, trees	Lviv region	358	1,1-3,3
	Poltava region	360	1,0-3,1

Table 2

**Sugar content in deciduous sap depending on the region of cultivation**

Breed	Surveillance area	Sugar content, %			
		general	saccharose	glucose	fructose
Warty birch	Volyn region	0,86	-	0,50	0,36
	Lviv region	0,58-0,86	-	0,17-0,28	0,51-0,58
	Chmelnytsk region	0,86-1,41	0,59-0,15	0,32-0,74	0,09
	Poltava region	0,76-0,86	-	0,27-0,68	0,49-0,18
Maple sharp-leaved	Lviv region	0,04-0,72	-	0,02-0,11	0,02-0,61
Maple Клен-явір		1,46-1,71	-	0,09-0,84	0,03-0,43

Table 3

**Variability of sugar content of birch sap over the years of pruning**

Surveillance area	Average diameter, mm	Sugar content over the years of pruning, %				Average sugar content, %
		First	Second	Third	Fourth	
Lviv region	22,0	0,90	0,92	1,08	0,70	0,90
Rivne region	21,0	0,86	0,89	1,05	0,67	0,86
Poltava region	20,0	0,82	0,84	1,03	0,62	0,82

From these data it is seen that in comparison with maple and maple sap birch sap has a higher active acidity. During the calendar time, as established by Ryabchuk V.P., Osipenko Y.F., there is a clear pattern of juicing, which consists in increasing the acidic environment of the juice to the end of the suction. Thus, in all cases, the juice forms an acidic environment. A number of organic acids were found in the sap of deciduous trees. The total acid content in terms of malic is characterized by the data given in table 5.

As can be seen from these data, the maximum content of titratable acids is the juice of maple (0.159%), the minimum – maple juice (0.004%). In particular, 0.25 mg/100 g of organic acids and 1.3 mg/100 g of ascorbic acid were found in the juice of maple; maple sap, respectively – 0.24 and 1.07 mg/100 g. The sap of deciduous trees contains nicotine, pantothenic, glutamine. Along with organic substances, the juice contains minerals. Their content depends on the breed, growing conditions of the tree,

the time of sampling the sap during the pruning period and a number of other factors.

The ash content of birch, maple and maple sap, expressed in mg/100 g, for some regions of the country is shown in table 6 [10].

The ash content in birch sap varies significantly depending on the type of forest vegetation conditions. The content of ash in maple juice is slightly higher than in maple sap. The ash of the sap of deciduous trees includes a number of chemical elements. Analysis of birch and maple sap, conducted by Ryabchuk V.P. and Osipenko Y.F., found a number of chemical elements (table 7).

From the data in table 7 it follows that in the ash sap of the above trees is dominated by potassium. The chemical elements that make up birch and maple sap are an integral part of the fluid, tissues and bones of the human body. They are necessary for the normal functioning of the body and metabolism. For example, calcium is involved in metabolism, is part of the bones, reduces the excitability of the nervous system in muscle tissue, is also necessary for blood coagulation.

If we compare the mineral composition of such well-known canned juices as apple and tomato, the individual trace elements of birch and maple juices exceed them several times. For example, the content of manganese birch canned juice is 3.5 times higher than apple unclarified. Canned maple juice contains 11 times more copper than unclarified apple juice and 5.5 times more

Table 4

Active acidity of birch, maple sap

Types of the trees	Active acidity of the juice, %, pH
Warty birch	5,2-6,5
Maple sharp-leaved	6,2-7,0
Maple	6,1-6,9

Table 5

The total acid content in the sap of trees of different species

Types of the trees	The total acid content (in terms of malic), %
Warty birch	
Volyn region	0,01
Lviv region	0,02
Poltava region	0,01
Maple sharp-leaved	0,16
Maple	0,01

Table 6

Ash content of deciduous tree sap

Types of the trees	Surveillance area	Average diameter, mm	Type of forest vegetation conditions	The ash content of the juice, mg/100 g
Warty birch	Khmelnyskiy region	290	32	0,0393
	Lviv region	300	33	0,0621
	Poltava region	310	33	0,0355
Maple sharp-leaved	Lviv region	420	32	0,0438
	Poltava region	400	32	0,0280
Maple	Ternopil region	320	33	0,0274
	Lviv region	300	32	0,0425
	Poltava region	310	32	0,0263

Table 7

**The chemical composition of the ash of the sap of deciduous trees, mg/100 g**

Name of chemical elements	Maple sharp-leaved	Warty birch
potassium (kalium)	230,00	0.273
phosphorus	2,51	0.025
sodium (natrium)	17,00	2.00
calcium	13,87	13,33
aluminium	6,01	1,82
nitrogen	4,90	traces
magnesium	4,81	6.08
manganese	1,21	1,15
silicon	0,83	1,10
strontium	0,18	0,02
titanium	0,11	0,08
iron (ferrum)	0,07	0,15
barium	0,06	0,01
zirconium	0,01	0,01
lanthanum	0,01	0,01
nickel	traces	0,01
copper (cuprum)	traces	0,63

than tomato juice. Some of them, such as copper, cobalt, zinc, iron, nickel, in one form or another are involved in the activation of enzymes. In addition to these chemical compounds and elements in the composition of birch sap include [10]: essential oils, betulol (white resinous substance that fills the cavities of cortical tissue cells on birch trunks and gives it a white color), saponin compounds, cytokinins, biotin, thiamine, pyridoxine. Studies have shown that the amount of minerals in the juice gradually increases and at the end of the juicing phase reaches its maximum value.

**Conclusions.** Therefore, juices fermented with lactic acid bacteria are also useful in human nutrition. The chemical composition of birch and sap of other deciduous trees explains the desire of the population to consume them as thirst-quenching, vitamin and even health drinks.

Thus, the use of fermented beverages, the technology of which is based on the metabolism of lactic acid bacteria, is able to regulate the processes associated with the disruption of the intestinal microflora and has a general health effect on the human body.

**References:**

1. Rogova N.V. Manufacture technology of fermented birch sap and new combined products based. *Actual problems of the world today* : Materials of collective monograph / Rogova N.V., Volodko O.V. London, 2019. P. 252–267.
2. Рогова Н.В., Кожухар В.В., Пилипенко Л.М., Паулина Я.Б. Дослідження біологічної активності ферментованого березового соку. *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенко «Сучасні напрями технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв»*. 2006. Вип. 45. С. 371–376.
3. Рогова Н.В., Володько О.В., Бичков Я.М., Рибак С.С. Харчова біологічна цінність соків, їх дія на організм людини та значення в харчуванні. *Science and society*: 9th Intern. conf. (Hamilton, Canada, 1st February, 2019). Hamilton, 2019. P. 95–98.
4. Банникова Л.А., Королева Н.С., Семенихина В.Ф. Микробиологические основы молочного производства : справочник. М. : Агропромиздат, 1987. 285 с.
5. Технологія екстрактів, концентратів і напоїв із рослинної сировини /за ред. Домарецького. Вінниця : Нова книга, 2005. 408 с.
6. Данилов Н.И. Чудо – целитель береза. Москва : «РИПОЛ КЛАССИК», 2000. 320 с.
7. Burrow C., Sandine W., Elliker P., Speckman C. Characterization of diacetyl negative mutants of *Streptococcus diacetilactis*. *Journal of Dairy Science*. 1970. № 2. P. 121–125.
8. Рогова Н.В., Кожухар В.В., Пилипенко Л.М., Кожухар М.В. Технологія виробництва соку березового ферментованого. *Збірник наукових праць ЛНАУ*. 2006. Вип. 68. С. 169–173.
9. Рогова Н.В. Вплив температури на термін ферментування і прозорість березового соку. *Нові технології і обладнання харчових виробництв* : міжвуз. наук.-практ. семін. (Полтава, 19 квітня 2018 року). ПУЕТ, 2018. С. 21–23.
10. Рогова Н.В., Кожухар В.В., Рибак Г.М. Мінеральний склад ферментованого березового соку та купа-жів на його основі. *Збірник наукових праць ХДУХТ «Прогресивні техніки та технології харчових виробництв»*. 2007. № 5. С. 177–184.

**Рогова Н.В., Володько О.В. ХАРЧОВА І БІОЛОГІЧНА ЦІННІСТЬ СОКІВ, ЇХ ДІЯ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ТА ЗНАЧЕННЯ В ХАРЧУВАННІ**

*Стратегія розширення асортименту корисних для здоров'я людей продуктів як пріоритетний напрям розвитку харчової промисловості України зумовлена необхідністю збереження здоров'я населення та поліпшенням якості його життя. Сучасні тенденції розвитку готельно-ресторанного сервісу, туристичних послуг також потребують наявності асортименту біологічно активних продуктів з тривалим терміном зберігання для розробки певних раціонів харчування та дієт.*

*Наукове обґрунтування та розробка сучасних технологій виробництва високоякісних низькокало-рійних і недорогих продуктів з екологічно чистої вітчизняної сировини та їх впровадження є одним із*

*основних напрямів розвитку сучасних галузей харчової науки. При цьому пошук нових ефективних технологій виготовлення сучасних продуктів із рослинної сировини і збереження при цьому її натуральних властивостей залишається актуальною проблемою.*

*Головним напрямом розвитку харчової галузі повинна стати розробка на науковій основі і впровадження у виробництво високоякісних і недорогих продуктів харчування. Вихід зі становища – у використанні екологічно чистої сировини, яка вирощується поблизу консервних заводів, а також у застосуванні сучасних технологій її переробки. Серед продуктів харчування, які володіють захисними функціями, переважне значення мають соки. Хоча соки цілком не вільні від мутагенів, антимутагенна активність є в них переважною. Однак нині немає досить повної інформації про протекторні механізми соків.*

*За масовістю виробництва та обсягом споживання соки, напої посідають провідне місце в раціоні харчування. Згідно з численними дослідженнями в галузі фізіології харчування найбільш раціональною їх формою є безалкогольні напої, від біохімічного та мікробіологічного складу яких дуже залежить стан здоров'я населення. Тому проблема створення й виробництва безалкогольних напоїв загальнооздоровчого призначення має винятковий вплив на збереження генофонду нації та розвиток харчової і переробної промисловості.*

**Ключові слова:** *технологія, березовий сік, харчування, вітаміни, ароматичні та мінеральні речовини.*

УДК 664

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/16>**Ряполова І.О.**

Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Гончарук Д.В.**

Херсонський державний аграрно-економічний університет

## РОЗРОБКА РЕЦЕПТУРИ ТА ЕКСПЕРТИЗА СОУСНОЇ ПРОДУКЦІЇ ІЗ НЕКОНДИЦІЙНОЇ СИРОВИНИ

У роботі розглянуто можливість і запропоновано власний погляд на подальше використання рослинної сировини, а саме зелених томатів, які бракуються під час виробництва консервованої томатної продукції (цільноплідні консерви, томатна паста, томатні соуси, сік) та накопичуються під час сезону переробки томатів в умовах плодоовочевого комбінату «Херсон». Для розробки рецептури соусу за основу взяли соус індійської кухні Чатні, основними компонентами якого є зелені помідори, яблука, цибуля, допоміжними – спеції, перець чілі. Ми пропонуємо замінити деякі інгредієнти та додати для насичення мікронутрієнтами зелень петрушки і базиліку.

Проведені органолептичні показники експериментальних зразків соусу свідчать про присмний, насичений і оригінальний смак. За отриманими одиничними показниками дескрипторами побудовано профілі органолептичних показників соусів із різними комбінаціями рослинної сировини. Результати фізико-хімічних досліджень показують, що варіанти нашої продукції і контрольний зразок мають практично однакові показники і за масовою часткою сухих речовин, титрованих кислот, і за вмістом хлоридів не перевищують нормативні показники для соусів томатних.

Розрахунок комплексного показника якості дослідних зразків соусної продукції здійснювали за визначеними показниками органолептичної оцінки, фізико-хімічних властивостей, вітамінного (А, С, в-каротину) та мінерального складу (вміст фосфору, кальцію, заліза), вмісту вуглеводів, харчових волокон. Результати мікробіологічних досліджень вказують на достатній рівень безпечності розробленої соусної продукції.

Перспективою подальших досліджень є розробка покрокової технологічної схеми, визначення економічної ефективності та можливість впровадження у серійне виробництво.

**Ключові слова:** соусна продукція, зелені томати, рецептурний склад, технологічна схема, органолептична оцінка, фізико-хімічні показники.

**Постановка проблеми.** Консервована продукція все більше користується попитом у населення, а різноманіття виробників як великих, так і крафтових спонукає до пошуку й розробки нових нетрадиційних видів плодоовочевої консервованої продукції.

У щоденному раціоні населення України існує дефіцит незамінних амінокислот, мінеральних речовин, вітамінів і харчових волокон, що призводить до зниження резистентності організму до захворювань і несприятливих факторів довкілля. Пріоритетним у вирішенні проблеми забезпечення якісного харчування населення є збагачення раціону овочами, плодами, ягодами та продуктами їх переробки. Нині основною тенденцією є орієнтація на здорове харчування, що пов'язано зі зростаючою популярністю органічної та екологічно чистої продукції. Згідно з опитуванням, споживачі вказують на такі негативні властивості соусів: низьку якість (2,5%), наявність консерван-

тів (2,0%), високу ціну (1,9%). При цьому майже 60% покупців готові платити більше за якісніший продукт. Експерти ринку також зазначають, що споживачі прагнуть купувати натуральні, високоякісні продукти без консервантів, ГМО [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Нині розроблено досить широкий асортимент продуктів харчування із науково обґрунтованим складом, який спрямований на збагачення організму людини необхідними компонентами [2; 3; 4; 5]. Проте не досить уваги приділяється розробці нових рецептур і технологій кулінарної продукції, зокрема соусам, які є невід'ємним складником раціону будь-якої людини. Відмінним доповненням до основних страв є соуси як на томатній, так і на фруктовій основі. Їх широко використовують безпосередньо в їжу, як приправу, для покращення смаку і засвоюваності, а також для підвищення харчової, біологічної та енергетичної цінності готової продукції.

На великих консервних комбінатах під час виробництва консервованої продукції із томатів накопичуються не дозрілі помідори, які після сортування та інспектування не пускають у процес виробництва. Згідно технології остаточне сортування за ступенем зрілості на три фракції (червоні, бурі і зелені) томатів машинного збирання проходить на роликівих конвеєрах четвертого контуру. Червоні помідори надходять на подальші технологічні операції, а недозріла частина томатів вибраковується, що призводить до втрат сировини, або вона може бути використана для вироблення солінь, маринадів і салатів [6].

Аналізуючи сучасні кухні народів світу, ми знайшли чимало варіантів соусів, аджик із зелених помідорів. Тому пропонуємо власний погляд на подальше використання недозрілих томатів, які накопичуються під час сезону переробки томатів в умовах плодоовочевого комбінату «Херсон».

**Постановка завдання.** Метою нашої роботи є розробка рецептури, планування технологічної схеми виробництва соусу із зелених томатів, експертиза готової продукції за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для розробки рецептури соусу за основу взяли соус індійської кухні Чатні, основними компонентами якого є зелені помідори, яблука, цибуля, допоміжними – спеції, перець чілі. Ми пропонуємо замінити деякі інгредієнти та додати для насичення мікронутрієнтами зелень петрушки й базиліку. Експериментальним шляхом ми підібрали кількісні варіанти запропонованих рослинних компонентів і в умовах виробничої лабораторії зробили дослідні зразки продукції (табл. 1). Власний продукт назвали соус «Greentomato».

Для обґрунтованої оцінки запропонованих варіантів соусу ми провели сенсорні та лабораторні дослідження. Органолептичні дослідження проводили комісією із 6 осіб, оцінки показників ставили за п'ятибальною шкалою. Визначали загальне враження від продукції, зовнішній вигляд, колір, консистенцію, запах і смак. Врахо-

вуючи коефіцієнт важливості кожного показника, отримали певні результати (табл. 2).

Таблиця 1  
Рецептурний склад соусу із зелених помідорів і соусу Чатні на 100 кг готового продукту

№ п/п	Сировина	Витрати сировини, %		
		Соус Чатні	Соус Greentomato	
			Варіант 1	Варіант 2
1.	Томати зелені	60	60	60
2.	Яблучне пюре	15	15	10
3.	Персикове пюре	-	-	10
4.	Цибуля	15	12	8
5.	Перець чілі	1,0	0,5	0,6
6.	Імбир мелений	0,6	0,5	0,5
7.	Мускатний горіх	0,6	0,5	0,5
8.	Цукор	5,1	5,1	5,0
9.	Сіль	1,8	1,8	1,8
10.	Коріандр	0,6	-	-
11.	Паприка	0,6	-	-
12.	Перець чорний мелений	0,6	0,6	0,6
13.	Зелень петрушки	-	2,0	2,0
14.	Базилік зелений	-	2,0	2,0

Результати органолептичної оцінки свідчать, що запропоновані варіанти мають вищу сумарну оцінку, ніж контрольний зразок. У другому варіанті за рахунок додавання персикового пюре консистенція соусу, на думку усіх експертів, є більш однорідною, пластичною, але зовнішній вигляд і колір оцінено трохи нижче, ніж у контрольного і першого варіантів. В обох дослідних варіантах соус приємний, оригінальний із яскраво вираженим запахом прянощів і смаком зелені.

За отриманими одиничними показниками дескрипторами побудовано профілі органолептичних показників соусів із різними комбінаціями рослинної сировини порівняно з контролем (соус Чатні) та еталоном за 5-ти бальною системою. При цьому оцінювали загальний вигляд продукції, її однорідність, консистенцію, колір, запах і смакові властивості (рис. 1).

Таблиця 2  
Результати бальної оцінки експериментальних зразків

Досліджувані зразки	Бальна оцінка					Сумарна бальна оцінка
	Зовнішній вигляд	Колір	Запах	Консистенція	Смак	
	Коефіцієнт важливості показника якості					
	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	
Соус Чатні	5	5	4	4	5	4,6
Варіант 1	5	4	5	4	5	4,7
Варіант 2	4	4	5	5	5	4,7



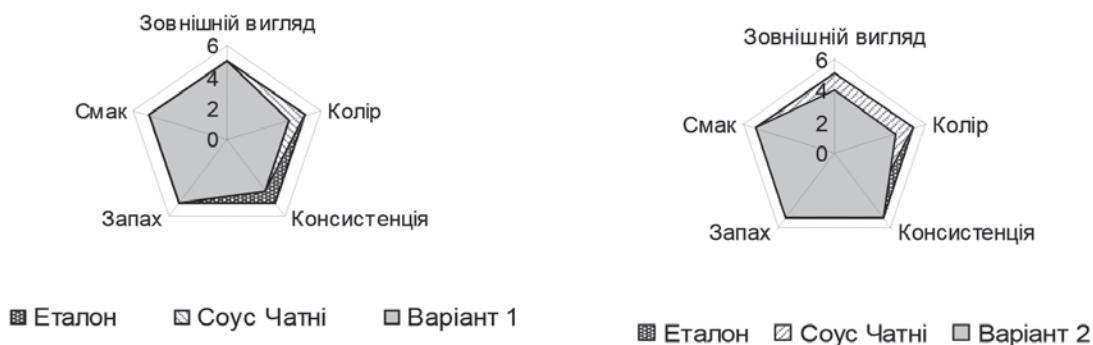


Рис. 1. Профілограми запропонованих варіантів соусу



Рис. 2. Технологічна схема виробництва соусу із зелених томатів

Перший варіант соусу із зелених помідорів поступається еталону за консистенцією і кольором, а контрольному зразку (соус Чатні) – за кольором. Другий розроблений варіант поступається еталону та контрольному зразку за зовнішнім виглядом і кольором. Отримані результати свідчать про досить високі смакові властивості нашого продукту як першого, так і другого варіанту, які за деякими показниками перевищували контрольний зразок.

Технологічна схема дозволяє визначити послідовність операцій, їх тривалість і режими, час

додавання допоміжних матеріалів і видалення відходів. Технологічні схеми є підставою для підбору і розрахунку обладнання, робочої сили, транспортних засобів і виробничих енерговитрат.

Для виробництва соусу із зелених томатів в умовах плодоовочевого комбінату ми розробили загальну технологічну схему, яка складається з етапів переробки основної та допоміжної сировини. Основні етапи переробки (подача в цех, мийка, сортування, інспекція, подрібнення, протирання, уварювання, змішування, фасування,

закупорювання, стерилізація) представлені на схемі (рис. 2). Подальший хід (маркування, витримка на складі, упаковка, відвантаження) є загальним для всієї готової продукції.

Фізико-хімічні властивості виробленої продукції досліджували в умовах виробничої лабораторії. Оскільки державного стандарту на цей вид продукції ще не існує, тому отримані результати порівнювали із нормативними показниками для соусів томатних (табл. 3).

Результати фізико-хімічних досліджень показують, що варіанти нашої продукції і контрольний зразок мають практично однакові показники і за масовою часткою титрованих кислот і вмістом хлоридів не перевищують нормативні показники для томатів концентрованих.

При розробці мікробіологічних показників для харчових продуктів обов'язково враховуються результати дослідження залишкової мікрофлори у готових виробках, наявність мікроорганізмів у доброякісних продуктах, можливості забезпечення нормативних показників при існуючих технологічних режимах виробництва, швидкість розмноження мікроорганізмів у продуктах залежно від доз зараження. Нині нормування мікробіологічних показників безпеки харчових продуктів проводиться по альтернативному принципу двокласної системи, тобто нормується маса продукту, у якій не допускається присутності санітарно-показових, умовно-патогенних і патогенних мікроорганізмів.

При дослідженні мікробіологічних показників прянощів, які додають у соуси, О.В. Бендерською та іншими [7] було встановлено, що всі дослідні зразки (чорний мелений перець, мускатний горіх, кориця, сушений часник) різних торгових марок були контаміновані мезофільними аеробними та факультативно анаеробними мікроорганізмами (далі – МАФАНМ). Показник КМАФАНМ не перевищував нормативні значення і знаходився у межах  $1 \times 10^2 - 9 \times 10^4$ . Найменша кількість мікробних клітин була у всіх зразках часнику, що пояснюється наявністю великої кількості ефірних олій у цьому продукті.

Під час стерилізації готової продукції при дотриманні встановлених режимів ( $125 \pm 5^\circ\text{C}$ ) гинуть практично усі вегетативні форми мікроорганізмів, але спори термостійких бактерій можуть залишитися життєздатними. Особливо небезпечними є збудник ботулізму, який продукує токсин у готових продуктах. Тому обов'язковою умовою є витримка готової консервованої продукції у термостатах для виявлення бомбажу.

Для підтвердження безпеки харчового продукту, а це відсутність шкідливої дії на організм людини мікробів і їхніх токсинів, токсичної дії важких металів, афлотоксинів, проводять мікробіологічний і токсикологічний контролю як сировини, так і готової продукції. Мікробіологічний контроль готової продукції на підприємствах харчової промисловості проводять один раз на місяць, токсикологічний, радіологічний –

Таблиця 3

**Фізико-хімічні показники виробленої продукції**

Досліджувана продукція	Фізико-хімічні показники		
	Масова частка сухих речовин, не менше %	Масова частка титрованих кислот, %	Хлориди, %
ДСТУ 2118-93 Консерви. Соуси томатні. Загальні технічні умови (ГОСТ 17471-93, IDT)	17-29	1,1-1,5	1,5-2,5
Контрольний зразок	22	1,0	2,3
Варіант I	27	1,5	2,0
Варіант II	26	1,2	2,1

Таблиця 4

**Мікробіологічні показники у зразках соусів**

Показник	Значення за нормативом	Дослідні зразки		
		Соус Чатні	Соус Greentomato I варіант	Соус Greentomato II варіант
КМАФАНМ, КУО/г, не більше	$5,0 \times 10^4$	$6,2 \times 10^3$	$4,8 \times 10^3$	$5,1 \times 10^3$
БГКП (коліформи), в 0,1 г продукту	Не допускаються	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Сульфитредукуючі клостридії в 0,1 г продукту	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено
Stf. aureus в 0,1 г продукту	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено

контролюється у сировині, аналіз проводиться для кожної партії.

Для встановлення безпечності виробленої продукції ми провели мікробіологічне дослідження соусів після стерилізації та витримки у термостаті протягом тижня. Визначали загальне мікробне число КМАФАМ, БГКП, сульфитредукуючі клостридії та наявність золотистого стафілококу (табл. 4).

Результати мікробіологічних досліджень вказують на достатній рівень безпечності розробленої соусної продукції. Дослідженнями встановлено, що обрані інгредієнти для обох варіантів соусу Greentomato, технологія їх приготування дають позитивні органолептичні, фізико-хімічні показники, тому вони є безпечною продукцією.

Для надання об'єктивної оцінки якості розробленого продукту було прийнято рішення застосувати комплексну оцінку. Вона має суттєву перевагу, яка полягає у використанні сукупності показників якості та виражається однією числовою величиною – комплексним показником якості. При розробці комплексного показника якості здійснюють вибір номенклатури одиничних показників якості; розробку ієрархічної структури показників продукту, які необхідні для достовірної оцінки його якості; визначення важливості кожного показника у загальному оцінюванні якості продукту; визначення оптимальних значень кожного із показників; визначення функцій переходу від розмірних до безрозмірних показників якості; вибір методу зведення оцінок одиничних показників для одержання показника комплексної оцінки якості; розрахунок показника комплексної оцінки якості; аналіз розрахованої оцінки та прийняття рішення про рівень якості розробленого продукту.

Вивчені показники органолептичного, фізико-хімічного та мікробіологічного складників розробленої продукції, а також її харчова цінність дозволили сформуванню структури комплексного показника якості (далі – КПЯ) дослідних зразків соусної продукції (рис. 3).

Розрахунок комплексного показника якості дослідних зразків соусної продукції здійснили за визначеними показниками органолептичної оцінки, фізико-хімічних властивостей, вітамінного (А, С, в-каротину) та мінерального складу (вміст фосфору, кальцію, заліза), вмісту вуглеводів, харчових волокон.

При розподілі коефіцієнтів важливості для групи органолептичних показників також враховувалася шкала органолептичної оцінки якості; для групи фізико-хімічних показників – вимоги нормативних документів до якості томатних соусів [8]; для групи харчової цінності – рекомендована добова потреба у мікронутрієнтах [9]. Розрахунки показують, що запропонований рецепт соусу із додаванням 10% персикового пюре і зменшення до 8% цибулі має вищий КПЯ порівняно з еталоном, значення якого прийнято за одиницю. Для соусу Чатні цей показник має значення 0,94, для соусу Greentomato за першим варіантом 0,96, другим варіантом – 0,97.

**Висновки.** Досліджені органолептичні, фізико-хімічні показники розробленого соусу із зелених томатів свідчать про добрі смакові якості, мікробіологічну безпечність продукту, що його фізико-хімічні показники відповідають нормативним значенням, що дає підстави для подальших досліджень. Перспективою подальших досліджень є розробка покрокової технологічної схеми, вибір оптимальної рецептури, визначення економічної ефективності та можливість впровадження у серійне виробництво.

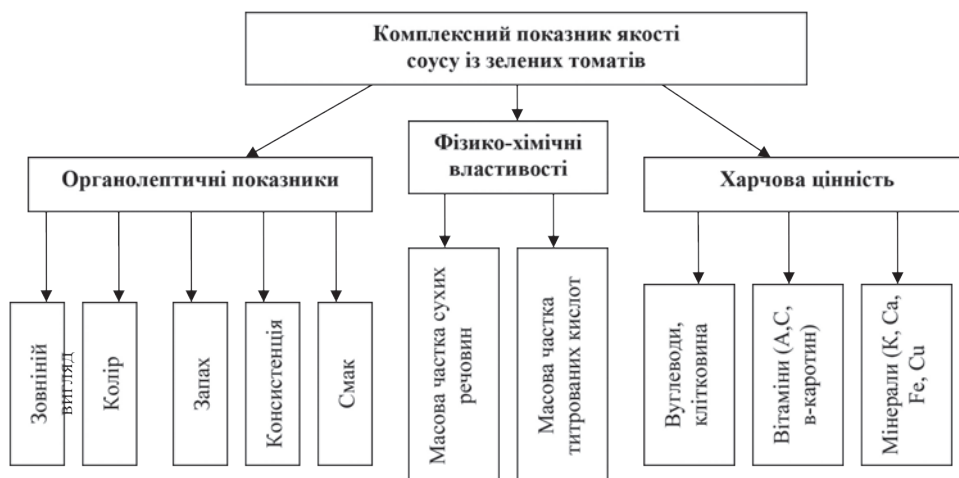


Рис. 3. Структура комплексного показника якості соусної продукції із зелених томатів

**Список літератури:**

1. Бендерська О.В., Бессараб О.С. Огляд ринку томатних соусів в Україні. *Научные труды SWorld*. Випуск 3 (44). Том 3. Иваново : Научный мир, 2016. С. 84–89.
2. *Уровень развития техники и технологий в XXI веке*. Часть 1. Серия монографий / авт. кол.: М.В. Князева и др. Одесса : КУПРИЕНКО С.В., 2019. 227 с.
3. Новікова Н.В., Каменєва Р. Використання нетрадиційної сировини для поліпшення споживчих властивостей торгів на вафельній основі. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. 2020. Вип. 73. С. 48–54.
4. Воевода Н.В., Легутенко А.С. Оптимізація технології виготовлення ікри оздоровчого призначення. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського*. Т. 31 (70). № 4. 2020. С. 208–212.
5. Аверчев О.В., Воевода Н.В. Перспективи створення нових видів органічних консервів із гарбуза великоплідного. *Аграрна політика Європейського Союзу: виклики та перспективи : колективна монографія*. Київ : «Центр учбової літератури», 2019. С. 411–421.
6. Горячова О.О. Технологія виробництва томатопродуктів. «Товарознавство: історія, проблеми розвитку» : матеріали Регіональної науково-практичної конференції. Полтава : ПУЕТ, 2014. 51 с.
7. Бендерська О.В., Бессараб О.С., Грегірчак Н.М., Шикирава А.В. Аналіз мікробіологічної контамінації пряно-ароматичної сировини, яка використовується в технологіях томатних соусів. *Продовольчі ресурси* : збірник наукових праць. 2018. № 10. С. 28–34.
8. Нормативні показники ДСТУ 2118-93 «Консерви. Соуси томатні. Загальні технічні умови».
9. Химический состав российских пищевых продуктов : справочник / И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М. : ДеЛи принт, 2002. 236 с.

**Ryapolova I.O., Honcharuk D.V. DEVELOPMENT OF RECIPES AND EXAMINATION OF SAWN PRODUCTS FROM NON-CONDENSED RAW MATERIALS**

*The paper considers the possibility and offers view on the further use of vegetable raw materials, namely green tomatoes, which are lacking in the production of canned tomato products (whole canned food, tomato paste, tomato sauces, juice) and accumulated during the processing season of tomatoes in Fruit and vegetables “Kherson” plant. To develop the sauce recipe, like a base was taken the souse of Indian cuisine Chutney, the main components of which are green tomatoes, apples, onions, auxiliary – spices, chili peppers. We suggest to replacie some ingredients and add parsley and basil to saturate product with micronutrients.*

*The conducted organoleptic parameters of the experimental samples of the sauce indicate a pleasant, rich and original taste. Profiles of organoleptic parameters of sauces with different combinations of vegetable raw materials were constructed on the basis of the obtained unit indicators by descriptors. The results of physico – chemical studies show that the variants of our products and the control sample have almost the same indicators and the mass fraction of dry matter, titratable acids and chloride content does not exceed the normative indicators for tomato sauces.*

*The calculation of the complex quality indicator of experimental samples of sauce products was carried out according to certain indicators of organoleptic evaluation, physicochemical properties, vitamin (A, C, b-carotene) and mineral composition (phosphorus, calcium, iron), carbohydrates, dietary fiber . The results of microbiological studies indicate a sufficient level of safety of the developed sauce products.*

*The prospect of further research related vine development of a step-by-step technological scheme, determination of economic efficiency and the possibility of introduction into serial production.*

**Key words:** *sauce products, green tomatoes, prescription composition, technological scheme, organoleptic evaluation, physicochemical parameters.*

УДК 637.7

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/17>**Скульська І.В.**

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

**Цісарик О.Й.**

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

**Сливка Н.Б.**

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

## ФОРМУВАННЯ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ БРИНЗИ, ВИГОТОВЛЕНОЇ ЗА ЧАСТКОВОЇ ЗАМІНИ ХЛОРИДУ НАТРІЮ

У статті досліджено основні органолептичні та фізико-хімічні показники розсільного сиру – бринзи, яка виготовлена з овечого молока за удосконаленою технологією. Встановлено основні технологічні рішення для забезпечення підвищення якісних показників сиру завдяки можливості удосконалення деяких технологічних операцій, а саме операції соління шляхом зниження вмісту кухонної солі у бринзі за рахунок часткової її заміни хлоридом калію.

У результаті проведених досліджень встановлено максимальний відсоток заміни кухонної солі хлоридом калію, який становить 30%. Зразки бринзи із 50 і 100% заміною характеризувалися гірким присмаком і йодистим запахом і присмаком. Таким чином, удосконалення технології полягає у 20 і 30% заміні кухонної солі хлоридом калію. Завдяки цьому вміст кухонної солі знижується до мінімального значення, яке передбачене діючою нормативною документацією (4%). У дослідних зразках вміст кухонної солі на 0,82-0,97% менший. Це забезпечує зниження споживання кухонної солі при добовій нормі споживання сиру (70 г). Загалом було виготовлено 3 зразки сиру бринза із частковою заміною кухонної солі хлоридом калію: К – контрольний зразок із використанням хлориду натрію; Д1 і Д2 – бринза, виготовлена із 20 і 30% заміною хлориду натрію хлоридом калію.

За результатами проведених досліджень органолептичні та фізико-хімічні показники бринзи, яка виготовлена за удосконаленою технологією, повністю відповідають вимогам нормативної документації: смак у міру солоний; запах чистий, кисло-молочний, властивий овечому молоку; консистенція пружна, ламка, але не крихка; колір – білий, злегка з кремовим відтінком; кірка відсутня. У дослідних зразках бринзи спостерігається підвищення вмісту сухих речовин, що збільшує вихід сиру. Оскільки бринза містить мінімально допустимий вміст солі (4%), то рекомендується вживати її як компонент для безлічі страв людям різних вікових категорій.

**Ключові слова:** розсільний сир, бринза, кухонна сіль (хлорид натрію), хлорид калію, розсіл, бактеріальний препарат, соління, дозрівання, зберігання.

**Постановка проблеми.** У світі спостерігається стабільне зростання рівня споживання сирів, що стимулює збільшення обсягів їх виробництва. Виробництво сирів в Україні перевищує обсяги споживання на внутрішньому ринку [1, с. 14–17], що створює умови для їх експорту. Однак вихід на світові ринки вимагає істотного покращення якості сирів [2], створення нових видів та інноваційних технологій і наукового їх обґрунтування.

Натуральні сири є особливо важливими для забезпечення людини повноцінним харчуванням. Вони мають високу біологічну цінність, що зумовлена концентруванням і модифікацією компонентів молока. Сири наділені широкою гаммою смакових відтінків, а їх виробництво відрізняється високою рентабельністю і зрос-

танням річних обсягів [3, с. 24–27; 4, с. 327; 5, с. 17–19; 6, с. 14].

Останнім часом спостерігається збільшення зацікавленості споживачів розсільними сирами. До розсільних сирів традиційного асортименту належать чанах, тушинський, осетинський, кобійський, ереванський, грузинський, сулугуні, бринза, моцарелла, чечіл і місцеві (національні – болгарський *сирене*, турецький *беяз пейнір*, румунська й українська *бринза*; іранський *лігван*, ліванський *набульсі*) види. Виготовляються розсільні сири у багатьох країнах Європи – Німеччині, Греції, Румунії, Болгарії, Франції. Масове виробництво розсільного сиру є найпоширенішим у Нідерландах та Греції. Асортимент розсільних сирів складається з понад 30 найменувань.

В Україні традиційним способом виготовляється бринза із овечого молока.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Великий внесок у розвиток теоретичних і практичних основ виробництва розсільних сирів здійснили закордонні та вітчизняні вчені Г.Б. Рудацька, З.Х. Диланян, В.М. Туринський, P.F. Fox, Katsiari, M.S. Vicente, T. Bintsis, P. Papademos, A.A. Nayaloğlu, M. Guven, E.C. Pappa, M.M. Ayyash, F. Sherkat, N.P. Shah.

Особливістю технології розсільних сирів є визрівання у розчині солі певної концентрації. Фізико-хімічні, біохімічні та мікробіологічні процеси в сирі та інтенсивність їх перебігу залежать від концентрації кухонної солі у розсолі. Хлорид натрію посилює гідролітичну здатність сичужного ферменту під час визрівання сиру, гальмує життєдіяльність гнильних бактерій у сирі, при цьому у певних концентраціях сприяє розвитку молочнокислої мікрофлори заквашувальних препаратів і продукуванню нею ферментів. Помірна кількість солі підвищує ступінь гідратації білків сиру, впливаючи на формування пластичної його консистенції, запобігаючи небажаним перетворенням сірковмісних амінокислот, що спричиняє утворення сірководню. Однак надмірне споживання кухонної солі та пов'язані з цим ризики захворювань викликають тривогу та зумовлюють необхідність зниження вмісту кухонної солі (NaCl) у харчових продуктах [7, с. 126].

Одним зі шляхів зменшення концентрації хлориду натрію і попередження погіршення якості бринзи, зменшення термінів її зберігання є часткова його заміна хлоридом калію. Про позитивні результати такої заміни засвідчують дані авторів Австралії та США: Ayyash, Sherkat, Shah (2012), Shakeel-Ur-Rehman (2003), Parademas і Robinson (2009). Дослідження проводилися на твердих сирах, проте саме розсільні сири характеризуються найвищим вмістом хлориду натрію (4-7%), а літературні дані щодо вивчення такої заміни у них відсутні.

**Постановка завдання.** Актуальність проведення наукових досліджень зумовлена відносно великими обсягами виробництва та споживання бринзи в Україні та необхідністю зниження вмісту кухонної солі у щоденних раціонах, що і стало нашим основним завданням.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для виготовлення бринзи з овечого молока було використано ферментний препарат СНУ-МАХ виробництва фірми Chr. Hansen (Данія). СНУ-МАХ – це рекомбінантний хімозин, отриманий

ферментацією за допомогою *Aspergillus niger var. Awamori*. Він не містить ензимів, здатних розщеплювати крохмаль. Препарат містить молокозсідальні ензими з високою специфічною дією розщеплення  $\alpha$ -казеїну, що в результаті забезпечує дуже добре утворення згустку. Як заквашувальну культуру використано препарат прямого внесення RSF-742 (Chr. Hansen, Данія), який містить у своєму складі такі штами молочнокислих бактерій: *Lactococcus lactis subsp. cremoris*, *Lactococcus lactis subsp. lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus helveticus*.

Молоко приймали згідно вимог ТУ 10.16 УССР 71-89 «Молоко овече. Требования при закупках». Відбір проб молока до аналізів проводили згідно ДСТУ ISO 707-2002 (ISO 707:1997, IDT) «Молоко та молочні продукти. Настанови з відбирання проб».

У таблиці 1 наведено органолептичну характеристику бринзи, при виробництві якої використали різний відсоток заміни хлориду натрію хлоридом калію. Заміна хлориду натрію хлоридом калію в кількості 20 і 30% не призвела до погіршення органолептичних властивостей бринзи, тоді як сир із заміною 50 і 100% мав характерний йодистий присмак і запах.

Результати бальної оцінки якості бринзи наведено у таблиці 2. Якість пакування та маркування, яка складає 5 балів, ми не оцінювали. Отримані результати свідчать, що за смаком, запахом і консистенцією бринза із 20% і 30% заміною хлориду натрію хлоридом калію характеризувалася вищою кількістю балів, мала кращий зовнішній вигляд завдяки одноріднішій консистенції, тому у подальших дослідженнях ми використовували 20 і 30% заміну хлориду натрію хлоридом калію.

Було виготовлено 3 зразки овечого сиру бринза, в якому 20 і 30% хлориду натрію було замінено на хлорид калію: К – контрольний зразок із використанням хлориду натрію; Д1 і Д2 – бринза, виготовлена із 20 і 30% заміною хлориду натрію хлоридом калію.

У таблиці 3 наведено органолептичні показники бринзи з овечого молока за 20% і 30% заміни хлориду натрію хлоридом калію. За результатами бальної оцінки найбільшу кількість балів отримали зразки із частковою заміною кухонної солі хлоридом калію. Бринзу можна віднести до сиру високої якості (таблиця 4). Отже, заміна кухонної солі забезпечує високу якість продукту і відповідність його вимогам нормативної документації [8, с. 12].

У таблицях 5-6 показано зміни фізико-хімічних показників бринзи протягом періоду визрі-

вання. Звертаємо увагу на зміну активної кислотності: зразки з використанням хлориду калію характеризуються нижчою кислотністю сирного тіста, ніж контрольний зразок. До того ж масова частка вологи зменшується до кінця визрівання у всіх дослідних зразках сиру. Найвищим вмістом вологи (53,1%) характеризується контрольний зразок наприкінці визрівання, а найнижчим - зразок із 20% заміною хлориду натрію хлоридом калію.

Оцінюючи масову частку жиру, бачимо збільшення цього показника до кінця визрівання, що узгоджується зі зростанням масової частки сухих речовин. Аналізуючи вміст солі у сирі, варто зауважити, що його значення підвищується протя-

гом усього терміну визрівання. Закономірно, що найвищий вміст NaCl у зрілій бринзі наявний у контрольних зразках, у дослідних зразках він на 0,82-0,97% менший. Це забезпечує зниження споживання кухонної солі при добовій нормі споживання сиру (70 г) [9, с. 4747–4759].

Ферменти бактеріальних препаратів і мікробіальних культур відіграють важливу роль у гідролізі білків, утворенні низькомолекулярних пептидів і амінокислот, які слугують попередниками формування смакової композиції сирів та їх біологічної цінності [10, с. 78–88; 11, с. 877–903]. Процеси розщеплення білків і перетворення амінокислот можуть відбуватися як неконтрольовано в сирому незбираному і знежиреному молоці та

Таблиця 1

**Органолептичні показники бринзи**

Показник	Характеристика показника
<i>Бринза, соління якої відбувалося у розсолі з концентрацією хлориду натрію 18%</i>	
Смак і запах	Чистий кисломолочний, у міру солоний, без сторонніх присмаків і запахів
Консистенція	Однорідна, ламка, але не крихка
Рисунок	З поодинокими вічками неправильної форми
Колір сирного тіста	Слабо-жовтий, однорідний за всією масою
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста, з відбитками серп'янки. Кірка відсутня. Незначна деформація головки
<i>Бринза, соління якої відбувалося у розсолі із 20% заміною хлориду натрію хлоридом калію</i>	
Смак і запах	Чистий кисломолочний, у міру солоний, без сторонніх присмаків і запахів
Консистенція	Однорідна, ламка, але не крихка
Рисунок	З поодинокими вічками неправильної форми
Колір сирного тіста	Слабо-жовтий, однорідний за всією масою
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста, з відбитками серп'янки. Кірка відсутня. Незначна деформація головки
<i>Бринза, соління якої відбувалося у розсолі із 30% заміною хлориду натрію хлоридом калію</i>	
Смак і запах	Чистий кисломолочний, у міру солоний, без сторонніх присмаків і запахів
Консистенція	Однорідна, ламка, але не крихка
Рисунок	З поодинокими вічками неправильної форми
Колір сирного тіста	Слабо-жовтий, однорідний за всією масою
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста, з відбитками серп'янки. Кірка відсутня. Незначна деформація головки
<i>Бринза, соління якої відбувалося у розсолі із 50% заміною хлориду натрію хлоридом калію</i>	
Смак і запах	Кисломолочний, солоний, з легким запахом і гірким присмаком
Консистенція	Однорідна, крихка
Рисунок	З поодинокими вічками неправильної форми
Колір сирного тіста	Слабо-жовтий, однорідний за всією масою
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста, з відбитками серп'янки. Кірка відсутня. Значна деформація головки
<i>Бринза, соління якої відбувалося у розсолі з концентрацією хлориду калію 18%</i>	
Смак і запах	Кисломолочний, дуже солоний, з гірким присмаком
Консистенція	Однорідна, крихка
Рисунок	З поодинокими вічками неправильної форми
Колір сирного тіста	Слабо-жовтий, однорідний за всією масою
Зовнішній вигляд	Поверхня чиста, з відбитками серп'янки. Кірка відсутня. Значна деформація головки

вторинних продуктах, так і контролювано у сирній масі під час визрівання сирів, де відбувається найглибший гідроліз білків під дією молокозсідальних ферментів і протеолітичних ферментів заквашувальної мікрофлори. Вміст нітрогеновмісних сполук бринзи протягом визрівання наведено у таблицях 7-8. Спостерігається тенденція до збільшення вмісту загального та загального розчинного Нітрогену у зразках із 20 і 30%

заміною NaCl на KCl порівняно з відповідним контролем на 12 добу визрівання.

У зрілій бринзі найвищий вміст загального розчинного Нітрогену зареєстровано для зразка Д1 (30,02 мг/г), найнижчим показником характеризувався контрольний зразок (28,50 мг/г). Таким чином, часткова заміна іонів натрію на іони калію та використання відповідних культур впливає на протеолітичні процеси [12, с. 40–45].

Таблиця 2

**Балова оцінка бринзи**

Показник	Максимальна кількість балів	Зразки бринзи з відповідним відсотком заміни				
		контроль	20	30	50	100
Смак і запах	45	42	43	43	17	5
Консистенція	25	22	22	23	21	19
Рисунок	10	8	8	8	7	7
Колір сирного тіста	5	5	5	5	5	5
Зовнішній вигляд	10	8	7	8	6	6
Сума балів	95	85	85	87	56	42

Таблиця 3

**Органолептичні показники бринзи з овечого молока за часткової заміни хлориду натрію хлоридом калію**

Зразок	Смак і запах	Консистенція	Рисунок	Колір	Зовнішній вигляд
К	Чистий кисломолочний, у міру солоний, без сторонніх присмаків і запахів	Однорідна, ламка, але не крихка	З поодинокими вічками неправильної форми	Слабо-жовтий, однорідний за всією масою	Поверхня чиста, з відбитками серветки. Кірка відсутня
Д1	Чистий кисломолочний, у міру солоний, без сторонніх присмаків і запахів	Однорідна, ламка, але не крихка	З поодинокими вічками неправильної форми	Слабо-жовтий, однорідний за всією масою	Поверхня чиста, з відбитками серветки. Кірка відсутня. Незначна деформація головки
Д2	Чистий кисломолочний, у міру солоний, без сторонніх присмаків і запахів	Однорідна, ламка, але не крихка	З поодинокими вічками неправильної форми	Слабо-жовтий, однорідний за всією масою	Поверхня чиста, з відбитками серветки. Кірка відсутня. Незначна деформація головки

Таблиця 4

**Балова оцінка бринзи з овечого молока**

Показник	Максимальна кількість балів	Зразки бринзи		
		К	Д1	Д2
Смак і запах	45	43	43	43
Консистенція	25	22	22	23
Рисунок	10	8	8	8
Колір сирного тіста	5	5	5	5
Зовнішній вигляд	10	7	7	8
Сума балів	95	85	85	87



Таблиця 5

**Фізико-хімічні показники бринзи з овечого молока за часткової заміни хлориду натрію хлоридом калію на 10 добу визрівання**

Зразки бринзи	Показники				
	Масова частка жиру в сухій речовині, %	Масова частка вологи, %	Масова частка NaCl + KCl, %	Масова частка NaCl, %	Активна кислотність, одиниць, рН
К	42,0±0,3	66,0±0,2	4,10±0,1	4,10±0,1	4,30±0,03
Д1	41,0±0,3	64,8±0,3	4,25±0,2	3,40±0,2	4,27±0,02
Д2	42,0±0,2	63,2±0,3	4,08±0,1	3,26±0,1	4,31±0,03

(n=3, p&lt;0,05)

Таблиця 6

**Фізико-хімічні показники бринзи з овечого молока за часткової заміни хлориду натрію хлоридом калію на 20 добу визрівання (зрілий сир)**

Зразки бринзи	Показники				
	Масова частка жиру в сухій речовині, %	Масова частка вологи, %	Масова частка NaCl + KCl, %	Масова частка NaCl, %	Активна кислотність, одиниць, рН
К	45,9±0,3	53,1±0,2	4,2±0,1	4,2±0,1	4,23±0,03
Д1	44,3±0,3	52,2±0,3	4,3±0,2	3,44±0,2	4,22±0,02
Д2	45,8±0,2	52,4±0,3	4,1±0,1	3,28±0,1	4,33±0,03

(n=3, p&lt;0,05)

Таблиця 7

**Нітрогеновмісні сполуки бринзи на 12 добу визрівання**

Зразки бринзи	Загальний Нітроген, мг/г	Загальний розчинний Нітроген, мг/г	Нітроген небілкових розчинних нітрогеновмісних сполук, мг/г	Нітроген розчинних білкових речовин, мг/г
К	28,80±0,12	14,96±0,12	2,32±0,12	12,64±0,11
Д1	30,50±0,14	18,54±0,13	2,50±0,15	16,04±0,12
Д2	29,66±0,13	17,84±0,16	2,43±0,13	15,41±0,12

(n=3, p&lt;0,05)

Таблиця 8

**Нітрогеновмісні сполуки бринзи на 20 добу визрівання (зрілий сир)**

Зразки бринзи	Загальний Нітроген, мг/г	Загальний розчинний Нітроген, мг/г	Нітроген небілкових розчинних нітрогеновмісних сполук, мг/г	Нітроген розчинних білкових речовин, мг/г
К	33,48±0,12	28,50±0,13	7,30±0,12	21,2±0,12
Д1	36,16±0,14	30,02±0,13	8,70±0,14	21,32±0,14
Д2	35,54±0,11	29,28±0,11	8,10±0,11	21,18±0,1

(n=3, p&lt;0,05)

**Висновки.** Визначено за органолептичними показниками максимально можливий відсоток заміни хлориду натрію хлоридом калію, який становить 30%. Бринза, виготовлена із більшою часткою хлориду калію, набуває вади - гіркокого смаку та йодистого присмаку.

Встановлено, що заміна 20 і 30% хлориду натрію хлоридом калію не здійснює негативного впливу на органолептичні та фізико-хімічні показники овечої бринзи. Вказані відсотки заміни кухонної солі хлоридом калію знижують масову частку NaCl на 0,70-0,97% залежно від рівня заміни у бринзі.

**Список літератури:**

- Петрович О. Мировой сыродел. Молочна промисловість. 2009. № 4(53). С. 14–17.
- Какой сыр выгодно производить в Украине? Молокопереработка. 2006. № 7.

3. Каган Я.Р. Сыры с пробиотической микрофлорой. Сыроделие и маслоделие. 2009. № 2. С. 24–27.
4. Николаев А.М. Технология сыра. М. : Агропромиздат, 1985. 327 с.
5. Свириденко Ю.Я., Мордвинова В.А. Инновационные разработки в области сыроделия. Сыроделие и маслоделие. 2011. № 3. С. 17–19.
6. Генералова Б.А., Лобасенко Н.А., Шейфель О.А. и другие. Новый мягкий кислотно-сычужный сыр. Сыроделие. 2000. № 4. С. 14.
7. Скульська І.В., Цісарик О.Й. Вплив часткової заміни хлориду натрію на протеоліз при виробництві бринзи. Східно-Європейський журнал передових технологій. 5/11 (71). 2014. С. 126.
8. ДСТУ 7065:2009. Бринза. Загальні технічні умови. БЗ№ 10–2009/789. Видання офіційне. Київ : ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ України 2010. 12 с.
9. Ayyash M.M., Sherkat F., Shah N.P. The effect of NaCl substitution with KCl on Akawi cheese: Chemical composition, proteolysis, angiotensin-converting enzyme-inhibitory activity, probiotic survival, texture profile, and sensory properties. Journal of Dairy Science. 2012. Vol. 95, № 9. P. 4747–4759.
10. Lu Y., McMahon D.J. Effects of sodium chloride salting and substitution with potassium chloride on whey expulsion of Cheddar cheese. Journal of Dairy Science. 2015. Vol. 98, P. 78–88.
11. Urbach G. Contribution of lactic acid bacteria in flavour compound formation in dairy products. Int. Dairy J. 1995. Vol. 5. P. 877–903.
12. Скульская И.В., Цисарык О.И. Изменения белковых веществ брынзы под влиянием частичной замены поваренной соли хлоридом калия. Вестник Могилевского государственного университета продовольствия. 2016. № 1(20). С. 40–45.

#### **Skulska I.V., Tsisaryk O.I., Slyvka N.B. FORMATION OF QUALITATIVE INDICATORS OF THE CHEESE MADE AT PARTIAL REPLACEMENT OF SODIUM CHLORIDE**

*The article examines the main organoleptic and physicochemical parameters of brine cheese, which is made from sheep's milk by advanced technology. The main technological solutions for ensuring the quality of cheese due to the possibility of improving some technological operations, namely salting operations by reducing the salt content in the cheese due to its partial replacement with potassium chloride. As a result of the conducted researches the maximum percentage of replacement of table salt by potassium chloride which makes 30% is established.*

*Samples of cheese with 50 and 100% replacement were characterized by a bitter taste and iodine odor and aftertaste. Thus, the improvement of technology is 20 and 30% replacement of salt with potassium chloride. Due to this, the salt content is reduced to the minimum value provided by the current regulations (4%). In the experimental samples, the salt content is generally 0.82-0.97% lower. This reduces the consumption of salt at the daily consumption of cheese (70 g). Thus, 3 samples of cheese were made with partial replacement of table salt with potassium chloride: K – control sample using sodium chloride; D1 and D2 – cheese, made with 20 and 30% replacement of sodium chloride with potassium chloride, respectively.*

*According to the results of the research, the organoleptic and physicochemical parameters of the cheese, which is made by advanced technology, fully meet the requirements of regulatory documentation: the taste is moderately salty; the smell is pure, sour-milk, peculiar to sheep's milk; the consistency is elastic, brittle, but not brittle; color – white, slightly creamy; crust is missing. In the experimental samples of cheese there is an increase in dry matter content, which, accordingly, increases the yield of cheese. Since cheese contains a minimum salt content of 4%, it is recommended to use it as a component of many dishes for people of different ages.*

**Key words:** brine cheese, brynza, table salt (sodium chloride), potassium chloride, brine, bacterial preparation, pickling, ripening, storage.

**Шинкарук М.В.**

Херсонський державний аграрно-економічний університет

**Кірова Я.В.**

Херсонський державний аграрно-економічний університет

## ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ У ВИРОБНИЦТВІ КОНСЕРВОВАНИХ ОГІРКІВ

*Стаття присвячена аналізу консервної промисловості, а саме виробництву плодоовочевих консервів та напрямам вирішення актуальної проблеми населення України раціонального харчування, а саме підвищення біологічної цінності харчових продуктів та збагачення продуктів функціональними інгредієнтами. Розглянуто етапи створення функціонального продукту. Проаналізовано деякі технології виробництва маринованих огірків іншими вітчизняними науковцями та обґрунтування змінення одного інгредієнту на інший, оцтової есенції, яку отримують при сухій перегонці деревини хімічним шляхом, яка має властивість консерванту, тобто бактерицидну дію, на яблучний та виноградний оцет, а ще краще у маринадах кислоти замінити на інші кислоти рослинного походження, а можна і на яблуневий сік, також можна зробити заміну на молочну сироватку, де вміст сухих речовин вище, ніж в маринадах на оцті. Вміст загального цукру – відносно однаковий. Проте, завдяки лактозі, що міститься в молочній сироватці, масова частка цукру може збільшуватися. Розглядалася суміш прянощів «Духмяний», яка має вишуканий аромат та щадний вплив на шлунково-кишковий тракт. Проаналізовано стратегічний напрям розвитку харчової промисловості в даному випадку ТОВ «Флодоовочевий комбінат «Херсон» (с.мт. Зеленівка Херсонської області). Розглянута харчова і біологічна цінність та лікувальні властивості червоної смородини та квітів чорнобривців. Проаналізовані результати визначення якості квітів чорнобривців. Розглянута основна і допоміжна сировина. Розроблена рецептура консервів «Мариновані огірки “Marigold”», технологічна схема виробництва. Обґрунтовано оптимізацію технологічного процесу. Зроблено висновок, що така технологія буде відповідати вимогам стандарту, сприяти раціональному використанню та збагаченню організму людини мікронутрієнтами завдяки підвищенню харчової цінності готового продукту.*

**Ключові слова:** технологія виробництва, мариновані огірки, нетрадиційна рослинна сировина, функціональний продукт, червона смородина, квітки чорнобривців, рецептура, технологічна схема.

**Постановка проблеми.** Консервна промисловість – одна з найважливіших галузей харчової промисловості України. Основним напрямом цього підрозділу є виробництво плодоовочевих, м'ясних, рибних і молочних консервів. Найбільший відсоток (майже 80%) займає консервоване виробництво плодоовочевого напрямку.

Консервування овочів та фруктів полягає в тому, що воно забезпечує населення біологічно цінними речовинами на цілий рік. Результати досліджень сучасного харчування населення свідчать про недостатнє споживання незамінних компонентів їжі, що знижує опір організму впливу факторів навколишнього середовища, формує синдром хронічної втоми, депресії, знижує розумову і фізичну активність. За дослідженням вчених, населенню України не вистачає поживних речовин, вітамінів у своєму щоденному раціоні, отже, необхідно роз-

робляти напрями щодо збагачення продуктів функціональними інгредієнтами. Одним із найважливіших напрямів вирішення проблеми раціонального харчування є підвищення біологічної цінності харчових продуктів. Тому створення доступних і збалансованих у харчовому відношенні та біологічно повноцінних продуктів є актуальною проблемою для населення України [1].

**Аналіз останніх досліджень.** Створення функціонального продукту має декілька етапів, а саме:

- вибір продукту, який необхідно збагатити;
- вибір функціональних інгредієнтів, які необхідно додати до традиційного продукту;
- вибір природного функціонального продукту як джерела необхідних функціональних інгредієнтів;
- дослідження сумісності за фізико-хімічними та біологічними властивостями доданого

функціонального інгредієнту з компонентами продукту, що підлягає збагаченню;

- складання рецептури функціонального продукту;

- дослідження технологічних режимів підготовки функціонального інгредієнта і його внесення; вибір стадії технологічного процесу, найбільш придатної для внесення функціонального інгредієнту;

- оцінка органолептичних, споживних властивостей отриманого функціонального продукту і його біологічна цінність;

- оцінка економічної та соціальної ефективності виробництва і реалізації нового функціонального продукту, його конкурентоспроможності;

- розробка нормативно-технічної документації на виробництво нового функціонального продукту [2].

Коли новий продукт пройде всі етапи інноваційного розроблення, його необхідно впровадити в виробництво та просувати на ринок для реалізації у вигляді готового товару [3; 4; 5].

Цій проблемі приділяють увагу багато вчених, таких як О.В. Стоянова та К.В. Зубкова [6], які розробили технологію виробництва маринованих огірків, де одним із головних компонентів маринаду є оцтова есенція, яку отримують під час сухої перегонки деревини хімічним шляхом. Оцтова кислота має властивість консерванту, тобто бактерицидну дію. Відомо, що патогенна мікрофлора найбільш сприятливо розвивається в лужному середовищі, тому підкислення продуктів оцтовою кислотою, що має рН 3,3-4,0, запобігає розвитку мікроорганізмів. Більшість патогенних мікроорганізмів гине в 2%-му розчині оцтової кислоти. Але вона дуже шкодить організму людини і особливо організму дітей молодшого віку, тому розумніше використовувати яблучний або виноградний оцет, а ще краще у маринадах кислоти замінити на інші кислоти рослинного походження, а можна і на яблучний сік, який має корисний вплив на організм людини та не забороняється у дитячому та дієтичному харчуванні, також було доведено, що нові консерви характеризуються високими органолептичними властивостями.

Ще одним науковцем, Н.В. Кацеріковою [7], була запропонована заміна оцтової кислоти в маринаді шляхом використання нетрадиційної сировини – молочної сироватки. Було встановлено, що в маринадах на основі молочної сироватки вміст сухих речовин вище, ніж у маринадах на оцті. Вміст загального цукру відносно однаковий. Проте, завдяки лактозі, що міститься

в молочній сироватці, масова частка цукру може збільшуватися. Відомо, що молочна кислота є інгібітором, що перешкоджає переходу нітратів у нітрити і нітросоаміни, тому поєднання овочів і молочної сироватки в маринадах з погляду гігієнічної безпеки є оптимальним.

Науковцями А. Лисенко і С. Бажай [8] була запропонована рецептура з додаванням суміші прянощів «Духмяний», яка містить компоненти у наступних співвідношеннях: петрушка – 15%, лавровий лист – 2%, селера – 20%, м'ята – 3%, майоран – 20%, базилік – 20%, кріп – 15%, коріандр – 5%. Розроблена суміш прянощів має вишуканий смак та щадний вплив на шлунково-кишковий тракт, що дозволяє розширити коло споживачів, включаючи тих, яким не можна вживати гостру їжу.

Виробництво функціональних харчових продуктів є перспективною галуззю для різноманітних дослідницьких, наукових організацій та інноваційних компаній. Ринок функціональної продукції сьогодні являє собою динамічний і специфічний сегмент діяльності, який вимагає наявності ініціативного та кваліфікованого персоналу, здатного ефективно і досить швидко впровадити на ринок принципово нові продукти [9].

**Постановка завдання.** Основним завданням публікації є розробка технологічної схеми маринованих огірків “Marigold”, обґрунтування оптимізації технологічного процесу, обґрунтування вибору інноваційного інгредієнту рослинного походження.

**Виклад основного матеріалу.** ТОВ «Плодоовочевий комбінат “Херсон”» (смт Зеленівка Херсонської області) є одним із підприємств області, яке виробляє продукцію за традиційними технологіями, що дозволяє отримувати натуральну, якісну та конкурентоспроможну, таку як томатна паста, соуси, мариновані помідори та огірки, соки та іншу консервацію [10].

Завдяки розширенню асортименту, впровадженню інноваційних технологій, розумінню потреб споживачів підприємство укріплює свої позиції на споживчому ринку, а налагоджений технологічний процес, що забезпечує якість, безпечність та натуральність продукції, дозволяє зберегти в продукції комплекс вітамінів і смакові властивості [11].

Велику увагу приділяють новим розробкам технологічних схем та рецептур. Після проведення всіх необхідних лабораторних досліджень впроваджують у виробництво.

Вищевказане підприємство випускає таку продукцію, як «Огірки мариновані», «Огірки мари-

новані по-херсонські» та «Огірки мариновані гострі», «Огірки мариновані по-домашньому», «Асорті № 2», «Асорті № 2 «Пікантні». Після ретельного перегляду рентабельності цих продуктів керівництво дійшло такого висновку, що необхідно розробити разом з науковцями Державного вищого навчального закладу «Херсонський державний аграрний університет» новий вид консервів – «Огірки мариновані “Marigold”».

Щоб перейти до розроблення рецептури та технологічної схеми даного продукту, необхідно розглянути всі складники.

**Огірки.** Для виробництва консервів «Мариновані огірки “Marigold”» використовують огірки з недозрілим насінням, щільною і пружною м'якоттю, зеленого кольору, правильної циліндричної форми у стадії технічного дозрівання.

У виробництво не допускаються огірки в'ялі, перерослі чи перезрілі з розвиненим шкіряним насінням та з пустотами усередині, м'яті, з тріщинками, поражені шкідниками, запарені чи підморожені.

Для консервації придатні лише корнішони двох фракцій: 1 – довжиною від 60 до 90 мм, 2 – довжиною від 90 до 110 мм, при відношенні довжини до найбільшого діаметру не менш 2,5. Огірки повинні відповідати таким вимогам: відібрані, мають зелену шкірку різноманітних відтінків. М'якоть огірків повинна бути пружною і щільною, насіннева камера – невеликою, насіння – недорозвинуте. Перестиглі огірки не допускаються.

Рекомендовані сорти – Борщаговський, Должник, Донской, Дружба 60, Павловський, Чорнобривець, Ніжинський та інші.

**Допоміжні матеріали.** Вода питна, сіль, цукор білий кристалічний, оцтова кислота, кріп свіжий, часник свіжий, лавровий лист.

**Червона смородина.** Ягоди червоної смородини містять значну кількість органічних кислот і цукрів, поєднання яких зумовлює приємний, освіжаючий смак.

Червона смородина багата на вітамін А, С, Е, містить залізо, калій, бурштинову і яблучну кислоту, пектинові і азотисті речовини і мінерал селен. У ягодах червоної смородини знайдено 0,2–0,5 мг / 100 г бета-каротину.

Ягоди червоної смородини містять безліч антиоксидантів, здатних протистояти раковим клітинам.

Червона смородина містить аскорбінової кислоти в червоних плодах в 4–5 разів більше, ніж в чорній. У червоній смородині дуже багато заліза, яке так необхідне судинам, і калію, який благо-

творно впливає на серце і виводить з організму зайву рідину, не дозволяючи з'являтися набрякам і мішкам під очима.

Червона смородина досить широко застосовується в народній медицині дуже багатьох країн, її використовують для лікування хворих на діабет, для збудження апетиту, проти нудоти і т.п.

Сік із червоної смородини має в'язучу, сечогінну, жовчогінну дію. Червона смородина має протизапальну, жарознижувальну, кровотворну, протисну і загально зміцнюючі властивості.

Кумаринові речовини, що входять до складу червоної смородини, знижують згортання крові та сприяють попередженню інфарктів та інсульту, а пектинові, пов'язуючи холестерин, профілактиці атеросклерозу.

Вміщені в ягодах червоної смородини бурштинова і яблучна кислоти, ефективні в літньому віці, при перевтомі; смородиновий сік рекомендують застосовувати спортсменам для підтримки тону при марафонських забігах, для прискорення відновлення сил після змагань. Сік смородини п'ють при спастичних колітах і ентероколітах. Він втамовує спрагу, знижує температуру у хворих, особливо у дітей, має протизапальну і потогінну дію, допомагає при анемії.

Свіжі плоди червоної смородини, а також продукти їх переробки покращують апетит, підвищують засвоюваність харчових речовин, кілька підсилюють перистальтику кишечника. Сік володіє освіжаючим смаком і вважається корисним при сечокам'яної хвороби, так як він сприяє виведенню уратів (солей сечової кислоти). Сік ягід добре втамовує спрагу, зменшує температуру при гарячкових захворюваннях, усуває відчуття нудоти, пригнічує блювоту і збуджує перистальтику кишечника.

Сік смородини збільшує виділення поту і сечі і викликає посилене виділення солей з сечею. Сік також має слабку жовчогінну і послаблюючу властивостями і протизапальною і кровоспинну дію. Ягоди і сік є прекрасним засобом для поліпшення апетиту і посилення діяльності шлунка і кишечника. Червона смородина корисна для людей, які страждають тривалими хронічними закрепками. Ягоди повинні бути свіжі, не перестиглі, не м'яті, чисті, без зайвої зовнішньої вологості.

**Чорнобривці бархатні** – квітка має гіркий аромат, цілющу силу, містить у собі багато ефірної олії і інших корисних речовин. Здатна знизити кількість цукру у крові на початку цукрового діабету, позитивно впливає на підшлункову залозу. У разі порушення обміну речовин (псоріаз,

Результати визначення якості квітів чорнобривців

Показник якості	Результати аналізу
Зовнішній вигляд	Квіти зазвичай середні і крупні, округлої форми.
Колір	Від світло-жовтого до теракотового.
Розмір часток	Довжина пелюсток – від 1 до 4 см
Запах	Приємний, трошки пряний, без сторонніх відділків, запаху плісняви чи вологи
Смак	Трошки гіркуватий та пряний, злегка в'язучий
Однорідність сировини	Сировина неоднорідна, квіти мають різні розміри

Таблиця 2

**Рецептура виробництва консервів  
«Мариновані огірки “Marigold”»**

Назва інгредієнту	На 1 т готового продукту, кг		
	1 зразок	2 зразок	3 зразок
Огірки	450	400	3500
Залива	500	500	500
Червона смородина	50	100	150
Цукор білий	25	25	25
Сіль	17,8	17,8	17,8
Оцтова кислота 99,8	1,5	1,5	1,5
Насіння гірчиці	2,0	2,0	2,0
Кріп свіжий	20	20	20
Перець стручковий гострий	0,665	0,665	0,665
Часник	0,570	0,570	0,570
Лавровий лист	0,2	0,2	0,2
Квіти чорнобривців	0,2	0,35	0,5

Таблиця 3

**Рецептури залив**

Назва інгредієнту	На 100 л.	На 900 л.	На 1000 л.
Сіль	3,4	30,6	34
Цукор	4,4	40	44,4
Кислота лимонна	0,17	1,2	1,6
Екстракт часнику	0,0003	0,0027	0,003
Хлористий кальцій	0,12	1,1	1,2
Бензоат натрію	0,03	0,27	0,3

вітиліго, діатези, нейродерміти, випадіння волосся, погіршення зору) чорнобривці мають цілющі властивості, знижують артеріальний тиск завдяки великій кількості седативних здібностей, що знаходяться в квітці чорнобривців.

Використовувати цю рослину можна не тільки як ліки, її додають в харчові продукти для підсилення не лише аромату, але й для підвищення лікувальних властивостей, що підвищує імунітет та стійкість організму до застудних захво-

рювань, різних вірусів і бактерій. Вони роблять їжу корисною і допомагають нормальному травленню. В маринадах надають овочам пряний аромат і пружність [12].

Результати визначення якості квітів наведені в таблиці 1.

Розглянувши всі складники, переходимо до розроблення рецептури. Для виробництва маринованих огірків “Marigold” запропоновано використовувати допоміжну сировину багатофункціонального призначення – квітки чорнобривців (Бархатці) для більш насиченого смаку і запаху. Запропоновані рецептури виробництва маринованих огірків та залив наведена в таблицях 2 та 3.

Згідно з розробленою рецептурою запропонована технологічна схема виробництва консервів «Мариновані огірки “Marigold”» в умовах лабораторії плодоовочевого комбінату «Херсон», яка включає наступні процеси: приймання сировини – миття сировини – очищення сировини – ополіскування сировини – інспектування сировини – бланшування сировини – обрізання кінців – підготовка спецій – приготування залив – фасування – підготовка кришок і тари – закупорювання – стерилізація – оформлення готової продукції – зберігання, яка наведена на рис. 1.

Рецептура приготування консервів з вмістом оцтової кислоти є стандартною, а з вмістом лимонної, молочної або яблучної – визначалася дослідним шляхом. На основі проведених досліджень авторами обґрунтовано технологію виготовлення овочевих консервів за новою рецептурою, основними інгредієнтами якої є огірки та червона смородина [12]. Встановлено, що нові консерви характеризуються високими органолептичними властивостями. Після двох місяців зберігання консервів будуть проведені органолептичні та фізико-хімічні аналізи та порівняння отриманих даних з вимогами якості згідно з ДСТУ 3352-96.

Щоб оптимізувати технологічний процес, замочування замінили на бланшування.

Замочують огірки для того, щоб вони були хрусткими. Якщо ж огірки гіркі, то після замочування, гіркота не зникне, вона залишиться навіть після маринування. Гіркота огірків нейтралізується завдяки тепловій обробці, тому нами було запропоновано замінити технологічний процес замочування на тепловий процес бланшування.

Бланшування овочів – це занурення їх на 2–3 хвилини у воду при температурі 50–60°C. Це поняття походить від французького *blanchir* – мити, обдавати окропом, вибілювати.

Обробляють таким способом різні плоди і зелень для того, щоб прибрати їх специфічний запах, поліпшити смак, зберегти колір, а також позбутися шкідливих мікроорганізмів, у нашому разі прибрати гіркоту в огірках, але щоб отримати дійсно бланшування, а не варені овочі, слід знати всі тонкощі цього прийому.

Перше важливе правило – дотримуватися технологічних параметрів технології бланшування. Продукти повинні знаходитися у воді не довше 2–3 хвилин. Друге правило – швидко охолоджувати під струменем проточної води. Це необхідно для того, щоб відразу зупинити процес термообробки.

**Висновки.** Розроблення технологічної схеми нової консервованої продукції буде доцільним, тому що цей продукт є корисним для населення, які мають порушення імунної системи та деякі інші захворювання.

Таким чином, розглянуто технологічні процеси для кожного виду сировини та складена технологічна схема.

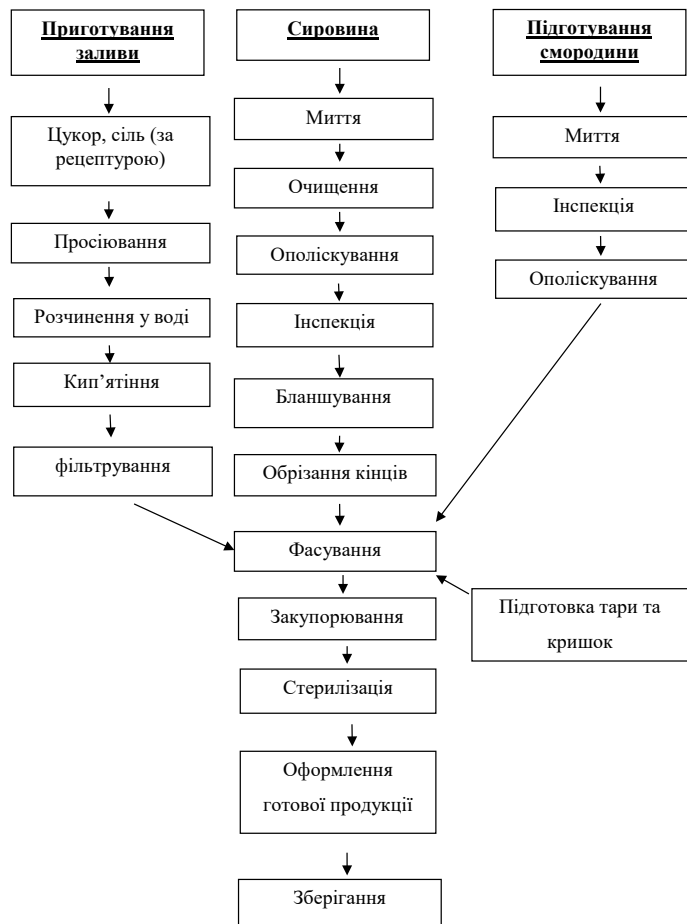


Рис. 1. Технологічна схема виробництва консервів «Маріновані огірки «Marigold»»

У результаті цей продукт спрямований на поліпшення харчової цінності, тобто на забезпечення відповідності їх хімічного складу фізіологічним потребам організму людини.

**Список літератури:**

1. Єгоров Б.В., Мардар М.Р. Розробка збагачених харчових продуктів із покращеними споживчими властивостями, *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі*. Харків : ХДУХТ. 2012. С. 124–126.
2. Основні етапи створення функціональних продуктів. URL: <https://studfile.net/preview/2302484/page:10/>
3. Новікова Н.В., Ряполова І.О. Проблеми впровадження інновації у харчовій промисловості. *Вісник ХНТУ*. Херсон :, 2020, Вип. 1(72), С. 117–123.
4. Воевода Н.В., Легутенко А.С. Оптимізація технології виробництва ікри оздоровчого спрямування з гарбузом. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського*. № 4. Т. 31(70). 2020 р. С. 208–212.
5. Voievoda N. Prospects of enterprises development by implementation of new healthcare products technologies. *Theoretical and Methodological Approaches to the Formation of a Modern System of Enterprises, Organizations and Institutions' Development: Collective Scientific Monograph (1st edition)*. Dallas, USA: Primedia eLaunch LLC, 2019. P. 72–83.
6. Валько М.І., Тіхосова Г.А., Стоянова О.В., Зубкова К.В. Удосконалення технології овочевих маринадів. *Вісник ХНТУ*. 2019, № 2 (57), С. 113–117.
7. Кацерікова Н.В. Технологія продуктів функціонального призначення: Учебное пособие. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2004. 146 с.

8. Артем Лисенко, Світлана Бажай. Суміш прянощів «Духмяні»: Праці 84 міжнародної наукової конференції молодих вчених, аспірантів і студентів. м. Київ, 23–24 квітня 2018 р., Київ: НУХТ 2018. С. 12.

9. Кірова Я.В., Шинкарук М.В. Застосування нетрадиційної сировини у виробництві консервованих огірків. *Сучасний стан та перспективи розвитку тваринництва України в умовах євроінтеграції*. Херсон, 11 вересня 2020 р. С. 302–304.

10. Плодоовочевий комбінат з Херсонщини налагодив успішний експорт своєї продукції. URL: <https://ukrainefood.org/2019/10/plodoovochevyj-kombinat-z-khersonshchyny-nalahodyv-uspishnyj-eksport-svoiei-produktsii/>

11. ТОВ плодоовочевий комбінат «Херсон». URL: <https://khoda.gov.ua/36935-2>.

12. Що приховують чорнобривці? URL: <https://familytimes.com.ua/roslini/scho-prikhovuyut-chornobrivci>.

**Shyinkaruk M.V., Kirova Ya.V. RATIONALE FOR THE DEVELOPMENT OF THE DEVELOPMENT OF A NEW TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF CANNED CUCUMBERS WITH THE ADDITION OF NON-TRADITIONAL PLANTS**

*The article is devoted to analysis of the canning industry, namely the production of canned fruits and vegetables and the direction of solving the current problem of Ukraine population of in nutrition, namely increasing the biological value of food and enriching products with functional ingredients. The stages of creating a functional product are considered. Some technologies of pickled cucumber production by other domestic scientists and substantiation of change of one ingredient to another are analyzed: acetic essence, which is obtained by dry distillation of wood by chemical means, which has preservative properties, and bactericidal effect, on apple and grape vinegar; and even better in marinades, replace the acid with other acids of plant origin or also on apple juice, and also make a substitute for whey, where the dry matter content is higher than in marinades with vinegar. The content of total sugar is relatively the same. However, due to the lactose contained in whey, the mass fraction of sugar may increase. A mixture of spices “Fragrant” was considered, which has a delicate aroma and a gentle effect on the gastrointestinal tract. The strategic direction of food industry development in this case of Fruit and Vegetable Plant Kherson (Zelenivka town, Kherson region) is analyzed. The nutritional and biological value and medicinal properties of red currants and marigold flowers are considered. the results of determining the quality of marigold flowers are analyzed. The main and auxiliary raw materials are considered. The recipe of canned food marinated cucumbers “Marigold”, and the technological scheme of production is developed. The optimization of the technological process is substantiated. It is concluded that such technology will respond the requirements of the standard, promote the rational use and enrichment of the human body with micronutrients by increasing the nutritional value of the finished product.*

**Key words:** production technology, pickles, non-traditional vegetable raw materials, functional product, red currant, marigold flowers, recipe, technological scheme.



## ТРАНСПОРТ

УДК 625.76

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/19>**Арсеньєва Н.О.**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Фоменко Г.Р.**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

### ФУНКЦІОНАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ МІСЬКИХ ВУЛИЦЬ І ДОРІГ – ШЛЯХ ДО ПОКРАЩЕННЯ УМОВ РУХУ

У статті розглянуто питання, які пов'язані з розвитком та покращенням роботи вулично-дорожньої мережі в містах. Проектування раціональної структури вулично-дорожніх мереж, які будуть відповідати вимогам перспективного розвитку міст і покращення роботи існуючих, потребує вдосконалення методів оцінки та розроблення шляхів їх покращення. Один із напрямів – це функціональна класифікація міст. У розвинутих країнах світу протягом багатьох років використовується функціональна класифікація в містах, що дає позитивні результати у вирішенні питань архітектурного і містобудівного проектування, безпеки та організації руху. В Україні нормативний документ передбачає розподіл на магістральні дороги, магістральні вулиці загальноміського значення з безперервним та регульованим рухом, магістральні вулиці районного значення і місцеві вулиці й дороги.

З метою покращення роботи вулично-дорожньої мережі та створення комфортних умов для життя людей розглядаються питання внесення змін до діючого нормативного документу. Передбачається ввести класифікацію міських вулиць за функціональним призначенням з урахуванням того, на кого вони розраховані, а саме: пішоходів, велосипедистів, громадський транспорт, автомобілі або змішаний рух. За таким принципом організовано рух на вулицях у багатьох містах Європи. Також розглянуто питання, які спрямовані на підвищення безпеки дорожнього руху на вулично-дорожніх мережах, зниження негативних наслідків від конфліктних ситуацій та дорожньо-транспортних пригод. Значну увагу приділено покращенню велосипедної інфраструктури, експлуатаційних показників і досягнення їх відповідності європейським стандартам.

Розглянуто принципи класифікації в країнах Європи. Функціональні класифікації в країнах Європи характеризуються великим різноманіттям у порівнянні з іншими країнами світу. Європейські класифікації та основні норми проектування проводяться в межах програм Європейської Комісії у виді спеціального проекту ARTISTS. Протягом тривалого часу класифікації переглядалися у країнах, які є учасниками проекту, і було відображено 14 основних критеріїв. Не менш важливими є методичні документи Світової Дорожньої Асоціації – PIARC. У методичних документах PIARC (розробник – Комітет по міським територіям C10) виділяє важливі напрями в проектуванні транспортних систем у містах. Рекомендації в низці питань узагальнюють сучасні класифікації багатьох країн світу і досвід проектування вулично-дорожніх мереж.

Слід приділити увагу англійським класифікаціям і нормам швидкості руху. Великобританія має традиційно високі, навіть за європейськими стандартами, показники безпеки руху. Суттєвою особливістю англійських дорожніх класифікацій є їхня раціональність. Приклад Лондона показує, що в класифікації нашої країни слід використати їхні основні положення.

**Ключові слова:** функціональна класифікація, вулично-дорожня мережа, проектування, міські вулиці, транспорт, пішохідний рух, забудова території.

**Постановка проблеми.** Процес планування розвитку міст пов'язаний із вирішенням складного комплексу питань, таких як технічні та композиційні задачі. Не менш важливими є питання, пов'язані з розвитком і роботою вулично-дорожньої

мережі в містах. Збільшення об'ємів транспортних потоків супроводжується погіршенням умов руху, зниженням пропускної здатності, утворенням заторів, зростанням дорожньо-транспортних пригод та кількості загиблих. Проектування раціональної

структури вулично-дорожніх мереж, які будуть відповідати вимогам перспективного розвитку міст і покращенню роботи існуючих, потребує вдосконалення методів оцінки та розроблення шляхів їх покращення. У діючих нормативних документах України, а саме ДБН 360-92, ДБН В.2.3-5-2018, передбачена класифікація вулиць і доріг у залежності від груп населених пунктів. Необхідно відмітити, що в нормах усіх розвинутих країн світу використовується функціональна класифікація. Функціональна класифікація являє собою процес, за допомогою якого вулиці й дороги групуються в класи відповідно до характеру транспортних зв'язків, які обслуговуються. Аналіз закордонного досвіду свідчить про позитивні показники її введення протягом тривалого часу.

Міська вулично-дорожня мережа являє собою систему вулиць та доріг різних категорій, які забезпечують транспортні переміщення всередині міста. У складі вулично-дорожньої мережі необхідно виділити вулиці й дороги магістрального і місцевого значення. У свою чергу магістральну мережу характеризують планувальна і функціональна структури. Задача першої – це трасування вулиць, а другої – їх диференціація по видах вирішуваних задач і категоріях. В основі планувальної структури передбачаються проектні розробки, тоді як функціональна складова частина визначається нормативним документом [1; 2; 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання розвитку існуючої транспортної інфраструктури набувають все більшого значення. Останнім часом значна увага приділяється питанням удосконалення класифікації міських вулиць і доріг за їх функціональним призначенням. У роботах А.Ю. Михайлова, А.В. Сигаєва, М.М. Девятова, В.І. Гука, А.Я. Хом'як розглядаються питання розвитку, модернізації критеріїв ефективності функціонування вулиць і доріг міст та покращення організації дорожнього руху і пішоходів [1; 2; 3; 4; 5].

**Постановка завдання.** Метою роботи є дослідження питань функціональної класифікації вулиць і доріг з урахуванням критеріїв покращення роботи вулично-дорожньої мережі і благоустрою території міст.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Зростання рівня завантаження міських вулиць і доріг значно впливає на погіршення умов руху, створення конфліктних ситуацій, зниження комфорту переміщень. Характерними особливостями міських умов є зміни чисельності населення міста і рівня автомобілізації, щільність вулично-дорожньої мережі, геометричні схеми її побудови,

а також перспективи розвитку і використання міських територій.

У світовій практиці протягом багатьох років використовуються функціональні класифікації для вирішення питань архітектурного і містобудівного проектування, безпеки та організації руху.

Діючим в Україні нормативним документом є ДБН В.2.3-5-2018 «Вулиці та дороги населених пунктів», який передбачає розподіл на магістральні дороги, магістральні вулиці загальноміського значення з безперервним та регульованим рухом, магістральні вулиці районного значення і місцеві вулиці та дороги [6]. З метою покращення роботи вулично-дорожньої мережі та створення комфортних умов для життя людей розглядаються питання змін до діючого нормативного документа ДБН В.2.3-5-2018. Мінрегіон України пропонує розглянути введення класифікації міських вулиць за функціональним призначенням. У нових змінах передбачається ввести класифікацію міських вулиць і доріг за функціональним призначенням, тобто в залежності від того, на кого вони розраховані: пішоходів, велосипедистів, громадський транспорт, автомобілі або змішаний рух. За таким принципом організовані вулиці у багатьох містах Європи. Також розглянути питання, які спрямовані на підвищення безпеки дорожнього руху на вулично-дорожніх мережах, зниження негативних наслідків від конфліктних ситуацій та дорожньо-транспортних пригод. У ході проектування та будівництва вулиць і доріг значу увагу приділяють покращенню велосипедної інфраструктури, експлуатаційних показників і досягнення їх відповідності європейським стандартам. Не менш важливим є створення композицій елементів, улаштування транспортних розв'язок, вирішення питань забезпечення безпеки пішоходів під час перетину проїзної частини, забезпечення безперешкодного пересування маломобільних груп населення [3; 4; 7; 8]. Необхідним є захист пасажирів від наїзду на зупинках громадського транспорту, а також заборона розміщення на пішохідних зонах тимчасових споруд чи рекламних конструкцій. Важливою є оптимізація проїзду лівого повороту, облаштування пересадочних пунктів громадського транспорту. Під час проектування вулиць і доріг необхідно передбачати їх озеленення, забезпечення зовнішнього освітлення [2; 7; 9; 10].

Щодо положень формування класифікації за функціональним призначенням міських вулиць і доріг в Україні необхідно розглянути принципи класифікації в країнах Європи. Класифікації країн Європи характеризуються великим різноманіттям

у порівнянні з іншими країнами світу. Європейські класифікації та основні норми проектування проводяться в рамках програм Європейської комісії у виді спеціального проекту ARTISTS, метою якого є розроблення концепції «Стийких магістральних вулиць» (Sustainable Arterial Streets). Протягом тривалого часу класифікації переглядалися у країнах, які є учасниками проекту, і з виявлених 39-ти критеріїв було відібрано 14 основних і додаткові, що пов'язані з архітектурно-планувальними характеристиками, які наведені в таблиці 1 [11].

Порівняльний аналіз класифікацій, які використовують тільки в країнах-учасниках проекту, дозволив виділити такі основні показники:

– характеристики, які систематично використовуються для розподілу вулиць і доріг на категорії – 6 критеріїв;

– характеристики, що використовуються частково для виділення деяких категорій вулиць – 8 критеріїв. Існуючі класифікації базуються на транспортних критеріях і критеріях організації руху з урахуванням співвідношення функцій «Обслуговування руху – обслуговування доступу».

Слід приділити увагу методичним документам Світової Дорожньої Асоціації – PIARC [12; 13]. Методичні документи PIARC (розробник – Комітет по міським територіям C10) виділяють такі важливі напрями в проектуванні транспортних систем міст:

– зниження інтенсивності руху в центрах міст;

– пріоритет громадського пасажирського транспорту і автомобілів, які використовуються декількома пасажирами;

– політика в області організації паркування;

– взаємодія між вулично-дорожньою мережею і міським середовищем.

Зміни поглядів на задачі проектування вулично-дорожніх мереж і способи їх вирішення враховані й систематизовані в додатках PIARC з функціональної класифікації міських вулиць і доріг. Ці рекомендації в низці питань узагальнюють сучасні класифікації багатьох країн світу і досвід проектування вулично-дорожніх мереж. Спеціалісти профільного комітету C10 значно розширили розуміння функцій міських вулиць і доріг, до яких віднесені:

Таблиця 1

Основні критерії класифікації міських доріг у країнах-учасниках проекту ARTISTS [11]

Критерій		Коментар	
Характеристики, які систематично використовуються	1	Швидкість (Traffic speed)	Проектна швидкість або верхнє обмеження швидкості
	2	Дальність поїздки (Trip length)	Дальність поїздок і кореспонденцій, що обслуговує вулиця
	3	Рівень зв'язку (Distination status)	Між містами або сусідніми районами міста
	4	Стратегічна роль (Strategic Pole)	Рівень, точність елементів ВДМ міста, які з'єднує дана вулиця (тобто зв'язок між елементами одного рівня чи різних)
	5	Рух / Доступ (Circulation/ Access)	Вулиця призначена для пропуску транспорту (руху) або для обслуговування прилеглої до вулиці території (доступу)
	6	Адміністрація (Administration)	Належність до мережі магістральних вулиць і доріг або до місцевої мережі
Характеристики, які частково використовуються	7	Мережні функції (Network role)	Рівень адміністрації, в компетенції якої знаходяться вулиці даної категорії
	8	Контроль доступу (Access control)	Контроль в'їзду-виїзду, тобто дозвіл або заборона влаштування примикання для місцевих проїздів
	9	Інтенсивність руху (Traffic volume)	Авт/год, авт/добу
	10	Види руху (Transport mode)	Автомобілі, громадський транспорт, пішоходи та ін.
	11	Інші користувачі (Other urban users)	Наявність/обслуговування користувачів забудови вулиці чи території, яка прилягає до вулиці
	12	Навколишнє середовище (Environment)	Стийкість навколишнього середовища
	13	Забудова (Built frontage)	Наявність забудови по межі вулиці
	14	Ширина вулиці/дороги (Road width)	Ширина відведення

- транспортні функції;
- функції транзиту – пропуск потоків між різними районами міста;
- функції забезпечення доступності – транспортне обслуговування міських районів;
- функції формування міського середовища – формування міського ландшафту, умови розміщення забудови, орієнтація;
- соціальні функції – умови проживання й роботи, відпочинку;
- екологічні функції – міський мікроклімат, повітряна циркуляція і якість повітря, стан фауни і флори, рекреація;
- економічні функції – вплив на економічну ситуацію у місті [13; 14].

З урахуванням допустимих сполучень приведених функцій у таблиці 2 рекомендовано класифікацію міських вулиць і доріг. Беручи до уваги, що ознаками вулиць є обслуговування прилеглих територій і забудови (Access), категорії доріг II–VI слід урахувати як вулиці. Спеціалісти комітету PIARC підкреслюють, що важливо спрощення класифікації вулиць і доріг, щоб уникнути їх розподіл на багато категорій. Технічний і архітектурний дизайн, благоустрій вулиць повинні давати водію необхідну інформацію для орієнтації та швидкісного режиму руху [12; 13; 14].

Таким чином, запропонована класифікація вміщує ряд положень:

- обслуговування транзитного руху автомобільного транспорту покладається тільки на міські швидкісні дороги (дороги I категорії);
- для руху автомобільного транспорту передбачаються три групи швидкості, відповідно I, II і III категорій доріг (70–90, 40–60, 10–30 км/год). Передбачається, що швидкість руху, яка дозволяється на дорогах II категорії, як правило, не повинна перебільшувати 50 км/год;
- запропонована спеціальна категорія вулиць тільки для громадського транспорту повинна покращити доступність його маршрутній мережі.

Пропозиції PIARC ураховують розповсюджений у реальній практиці клас багатофункціональних вулиць, допускають для них різні рішення (міські бульвари, дороги II і III категорії) і тому краще відповідають умовам реконструкції вулично-дорожніх мереж [12; 13; 14].

Значну увагу європейські спеціалісти приділяють головним магістральним вулицям (major arterials) і пов'язаним з ними питаннями архітектурного і містобудівного проектування, безпеки й організації руху. Для таких вулиць, які поєднують значні транспортні й пішохідні потоки, концен-

трацію офісів та ділових установ, різноманітні за призначенням об'єкти масового тяжіння, найбільш складною є проблема балансу функцій.

У зв'язку з цим профільним комітетом по міським територіям PIARC був додатково запропонований особливий вид вулиць – міські бульвари. Ідея бульварів базується на концепції «пропускної здатності навколишнього середовища». Пропускна здатність навколишнього середовища визначається як максимальна кількість людей, які можуть знаходитись у даному місці без порушення його функцій. З боку магістральних вулиць пропускна здатність отримала дещо іншу ознаку і розглядається як можливість реалізації функцій з обмеженням впливу транспорту на навколишнє середовище. З урахуванням такого підходу виникла концепція, яка вміщує такі основні положення:

- бульвар – магістральна вулиця, що обслуговує великі транспортні потоки (до 100 000 авт/добу), але має невелику дозволону швидкість руху;
- на відміну від міських доріг бульвар інтегрований у міське середовище, є його частиною і повинен мати багатофункціональне призначення (тобто допускає суміщення транспортних, соціальних, екологічних, культурних та інших функцій);
- проектні рішення і благоустрій бульвару повинні гарантувати баланс транспортних і екологічних функцій [4; 7; 14].

Концепції бульвару, технічні, містобудівні й архітектурні вимоги, які пред'являють до бульварів, задають певні принципи проектування цього класу вулиць. До технічних аспектів проектування можна віднести:

- розподіл різних видів руху (транзитний і місцевий); для цього використовують влаштування паралельних – основної проїзної частини – і місцевих проїздів (місцевий рух, паркування, обслуговування забудови);
- пересічення тільки в одному рівні (регульовані або кільцеві).

Архітектурні принципи проектування бульварів передбачають такі положення:

- пішохідні тротуари бульварів, які обслуговують різні об'єкти масового тяжіння, повинні відповідати великим об'ємам пішохідного руху;
- дизайн і архітектурні рішення повинні підкреслювати пріоритет ландшафту вулиці над її транспортними функціями, що буде впливати на поведінку водіїв і сприяти зниженню швидкості руху. У зв'язку з цим необхідно додержуватися пропорцій між елементами бульвару.

Особливу увагу слід приділити благоустрою і дизайну тротуарів, щоб підкреслити пріоритет-

ність пішохідного руху і статус вулиці. Обов'язково технічні проектні рішення повинні бути погоджені з архітектурними рішеннями [4; 7; 14].

Таким чином, розглянуті класифікації і концепції міських бульварів підкреслюють увагу до вулиць, як до елемента міського середовища, прагнення інтегрувати їх у це середовище із забезпеченням вимог до якості, благоустрою і дизайну вуличного простору.

Особливу увагу необхідно приділити англійським класифікаціям і нормам швидкості руху. Великобританія має традиційно високі, навіть за європейськими стандартами, показники безпеки руху [15]. Суттєвою особливістю англійських дорожніх класифікацій є їхня раціональність. Під час їх розроблення і затвердження в містах і графствах, у компетенції місцевого законодавства яких знаходяться правила забудови, особлива увага приділяється категоріям вулиць, що найбільш характерні й важливі для даного муніципалітету.

Класифікація міських вулиць і доріг Великого Лондона, яка затверджена «Стратегічним керівництвом з планування Лондона» (Strategic Guidance for London Planning Authorities PPG13), не складна і має всього три класи зв'язків.

Стратегічні маршрути (Strategic Routs) включають міські швидкісні дороги (Motorways), які

мають інформаційно-вказівні знаки блакитного кольору, важливіші маршрути (Primary Routs), мають інформаційно-вказівні знаки зеленого кольору, а пріоритетні – червоні маршрути (Red Routs). У зв'язку з тим, що стратегічні маршрути знаходяться під контролем мерії Великого Лондона, їх часто позначають аббревіатурою TLRN. Терміном «червоні маршрути» відзначають вулиці з особливим режимом руху, на яких у будні дні з 7:00 до 19:00 год. забороняються зупинки і паркування, що позначається безперервною червоною розміткою вздовж бортового каміння. У випадку необхідності цілодобової заборони та зупинки і паркування наноситься двійна червона лінія. Упровадження червоних маршрутів у Лондоні дозволило значно знизити кількість ДТП, збільшити швидкість сполучення транспортних потоків, а також сполучення автобусних маршрутів. Умовою для віднесення магістралі до стратегічних маршрутів є перевищення двох із трьох указаних значень добової інтенсивності руху:

- 300 автобусів міського і міжміського сполучення;
- 3000 автомобілів з малою вантажопідйомністю;
- 1000 автомобілів середньої і великої вантажопідйомності [15].

Таблиця 2

Класифікація міських вулиць і доріг, запропонована PIARC

Категорія дороги	Призначення	Дозволена швидкість	Автомобільний транспорт	Громадський транспорт	Велосипедисти	Пішоходи
		Швидкість сполучення км/год				
I	Дороги для автомобільного транспорту	70–90 40–60				
II	Дороги для змішаного руху (розподіл різних видів руху)	40–60 20–30				
III	Дороги для змішаного руху (суміщення різних видів руху)	10–30 10				
IV	Дороги для громадського транспорту	40–60 20–40				
V	Дороги для велосипедистів	20–30 10–20				
VI	Дороги для пішоходів	3–5				

Стратегічні маршрути в межах Великого Лондона становлять 5% сумарної протяжності вулично-дорожньої мережі й обслуговують 30% пробігу, окрім того, сумісно зі швидкісними дорогами обслуговують близько 50% пробігу важких вантажних автомобілів.

Розподільні дороги Лондона (London Distributor Roads) повинні обслуговувати поїздки між округами і здійснювати зв'язки з графствами, що межують із територіями Великого Лондона. Незважаючи на те, що з розподільних доріг забезпечується доступ до прилеглих територій, обслуговування руху всередині міста є їхньою головною функцією. Розподільні дороги становлять 10% сумарної протяжності вулично-дорожньої мережі й обслуговують 35% пробігу в межах міста.

Переважаючи частину «Мережі пріоритетного руху автобусів» (London Bus Priority Network) становлять дороги цієї категорії. Для внесення магістралі до розподільчих доріг Лондона необхідно перевищення двох із трьох показників добової інтенсивності руху:

- 100 автобусів міського і міжміського сполучення;
- 1000 автомобілів з малою вантажопідйомністю;
- 300 автомобілів середньої і великої вантажопідйомності.

Місцеві розподільні та під'їзні дороги в округах (Local Distributor and Access Roads). Для віднесення вулиці до розподільних доріг округів (Borough Local Distributor Roads) необхідне підвищення двох із трьох указаних показників добової інтенсивності руху:

- 30 автомобілів міського і міжміського сполучення;
- 300 автомобілів малої вантажопідйомності;
- 1000 автомобілів середньої і великої вантажопідйомності.

На місцевих вулицях (Access Roads), які не включені в класифікацію, дозволено використо-

вувати заспокоєння руху, і пішохідний рух має пріоритет [3; 4; 15].

Усього в складі округів Великого Лондона (32 округа і Сіті) знаходяться 13 000 км вулиць і доріг, з яких 1200 км віднесені до головних доріг (Principal Roads) і позначаються на картах буквою А. На групу доріг А приходить близько 30% пробігу автомобільного транспорту в межах Великого Лондона. Розподільні дороги округів, сумарна протяжність яких сягає 1600 км, позначаються буквами В або С. Особливості цієї мережі добре просліджуються на графічних матеріалах, які включають road або way і пояснюють термінологію класифікації.

Лондон характеризується низькими показниками аварійності серед надвеликих міст світу. Низькі показники аварійності вулично-дорожніх мереж Лондона пояснюються введеними обмеженнями швидкості [15].

Приклад Лондона показує, що в класифікацію нашої країни слід рекомендувати винести додаткові положення, а саме: регламентацію вуличного паркування, регламентацію обслуговування територій тобто детальні правила влаштування і розміщення примикання місцевих проїздів на магістральних вулицях і дорогах, умови введення пріоритетного руху маршрутного пасажирського транспорту, умови введення заспокоєння руху.

**Висновки.** Покращення роботи вулично-дорожніх мереж у містах можливе з використанням заходів, які мають місце в класифікації європейських країн. Приклад функціональної класифікації показує напрями для додаткових положень у нормативний документ України. Слід звернути увагу на питання організації руху, регулювання швидкості для різних територій у містах, використання умов заспокоєння руху для центральних, найбільш завантажених, районів міст, поширити велосипедну інфраструктуру, створити комфортні умови для пішоходів та малобільних груп населення.

#### Список літератури:

1. Михайлов А.Ю., Головник И.М. Тенденция развития классификации городских улиц и дорог. *Вестник иркутского государственного технического университета*. 2004. № 3 (19). С. 124–127.
2. Сташенко М.С. Развитие вулично-дорожных сетей на современном этапе автомобилизации в Украине. *Сб. Проблемы теории и истории архитектуры Украины*. 2019. Вып. 19. С. 132–139.
3. Девятов М.М., Полякова Е.С. Функциональная классификация улиц и дорог местного значения в крупных городах. *Вестник Волг ГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура*. 2012. № 261 (45). С. 77–86.
4. Чикалина С.Л., Фадеев Д.С., Прокофьев О.С. Практика формирования пешеходных зон в центрах крупных городов. *Вестник ИрГТУ*. 2013. № 7 (78). С. 110–114.
5. Девятов М.М. О новом подходе к классификации автомобильных дорог. *Вестник Волг ГАСА. Сер.: Строительство и архитектура*. 2002. Вып. 2 (5). С. 209–215.

6. ДБН В.2.3-5:2018 Вулиці та дороги населених пунктів. Мінрегіонбуд. Київ, 2018. 50 с.
7. Семенова О.С. Комфорт пешеходных перемещений. *Градостроительство*. 2014. № 5 (33). С. 43–47.
8. Девятков М.М., Вилкова И.М. О методологии функциональной классификации автомобильных дорог для целей их модернизации. *Дороги и мосты* : сб. Федерального дорожного агентства (Росавтодор) ФГУП Росдорнии. 2006. Вып. 2 (16). С. 30–42.
9. Ландо Е.А. Автомобильные дороги и уровень автомобилизации. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2013. № 10. С. 36–40.
10. Скворцов О.В. О функциональной классификации дорог. *Автомобильные дороги*. 2015. № 4 (1001). С. 34–38.
11. D1. A First Theoretical Approach to Classification of Arterial Streets. Prepared by Stephen Marshall, Univ. of Westminster. URL: [http://www.tft/th.se/artists/deliverD1\\_1/htm](http://www.tft/th.se/artists/deliverD1_1/htm)
12. PIARS: PRIORITY FOR PUBLIC TRANSPORT AND OTHER HIGH OCCUPANCY VEHICLES (HOV) ON URBAN ROADS // 10.07. В Routes / Roads special issue // – 1995. P. 1–51.
13. PIARS: THE URBAN ROAD NETWORK DESIGN // 10.04. В, Routes / Roads. 1991, P. 45–84.
14. PIARS: URBAN ROAD DESIGN AND ARCHITECTURE // 10.08. В, Routes / Roads special issue // – 1995, P. 51–126.
15. England Manual for streets. URL: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/341513/pdf\\_manforstreets.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/341513/pdf_manforstreets.pdf)

### **Arsenieva N.O., Fomenko H.R. FUNCTIONAL CLASSIFICATION OF CITY STREETS AND ROADS – WAYS TO IMPROVE TRAFFIC CONDITIONS**

*The article considers issues related to the development and improvement of the road network in cities. Designing a rational structure of street and road networks that will meet the requirements of long-term development of cities, improving the work of existing ones, requires improvement of assessment methods and development of ways to improve them. One of the directions is the functional classification of cities. In the developed countries of the world for many years the functional classification in cities is used that gives positive results at the decision of questions of architectural and town-planning designing, safety and the organization of movement. In Ukraine, the normative document provides for the division into main roads, main streets of citywide importance with continuous and regulated traffic, main streets of district importance and local streets and roads.*

*In order to improve the work of the road network and create comfortable living conditions for people, the issue of making changes to the current regulations is being considered. It is planned to introduce a classification of city streets by functional purpose, taking into account who they are designed for, namely: pedestrians, cyclists, public transport, cars or mixed traffic. Traffic on the streets in many European cities is organized according to this principle. Also consider issues aimed at improving road safety on road networks, reducing the negative consequences of conflicts and road accidents. Considerable attention is paid to improving cycling infrastructure, performance and achieving their compliance with European standards.*

*The principles of classification in European countries are considered. Functional classifications in European countries are characterized by great diversity compared to other countries. European classifications and basic design standards are carried out within the programs of the European Commission in the form of a special project ARTISTS. For a long time, the classifications were revised in the countries participating in the project and 14 main criteria were reflected. No less important are the methodological documents of the World Road Association – PIARC. In the methodological documents PIARC – developed by the Committee on Urban Areas C10, identifies important areas in the design of transport systems in cities. Recommendations in a number of issues summarize the current classifications of many countries and the experience of designing street and road networks.*

*Attention should be paid to English classifications and speed standards. The UK has traditionally high, even by European standards, traffic safety standards. An essential feature of English road classifications is their rationality. The example of London shows that in the classification of our country should use their basic provisions.*

**Key words:** functional classification, street and road network, design, city streets, transport, pedestrian traffic, territory construction.

**Боровик С.С.**

Одеський національний морський університет

## МЕТОДИКА РОЗРОБЛЕННЯ ТА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ РУХУ ПАСАЖИРСКИХ СУДЕН

*У роботі запропоновано метод розроблення та вибору оптимального маршруту руху пасажирських суден. Існуючі методи побудови маршрутів засновані на оптимізації фінансових критеріїв, а також критеріїв часу і відстаней. У сучасних умовах судноплавні компанії, що займаються організацією пасажирських перевезень, конкурують не тільки одна з одною, але й з іншими видами пасажирського транспорту. Ця конкуренція зумовлює необхідність пошуку такого критерію оптимальності, який враховує як потреби судновласника, так і пасажирів. Критерієм оптимальності в побудові маршруту може виступати комплексна оцінка привабливості портів. У результаті проведення експертної оцінки критеріїв привабливості, які відповідають як вимогам судновласника, так і вимогам пасажирів, виходить комплексна оцінка.*

*Як правило, ринок пасажирських транспортних послуг характеризується певною кількістю портів у регіоні або пунктами зупинок у випадку з річковими перевезеннями місцевого, приміського та міського значення. Під час побудови маршруту з множини портів вибирається сукупність, потім встановлюються зв'язки між парами портів і за допомогою завдання комівояжера визначається оптимальний маршрут. Потім вибирається інша сукупність портів, встановлюються зв'язки між парами портів і знову вирішується завдання комівояжера. Дані дії повторюються до тих пір, поки не утвориться сукупність оптимальних маршрутів, яка складається з достатньої кількості, на думку особи, що приймає рішення, різних маршрутів. Потім вирішується завдання вибору оптимального маршруту шляхом лінійного цілочисельного програмування. Критерієм оптимальності виступає значення цільової функції, отриманої під час побудови маршруту на попередньому етапі.*

*У підсумку виходить варіант маршруту, який забезпечує адекватність з точки зору реальної обстановки в даному регіоні.*

**Ключові слова:** пасажирський маршрут, задача комівояжера, морська лінія.

**Постановка проблеми.** Швидкі темпи розвитку різних видів пасажирського транспорту зумовлюють необхідність подальшого вдосконалення системи пасажирських перевезень водним транспортом. Натепер вимоги пасажирів до водного транспорту в цілому і до маршрутів зокрема дещо інші, ніж, наприклад, 20–30 років тому. Під час складання схеми маршруту вирішальну роль відіграє вибір портів заходу або зупиночних пунктів (для міських та приміських маршрутів). Основні труднощі побудови маршруту полягають в оптимізації вибору послідовності портів (зупиночних пунктів – далі ЗП).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вирішенню різних питань, що стосуються побудови маршрутів роботи суден, присвячено значну кількість робіт. Зокрема, в роботі [1] розглянуто проблему вибору маршруту руху судна-контейнеровоза на фідерній ділянці контейнерної лінії на базі моделі часткового цілочисельного лінійного програмування. Рішення задачі полягає у визначенні оптимального маршруту для фідерного судна-контейнеровоза, в якій критерієм

оптимальності вибрана максимізація прибутку судноплавної компанії від перевезення контейнерів з урахуванням руху порожнього контейнерного обладнання з портів із надлишком у порти з нестачею. У дослідженні [2] пропонується метод вирішення задачі маршрутизації судів різної вантажопідйомності. Для знаходження рішення задачі пропонується використовувати двофазний алгоритм: на першому етапі виконується угруповання вершин для кожного майбутнього маршруту (кластеризація), на другому етапі – рішення задачі комівояжера для кожної отриманої групи. Критерієм оптимальності виступають витрати на перехід між портами.

У [3] запропонована узагальнена схема взаємодії системи «міська транспортна система – пасажирський порт/інфраструктура – круїзна/поромна лінія». Сформульовано і виконано графічне представлення форм організації маршрутної мережі. Для вирішення завдань стратегічного управління запропонована цільова функція, що забезпечує раціоналізацію маршрутної мережі за рахунок мінімізації вартості.



У роботі [4] пропонується методика побудови круїзного маршруту на підставі класичного завдання комівояжера, яка дозволяє розробляти оптимальні схеми круїзів по критерію інтенсивності прибутку, що синтезує фінансовий і часовий фактори.

У роботі [5] пропонується модель побудови пасажирської лінії, що базується на динамічному програмуванні, в якій ураховується величина пасажиропотоку і потреба у флоті. Параметром управління виступає величина витрат на утримання пасажирського флоту, необхідного для роботи на лінії.

Отже, з аналізу останніх досліджень бачимо, що розробка оптимального шляху базується на фінансових критеріях оптимальності. Серед пасажирів попит на той чи інший маршрут формує не лише вартість білету, а багато інших факторів, що не враховуються у фінансових критеріях оптимальності. Тому виникає необхідність у розробленні такої методики побудови і вибору оптимального водного пасажирського маршруту, в якій буде комплексно оцінені як потреби пасажирів, так і судновласника.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є розроблення методу побудови та вибору оптимального маршруту руху пасажирських суден.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

Розглянемо метод побудови маршруту перевезення пасажирів водним транспортом на прикладі відомої задачі комівояжера. Класичний варіант завдання комівояжера формулюється так: мандрівний торговець повинен відвідати кожне із заданих міст один раз і повернутися в початкове місто. Критерієм оптимальності виступають витрати на поїздку. За рівної вартості поїздки на одиницю часу мінімум витрат буде в разі найліпшого маршруту.

Задача комівояжера може бути представлена як математична модель – графа  $G = (V, E)$ . Множина вершин  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$  у графі відповідає портам, а множина ребер  $E = \{(v_i, v_j) : v_i, v_j \in V, i \neq j\}$  – зв'язку між парами портів. Кожному ребру  $E$  відповідає значення критерію вигідності маршруту [6, с. 110] (рис. 1). Необхідно побудувати такий маршрут, який буде найбільш вигідний як для судновласника, так і для пасажирів.

Цінність думки пасажирів не втрачає своєї актуальності в час, де основним критерієм попиту на послуги пасажирських суден є не тільки швидкість і час доставки, а й комфортні умови, доступність порту, безпека за оптимальної вартості. Судновласник же оцінює ефективність роботи судів з позиції властивих йому характеристик, таких як

кількість перевезених пасажирів, інтенсивність надходження прибутку і т.д. У використаних дотепер методиках побудови маршруту, критерії оптимальності не враховували сукупну оцінку думок двох сторін (судновласника і пасажирів). Для формалізації процесу визначення послідовності включення портів у маршрут доцільно використувати метод експертних оцінок. Необхідно комплексно оцінити привабливість портів для пасажирів і вигоду для судновласників.

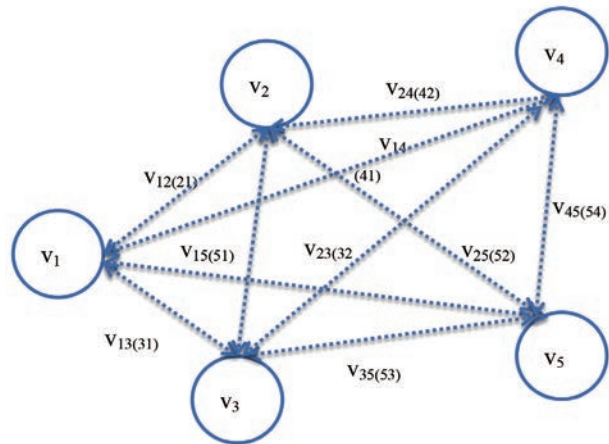


Рис. 1. Симетрична ( $v_{ij} = v_{ji}$ ) модель задачі комівояжера

1. На першому етапі побудови маршруту із сукупності всіх портів і ЗП вибираються ті, які увійдуть у маршрут.

Вибір портів або ЗП, які увійдуть до майбутнього маршруту, здійснюється в залежності від виду маршруту:

- для ліній і рейсів тільки з діловими пасажирів – на підставі наявності пасажиропотоку з/в ці порти або ЗП;

- для туристичних ліній і рейсів – за наявністю об'єктів розваги та туризму поблизу портів або ЗП.

Кількість портів або зупиночних пунктів залежить від мети пересування пасажирів, бажаного часу в дорозі. Занадто велика кількість портів заходів або ЗП збільшує час у дорозі, що небажано для ділових пасажирів. Для туристів час у дорозі не такий важливий, проте в дослідженні [4, с. 210] визначено, що, наприклад, для круїзу оптимальним варіантом є, як для туристів, так і для судновласника, тривалість круїзу 8–14 днів з 7–10 портами заходів. Кількість портів заходів або ЗП доцільно визначати для кожного маршруту індивідуально.

2. На наступному етапі необхідно комплексно оцінити привабливість портів заходу або ЗП як для пасажирів, так і для судновласника. Етап включає

в себе вибір критеріїв оцінювання та проведення експертизи.

Як правило, пасажирські перевезення є мультимодальними, здійснюються більше ніж одним видом транспорту. У виборі виду транспорту і маршруту для подорожі пасажирів враховують такі критерії, як: вартість перевезення, час у дорозі, комфорт, безпека, ритмічність і регулярність, час на очікування в пересадочних вузлах [7, с. 124; 8, с. 111], доступність точок відправлення. Для пасажирів, які подорожують з туристичною метою, важливу роль відіграє також наявність на шляху проходження туристичних об'єктів. Для забезпечення конкурентоспроможності маршруту, що розробляється, потрібно орієнтуватися на потреби пасажирів.

Пасажиропотік місцевих і міжнародних туристичних ліній складається в основному з туристів, але ділові пасажирів також користуються цими маршрутами. Привабливість інфраструктури міста включає в себе наявність культурно-розважальних і ділових об'єктів, розвинену транспортну інфраструктуру, доступність інформації, швидкість документального оформлення в порту для міжнародних маршрутів.

У критерій доступності базового порту входять: розташування порту, відстань від з/д вокзалу або аеропорту до порту, наявність зручного пасажирського терміналу.

Велике значення для ділових пасажирів і туристів, які ознайомлюються з містами відвідування самостійно, має рівень інтеграції системи громадського транспорту, який включає в себе наявність:

- зупиночних пунктів громадського транспорту біля порту;
- зручних пішохідних доріжок до пунктів зупинок;
- системи інформування пасажирів про розклад руху громадського транспорту на зупиночному пункті;
- наявність суміщеного вокзалу, наприклад, річковий або морський з автобусним.

Чим розвиненіша система громадського транспорту міста, тим менше часу пасажирів витрачають на пересадку з одного виду транспорту на інший, що також є критерієм привабливості й комфорту маршруту.

Круїзні туристи під час вибору круїзу звертають увагу на наявність у портах заходу культурно-історичних об'єктів, які можна відвідати на екскурсії по місту або передмістю. Також не останню роль відіграє рівень безпеки, як у портах заходу, так і в прилеглих містах.

Що стосується приміських і міських водних маршрутів, то тут для пасажирів на перше місце виходить зручність виду транспорту. Серед критеріїв привабливості слід зазначити такі:

- доступність до місць постійного або тимчасового проживання, до місць відпочинку і розваг, до об'єктів туризму;
- швидкість для ділових пасажирів;
- рівень інтеграції з громадським транспортом.

Критерій вартості переходу між портами слід розглядати з точки зору судновласника. Будемо виходити з того, що в разі зниження вартості переходу між портами буде знижуватися і ціна поїздки для пасажирів, в іншому випадку маршрут не буде конкурентоспроможним. На вартість переходу між портами впливає відстань і швидкість.

Також до критеріїв, що відображають рівень витрат судновласника, відносяться рівень портових зборів і наявність на шляху проходження каналів або проток, за проходження яких може стягуватися додаткова плата.

У загальному вигляді критерії оцінювання портів для різних маршрутів представлені в табл. 1. Слід зазначити, що критерії привабливості для судновласника носять постійний характер. Однак критерії привабливості для пасажирів можуть змінюватися під впливом зовнішніх факторів. Оказати вплив можуть зміни в політичній та економічній ситуації в регіоні, впровадження інноваційних технологій у транспортну систему, зміна особистих уподобань населення. Проведення систематичного анкетування дозволить оперативно реагувати на зміну переваг пасажирів і вносити зміни у вибір критеріїв привабливості з боку пасажирів під час проведення комплексної оцінки.

Після вибору критеріїв для оцінювання проводиться експертиза. Експертами виступають фахівці судноплавної компанії і пасажирів. Оцінки присвоюються за 10-бальною шкалою, від 0 до 10, де 10 – це найвагоміша оцінка. Для критеріїв, які мають кількісне значення (портові збори, витрати на перехід, оплата за проходження каналів або протоків), складається шкала відповідності значення (або діапазону значень, якщо портів більше 10-ти) критерію балу.

На наступному етапі здійснюється моделювання оптимального маршруту на підставі задачі комівояжера, але з деякими коригуваннями, що відображають умови й особливості експлуатації пасажирських суден.

На підставі вищевикладеного до моделі міських, приміських, місцевих, міжнародних туристичних ліній та круїзних маршрутів ставляться такі вимоги:

– відвідування всіх розглянутих портів є обов’язковим, оскільки порти підбираються за наявністю пасажиропотоку та туристичної привабливості;

– маршрут повинен бути замкнутий, судно може зайти в кожен порт тільки один раз;

– маршрут повинен починатися і закінчуватися в базовому порту або ЗП;

– загальна кількість пасажирів, які здійснюють посадку на судно в базовому порті, не повинна бути більше, ніж пасажиромісткість;

– загальна кількість пасажирів, які здійснюють посадку на судно протягом маршруту, не повинна бути більше, ніж пасажиромісткість судна, з урахуванням висадки пасажирів.

Необхідно визначити оптимальну послідовність пар портів на маршруті.

Критерієм оптимальності виступає зворотна величина від комплексної оцінки ( $K_{ij}^{експерт.}$ ) привабливості включення портів у схему і, відповідно, переходу між парою портів:

$$K_{ij} = \frac{1}{K_{ij}^{експерт.}} \quad (1)$$

Таке перетворення пов’язано з тим, що комплексна оцінка дає найбільше значення, а в задачі комівояжера цільова функція мінімізується.

Позначимо вершини (рис. 1) числами натурального ряду  $1, 2, \dots, m$ , а ребро (ділянка шляху), яке виходить з вершини  $i$  і входить в вершину  $j$ , позначимо парою  $(i, j)$ .

Математична модель буде мати такий вид:

$$\theta = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m K_{ij} \cdot x_{ij} \rightarrow \min \quad (2)$$

$$x_{kj} = 1, (k \in m), \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, (j = 1, 2, \dots, m), \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, (i = 1, 2, \dots, m), \quad (5)$$

$$u_i - u_j + m \cdot x_{ij} \leq m - 1, \quad i, j = \overline{1, m}, \quad (6)$$

$$\sum_{k \in m} p_i^{noc.} \cdot x_{kj} \leq P, (k \in m), \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^m p_i^{noc.} \cdot x_{ij} = P - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_i^{noc.} \cdot x_{ij} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m p_j^{auc.} \cdot x_{ji}, (i, j = 1, 2, \dots, m), \quad (8)$$

де  $m$  – кількість портів заходу,  $p_{ij}$  – кількість пасажирів, які слідуєть з порту  $i$  у порт  $j$ , чол.,  $p_i^{noc.}$  – кількість пасажирів, які здійснюють посадку в порту  $i$ , чол.,  $p_j^{auc.}$  – кількість пасажирів, які висаджуються в порту  $j$ , чол.,  $P$  – пасажиромісткість судна, чол.,  $u_i, u_j$  – речові значення, що визначаються в процесі вирішення задачі, параметр управління:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо судно здійснює перехід} \\ & \text{із порту } i \text{ в порт } j, \\ 0, & \text{у протилежному випадку.} \end{cases}$$

Представлена сукупність обмежень (3) – (8) відображає зміст умов, що сформовані в постановці завдання.

Таблиця 1

**Критерії привабливості портів і переходів між ними з точки зору пасажирів і судновласника**

Місцеві та міжнародні туристичні лінії	Круїз	Внутрішньоміські, приміські	
		турист	місцевий житель
<i>З точки зору пасажирів/туриста</i>			
доступність базового порту, приваблива інфраструктура міста		доступність до місця тимчасового проживання	доступність до місця проживання, роботи, до місць відпочинку і розваг
наявність культурних та історичних цінностей		доступність до туристичних об’єктів (у тому числі до місць відпочинку і розваг)	швидкість
інтеграція із системою громадського транспорту	безпека	інтеграція із системою громадського транспорту	інтеграція із системою громадського транспорту
<i>З точки зору судновласника</i>			
портові збори		Плата за користування причалом	
<i>витрати на перехід із порту в порт</i>			
наявність на шляху каналів (проток), проходження яких вимагає оплати		наявність на шляху мостів обмежує вибір судна	

(3) – обмеження, що забезпечує включення базового порту в маршрут.

(4), (5) – обмеження, що забезпечують один захід судна в порт і один вихід судна з порту.

(6) – обмеження, що забезпечує замкнутість маршруту та відсутність внутрішніх кіл.

(7) – кількість пасажирів, що здійснюють посадку в базовому порту, не повинна перевищувати пасажиромісткість судна.

(8) – кількість пасажирів, що здійснюють посадку в кожному порту, не повинна перевищувати доступну пасажиромісткість, яка визначається шляхом віднімання від загальної пасажиромісткості судна кількості пасажирів, які здійснили посадку в попередніх портах, і додавання загальної кількості пасажирів, які вже зійшли із судна. Це обмеження справедливо лише для тих маршрутів, протягом яких здійснюється змінність пасажирів. Для круїзних маршрутів це обмеження не розглядається.

Після визначення оптимального маршруту із заданої кількості портів необхідно повернутися на етап підбору портів. Підбирається відмінна від попереднього варіанту сукупність портів, що знаходяться в даному регіоні. Визначаються зв'язки між парами портів, що входять до вибраної сукупності, і комплексний критерій привабливості кожного порту. Потім вирішується завдання комівояжера. Етапи 1–3 повторюються до тих пір, поки не буде отримана вся, на думку особи, що приймає рішення, сукупність маршрутів.

На базі сукупності маршрутів здійснюється пошук оптимального варіанту з використанням економіко-математичного цілочисельного лінійного програмування з булевими змінними. Критерієм оптимальності виступає значення цільової функції  $\theta$ , яке було отримано в результаті рішення задачі комівояжера під час визначення оптимального маршруту  $i$ . У підсумку отримуємо варіант, що забезпечує рішення, яке реально складається з виробничої обстановки в даному регіоні.

$$Z = \sum_{i=1}^m \theta_i x_i \rightarrow \min \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n t_i x_i = T, \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i = 1, \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (11)$$

$$x_i = \{0;1\}, \quad (12)$$

де  $n$  – кількість оптимальних маршрутів, що були визначені на попередньому етапі,  $t_i$  – тривалість маршруту  $i$ , діб.,  $T$  – заданий період експлуатації, діб., параметр управління:

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо судно закріплюється} \\ & \text{за маршрутом } i, \\ 0, & \text{у протилежному випадку.} \end{cases}$$

(10) – обмеження, що тривалість маршруту не більше, ніж заданий період експлуатації;

(11), (12) – обмеження, що відображають можливі значення параметру управління.

Рішення задачі (9) – (12) дозволить судновласнику прийняти рішення щодо експлуатації пасажирського судна або флоту на оптимальному маршруті, що був вибраний серед сукупності маршрутів, та тривалість якого не перевищуватиме заданого часу.

Висновки. У результаті проведених досліджень отримано методику розроблення та вибору оптимального маршруту для роботи пасажирських суден, що складається з таких етапів:

- етап 1 – вибір сукупності портів для побудови маршруту;
- етап 2 – встановлення зв'язків між парами портів шляхом вирішення двох підзадач:
- вибір критеріїв оцінювання;
- проведення експертизи для отримання комплексної оцінки.
- етап 3 – рішення задачі комівояжера, в результаті котрої отримують оптимальний маршрут із сукупності портів, що розглядається;
- етап 4 – повторення етапів 1–3, допоки не буде отримана сукупність оптимальних маршрутів;
- заключний етап – рішення задачі вибору оптимального маршруту із сукупності маршрутів.

Основна перевага запропонованого методу в тому, що він гармонійно поєднує досвід і знання особи, що приймає рішення, зі строгими математичними методами й алгоритмами.

Даний напрям носить назву формалізовано-евристичного і в даний час вважається пріоритетним, оскільки реалізує людино-машинні процедури.

### Список літератури:

1. Савельєва І.В., Дрожжин О.Л. Моделювання оптимального маршруту руху фідерних контейнеровозів. Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Серія : Транспортні системи і технології. 2014. Вип. 25. С. 162–170.
2. Головцов Д.Л. Задача маршрутизації суден с различной грузоподъёмностью морского транспортного комплекса арктической зоны России. Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. № 6 (34). С. 85–92.

3. (2019). Forecasting of the route network of ferry and cruise lines based on simulation and intelligent transport systems. *Transport problems* / N. Maiorov et al. Volume 14. Issue 2. P. 111–121. doi: <https://doi.org/10.20858/tp.2019.14.2.10>

4. Михайлова Ю.В. Обеспечение устойчивого функционирования судоходных предприятий на круизном рынке, который формируется в Черноморском регионе : дисс. ... канд. экон. наук : 08.00.04 ; ППРЕЕД НАНУ. Одесса, 2009. 289 с.

5. Сандулов С.Г. Организация перевозок пассажиров речным транспортом в районах с ограниченными транспортными связями : дисс. ... Новосибирская государственная академия водного транспорта, 2009.

6. Захаров В.В., Мугайских А.В. Динамическая адаптация генетического алгоритма маршрутизации транспорта на больших сетях. УБС. 2018. № 73. С. 108–133.

7. Зарецкая Е.В., Жаворонков Н.А., Исаева А.А. Перспективы развития недоиспользованного транспортного и туристического потенциала внутренних водных путей за счёт новых мультимодальных технологических решений. *Научные проблемы водного транспорта*. 2019. № 59. С. 120–126.

8. Технология построения оптимального маршрута при организации мультимодальных пассажирских перевозок с учетом выбора места пребывания. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование* / Н.В. Кроль и др. 2019. № 2 (62). С. 109–118. DOI: 10.26731/1813-9108.2019.2(62).

### **Borovyk S.S. METHODOLOGY OF DEVELOPMENT AND SELECTION OF THE OPTIMAL ROUTE OF PASSENGER VESSELS**

*The paper proposes a method for developing and selecting the optimal route for ships. Existing methods of route construction are based on the optimization of financial criteria, as well as time and distance criteria. In modern conditions, shipping companies engaged in the organization of passenger transport, compete not only with each other but also with other types of passenger transport. This competition necessitates the search for an optimality criterion that takes into account both the needs of the shipowner and the passengers. A comprehensive assessment of the attractiveness of ports can serve as a criterion for optimality in the construction of the route. As a result of an expert assessment of the attractiveness criteria, which meet both the requirements of the shipowner and the requirements of passengers, we obtain a comprehensive assessment. As a rule, the market of passenger transport services is characterized by a certain number of ports in the region or stopping points in the case of river transport of local, suburban and urban significance. When constructing a route from a plurality of ports, a set is selected, then connections are established between the pairs of ports, and the optimal route is determined using the salesman task. Then another set of ports is selected, connections between pairs of ports are established and again the task of the salesman is solved. These actions are repeated until a set of optimal routes is formed, consisting of a sufficient number, in the opinion of the decision-maker, of various routes. Then the problem of choosing the optimal route by linear integer programming is solved. The criterion of optimality is the value of the objective function obtained during the construction of the route at the previous stage. The result is a variant of the route, which provides adequacy in terms of the real situation in the region.*

**Key words:** passenger route, salesman task, sea line.

**Гаврілюк В.І.**

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка Всеволода Лазаряна

**Тітов С.С.**

Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка Всеволода Лазаряна

**Єгольников О.О.**

Миколаївський коледж транспортної інфраструктури

Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка Всеволода Лазаряна

## УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДІАГНОСТУВАННЯ І МОНІТОРИНГУ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ НА ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ

*Припортові залізничні мережі являють собою важливі стратегічні об'єкти, ефективність яких зумовлена злагодженою співпрацею залізничного та водного транспорту, що безпосередньо залежить від справності засобів автоматики, швидкості оброблення та передачі даних між службами залізниці й порту.*

*Робота являє собою новий напрям у вирішенні науково-технічної проблеми з експлуатації та технічного обслуговування засобів автоматики на припортових залізницях. Метою роботи є розроблення нових заходів з інформаційної підтримки технічного обслуговування припортових залізниць на основі принципів управління процесами діагностики і моніторингу засобів залізничної автоматики.*

*Проаналізовано особливості процесів організації обслуговування засобів автоматики на припортових залізницях: визначено можливість розвитку за рахунок упровадження нових рішень з інформаційного забезпечення систем технічного діагностування і моніторингу. Дослідження організаційної структури управління процесами діагностики і моніторингу засобів автоматики на припортових залізницях виконано за допомогою UML-моделювання.*

*Розроблено нову інформаційну систему, що відображає взаємозв'язок між показниками засобів залізничної автоматики та автоматизованим робочим місцем технолога, який систематизує ці дані, визначає їх можливі відхилення від нормативних показників та складає звітну документацію, на підставі якої далі розробляються заходи з технологічного обслуговування. В основу розробки проекту покладено об'єктно-орієнтований підхід, для реалізації задачі застосовано класичні технології проектування баз даних.*

*Розглянуто показники економічної ефективності її впровадження для систем діагностики і моніторингу засобів залізничної автоматики на припортових залізницях. Визначено перспективні напрями підготовки та підвищення кваліфікації кадрів.*

*Результати досліджень можуть бути застосовані для тестування пристроїв залізничної автоматики (рейкових кіл, стрілок, світлофорів), а також для постановки та проведення наукових досліджень у лабораторних умовах.*

**Ключові слова:** *припортові залізниці, системи технічного діагностування і моніторингу, технічне обслуговування, залізнична автоматика, інформаційна система, економічні показники, кадрове забезпечення.*

**Постановка проблеми.** Розвиток шляхів залізнично-водного сполучення є важливою ланкою державної інфраструктури, що зумовлено географічним положенням України, транзитними умовами та наявністю незамерзаючих портів [1]. Припортові залізничні мережі являють собою важливі стратегічні об'єкти, ефективність яких зумовлена злагодженою співпрацею залізничного та водного транспорту [2], що безпосередньо залежить від справності засобів автоматики, швидкості оброблення та передачі даних між службами залізниці й порту. Вирішення цієї важливої науково-технічної проблеми вимагатиме улаштування проблемних

ділянок сучасними системами технічного діагностування і моніторингу (далі – СТДМ), головним призначенням яких є організований на сучасному рівні контроль та прогнозування технічного стану об'єкта з пошуком місць та визначенням причин відмов та несправностей. Вирішення поставленої проблеми неможливо без розроблення нових заходів з інформаційної підтримки, застосування яких дозволить в автоматичному режимі контролювати технічний стан та формулювати інформаційні повідомлення щодо відхилень показників від нормативних.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Особливістю технічного обслуговування припор-

тових залізниць вважається об'єднання автоматизованих систем керування портів з інформаційно-керуючими системами залізничного транспорту.

Науковим підґрунтям для підвищення ефективного застосування СТДМ є збирання, оброблення та аналіз статистичної інформації, зокрема відмов пристроїв залізничної автоматики. Цьому напряму присвячено роботи [3–8], в яких підкреслено необхідність розвитку і впровадження сучасних додаткових діагностично-профілактичних дій щодо обслуговування пристроїв залізничної автоматики, які будуть створювати сприятливі умови для переходу на новий рівень експлуатації. За думкою авторів, це можливо за допомогою впровадження додаткових ремонтно-профілактичних робіт з обслуговування рейкових кіл, апаратури, кабельних ліній, елементів захисту й апаратури релейних шаф. Оброблені результати мають вигляд математичних моделей, побудованих на основі пасивних спостережень.

Ґрунтовний аналіз підходів до організації процесу технічного обслуговування залізничної автоматики і телемеханіки (далі – ЗАТ), наведений у табл. 1, показав, що в сучасній практиці не виключається й використання двох підходів одразу. Найбільш ефективним для практичного застосування є третій підхід – технічне обслуговування (далі – ТО) за фактичним станом пристрою, оскільки надає можливість безперервного контролю і моніторингу з постановкою та забезпеченням логістичних досліджень. Проте задля переходу до нього від регламентних методів ТО необхідно забезпечити безперервний контроль функціональних вузлів за рахунок вбудованих та набудованих засобів контролю, що суттєво ускладнює процес.

Суттєвим недоліком існуючих СТДМ є зосередженість одержаних даних щодо технічного стану на об'єктах господарювання, в той час, коли до систем управління та адміністрування вони потрапляють у вигляді звітів та не використовуються для оптимізації управління рухом. Тому саме існує на Укрзалізниці автоматичне забезпечення потребує подальшого розвитку, що можливо шляхом розроблення та впровадження нових спеціалізованих автоматизованих систем, що в повній мірі враховують умови зняття інформації, конструктивні особливості приладів, накопичення пошкоджень в електромережах та при цьому відповідають критеріям рентабельності.

Об'єктом моніторингу є електричні параметри пристроїв залізничної автоматики (рейкових кіл, стрілок, світлофорів), які у вигляді числових значень або попереджуючих інформаційних повідомлень передаються на спеціалізовані технологічні вікна або на автоматизоване робоче місце (АРМ) технолога. Одержані дані зазнають оброблення та використовуються для складання практичних рекомендацій. Перспективним тенденціям розвитку комп'ютерних діагностичних систем присвячено роботи [9–13]: в основу їх створення покладено принципи ієрархічності будови, структурної стабільності, територіального розподілу та мобільності компонентів з реалізацією функціонування в режимі реального часу. Проте проведений аналіз показав відсутність взаємодії інформаційних систем із системами технічної діагностики і моніторингу, що призводить до несинхронізованих дій між роботою припортового залізничного вузла та вантажними операціями на судах.

Таблиця 1

### Основні підходи до організації технічного обслуговування залізничної автоматики і телемеханіки

Технічний підхід	Сутність	Експлуатаційні переваги недоліки
Експлуатація ЗАТ до відмов	Визначається напрацюванням ЗАТ до відмов, застосовується у випадках, коли пристрій не виконує відповідальних функцій із забезпечення безпеки	<b>Переваги:</b> не вимагає суттєвого обслуговування пристроїв. <b>Недоліки:</b> відсутні можливості моніторингу даних.
ТО за певними інтервалами часу	Полягає у складанні плану ТО зі встановленими термінами контрольних заходів	<b>Переваги:</b> систематичність надання інформації та розроблення практичних рекомендацій щодо відмов. <b>Недоліки:</b> висока вартість заходів, несвоєчасність діагностування.
ТО за фактичним станом пристрою	Полягає в обслуговуванні за фактичним станом за рахунок постановки зовнішніх датчиків контролю пристроїв та об'єднання їх у мережі.	<b>Переваги:</b> невисока вартість і не вимагає великої кількості персоналу. <b>Недоліки:</b> вимагає улаштування спеціальними датчиками існуючої техніки, що суттєво здорожує заходи.

Джерело: складено авторами

**Постановка завдання.** Метою роботи є розроблення нових заходів з інформаційної підтримки технічного обслуговування припортових залізниць на основі принципів управління процесами діагностики і моніторингу засобів залізничної автоматики. Для досягнення мети в роботі поставлено такі завдання:

- проаналізувати існуючі підходи до організації технічного обслуговування залізничної автоматики і телемеханіки;
- визначити основні принципи розробки та дослідити механізми проектування нової інформаційної системи (ІС) для їх технічного обслуговування на припортових залізницях;
- надати техніко-економічне обґрунтування щодо необхідності впровадження інформаційної системи та розглянути головні задачі підготовки кваліфікованих кадрів для технічного обслуговування засобів автоматики на припортових залізницях.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Дослідження організаційної структури управління процесами діагностики і моніторингу засобів автоматики (рейкових кіл, світлофорів, стрілок) на припортових залізницях виконано за допомогою UML-моделювання (Unified Modelling Language) [14], що розкриває можливості представити дослідний об'єкт у вигляді діаграми з наступним її переведенням у програмний код. Це дає змогу значно спростити процес кодування під час розроблення нових інформаційних систем.

Як вихідні дані для побудови досліджень застосовано: інформацію про комплектування встановленого обладнання та якість його роботи, джерелами якої є журнали обліку роботи, технічного обслуговування та ремонту; результати обліку дефектів та відмов, графіки та плани ТО; протоколи відомчих та Державних перевірок; інформація про працездатність ЗАТ та суміжних із ними

систем, про кількість і стан запасних інструментів та приладів; протоколи обстеження в процесі діагностування з інформацією з журналів обліку вимушених зупинок через ЗАТ, які вносяться до диспетчерських та змінних журналів за певний період обслуговування.

В основу розробки проекту нової інформаційної системи покладено об'єктно-орієнтований підхід [15], який ґрунтується на основних положеннях теорії прийняття рішень [16] та передбачає розв'язання поставленої задачі обміну інформацією під час технічного обслуговування засобів автоматики на ієрархічному рівні. Для реалізації задачі застосовано класичні технології проектування баз даних [17]. Взаємодію користувача з базами даних у вигляді запитів описано за допомогою мови SQL (Structurend Query Language) [18]. Технічні вимоги та завдання проектування інформаційної системи для обслуговування засобів автоматики припортових залізниць наведено в табл. 2.

Вирішення завдань техніко-економічного обґрунтування включало визначення та формулювання показників ефективності впровадження ІС для систем діагностики і моніторингу засобів залізничної автоматики на припортових залізницях, які складено на базі методики, наведеної в роботі Н.В. Голячук, С.В. Власюк та В.С. Рихлюк [19]. Підходи до визначення пріоритетних напрямів підготовки кадрів для технічного обслуговування об'єктів залізнично-водного сполучення визначено за попередніми підсумками пілотного проекту підвищення кваліфікації електромеханіків СЦБ, електромеханіків контрольно-вимірювальних пристроїв СЦБ, техніків ШЧ, проведеного на базі Миколаївського коледжу транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ).

Таблиця 2

**Технічні вимоги та завдання проектування ІС для обслуговування засобів автоматики припортових залізниць**

Технічні вимоги	Завдання та їх характеристика
Мета розробки	Обслуговування припортових залізниць; управління процесами діагностування і моніторингу засобів автоматики
Об'єкт дослідження	Процеси обробки і систематизації даних пристроїв залізничної автоматики в мережах залізнично-водного сполучення
Предмет дослідження	Механізми та моделі проектування інформаційної системи для технічного обслуговування мереж залізнично-водного сполучення
Експлуатаційне призначення	Автоматизація та покращення обслуговування відділу автоматики та роботи диспетчерів
Вимоги до функціонування	Аутентифікація; забезпечення інформаційного зв'язку з диспетчерською системою; обробка інформація; виконання розрахунків; формування звітів; графічне зображення стану роботи пристроїв автоматики



Дослідження процесів обміну інформацією під час технічного обслуговування припортових залізниць. Організаційну структуру управління процесами діагностики і моніторингу засобів автоматики на припортових залізницях представлено у вигляді UML-діаграми (рис. 1), яка встановлює взаємний зв'язок між диспетчерськими службами залізничного терміналу та диспетчерськими службами порту.

Інформаційні повідомлення щодо відхилень у показниках залізничної автоматики показників від нормативних формуються технологом. Одержані дані зазнають оброблення та використовуються для складання практичних рекомендацій. Ці дані заносяться до інформаційної системи, а потім формалізуються у вигляді електронного журналу. Як вихідні також застосовуються аналітичні дані роботи датчиків, експертна оцінка інформації у вигляді відхилень від нормативних.

Проектування інформаційної системи. Функціональні завдання інформаційного забезпечення полягають у додаванні інформації про поточні показники пристроїв автоматики та записів про

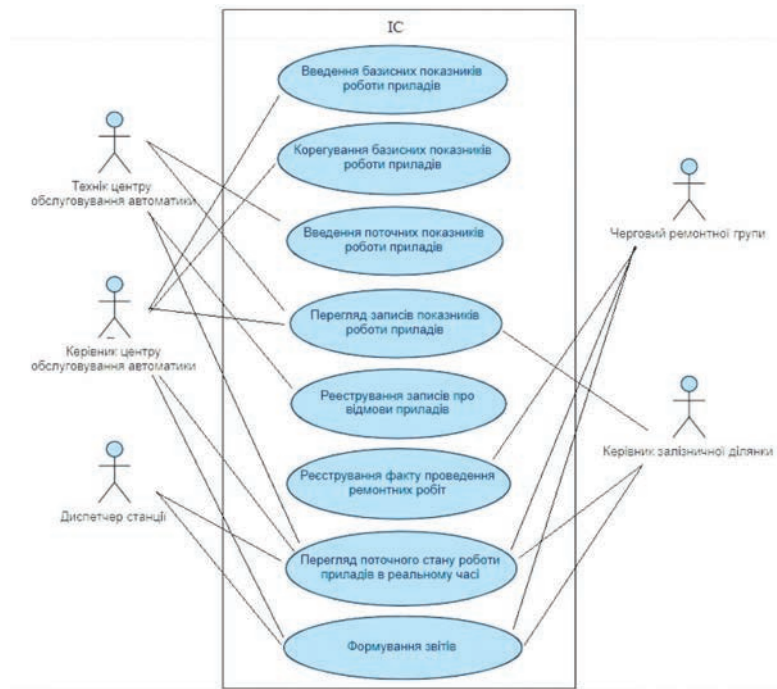


Рис. 1. UML-діаграма моделі управління процесами діагностики і моніторингу засобів залізничної автоматики на припортових залізницях

виконання ремонтних робіт; виконанні планування заміни та ремонту пристроїв автоматики; контролю стану роботи пристроїв автоматики шляхом порівняння поточних показників з граничними; формуванні звітів. Розпізнання станів пристроїв залізничної автоматики визначається

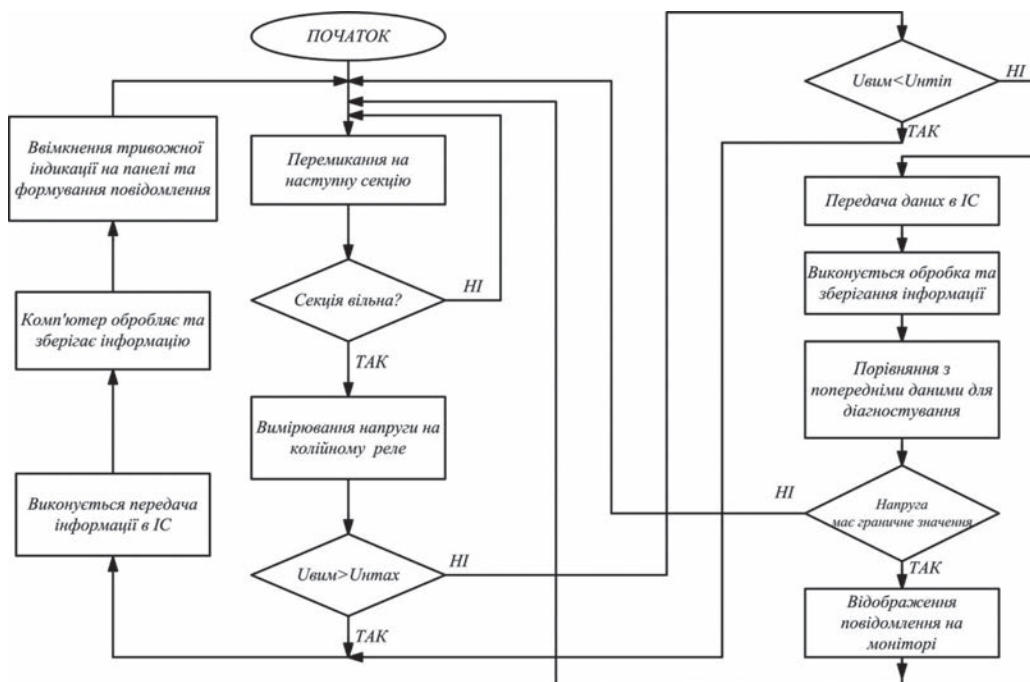


Рис. 2. Алгоритм вимірювання параметрів роботи рейкових кіл

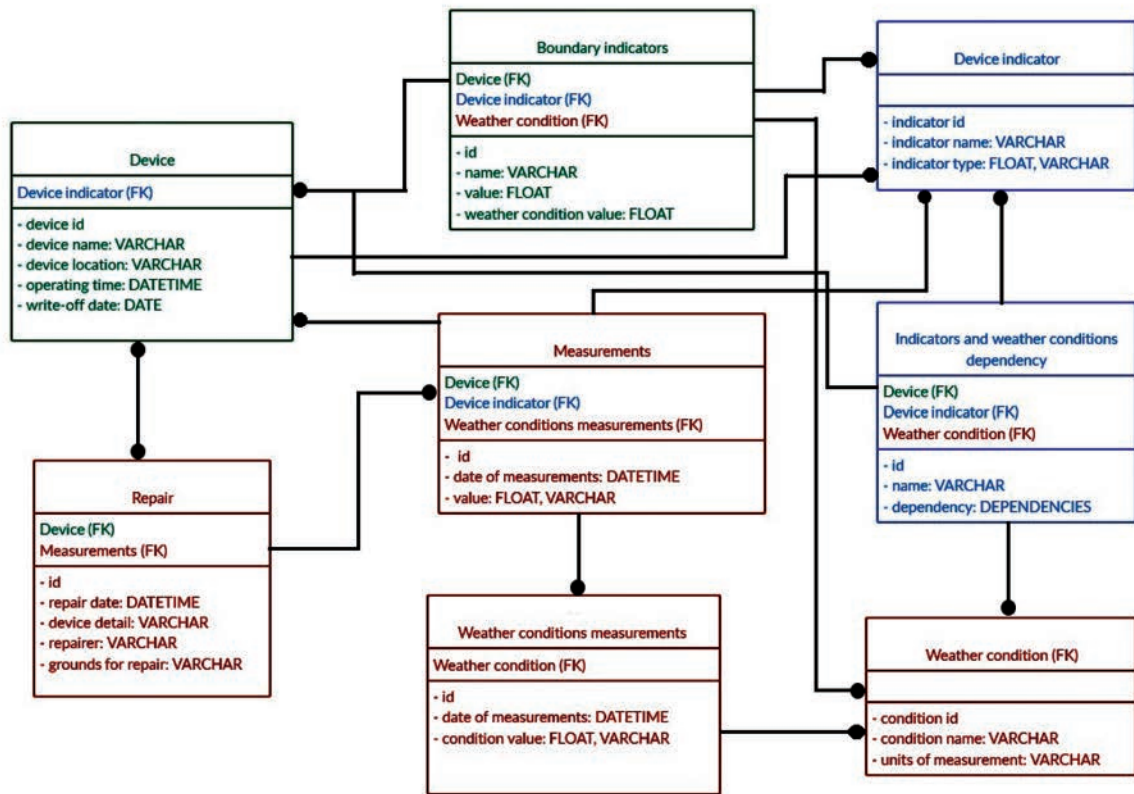


Рис. 3. Реляційна модель даних проектування ІС для обслуговування засобів автоматики припортових залізниць

за результатами вимірювань їхніх показників. Як приклад, на рис. 2 наведено алгоритм вимірювання параметрів роботи рейкових кіл.

Робочий комплекс таких алгоритмів, які складені також для вимірювання параметрів роботи стрілок, світлофорів, покладено в основу розробки реляційної моделі даних проектування інформаційної системи, яку наведено на рис. 3. Основним елементом ІС є інформаційно-пошуковий масив документального типу, до якого заносяться дані щодо показників роботи пристроїв залізничної автоматики, умов їх експлуатації, інформація щодо заходів поточного обслуговування та ремонту.

В основу проектування структури бази даних покладені завдання мінімізації дублювання даних і спрощення процедур їх обробки та поновлення.

*Приклад реалізації інформаційної системи.* Як приклад реалізації розробленої інформаційної системи розглянемо один з модулів програми, а саме модуль «Введення поточних показників роботи приладу», який використовується для внесення поточних показників приладу техніком центра обслуговування автоматики. Для того щоб занести в систему дані роботи приладу, необхідно відкрити відповідне діалогове вікно (рис. 4).

На формі вводу показників необхідно вибрати прилад, для якого фіксуються показники. У свою чергу під час вибору приладу на форму можуть бути виведені показники, що відносяться до вибраного приладу: для них необхідно заповнити поля.

Головне меню обробки запитів дає змогу користувачеві (наприклад, техніку центру обслуговування автоматики) у відповідності з компетенціями (рис. 1) вводити, корегувати, поновлювати показники пристроїв, порівнюючи їхні дані з граничними. Керівник обслуговування центру автоматики переглядає поточний стан роботи приладів у реальному часі, формує звіт та разом із керівником залізничної ділянки приймає рішення щодо виконання ремонтних робіт. Скриншот із програми форми внесення даних про ремонт пристрою наведено на рис. 5. Пошук інформації здійснюється за датою або видом пристрою.

Технік центру обслуговування автоматики має уяву про «історію» виконання ремонтних робіт, які були виконані на більш ранніх етапах. Під час проведення нових робіт він вносить дані щодо пристрою, обов'язково заповнює підстави, на основі яких було прийнято рішення, автоматично фіксує дату та виконувача.

*Економічна ефективність заходів та підготовка кваліфікованих кадрів.* Впровадження СТДМ у процес технічного обслуговування припортових залізниць є для України новим перспективним напрямом, інформаційне забезпечення якого має стратегічне значення, пов'язане з вирішенням завдань безпеки, логістики, мінімізації ризиків, організацією телекомунікаційного зв'язку, формуванням документообігу, підвищенням продуктивності праці, економії фінансів тощо.

В основу техніко-економічного обґрунтування щодо необхідності впровадження нових інформаційних систем у мережах залізнично-водного сполучення покладено необхідність створення засобів аналізування та обробки інформації отриманих даних, що сприятиме зменшенню та виключенню втручання персоналу з подальшою економією витрат на заробітну платню та електроенергію. Економічна ефективність розробки ґрунтується на таких критеріях: це вірогідність інформації  $E_{inf}$ , яка підвищується за рахунок упровадження нових інформаційних ресурсів для оцінювання технічного стану систем автоматики мереж залізнично-водного сполучення; доступ до даних у режимі реального часу  $E_{\partial}$ ; введення серверу технічного обслуговування засобів автоматики

**Рис. 4. Форма вводу показників вимірювань**

*Примітка: скриншот із програми*

припортових залізниць  $E_{cto}$ ; автоматизований контроль за показниками засобів автоматики  $E_{нк}$ ; скорочення витрат робочого часу  $E_{серч}$ , пов'язаного з обробкою, систематизацією, передачею інформації та підготовкою звітної документації; підвищення рівня професійної підготовки персоналу  $E_{пр}$  за рахунок застосування нових інформаційних засобів; ціна програмного продукту  $E_{ц}$ .

**Рис. 5. Форма введення даних щодо ремонту пристроїв**

*Примітка: скриншот із програми*

## Показники ефективності впровадження ІС для систем діагностики і моніторингу засобів залізничної автоматики на припортових залізницях

Показники ефективності	Складники ефективності
Вірогідність інформації	$E_{інф} = BZ_{внтр} + BZ_{оприб} \cdot K_{інф}$ , де $K_{інф}$ – коефіцієнт зростання вірогідності інформації
Доступ до даних у режимі реального часу	$E_{д} = BZ_{внтр} + BZ_{оприб} \cdot K_{не}$ , де $K_{не}$ – коефіцієнт підвищення ефективності від зростання доступу до даних
Введення серверу технічного обслуговування залізничної автоматики	$E_{сто} = BZ_{внтр} + BZ_{оприб} \cdot K_{сто}$ , де $K_{сто}$ – коефіцієнт підвищення ефективності від введення серверу технічного обслуговування
Автоматизований контроль за показниками	$E_{нк} = BZ_{внтр} + BZ_{оприб} \cdot K_{нк}$ , де $K_{нк}$ – коефіцієнт зниження відмов залізничної автоматики внаслідок автоматизованого контролю за показниками
Скорочення витрат робочого часу	$E_{сврч} = BZ_{внтр} + BZ_{оприб} + K_{сврч}$ , де $K_{сврч}$ – коефіцієнт скорочення витрат робочого часу
Підвищення рівня професійної підготовки персоналу	$E_{нр} = BZ_{внтр} + BZ_{оприб} \cdot K_{нр}$ , де $K_{нр}$ – коефіцієнт зниження витрат від підвищення професійної підготовки
Визначення ціни програмного продукту	$E_{ц} = B_m + B_n + B_g + B_i$ , де $B_m$ – придбання техніки; $B_n$ – проектування ІС; $B_g$ – витрати на супроводження; $B_g$ – витрати на впровадження; $B_i$ – інші витрати
Ефект від впровадження інформаційної системи	$E_{іс} = E_{інф} + E_{д} + E_{сто} + E_{нк} + E_{сврч} + E_{нр} - E_{ц}$ , де $E_{д}$ – доступ до даних; $E_{сто}$ – сервер технічного обслуговування; $E_{нк}$ – автоматизований контроль за показниками; $E_{сврч}$ – скорочення витрат робочого часу; $E_{нр}$ – підвищення рівня професійної підготовки; $E_{ц}$ – ціна програмного продукту

Аналізуючи наведені у табл. 3 формули, слід визначити, що головними факторами, які визначатимуть економічну ефективність, є вартість витрачених і оприбуткованих коштів (відповідно  $BZ_{внтр}$ ,  $BZ_{оприб}$ ). Проте кожен з інших складників виражає специфіку дослідної області, яка характеризує процес розробки ІС як нематеріального виробництва. Завдяки розробленій інформаційній системі процес технічного обслуговування засобів залізничної автоматики, на відміну від існуючих, набуває прозорості, що суттєво полегшує роботу припортових залізниць та спрямовано на економію коштів.

Кваліфіковане обслуговування систем автоматики і телемеханіки потребує кваліфікованої підготовки кадрів, що є важливим завданням вищої та передвищої освіти. Мета курсу підвищення кваліфікації електромеханіків СЦБ (електромеханіків контрольно-вимірювальних пристроїв СЦБ, техніків ШЧ) полягала в оновленні та отриманні додаткових знань, умінь та навичок під час удосконалення навичок раціональної та ефективної організації праці. Під час викладання застосовано інтерактивні методики та сучасні засоби інформаційних технологій, що спрямовано на підвищення ефективності й надійності пристроїв СЦБ та зв'язку, безпеки руху та ефективної роботи дистанцій сигналізації та зв'язку за рахунок

отриманих знань у своїй виробничій діяльності електромеханіками СЦБ, електромеханіками контрольно-вимірювальних пристроїв СЦБ, техніками ШЧ. У табл. 4 наведено стислий аналіз підходів до визначення пріоритетних напрямів підготовки кадрів для технічного обслуговування засобів автоматики на об'єктах залізнично-водного сполучення, а саме на припортових залізницях, поромних станціях, залізничних поромках, залізничних шляхах, на суднобудівних та судноремонтних підприємствах тощо.

Наступний шаг досліджень полягає в статистичній обробці персональних даних щодо базової освіти та професійної апробації курсантів з метою складання критеріїв професійного розвитку та визначення інтелектуально-кадрового ресурсу.

*Наукове і практичне значення одержаних результатів. Перспективи подальших досліджень.* Робота являє собою новий напрям у вирішенні науково-технічної проблеми з експлуатації та технічного обслуговування засобів автоматики на припортових залізницях. Розв'язання задач синхронізації керуючих дій залізничі та автоматизованої роботи морських портів можливо за допомогою розробки нової інформаційної системи, що відображає взаємозв'язок між показниками засобів залізничної автоматики та автоматизованим робочим місцем технолога, який систематизує ці

**Підходи до визначення пріоритетних напрямів підготовки кадрів для технічного обслуговування засобів автоматики на об'єктах залізнично-водного сполучення**

Науковий підхід	Пріоритетні напрями	Очікуваний результат
Об'єктивний підхід – пов'язаний з підготовкою співробітників до нових функцій та розв'язання нових знань	Впровадження ІТ-технологій та ІТ-тренінгів	Опанування нових знань в області електронного документообігу, обслуговування СТДМ
Системний підхід – передбачає підвищення результативності праці	Підвищення інтелектуального потенціалу служб	Набуття управлінських, технічних, виробничих навичок, ефективне використання трудового потенціалу
Інноваційний підхід	Пошук рішення в нештатних ситуаціях	Професійно-кваліфікаційний розвиток персоналу, здатність до саморозвитку
Економічний підхід	Розширення клієнтської бази в умовах посилення конкуренції	Зростання вантажообігу на об'єктах залізнично-водного сполучення

дані, визначає їх можливі відхилення від нормативних показників та складає звітну документацію, на підставі якої далі розробляються заходи з технологічного обслуговування. Одержані результати вирішують науково-технічне завдання інформаційного забезпечення систем технічного діагностування і моніторингу припортових залізниць і можуть бути застосовані для тестування пристроїв залізничної автоматики (рейкових кіл, стрілок, світлофорів), а також для постановки та проведення наукових досліджень у лабораторних умовах.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з апробацією нової інформаційної системи на практиці, формалізацією та уточненням економічним критеріїв щодо її впровадження, а також розвитком науково-методичних основ підготовки кваліфікованих кадрів для обслуговування на сучасному рівні засобів автоматики в мережах залізнично-водного сполучення.

**Висновки.** Розроблено нові заходи з інформаційної підтримки технічного обслуговування припортових залізниць, які включатимуть у себе: проектування нової інформаційної системи на основі принципів управління процесами діагностики і моніторингу засобів залізничної автоматики; формулювання показників економічної ефективності щодо доцільності впровадження; визначення перспективних напрямів підготовки та підвищення кваліфікації кадрів, для чого в роботі:

– проаналізовано особливості процесів організації обслуговування ЗАТ на припортових залізницях з визначенням переваг і недоліків існуючих технічних підходів;

– за допомогою об'єктно-орієнтованого підходу й дослідження процесів обміну інформацією під час технічного обслуговування припортових залізниць із використанням UML-моделювання розроблено нову інформаційну систему, основним елементом якої є інформаційно-пошуковий масив документального типу, до якого заносяться дані щодо показників роботи пристроїв залізничної автоматики, умов їх експлуатації, інформація щодо заходів поточного обслуговування та ремонту;

– визначено та проаналізовано за критеріями економічної ефективності проблемні питання щодо впровадження нових інформаційних систем для технічного діагностування засобів залізничної автоматики на припортових залізницях;

– за результатами попередньої апробації в рамках пілотного проєкту з підвищення кваліфікації електромеханіків на базі Миколаївського коледжу транспортної інфраструктури ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна проаналізовано об'єктивний, системний, інноваційний та економічний підходи з визначенням пріоритетних напрямів підготовки кадрів для технічного обслуговування засобів автоматики на об'єктах залізнично-водного сполучення.

#### Список літератури:

1. Головка Т.В., Паровик О.О. Удосконалення процесу взаємодії залізничного та водного транспорту на основі вимог логістики. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2014. № 146. С. 66–70.
2. Шеховцов О.І. Автоматизоване робоче місце диспетчера залізничних перевезень порту. *Збірник наукових праць Дон ІЗТ*. 2010. № 24. С. 62–68.
3. Кравцов Ю.А. Электромагнитная совместимость рельсовых цепей и электроподвижного состава с асинхронным тяговым приводом. *Автоматика на транспорте*. 2015. 1. Том 1. С. 7–27.

4. Мойсеєнко В.І., Чегодаєв Б.В., Зотова О.С. Методи діагностування систем залізничної автоматики. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. № 4. С. 26–32.
5. Моловічко В.В., Гаврилюк В.І., Кізякова В.Я. Визначення діагностичних ознак для автоматизованого контролю технічного стану стрілочних електродвигунів. *Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2007. № 3. С. 9–12.
6. Безнаритний А.М., Гаврилюк В.І., Гололобова О.О. Аналіз сучасного стану пристроїв автоблокування, методів його обслуговування та контролю. *Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2014. № 1 (49). С. 22–32.
7. Буряк С.Ю., Гаврилюк В.І., Гололобова О.О. Впровадження систем технічної діагностики стрілочних переводів. *Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна*. 2015. № 3 (57). С. 7–26.
8. Ефанов Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики : монография. Санкт-Петербург : ПГУПС, 2016. 171 с.
9. Мирошник М.А., Ковтух В.Г., Герман Э.Е. Проектирование компьютерных систем с интеллектуальной диагностической инфраструктурой. *РАДИОТЕХНИКА : Всеукр. межвед. науч.-техн. сб.* 2011. № 164. С. 190–197.
10. Мирошник М.А. Разработка интеллектуальной диагностической инфраструктуры в распределенных компьютерных системах. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2015. № 3. С. 3–9.
11. Елисеєв В.А. Направление развития спутникового мониторинга железнодорожного транспорта. *Інтерактивна наука*. 2016. № 8. С. 62–68.
12. Моисеєнкова Д.А. Задача принятия управленческих решений на железнодорожном транспорте. *Известия Петербургского университета путей сообщения*. 2007. № 4 (13). С. 5–16.
13. Цуриков А.Н. Автоматизированная информационная система поддержки принятия управленческих решений и рассылки оповещений в условиях чрезвычайной ситуации на железнодорожной станции. *Вагонный парк*. 2014. № 1 (82). С. 41–44.
14. Буч Г., Рамбо Д. Язык UML. Руководство пользователя : 2-е изд. ; пер. с англ. Москва : ДМК Пресс, 2006. 496 с.
15. Иванова Г.С., Никишкина Т.Н. Объектно-ориентированное программирование : учебник. Москва : Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2014. 456 с.
16. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва : Радио и связь, 1993. 450 с.
17. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных ; пер. с англ. Москва : Вильямс, 2005. 1328 с.
18. Beauliev A. Learning SQL. O'Reilly Media. Printed in the United States of America, 2009. 335 p.
19. Голячук Н.В., Власюк С.В., Рихлюк В.С. Ефективність використання комп'ютерної системи обліку. *Економічні науки : Сер. : Облік і фінанси*. 2012. № 9 (1). С. 236–244.

#### **Havryliuk V.I., Titov S.S., Yeholnikov O.O. MANAGEMENT OF PROCESSES OF DIAGNOSIS AND MONITORING OF AUTOMATIC MEANS ON PRIVATE RAILWAYS**

*Port rail networks are important strategic objects, the effectiveness of which caused by coordinated cooperation of rail and water transport, which directly depends on the serviceability of automation, speed of processing and data transmission between the railway and port services.*

*The work is a new direction in solving the scientific and technical problem of operation and maintenance of automation equipment on port railways. The aim of the work is to develop new measures for information support of maintenance of port railways on the basis of the principles of diagnostic and monitoring processes management of railway automation.*

*The peculiarities of the automation means maintenance organization processes on port railways have been analyzed: the possibility of development due to the introduction of new solutions for information support of technical diagnostics and monitoring systems has been determined. The investigation of the organizational structure of control of diagnostics and monitoring of automation on port railways has been performed using UML-modeling.*

*A new information system has been developed: it reflects the connection between the indicators of railway automation and the automated workplace of the technologist, who systematizes these data, determines their possible deviations from the normative indicators and compiles reporting documentation, on the basis of which further the technological maintenance measures are developed. The project development is based on an object-oriented approach; classical database design technologies have been used to implement the task.*

*Indicators of efficiency of its introduction for systems of diagnostics and monitoring of railway automation means on port railways have been considered. Perspective directions of training and certification of staff have been determined.*

*The research results can be used for railway automation devices testing (rail circuits, switches, traffic lights), as well as in the formulation and conduction of scientific research in the laboratory conditions.*

**Key words:** port railways, systems of technical diagnostics and monitoring, maintenance, railway automation, information system, economic indicators, staffing.

УДК 629.424.1:621.436-61.004  
DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/22>

**Дакі О.А.**

Державний університет інфраструктури та технологій

**Ткаченко В.В.**

Державний університет інфраструктури та технологій

**Будолак С.Ю.**

Державний університет інфраструктури та технологій

## МЕТОД УПРАВЛІННЯ ВИТРАТОЮ ПАЛИВА НА РІЧКОВИХ СУДНАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ СПЛАЙН-ФУНКЦІЙ

*Нові технології ресурсозбереження, управління рухом річкових суден, процеси стабілізації суден на курсі, маневрування, забезпечення стійкості їхнього руху, повороткості, керованості, руху на міліні, циркуляції, що реалізовані з урахуванням вимог безпеки, системності та забезпечення життєдіяльності екіпажів суден, повинні стати визначальними в забезпеченні конкурентоздатності річкового транспорту. Потреба в нових технічних рішеннях визначена необхідністю підвищення економічності суднових енергетичних установок та їхніх елементів. Вона визначена також значними змінами, що відбуваються в останні роки в економічній, екологічній, соціальній та іншій сферах людської діяльності. Потреба зумовлена також і кризовими явищами у світовій економіці, вихід з яких полягає в якісно нових структурах і методах управління. Для отримання адекватних технічних рішень потрібно створювати моделі та алгоритми оптимізації та автоматизації суден і суднових технічних засобів, розвивати методи для підвищення економічності суднових енергетичних установок і їхніх елементів шляхом ефективного використання різних видів ресурсів у кожному рейсі.*

*Одним із найважливіших технічних ресурсів, що визначають реальні терміни безпечної і надійної роботи судна під час навігації, є моторесурс судових енергетичних установок. Він залежить значним чином від умов експлуатації, режимів роботи, впливу зовнішніх факторів, технічного стану. Витрата моторесурсу значно підвищується на несталих режимах роботи. Негативно позначаються на збереженні моторесурсу перехідні режими, режими маневрування, режими руху по мілководних і вузьких фарватерах, на шлюзованих ділянках шляху. Зменшення витрати моторесурсу можна забезпечити за рахунок раціонального використання палива в рейсі, необхідного для виконання транспортної роботи, зниження часу роботи двигунів у несталих режимах, раціонального управління потужністю суднових енергетичних установок.*

*У статті доведено, що проблема економії палива та енергоресурсів на річкових суднах може вирішуватися шляхом моделювання характеристик судна за допомогою сплайн-функцій, які забезпечують точне проходження відповідного сплайна через вузли інтерполяції і рівність похідних від сплайна по аргументу ліворуч та праворуч від інтерполяційного вузла. За допомогою сплайн-функцій отримано розв'язання задачі економії палива головними двигунами.*

**Ключові слова:** витрата палива, економія ресурсів, енергоефективність, сплайн-функції, судові енергетичні установки.

**Постановка проблеми.** Сучасні технології ресурсозбереження і безпосередньо ощадливої витрати палива на суднах транспортного і технічного флоту відрізняються від попередніх технологій фундаментальними інноваційними рішеннями та широким застосуванням сучасних інформаційних технологій. Засновані на інноваційних рішеннях підвищення енергоефективності суднових дизелів і дизель-генераторних агрегатів, вони дозволяють якісно вирішувати завдання заощадження паливно-енергетичних ресурсів, забезпечення ефективної роботи суднових енерге-

тичних комплексів за мінімальних матеріальних і фінансових витрат, раціонально використовувати наявні запаси палива під час кризових явищ в економіці, а також в екстремальних ситуаціях [1].

Поступове вичерпання природних енергетичних ресурсів, а також недостатні темпи відновлення флоту, слугують могутнім поштовхом до розвитку інформаційних і енергоефективних технологій, які реалізують методи і моделі дослідження операцій, алгоритми прийняття оптимальних рішень в умовах невизначеності. Найбільш затребуваними для рішення завдань забезпечення

енергоефективності річкового флоту стають варіаційні методи пошуку ефективних рішень, що означає їхню наукову обґрунтованість [2; 3]. Вони утворюють фундамент методів і засобів досягнення практичних результатів ресурсозбереження на судах річкового флоту.

Робота на ринку транспортних послуг поєднана з аналізом стану ринку, пошуком найвигідніших варіантів розподілу наявних ресурсів: паливних, фінансових, товарних, технічних та інших. Одним із найважливіших технічних ресурсів, що визначають реальні терміни безпечної і надійної роботи судна під час навігації, є моторресурс судових енергетичних установок (далі – СЕУ), у тому числі головних двигунів (далі – ГД) і судових дизель-генераторних агрегатів (далі – ДГА). Він залежить значним чином від умов експлуатації, режимів роботи, впливу зовнішніх факторів, технічного стану. Витрата моторресурсу значно підвищується на несталих режимах роботи СЕУ. Негативно позначаються на збереженні моторресурсу перехідні режими, режими маневрування, режими руху по мілководних і вузьких фарватерах, на шлюзованих ділянках шляху. Дослідження низки авторів [4–6] доводять, що підвищена витрата моторресурсу спостерігається на режимах пуску і зупинки двигунів внутрішнього згоряння.

Зменшення витрати моторресурсу можна забезпечити за рахунок раціонального використання в рейсі палива, необхідного для виконання транспортної роботи, зниження часу роботи двигунів у несталих режимах, раціонального управління потужністю СЕУ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розвитку алгоритмів пошуку оптимальних рішень для класу динамічних задач управління витратою палива методами математичного моделювання приділяється значна увага, оскільки їх застосування дозволяє спростити пошук оптимальних параметрів управління і запропонувати способи рішення двочкових граничних задач ефективними обчислювальними методами. У розробку різних аспектів проблеми управління витратою палива та, як наслідок, комплексної автоматизації систем управління СЕУ внесли вклад відомі вчені: П.І. Бажан, А.М. Басин, А.С. Бутов, Є.М. Климов, Ю.М. М'яников, Ю.А. Лисняк, Ю.П. Петров, А.В. Попов, Т.В. Тарасенко, М.М. Чиркова, І.А. Фейгин, Ю.С. Федосенко та інші. Результати досліджень вищезгаданих науковців стали основою якісно нового рівня автоматизації СЕУ, в тому числі – в частині оптимізації витрати палива та енергії на річкових судах.

**Постановка завдання.** Метою статті є розроблення методу управління витратою палива на річкових судах шляхом побудови адекватних математичних моделей з використанням сплайн-функцій.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Головним експлуатаційним складником, що визначає витрату палива річковим судном, є його ходовий час у рейсі й обсяг вантажу, тобто виконана транспортна робота протягом ходового часу. Режим руху судна на всіх ділянках судового ходу з максимально можливими (за технічними умовами) швидкостями забезпечує мінімальний час проходження до пункту призначення. Проте даний режим є найменш економним, з максимально можливою витратою палива в рейсі. Рух судна на максимально можливій швидкості в термінах оптимального управління [7; 8] забезпечує максимальну швидкодія. Водночас максимальна швидкодія завжди пов'язана з максимальними витратами енергії на управління. Крім того, за великих витрат палива зростає рівень забрудненості атмосфери вихлопними газами та виникає негативний вплив на експлуатаційні показники СЕУ, що в комплексі призводить до зниження показників енергоефективності.

Натепер витрати на забезпечення судна паливом становлять до 40% від суми всіх експлуатаційних витрат. Отже, від ефективності використання палива в рейсі безпосередньо залежить прибуток транспортної компанії. Паливо є ресурсом, що має бути раціонально розподілений між відповідними процесами (ділянками шляху) для забезпечення максимального прибутку. Прибуток, що отримується в умовах ринку за рахунок зниження витрат, забезпечується шляхом реалізації економічних режимів на окремих ділянках шляху в разі дотримання обмежень: вантаж повинен бути доставлений замовнику в заданий диспетчером час у цілісності.

Досвід [9] і математичне моделювання [10] свідчать, що за рахунок раціонального використання ходового резерву часу і його накопичення, з урахуванням умов руху на лінії і далі в пункті прибуття, можна одержати порейсову економію палива від 5% до 35%. Водночас запланований обсяг транспортної роботи не зменшується. У статті для оптимізації режимів руху річкових суден запропоновано використовувати сплайн-метод, що дозволяє оптимально розподіляти основний ресурс (час руху) за ділянками маршруту з різними шляховими умовами (за процесами).

Структура методу складається з етапів, сутність яких розкрита далі.



**Етап 1.** Весь шлях руху річкового судна з різними шляховими умовами розділимо на  $n$  ділянок з відповідними розхідними характеристиками.

**Етап 2.** Побудова математичної моделі. Для ділянок розраховуються характеристики витрати палива як функції часу руху за такими формулами:

– для безперервних моделей:

$$F(i) = k(i) \times S(i)^{p(i)} \times t(i)^{-(p(i)-1)}, i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

де  $F(i)$  – обсяг палива, що споживає СЕУ під час проходження  $i$ -го відрізка шляху  $S(i)$  за час  $t(i)$ ;  $k(i)$  та  $p(i)$  – коефіцієнти, що оцінюються за моделлю пропульсивного комплексу [10] або іншими методами [11, 12];

– для дискретних моделей оцінка функції  $F(i)$  здійснюється за експериментальними точками ( $k$  – кількість таких точок) вектора виду:  $[F_1(i, t_1), F_2(i, t_2), F_3(i, t_3), \dots, F_k(i, t_k)]$ .

Формується сплайн-функція за допомогою оператора:

$$g(i) = \text{spline}([t_1, t_2, \dots, t_k], [F_1, F_2, \dots, F_k]). \quad (2)$$

Розрахункові значення функції  $F(i)$  утворюються за допомогою оператора витрати палива:

$$F(i) = PV(g(i), t(i)) \quad (3)$$

за виконання обмеження на час виду:

$$t_{\min}(i) \leq t(i) \leq t_{\max}(i), i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

**Етап 3.** Розв'язання оптимізаційної задачі.

Нелінійна задача мінімальної витрати палива СЕУ річкового судна в рейсі розв'язується чисельними методами (наприклад, із застосуванням пакету Matlab):

$$L(n, \tau) = \min_{t(i)} \sum_{i=1}^n F(i) = \sum_{i=1}^n F(i)PV(g(i), t(i)) \quad (5)$$

з обмеженнями виду (4), де

$$S = \sum_{i=1}^n S(i), \quad \tau = \sum_{i=1}^n t(i), \quad (6)$$

де  $\tau$  – час ходу річкового судна до пункту призначення,  $S$  – довжина шляху.

Основна перевага сплайн-метода розподілу ресурсів полягає в його інваріантності щодо видів ресурсів. Ресурсами можуть бути запаси сировини і матеріалів, час завантаження обладнання, час обслуговування судна, робочий час, моторесурс головних і допоміжних двигунів, час технічного обслуговування суден, грошові інвестиції тощо. Тому в процесі розрахунку за сплайн-методом зручно використовувати прийняті в дослідженні операції та терміни практич-

ної оптимізації. До них відносяться: функція цілі (критерій якості), обчислювальний алгоритм, процес, ресурс, обмеження.

Способи розподілу ресурсів залежать від конкретних критеріїв і технологічних режимів функціонування об'єктів. Назвемо ці способи процесами. Спосіб застосування процесів характеризує дохід, який оцінюється в одиницях самих ресурсів або в еквіваленті, зазвичай у грошовому. Введення однієї одиниці доходу до всіх процесів дозволяє привести багатокритеріальну задачу оптимізації до проблеми розподілу тільки одного виду ресурсів. Проблема розподілу полягає в отриманні максимуму доходу або мінімуму витрат. Для проблеми отримання мінімуму споживаного палива функцією цілі, відповідно до співвідношення (5), є  $L(n, \tau)$ . Зумовленими формулами (1)–(3) процесами варто вважати режими руху судна на різних ділянках шляху  $i=1, 2, \dots, n$  з різними  $F(i)$ . Систему обмежень устанавлюють співвідношення (4) та (6). Ресурсом, який розподіляється за процесами, є час  $\tau$ . Чим більше резерв часу, тим більше можна зекономити палива.

Як чисельний метод оптимізації сплайн-метод застосуємо для рішення класу задач динамічного програмування, без складання рекурентних співвідношень, з необхідною логікою використання функцій математичного програмування інструментарію Optimization Toolbox.

Розглянемо алгоритм економічної роботи ДГА в режимах зміни в часі навантаження на суднову мережу в діапазоні від нуля до максимуму.

Для оптимізації необхідно мати аналітичні залежності витрати палива, що приходиться на одиницю потужності, що генерується для кожного ДГА. Параметри моделей характеристик ДГА за експериментальними точками з високою точністю оцінюються за допомогою кубічних сплайнів. Це дозволяє апроксимувати множину гладких нелінійних функцій, спираючись тільки на функції сплайнів, без виводу коефіцієнтів. Сплайни забезпечують точне проходження відповідної характеристики через інтерполяційні вузли, а також рівність похідних за аргументом у кожному інтерполяційному вузлі.

Апроксимація видаєткових характеристик ДГА виконується з використанням нелінійних функцій:

$$F_j = f_j(P_j), j = 1, 2, \dots, m, \quad (7)$$

де  $P_j$  – потужність  $j$ -го агрегату, який може працювати на визначеному паливі;  $F_j$  – годинна витрата палива, що вимірюється в функції потужності  $P_j$ ;  $m$  – кількість агрегатів, що працюють

паралельно в мережі суднових споживачів електроенергії.

Оскільки в будь-який час  $t$  сумарна потужність паралельно працюючих ДГА дорівнює сумарній потужності  $P(t)$  споживачів, то повинне використовуватися обмеження-рівність:

$$P(t) = \sum_{j=1}^k P_j(t), k = 1, 2, \dots, m, \quad (8)$$

де  $k$  – кількість одночасно працюючих ДГА.

Критерієм якості, що визначає мінімальну вартість електроенергії, яка виробляється ДГА, представимо функціоналом:

$$F(t) = \sum_{j=1}^k f_j(P_j(t)), k = 1, 2, \dots, m, \quad (9)$$

Мінімізація функціоналу виду (9) виконується у заданому поточному значенні  $P(t)$  шляхом варіації потужності між  $k$  генераторними агрегатами з урахуванням обмежень з використанням сплайн-методу.

Як приклад, оптимальні за сумарною витратою палива в рейсі режими розраховані під час руху судна маршрутом довжиною 162,5 км річкою Дніпро. З урахуванням змінюваних умов руху маршрут умовно розділений на три ділянки: 68,7 км, 51,4 км, та 42,4 км. З урахуванням обмежень мінімальний час судна в рейсі становив 12,36 год., максимальний час руху прийнятий 16,25 год. Видаткові характеристики оцінені на кожній ділянці по дев'ятьох експериментальних точках. Виходячи з умов експлуатації СЕУ, визначені максимальні значення допустимих швидкостей на ділянках шляху:  $V_1=12,15$ ;  $V_2=13,14$ ;  $V_3=14,64$  (км/год).

Вибрана структура моделі витратних характеристик судна:

$$G(i) = k(i) \times V(i)^{p(i)},$$

де  $i=1, \dots, 9$  – кількість експериментальних точок, які прийняті за інтерполяційні вузли під час побудови сплайнів;  $G(i)$  – годинна витрата палива;  $V(i)$  – швидкість руху судна. При цьому отримані такі чисельні моделі витратних характеристик на ділянках шляху:  $k_1=0,04$ ;  $k_2=0,039$ ;  $k_3=0,037$ ;  $p_1=3,340$ ;  $p_2=3,294$ ;  $p_3=3,146$ .

Результат розрахунків оптимальних за витратою палива режимів руху річкових суден представлено залежностями, які наведено на рис. 1, 2.

На рис. 1 наведено графіки розподілу ходового часу за трьома ділянками як функції часу перебування судна в рейсі. За такого розподілу буде реалізований найбільш економний режим витрати палива. Представлені залежності на рис. 2 показують, яка витрата палива повинна бути в рейсі, і як витрати розподілені по ділянках, якщо підтримуються режими, що відповідають оптимальному розподілу ходового часу.

Характеристика  $L(n, \tau)$ , яка відповідає мінімальній сумарній витраті палива в рейсі, залежить від часу руху судна до пункту призначення та може використовуватися для оцінки якості управління і порівняння із встановленими нормами витрати палива в конкретному рейсі.

Характеристика  $L(n, \tau)$  може також використовуватися для оцінки коефіцієнта енергоефективності судна, відповідно до паспорта енергоефективності.

Аналіз залежностей, що наведені на рис. 2, дає змогу отримати прогностичні значення витрати палива під час виконання річковим судном рейсу, висунути вимоги до часу руху та вибрати оптимальні швидкості на кожній ділянці руху для мінімізації функції витрат.

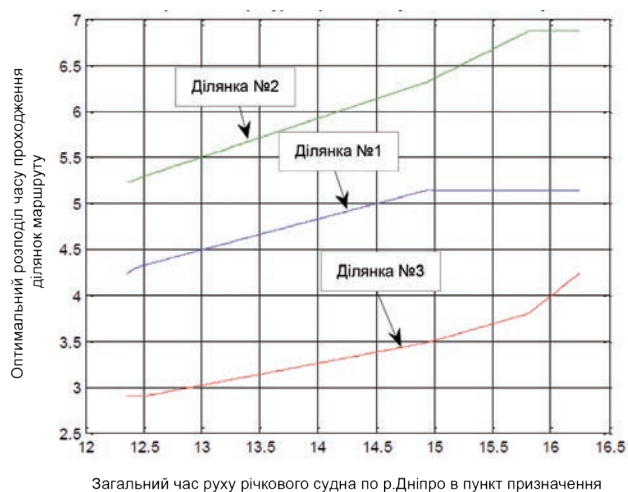


Рис. 1. Оптимальний розподіл ходового часу за трьома ділянками маршруту

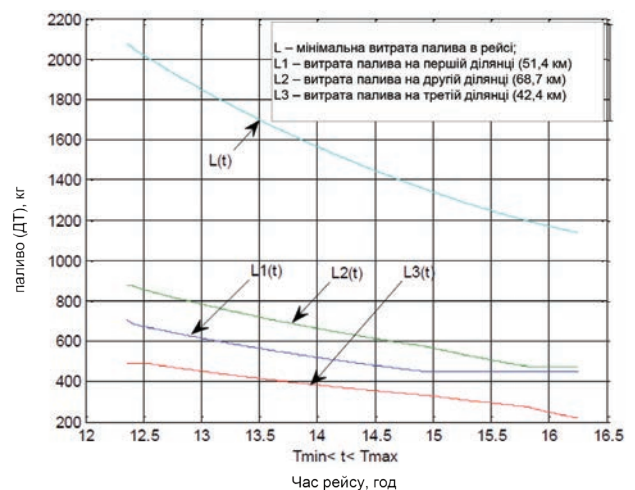


Рис. 2. Витрати палива під час проходження судна трьома ділянками маршруту

**Висновки.** У статті доведено, що проблема економії палива та енергоресурсів на річкових суднах може вирішуватися шляхом моделювання характеристик судна за допомогою сплайн-функцій, які забезпечують точне проходження відповідного сплайна через вузли інтерполяції і рівність похідних від сплайна по аргументу ліворуч та праворуч від інтерполяційного вузла. За допомогою сплайн-функцій отримано розв'язання задачі економії палива ГД. Економічні режими руху річкового судна визначалися під час руху судна водним шляхом зі змінними шляховими умовами на трьох його ділянках. Розрахунки виконані по дев'ятьох точках витратних характеристик на кожній із трьох ділянках. Результати моделювання опти-

мальних режимів руху річкового судна для чотирьох значень ходового часу підтверджують можливість реалізації високоточного управління СЕУ їхнім зворотнім зв'язком за наявності поточної інформації про положення судна на маршруті та швидкості його руху. Метод сплайн-функцій, крім управління технологічними процесами в режимі онлайн, можна успішно використовувати для вибору структури систем СЕУ на етапах планування, моніторингу й реалізації технологічних рішень з їх автоматизації, а також планування роботи флоту. Він може застосовуватися для складання плану енергоефективності на кожному об'єкті, з урахуванням технічного стану та умов експлуатації.

#### Список літератури:

1. Сахаров В.В., Таранин А.Г., Чертков А.А. Алгоритм энергоэффективного управления курсом судна. *Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова*. 2013. № 3 (22). С. 38–46.
2. Григорьев Е.А. Экономическая оценка ресурсосберегающих технологий работы речных судов : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05. Новосибирск, 2014. 151 с.
3. Тарасенко Т.В. Підвищення енергоефективності суден при роботі на коротких морських лініях (на прикладі суден з гвинтом регульованого кроку) : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20. Одеса, 2015. 24 с.
4. Пунда А.С. Численное моделирование рабочих процессов судовых дизелей : учебное пособие. Москва : МорТех, 2015. 64 с.
5. Разлейцев Н.Ф. Моделирование и оптимизация процесса сгорания в дизелях. Харьков : ХНДАУ, 2008. 169 с.
6. Кирпичников А.Ю. Обеспечение надежности технической эксплуатации машинных парков в транспортном строительстве : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.05.04. Новосибирск, 2013. 16 с.
7. Математичне та комп'ютерне забезпечення розробок випробувальних стендів силових установок енергетичного і транспортного призначення. *Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин* : збірник наукових статей за результатами, отриманими в 2010-2012 рр. / А.Ф. Верлань та ін. Київ : Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, 2012. С. 310–315.
8. Ковалюк Д.О. Москвіна С.М. Моделювання теплотехнологічних об'єктів з розподіленими параметрами : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 182 с.
9. Лисняк Ю.А. Повышение эффективности использования топлива на морском флоте. Севастополь : СевНТУ, 2005. 38 с.
10. Платов А.Ю. Методы оперативного планирования работы речного грузового флота на основе оптимального нормирования ходовой операции : монография. Нижний Новгород : ФГОУ ВПО «ВГАВТ», 2009. 155 с.
11. Тверитин В.Н. Способ нормирования расхода топлива. *Проблемы транспорта*. 2017. № 7. С. 12–13.
12. Michalsky Jan P. A method for selection of parameters of ship propulsion system fitted with compromises crew. *Polish Maritime Research*. 2007. 4 (54). Vol. 14. P. 3–6. DOI: 10.2478/v10012-007-0032-y

#### **Daki O.A., Tkachenko V.V., Budolak S.Yu. FUEL CONSUMPTION CONTROL METHOD ON RIVER SHIPS USING SPLINE FUNCTIONS**

*New technologies for saving resources, managing the movement of river vessels, the processes of stabilizing ships on the course, maneuvering, ensuring the stability of their movement, maneuverability, controllability, aground movement, circulation, implemented taking into account the requirements of safety, consistency and ensuring the vital activity of ship crews, should become the determining factors in ensuring the competitiveness of river transport. The need for new technical solutions is determined by the need to improve the efficiency of ship power plants and their elements. It is also determined by significant changes that have taken place in recent years in the economic, environmental, social and other spheres of public activity. The need is also due to the crisis phenomena in the world economy, the ways out of which lie in qualitatively new structures and methods of management. To obtain adequate technical solutions, it is necessary to create models and algorithms for the optimization and automation of ships and ship technical equipment, to develop methods to*

*increase the efficiency of ship power plants and their elements by efficiently using different types of resources on each voyage.*

*One of the most important technical resources that determine the real terms of safe and reliable operation of a vessel during navigation is the service life of ship power plants. It depends significantly on the operating conditions, operating modes, the influence of external factors, and the technical condition. The motor resource consumption increases significantly in transient and limiting modes of operation. Transient modes, modes of maneuvering, modes of movement along shallow and narrow fairways, on locked sections of the route have a negative effect on the preservation of the motor resource. Reducing the cost of motor resources can be achieved due to the rational use of fuel during the voyage, which is necessary for carrying out transport work, reducing the operating time of engines in unsteady modes, and rational control of the power of ship power plants. The article proves that the problem of saving fuel and energy resources on river vessels can be solved by modeling the characteristics of the vessel using spline functions that ensure the exact passage of the corresponding spline through the interpolation nodes and equality of the derivatives of the spline with respect to the argument on the left side and on the right side of the interpolation node. Using spline functions, a solution to the problem of fuel economy for main engines is obtained.*

**Key words:** *energy efficiency, fuel consumption, resource saving, spline functions, ship power plants.*

УДК 625.096  
DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/23>

**Єманов В.В.**

Національна академія Національної гвардії України

**Полтавський Е.М.**

Національна академія Національної гвардії України

**Споришев К.О.**

Національна академія Національної гвардії України

**Карпенко С.І.**

Національна академія Національної гвардії України

## МЕТОД ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СУКУПНОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМ І ВУЗЛІВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ, ДІАГНОСТОВАНИХ ЗА КРИТЕРІЯМИ БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

*Виконання службово-бойових завдань підрозділами Національної гвардії України залежить від стану озброєння та військової техніки. Технічний стан озброєння та військової техніки оцінюється методами діагностування. Кількість параметрів діагностування сьогодні надмірна. У статті розглянуто метод формування раціональної сукупності діагностичних параметрів систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації.*

*В основу запропонованої методології нормування технічного стану покладено структурне уявлення про конструкцію автомобіля у вигляді взаємопов'язаних множин складових частин.*

*Об'єктами діагностування за критеріями безпеки визнані складові частини, технічний стан яких піддається експлуатаційним змінам, що знижують безпеку автомобіля, та для оцінки яких створюються алгоритми перевірок із відповідною періодичністю їх проведення. Основними резервами зниження аварійності внаслідок незадовільного технічного стану є підвищення ефективності діагностування гальмового і рульового керування, зовнішніх світлових приладів, коліс та інших складових частин, до працездатності яких передбачені обов'язкові вимоги.*

*Причиною змін у складі агрегатів, систем і вузлів, що впливають на безпеку транспортного засобу, є експлуатація транспортного засобу з новими вузлами або вузлами нових конструкцій. Нові вузли та системи, які впливають на безпеку транспортного засобу, також повинні бути об'єктом діагностування. Підтвердження такого впливу статистика аварійності дає зі значним тимчасовим запізненням, у міру насичення ними автомобільного парку країни.*

*Розроблений метод формування раціональної сукупності діагностичних параметрів систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації, включає відбір складових частин для діагностування, нормування сукупностей діагностичних параметрів, розробку алгоритму прийняття рішення за результатами перевірки складових частин і необхідних методів діагностування.*

**Ключові слова:** транспортний засіб, технічний стан, транспортний засіб, діагностика, критерії безпеки експлуатації, параметри діагностування.

**Постановка проблеми.** Сьогодні технічний контроль може бути віднесений до числа адміністративних засобів впливу держави на власника транспортного засобу з метою отримання бажаних результатів. Система технічного контролю автомобілів повинна стати запобіжним заходом щодо тих, хто нехтує безпекою на автомобільних дорогах. Для досягнення цієї мети необхідно обов'язкове діагностування транспортних засобів

у рамках цього заходу та інших видів контролю технічного стану АБТ [1; 2].

Особливість такого діагностування полягає в тому, що, на відміну, наприклад, від діагностування під час виконання ТО або ТР, результати мають обов'язковий характер. За результатами діагностування робиться висновок про технічний стан автомобіля і можливості його подальшої експлуатації [1].

Таким чином, очевидна необхідність затвердження мінімальної кількості діагностичних параметрів із визначенням реальних граничних значень для застосування їх при оцінці стану ТЗ під час контролю технічного стану АБТ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вимоги до контролю технічного стану АБТ НГУ розглянуті в [1], вимоги до рівня безпеки дорожнього руху в Україні наведені у [2]. Основні принципи вибору та розробки заходів для підвищення безпеки дорожнього руху розглянуті в [3]. Різні погляди на забезпечення безпеки дорожнього руху наведені в [4], питання технічної діагностики колісних транспортних засобів – у [5]. Ці дослідження та публікації присвячені безпеці дорожнього руху на автомобільному транспорті та технічній діагностиці автомобільного транспорту, але проблемі удосконалення системи безпеки

дорожнього руху під час виконання службово-бойових завдань частинами НГУ за рахунок удосконалення системи діагностики було присвячено недостатньо уваги.

**Мета статті** – розроблення методу формування раціональної сукупності діагностичних параметрів систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Завдання й об'єкти діагностування транспортних засобів за критеріями безпеки й економічності експлуатації наведені на рис. 1.

На думку багатьох дослідників, основні зусилля щодо забезпечення захисту ТЗ від небезпечних несправностей, що впливають на зростання аварійності в країні, є прерогативою сфери експлуатації [3; 4].



Рис. 1. Завдання й об'єкти діагностування транспортних засобів

В основу пропонованої методології нормування технічного стану покладено структурне уявлення конструкції автомобіля у вигляді взаємопов'язаних множин складових частин. Об'єктами контролю за критеріями безпеки повинні бути такі складові частини, технічний стан яких піддається при експлуатації змінам, що знижують рівень безпеки автомобіля, і для оцінки яких створені відповідні алгоритми перевірки [5].

Для формалізованого представлення задачі введемо такі припущення. Нехай ТЗ складається з  $L$  деталей,  $N$  вузлів і  $n$  агрегатів. Деталі становлять кінцеву рахункову множину  $D$ :  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_L\}$ ; вузли – кінцеву рахункову множину, а агрегати – кінцеву рахункову множину  $A$ :  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ .

Кожному елементу множини  $U : u_i$  відповідає підмножина  $D_i : D_i \in D$ . Таким чином, кожен  $i$ -ий вузол складається з безлічі деталей  $D_i : D_i = \{d_1, d_2, \dots, d_{N_i}\}$ .  $N_i$  – кількість деталей у вузлі  $u_i$ , ( $i = 1, 2, \dots, N$ ).

Тоді

$$\bigcup_{j=1}^n D_j = D, \sum_{j=1}^n N_j = L.$$

Елементу множини  $A : a_j$  відповідає підмножина  $U_j : U_j \in U$ .

Таким чином, кожен  $j$ -ий агрегат складається з безлічі вузлів  $U_j : U_j = \{u_1, u_2, \dots, u_{n_j}\}$ .  $n_j$  – кількість вузлів в агрегаті  $a_j$ , ( $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Тоді

$$\bigcup_{j=1}^n U_j = U, \sum_{j=1}^n n_j = N.$$

Об'єктами діагностування за критеріями безпеки повинні бути складові частини, технічний стан яких піддається експлуатаційним змінам, що знижують безпеку автомобіля, і для оцінки яких створюються алгоритми перевірок із відповідною періодичністю їх проведення.

Нехай  $U'$  – множина вузлів ТЗ, схильних до змін  $U' \in U$ .

Введемо дискретну функцію  $p$  таку, що

$$\forall i : p(u_i, u_i) = p_i = \begin{cases} 1 - \text{якщо вузол } u_i \text{ схильний несправностям} \\ 0 - \text{якщо вузол } u_i \text{ не схильний несправностям} \end{cases}, \quad (1)$$

де  $p_i$  – індикатор схильності несправностей  $i$ -го вузла.

Тоді  $u'_i = u_i \cdot p_i$  и  $U' = \{u'_1, u'_2, \dots, u'_{N'}\}$ ,  $N' < N$

Нехай  $A'$  – безліч агрегатів, схильних до несправностей  $A' \in A$ .

Введемо дискретну функцію  $Q$ , таку, що

$$\forall j : Q(a_j, a_j) = q_j = \begin{cases} 1 - \text{якщо агрегат } a_j \text{ схильний несправностям} \\ 0 - \text{якщо агрегат } a_j \text{ не схильний несправностям} \end{cases}, \quad (2)$$

де  $q_j$  – індикатор схильності несправностей  $j$ -го агрегату.

Тоді

$$a'_j = a_j \cdot q_j \text{ та } A' = \{a'_1, a'_2, \dots, a'_n\}, \quad n' < n. \quad (3)$$

Перелік складових частин, працездатність яких при експлуатації прямо впливає на безпеку ТЗ і може бути причиною ДТП, значно менша, ніж загальна номенклатура складових частин ТЗ. Він має відмінності для різних типів ТЗ і зазнає уточнення в міру еволюції конструкцій автомобілів.

Для суворого обґрунтування цього переліку недостатньо використовувати статистичні дані аварійності через незадовільний стан ТЗ через укрупнення розкритих статистикою причин ДТП. Відомості статистики служать лише попередньою аргументацією на попередньому етапі обґрунтування такого переліку.

Основні резерви зниження аварійності внаслідок незадовільного технічного стану криються в підвищенні ефективності діагностування гальмового і рульового керування, зовнішніх світлових приладів, коліс та інших складових частин, до працездатності яких передбачені обов'язкові вимоги.

Основним джерелом змін у складі агрегатів, систем і вузлів, що впливають на безпеку ТЗ, є експлуатація транспортного засобу з новими вузлами або вузлами нових конструкцій. Нові вузли та системи, які впливають на безпеку ТЗ, також повинні бути об'єктом діагностування. Підтвердження такого впливу статистика аварійності дає зі значним тимчасовим запізненням, у міру насичення ними автомобільного парку країни.

У зв'язку з цим дані статистики аварійності про вплив працездатності агрегатів, систем і вузлів на безпеку ТЗ при аналізі доповнюють експертними обґрунтуваннями причин ДТП. Ці експертні обґрунтування коректують і розвивають вихідні пропозиції, засновані на результатах аналізу статистичних даних аварійності.

Нехай  $U''$  – множина вузлів, які схильні до несправностей при експлуатації та впливають на безпеку ТЗ  $U'' \in U$ .

Введемо дискретну функцію  $R$  таку, що:

$$\forall j : R(u''_m, u''_m) = r_m =$$

$$\begin{cases} 1 - \text{якщо несправність вузла } u''_m \text{ знижує безпеку ТЗ} \\ 0 - \text{якщо несправність вузла } u''_m \text{ не знижує безпеку ТЗ} \end{cases}, \quad (4)$$

де  $r_m$  – індикатор схильності до небезпечних несправностей  $m$ -го вузла.

Тоді  $u''_m = u''_m \cdot r_m$  та  $U'' = \{u''_1, u''_2, \dots, u''_{N''}\}$ ,  $N'' < N' < N$ .

Нехай  $G$  – безліч агрегатів, схильних до несправностей, що впливає на безпеку ТЗ  $A'' \in A'$ .

Введемо дискретну функцію  $T$

$$\forall j: T(a'_j, a'_j) = t_f = \begin{cases} 1 - \text{якщо несправність агрегата } a'_j \text{ знижує безпеку ТЗ} \\ 0 - \text{якщо несправність агрегата } a'_j \text{ не знижує безпеку ТЗ} \end{cases}, \quad (5)$$

де  $t_f$  – індикатор схильності до небезпечних несправностей  $f$ -го агрегата.

Тоді  $a''_f = a'_f \cdot t_f$  и  $A'' = \{a''_1, a''_2, \dots, a''_{n''}\}$ ,  $n'' < n' < n$ .

Нехай  $G$  – безліч алгоритмів перевірки вузлів  $u_i$ , схильних до несправностей при експлуатації.

Введемо дискретну функцію  $F$  таку, що

$$\forall k: F(u_k, u_k) = g_k = \begin{cases} 1 - \text{якщо відомий алгоритм перевірки вузла } u_k \\ 0 - \text{якщо не відомий алгоритм перевірки вузла } u_k \end{cases}, \quad (6)$$

де  $g_k$  – індикатор схильності до несправностей  $k$ -го вузла.

Тоді

$$u_k''' = u_k'' \cdot g_k \text{ та } G = \{g_1, g_2, \dots, g_{N''}\}, \quad N''' < N'' < N'. \quad (7)$$

Нехай  $H$  – безліч алгоритмів перевірки агрегатів  $a_e$ , схильних до несправностей, що впливає на безпеку ТЗ.

Введемо дискретну функцію  $H$  таку, що

$$\forall l: H(a_e, a_e) = h_e = \begin{cases} 1 - \text{якщо відомий алгоритм перевірки агрегата } a_e \\ 0 - \text{якщо не відомий алгоритм перевірки агрегата } a_e \end{cases} \quad (8)$$

де  $h_e$  – індикатор схильності до несправностей  $e$ -го агрегата.

Тоді  $a_e''' = a_e'' \cdot h_e$  и  $H = \{h_1, h_2, \dots, h_{n''}\}$ ,  $n''' < n'' < n' < n$ .

Таким чином, умовами  $Z_q$  і  $W_I$  вибору відповідно  $q$ -го вузла і  $I$ -го агрегату для діагностування з метою забезпечення безпеки ТЗ будуть

$$Z_q = \prod_{k=1}^{N''} p_i \cdot r_m \cdot g_k = 1, \quad q = 1, 2, \dots, N'' \quad (9)$$

$$W_I = \prod_{l=1}^{n''} q_j \cdot t_f \cdot h_e = 1, \quad I = 1, 2, \dots, n'' \quad (10)$$

При формуванні складу агрегатів і систем ТЗ, які підлягають діагностуванню для забезпечення їх експлуатаційної безпеки, допустимо враховувати додаткові умови й обмеження. Наприклад, облік інформації про майбутнє застосування нових конструкцій ТЗ або початку їх виробництва.

Для оцінки експлуатаційної безпеки ТЗ не потрібно діагностування кожної зі складових частин, несправності яких можуть бути небезпечні в експлуатації. Експлуатаційну безпеку ТЗ повною мірою відображають укрупнені оцінки працездатності агрегатів, систем і вузлів, тож досить узагальнити ці приватні оцінки стосовно ТЗ загалом. Критерієм допустимості укрупнення складових частин ТЗ до агрегату, системи або вузла служить наявність алгоритму перевірки (діагностичні

параметри та методи перевірки) цього агрегату, системи, вузла як єдиного цілого.

Розроблений метод обґрунтування вибору агрегатів, систем і вузлів для діагностування може бути застосований у розробці вимог державної нормативно-технічної бази. У процесі розробки необхідно проаналізувати та застосувати результати раніше виконаних експериментальних досліджень із вивчення та систематизації несправностей, що знижують безпеку експлуатації ТЗ, а також вітчизняні та зарубіжні розробки методів діагностування [3–5].

За допомогою розробленого методу обґрунтований укрупнений перелік діагностованих агрегатів, систем і вузлів ТЗ, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації, наведеними в табл. 1.

Отриманий укрупнений перелік може бути використаний при підготовці номенклатури вимог у проектах нормативних документів, які встановлюють вимоги до експлуатаційної безпеки ТЗ і методи її перевірки, в т. ч. при підготовці Державних стандартів. Після визначення укрупненого складу агрегатів, систем і вузлів, що діагностуються з метою забезпечення безпеки дорожнього руху, по кожному з них може бути сформована оптимальна за чисельністю сукупність діагностичних параметрів.

Пропонований метод формування сукупностей діагностичних параметрів передбачає розробку таких сукупностей для кожного з діагностованих агрегатів, систем і вузлів ТЗ окремо. Цей метод можна застосовувати і для вибору кращої сукупності діагностичних параметрів і ознак із числа можливих конкуруючих між собою сукупностей.

Дотепер методики формування сукупностей діагностичних параметрів для підтвердження безпеки ТЗ були відсутні, як і методи вибору кращої сукупності діагностичних параметрів і ознак із числа можливих. У відомих роботах обґрунтовувалися знову пропоновані діагностичні параметри, а також відповідні методи діагностування для конкретних складових частин ТЗ без зіставлення конкуруючих варіантів вибору. Методи порівняльного аналізу і вибору кращою сукупності діагностичних параметрів із числа можливих для діагностування з метою забезпечення безпеки дорожнього руху не пророблялися. Зусилля дослідників були зосереджені насамперед на створенні методів локалізації та розпізнанні несправностей.

Для формування сукупностей діагностичних параметрів і ознак за кожним із агрегатів, систем і вузлів, відібраних для діагностування з метою



забезпечення безпеки дорожнього руху, розроблена двоступенева методика відбору. На першій стадії виконується перевірка відповідності кожного з діагностичних параметрів (ознак) окремо визначеним методичним обмеженням їх придатності для використання у складі формованої сукупності при діагностуванні з метою забезпечення безпеки ТЗ.

Пропонується система методичних обмежень для включення діагностичних параметрів агрегату (системи, вузла) в сукупність, призначену для підтвердження безпеки ТЗ.

1. Діагностичні параметри повинні бути максимально загальними, щоб їх застосовність не залежала від тривалості перебування в експлуатації або місця виготовлення, від конструкції ТЗ і часу його виготовлення. Діагностичні параметри складових частин певних конструкцій повинні бути загальними для ТЗ, обладнаних такими частинами.

2. Діагностичні параметри повинні бути перевірені за умов експлуатації, а методи перевірки – адекватні умовам і технологічним можливостям застосування з урахуванням виробничо-технічної бази та засобів технічного діагностування.

3. Неприпустимі діагностичні параметри, відповідність яким неможливо оцінити в тому стані і в тих режимах функціонування ТЗ, які доступні при експлуатації (наприклад, у спорядженому стані ТЗ і за невисоких швидкостей руху).

Логічна процедура перевірки відповідності діагностичних параметрів наведеним обмеженням дозволяє без подальшого аналізу і зіставлень відхилити параметри, непридатні для діагностування, з метою забезпечення безпеки дорожнього руху.

Незалежно від методу визначення діагностичних нормативів їх розробка і регламентація повинні відповідати таким методичним правилам:

1. Повинно бути забезпечене чітке розмежування допустимого і неприпустимого стану скла-

дових частин, що забезпечує виявлення несправностей, у т. ч. прихованих.

2. Передбачені виробником більш жорсткі нормативи для конкретної моделі (модифікації) ТЗ повинні бути пріоритетними стосовно визначальних при експлуатації нормативів.

3. Діагностичні нормативи для експлуатованих ТЗ не повинні бути жорсткішими за конструкційні, передбачені вітчизняними та міжнародними стандартами.

4. Нормативи, встановлені українськими нормативними документами, не повинні бути м'якшими за передбачені міжнародними угодами та стандартами для експлуатованих ТЗ.

5. Рівень нормативів повинен забезпечувати виявлення наявності найбільш імовірних прихованих небезпечних несправностей, що задаються переліком, і запобігати ДТП через незадовільний технічний стан.

Відомі статистичні, розрахункові й експертні методи визначення діагностичних параметрів. Результати застосування кожного з цих методів для отримання нормативів працездатності агрегатів, систем і вузлів також піддаються емпіричному підтвердженню.

Замість виконання тривалих і дорогих досліджень із розробки діагностичних нормативів дедалі ширше використовуються нормативи, що встановлюються виробниками, що випускаються ними моделі ТЗ. Їх застосування виправдане тільки для діагностичних параметрів, за якими неможливо призначити єдині нормативи для широких класів або видів ТЗ і доводиться вводити нормативи, індивідуальні для кожної моделі (типу) або сімейства.

Так, застосування подібних індивідуальних діагностичних нормативів, розроблених виробником, передбачене для тиску стисненого повітря на контрольних висновках пневматичного

Таблиця 1

**Перелік систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації**

Агрегат, система, вузол – об'єкт діагностування за критеріями безпеки	
1. Робоча гальмівна система	12. Склоочисники та склоомивачі
2. Стоянкова гальмівна система	13. Тягово-зчпний пристрій
3. Запасна гальмівна система	14. Скло й оглядовість
4. Допоміжна гальмівна система	15. Комплектність ТЗ
5. Інерційний гальмівний привід	16. Кріплення складових частин і приладдя
6. Гальмівний привід	17. Сидіння і ремені безпеки
7. Рульове управління	18. Спідометри та тахографи
8. Фари	19. Підвіска і карданна передача
9. Сигнальні ліхтарі	20. Замки дверей, запори бортів і горловин, вимикачі
10. Колеса і шини	21. Маркування ТЗ
11. Двигун	

гальмівного приводу, сумарного люфту в рульовому управлінні, натягу ременя приводу насоса гідропідсилювача рульового управління, величини підвищеної частоти обертання колінчастого вала двигуна, вмісту шкідливих речовин і димності відпрацьованих газів двигуна та інших параметрів. З огляду на високий ступінь вивченості моделей, що випускаються, кожен виробник розробляє раціональні за величиною діагностичні нормативи. Ступінь їх обґрунтованості найчастіше вищий, ніж для розроблених в експлуатації нормативів більш широкої сфери застосування з огляду на тривалі та всебічні випробування на моделях і модифікаціях ТЗ, які випускаються. Для таких нормативів це є гарантією запобігання методичних помилок діагностування за їх широкого застосування.

Глибина діагностування за критеріями безпеки задається номенклатурою вимог до технічного стану. Нині ці вимоги встановлюються розділом 32 Правил дорожнього руху України [2] на підставі ДСТУ 3649-97 «Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю». Після отримання результатів діагностування по одній складовій частині, незалежно від їх змісту, перевірка перемикається на інші. Обсяг перевірок недостатній для локалізації несправностей, а технічний стан ТЗ відображає набір розрізних оцінок стану складових частин. Формуються оцінки допустимості подальшої експлуатації ТЗ, які можуть не відображати наявності деяких, найбільш складних несправностей.

Вимоги безпеки, як і одержувані на їх основі оцінки технічного стану, нерівнозначні. Стосовно ТЗ загалом необхідне узагальнення приватних розрізних результатів діагностування.

На відміну від більшості інших завдань діагностування, оцінка експлуатаційної безпеки ТЗ вимагає узагальнення результатів контролю сукупності діагностичних параметрів. З огляду на те, що загальне число діагностичних параметрів і ознак сучасних ТЗ перевищує 200, завдання їх узагальнення вимагає коректного рішення.

Методичним інструментом подібних узагальнень у діагностиці служить моделювання ТЗ як об'єкта діагностування. Відомі діагностичні моделі створювалися з метою підтвердження економичності експлуатації або локалізації несправностей і не відображали експлуатаційну безпеку ТЗ, не задовольняли обмеження у її отриманні.

Специфіка й обмеження можливостей оцінки експлуатаційної безпеки ТЗ полягають у такому:

1. Складові частини ТЗ діагностують порізно й оцінюють різними показниками.

2. Потрібна єдина оцінка експлуатаційної безпеки ТЗ, яку відображають логічним узагальненням оцінок складових частин.

3. Статистичні зв'язки між оцінками працездатності складових частин залишаються виявленими, а прогнозування її змін не досягається.

4. Встановлені діагностичні нормативи допускають лише імовірнісні оцінки допустимості продовження експлуатації складової частини на ТЗ з позицій безпеки.

Стосовно специфіки оцінки експлуатаційної безпеки ТЗ пропонується метод узагальнення результатів діагностування складових частин ТЗ. У його основу покладено математичне моделювання експлуатаційної безпеки ТЗ як об'єкта діагностування. ТЗ в ній представляється сукупністю  $N$  «чорних ящиків» по числу окремо діагностованих  $N$  складових частин, до яких нормативними документами передбачені вимоги безпеки.

Кожна  $n$ -а складова частина ТЗ представляється у вигляді «чорного ящика». Графічне представлення ТЗ як об'єкта діагностування за критеріями безпеки наведено на рис. 2. Чорний ящик задається кінцевою множиною  $Y_n$  вхідних тестових (стимулюючого впливу на  $n$ -у складову частину або режимних параметрів (входів) об'єкта, кінцевою множиною  $S_n$  вихідних (діагностичних) параметрів (виходів) і кінцевою множиною  $X_n$  структурних параметрів внутрішнього технічного стану  $n$ -ої складової частини об'єкта

$$Y_n = \{y_i\}, \quad i = 1, 2, \dots, H; \quad S_n = \{s_j\}, \quad j = 1, 2, \dots, J, \quad (11)$$

де  $y_i$  – стан  $i$ -го тестового вхідного впливу (режимного параметра) на  $n$ -у складову частину об'єкта;

$s_j$  – стан  $j$ -го виходу (діагностичного параметра або ознаки)  $n$ -ої складової частини об'єкта;  $H$  – число врахованих у діагностуванні вхідних впливів на  $n$ -у складову частину (режимних параметрів) об'єкта;

$J$  – число діагностичних параметрів  $n$ -ої складової частини об'єкта.

Оператор  $W$ , що перетворює множини  $S_n$  вихідних (діагностичних) параметрів і  $Y_n$  тестових вхідних (стимулюючих) впливів у множину  $X_n$  відображає внутрішній технічний стан  $n$ -го «чорного ящика»

$$X_n = W_n(S_n; Y_n).$$

З урахуванням можливості стабілізації при контролі або приведення до встановленої «тестової» формі елементів множини  $Y_n$ , отримаємо

$$X_n = \Phi_n(S_n).$$

Завданням діагностування є визначення  $n$ -ої складової частини об'єкта («чорного ящика») невідомих значень параметрів  $X_n$  за відомими вихідними параметрами  $S_n$  і формування загальної оцінки об'єкта загалом за отриманими  $N$  оцінками  $X_n$  його складових частин.

Для спрощення вводиться нормування вхідних тестових впливів  $\{y_i\}$  і вихідних діагностичних параметрів  $\{s_i\}$ .

Призначенням контролю експлуатаційної безпеки служить віднесення об'єкта до одного із двох станів – допустимого або неприпустимого. Безліч внутрішніх технічних станів об'єкта (здебільшого нескінченна) за такого бінарного (дворівневого) подання відповідає допустимій нормативними документами при  $X_n=1$  або не відповідає  $X_n=0$ .

У цій моделі структурні параметри експлуатаційної безпеки  $X$  об'єкта (ТЗ) загалом не задаються, а при виконанні перевірок не визначаються. У процесі контролю оцінюються тільки вихідні діагностичні параметри  $S_n = \{s_j\}$  і безпосередньо за ними – внутрішній технічний стан  $X = \bigcap \{X_n\}$  об'єкта в бінарній формі. У цьому принципова відмінність моделі об'єкта контролю експлуатаційної безпеки.

У разі невідповідності встановленим вимогам стану будь-якого  $S_j$  виходу  $n$ -го «чорного ящика» його працездатність  $X_n$  визнається незадовільною, а за незадовільного стану  $X_n=0$  будь-якого з  $N$  «чорних ящиків» визнано незадовільною експлуатаційну безпеку  $X$  об'єкта (ТЗ) загалом  $X_n=0$ .

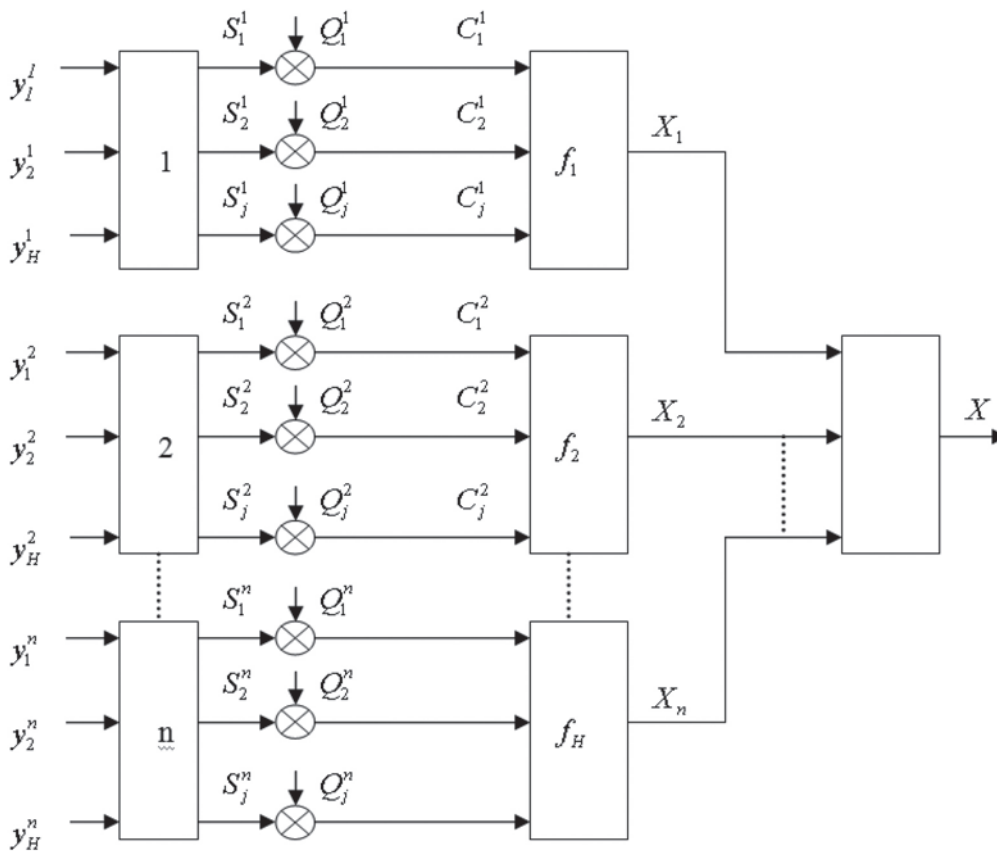


Рис. 2. Графічне представлення ТЗ як об'єкта діагностування за критеріями безпеки [5]:

$y_j^n$  – стан  $j$ -го тестового впливу на  $n$ -у складову частину об'єкта;  $S_j^n$  – стан  $j$ -го виходу (діагностичного параметра або ознаки)  $n$ -ї складової частини об'єкта;  $Q_j^n$  – нормативне граничне значення  $j$ -го виходу  $n$ -ї складової частини об'єкта, представлений у бінарній формі;  $C_j^n$  – нормований стан  $j$ -го виходу  $n$ -ї складової частини об'єкта, представлений у бінарній формі;  $X_n$  – внутрішній технічний стан (структурний параметр)  $n$ -ї складової частини об'єкта в бінарному представленні;  $X$  – внутрішній технічний стан ТЗ загалом як об'єкта перевірки в бінарному представленні (одностороннім або двостороннім обмеженням, що має назву «нормативи») будь-якого із вхідних (стимулюючих) впливів  $\{y_i\}$  або будь-якого з вихідних (діагностичних) параметрів  $S_n$ , стану відповідного входу або виходу приймаються рівними 0, а за їх відповідності встановленим вимогам – рівними 1.

Мовою булевої алгебри постановка діагнозу  $n$ -ої складової частини об'єкта представляється кон'юнкція множини її  $S_n$  вихідних (діагностичних) параметрів

$$X_n = \bigcap \{S_j\}, \quad (12)$$

а постановка діагнозу об'єкта контролю загалом – кон'юнкція станів всіх  $N$  «чорних ящиків» або сукупності всіх множин  $\{S_n\}$  їхніх вихідних (діагностичних) параметрів

$$X = \bigcap \{X_n\} = \bigcap \{\bigcap (S_j)\}. \quad (13)$$

Наведена математична модель дає алгоритм прийняття рішення за результатами перевірок приватних параметрів: за невідповідності встановленим нормативам будь-якого показника експлуатаційної безпеки, що регламентується нормативними документами, безпека ТЗ визнається незадовільною.

**Висновки.** Наведений формалізований опис процесу прийняття рішення за результатами послідовного виконання заданого ряду перевірок пра-

цездатності складових частин ТЗ може легко реалізуватися програмними методами або алгоритмами вбудованих обчислювальних блоків пультів управління діагностичних стендів і приладів, пультів управління діагностичних стендів і приладів.

Діагностування з метою підтвердження експлуатаційної безпеки ТЗ включає лише процедури послідовного вимірювання низки контрольованих параметрів, а в ряді випадків – ще й обчислення за заданими алгоритмами похідних оціночних параметрів і нормативів за результатами вимірювань, їх порівняння з нормативами (встановленими або обчисленими) і найпростішу логічну обробку результатів порівняння.

Розроблений метод формування раціональної сукупності діагностичних параметрів систем і вузлів транспортного засобу, діагностованих за критеріями безпеки експлуатації, включає відбір складових частин для діагностування, нормування сукупностей діагностичних параметрів, розробку алгоритму прийняття рішення за результатами перевірки складових частин і необхідних методів діагностування.

#### Список літератури:

1. Наказ Командувача НГУ «Про затвердження порядку організації та експлуатації автомобільної техніки, іншого майна номенклатури автомобільної служби Національної гвардії України» від 27 грудня 2016 р. № 900.
2. Законодавство України про дорожній рух : збірник нормативних актів / за ред. Демського Е.Ф. Київ, 2015. 416 с.
3. Кізма С.С., Прокопенко Ю.М. Основні принципи вибору та розробки заходів для підвищення безпеки дорожнього руху. Безпека дорожнього руху. 2009. № 2. С. 7–12.
4. Державне управління в сфері забезпечення безпеки дорожнього руху (структурно-логічні схеми) : навчальний посібник / Л.І. Сопільник, В.В. Новіков, Л.Г. Чистоклетов ; Львів. ун-т бізнесу та права ГУМВС України у Львів. обл. Львів : Львів. ун-т бізнесу та права, 2012. 178 с.
5. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В.В., Крещенецький В.Л., Кукурудзяк Ю.Ю., Цимбал С.В. Вінниця : ВНТУ, 2012. 118 с.

#### **Yemanov V.V., Poltavskiy E.M., Sporyshev K.O., Karpenko S.I. METHOD OF FORMING A RATIONAL SET OF DIAGNOSTIC PARAMETERS OF SYSTEMS AND COMPONENTS OF THE VEHICLE, DIAGNOSED ACCORDING TO THE CRITERIA OF OPERATIONAL SAFETY**

*Execution of service and combat tasks by units of the National Guard of Ukraine depends on the state of armaments and military equipment. The technical condition of armaments and military equipment is assessed by diagnostic methods. The number of diagnostic parameters is excessive today. The article considers the method of forming a rational set of diagnostic parameters of systems and components of the vehicle, diagnosed according to the criteria of operational safety.*

*The proposed methodology of standardization of technical condition is based on a structural representation of the car structure in the form of interconnected sets of components, the elements of each of which are matched by a special algorithm and the frequency of certain types of maintenance.*

*Objects of diagnostics according to safety criteria are recognized as components, the technical condition of which is subject to operational changes, which reduces the safety of the car and for the assessment of which algorithms of inspections are created with the appropriate frequency of their implementation. The main reserves for reducing accidents due to unsatisfactory technical condition lie in improving the efficiency of diagnosing brake and steering, external lighting devices, wheels and other components, the performance of which is subject to mandatory requirements.*

*The main source of changes in the composition of units, systems and components that affect the safety of the vehicle is the operation of the vehicle with new components or components of new structures. New components and systems that affect the safety of the vehicle should also be subject to diagnosis. Confirmation of such influence is given by accident statistics with considerable time delay, in process of saturation by them of automobile park of the country.*

*The developed method of forming a rational set of diagnostic parameters of vehicle systems and components diagnosed according to the criteria of operational safety includes selection of components for diagnosis, rationing of sets of diagnostic parameters, development of decision-making algorithm based on test components and necessary diagnostic methods.*

**Key words:** *vehicle, technical condition, vehicle, diagnostics, operational safety criteria, diagnostic parameters.*

**Іванченко О.В.**

Національна академія Національної гвардії України

**Іванченко А.О.**

Національна академія Національної гвардії України

## ВПЛИВ СУМАРНОЇ ВИТРАТИ ПАЛЬНОГО НА ЗМІНУ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

*Технічний стан автомобіля та його елементів визначається кількісними показниками конструктивних параметрів. Можливість безпосереднього вимірювання конструктивних параметрів багатьох виробів найчастіше обмежена. Для визначення технічного стану користуються діагностичними параметрами, пов'язаними з конструктивними параметрами.*

*Пропонується для оцінювання зміни технічного стану автомобільної техніки використовувати інтегральний показник сумарної витрати пального, що враховує різноманіття факторів, замість пробігу до капітального ремонту та часу експлуатації.*

*Проведений аналіз наукових праць, пов'язаних із питанням оцінювання рівня технічного стану та рівня технічної готовності автомобільної техніки, свідчить, що наявні підходи орієнтовані на старі та малоефективні методи. Технічний стан автомобільної техніки визначається за середньостатистичними показниками лише на момент перевірки та не дозволяє визначити ймовірність перебування зразка автомобільної техніки в такому стані певний проміжок часу. Прогнозування залишкового ресурсу відбувається на інтуїтивному рівні на основі даних пробігу зразка автомобільної техніки за час експлуатації та не враховує зміни умов експлуатації та інших зовнішніх факторів.*

*Досліджена закономірність покладена в основу прогнозування залишкового ресурсу автомобіля по сумарній витраті пального: під час використання за призначенням автомобіля ресурс агрегатів зменшується настільки, наскільки збільшується сумарна витрата пального.*

*Доведено гіпотезу, що функція розподілу підкоряється експоненціальному закону. Запропоновано формулу для визначення залежності ймовірності безвідмовної роботи від сумарної витрати пального.*

**Ключові слова:** автомобільна техніка, технічний стан, сумарна витрата пального, щільність розподілу, оцінювання технічного стану, умови експлуатації.

**Постановка проблеми.** Серед основних складників використання автомобільної техніки (АТ) за призначенням є її технічний стан (ТС) – сукупність властивостей об'єкта, що змінюються у процесі експлуатації та характеризуються в певний момент ознаками, встановленими технічною документацією. Технічний стан автомобіля і його елементів визначається кількісними показниками конструктивних параметрів.

Можливість безпосереднього вимірювання конструктивних параметрів багатьох виробів без часткового або повного розбирання вузла найчастіше обмежена. Для цих виробів при визначенні технічного стану користуються непрямими величинами, так званими діагностичними параметрами, пов'язаними із конструктивними параметрами, і дають про них певну інформацію [1]. Так, про технічний стан двигуна можна судити зі зміни його потужності, витрати мастила на чад, компресії, вмісту продуктів зносу в мастилі. Це

може впливати на зміни середнього та сумарного розходу пального.

У процесі роботи автомобіля показники його технічного стану змінюються від початкових, відповідних новому виробу, до гранично допустимих, а потім і до граничних, значення яких відповідає стану, за якого його подальше використання недоцільне (потребує капітального ремонту або списання).

Нині одним із невирішених питань є можливість точного оцінювання технічного стану АТ.

Для більш якісного оцінювання зміни технічного стану АТ рекомендується використовувати інтегральний показник, який враховує різноманіття факторів, що впливають на технічний стан АТ. Замість пробігу до капітального ремонту КР і часу експлуатації більш доцільно використовувати сумарну витрату пального [1].

Тому задача визначення залежності ймовірності безвідмовної роботи АТ від сумарної

витрати пального з урахуванням індивідуальних особливостей та умов експлуатації є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питання оцінювання рівня технічного стану та рівня технічної готовності АТ розглядаються у низці наукових праць. У роботі [2] для оцінювання технічного стану системи пропонується застосовувати комплексні показники надійності, такі як коефіцієнт оперативної готовності ( $K_{ог}$ ), коефіцієнт готовності ( $K_g$ ), коефіцієнт технічного використання ( $K_{тв}$ ), та ін., що включають середній час відновлення ( $T_{в}$ ), але вони зворотно пропорційні інтенсивності відновлення і не враховують найбільш значущих факторів, від яких залежить час відновлення.

Пізніше було запропоновано аналітичну модель визначення ресурсу автомобіля за сумарною витратою пального [3; 4]. У загальному вигляді для ЗІЛ-130 вона записується так:

$$L_{кр} = 2.92 \cdot 10^7 \cdot \delta / Q, \text{ км}$$

де  $\delta$  – максимальний знос циліндрів двигуна (0.34 ... 0.35) мм;

$Q$  – фактична експлуатаційна витрата пального в л/100 км.

При  $\delta \approx 0.35$  мм –  $L_{кр} \approx 102 \cdot 10^5 / Q$  км.

Це була перша енергетична модель розрахунку фізичного ресурсу ТЗ. Добуток  $L_{кр} \cdot Q$  можна вважати для таких умов роботи величиною постійною ( $const = 102 \cdot 10^5$  л). Ця модель пізніше отримала подальший розвиток в роботі [4].

Розробка досить точних моделей, що відображають зміни ресурсів агрегатів автомобілів за різних умов експлуатації, є найважливішою науковою та практичною задачею. Тривалі експериментальні дослідження вимірювання ресурсів за стабільних умов експлуатації практично неможливі, тому необхідно створювати досконалі розрахункові аналітичні методи. Вони можуть бути широко використані у проектуванні автомобілів і створенні нормативної бази для автотранспортних підприємств.

Отже, аналіз літературних джерел свідчить, що наявні підходи до оцінювання зміни технічного стану та прогнозування залишкового ресурсу орієнтовані на старі та малоефективні методи. Технічний стан АТ визначається за середньостатистичними показниками лише на момент перевірки та не дозволяє визначати ймовірність перебування зразка АТ у такому стані певний проміжок часу.

Прогнозування залишкового ресурсу відбувається на інтуїтивному рівні на основі даних пробігу зразка АТ за час експлуатації та не враховує зміни умов експлуатації та інших зовнішніх факторів.

**Мета статті** – отримання й доведення залежності ймовірності безвідмовної роботи автомобільної техніки від сумарної витрати пального.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** При експлуатації за певних умов вироблений ресурс АТ за певний період часу можна оцінювати за сумарною витратою пального, що відповідає пробігу автомобіля, за якого відбувається повне вичерпання ресурсу агрегатів АТ. Отже, множення пробігу автомобіля, за якого агрегати потребують капітального ремонту, на витрату пального у л/100 км є сумарною витратою пального. Ця величина для конкретного типу АТ буде постійною [1; 7; 8]. Під час використання за призначенням автомобіля ресурс агрегатів зменшується настільки, наскільки збільшується сумарна витрата пального. Саме ця закономірність покладена в основу прогнозування залишкового ресурсу автомобіля за сумарною витратою пального [7].

Значення сумарної витрати пального для базових вантажних автомобілів представлені в табл. 1 [7]. Наведені результати відображають середню сумарну витрату пального груп основних найпоширеніших зразків АТ до капітального ремонту в літрах залежно від індивідуальних особливостей конкретного автомобіля. Витрата пального є одним із узагальнюючих параметрів впливу на інтенсивність зношування сполучень вузлів та агрегатів ряду таких експлуатаційних і конструктивних факторів, як дорожні умови, передавальні числа коробки передач і головної передачі, технічний стан агрегатів трансмісії, якість палива та мастил, регулювання системи живлення та запалювання, конструктивні особливості та ін.

З метою визначення залежності пробігу та сумарної витрати пального від умов експлуатації було проведене дослідження двох груп вантажних машин [7; 8]. Спостереження за контрольною партією із 40 автомобілів ЗІЛ-130 (Самоскид), які експлуатувалися за важких умов (5 категорія), проводилося від початку експлуатації до виходу у капітальний ремонт (КР) (відповідно до середнього терміну експлуатації 4,2 роки, ресурсу

Таблиця 1

Значення сумарної витрати пального для автомобілів

Марка автомобіля	ЗІЛ-130	КамАЗ-5320	МАЗ-53371	КрАЗ-5233Н2
Сумарна витрата пального, л	88 300	74 500	112 500	85 900

близько 200 тис. км. та сумарної витрати пального близько 88 300 л.) [8; 9], табл. 2. Ці автомобілі застосовувалися для перевезення сипучих будівельних матеріалів із кар'єрів.

Також було проведено дослідження групи автомобілів ЗІЛ-130 (Кунг) у кількості 15 шт., які експлуатувалися в середньому протягом 7 років і перевозили людей та обладнання з метою виконання аварійних робіт комунальними службами в межах міста.

Ця група автомобілів експлуатувалася за легких умов експлуатації (1 категорія) та мала напрацювання в середньому близько 284 тис. км., а сумарну витрату пального – близько 88 000 л (табл. 3).

Середнє напрацювання до КР для груп автомобілів, що експлуатувалися за важких і легких умов, мають відмінність 30%.

Таким чином, залежно від умов експлуатації за різного напрацювання в КР автомобілі потрапляли, маючи приблизно однакову витрату пального. Середня сумарна витрата пального до КР для груп досліджуваних автомобілів, які експлуатувалися за більш важких і легких умов, мають відмінність близько 300 л. Це означає, що похибка вимірювання становить близько 0,3% [9; 10].

Для групи автомобілів, які експлуатувалися за легких умов, були отримані статистичні дані про відмови. Кожен автомобіль розглядався як система, що складається з чотирьох окремих елементів (підсистем). Це двигун, трансмісія, електрообладнання, ходова частина.

Сумарна витрата пального 13 автомобілів до відмов за час експлуатації 7 років становить:

$$\sum_{k=1}^{52} \sum_{k=1}^{52} Q_{\Sigma k}, i = 162181 \text{ л}$$

Виникає необхідність визначити кількісні характеристики безвідмовності агрегату і, як наслідок, закон розподілу сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля

Визначаємо статистичний ряд сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля [11; 12].

Для цього весь діапазон витрати пального між відмовами ділимо на інтервали

$$\Delta Q_{\Sigma i} = Q_{\Sigma i} - Q_{\Sigma i-1}$$

За статистичними даними підраховуємо кіль-

кість відмов  $\varnothing n_i$ , які припадають на кожний розряд  $\Delta Q_{\Sigma i}$  і визначаємо частоту відмов  $N^*_i$  кожного розряду:

$$N^*_i = \frac{\Delta n_i}{\sum_{k=1}^n n_k},$$

де  $\varnothing n_i$  – кількість відмов на інтервалі  $\Delta Q_{\Sigma i}$

$$\sum_{k=1}^n n_k = \sum_{k=1}^{52} n_k = 70 - \text{сумарна кількість відмов.}$$

Отримуємо статистичний ряд сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля (табл. 4).

Представимо отриманий статистичний ряд сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля у вигляді гістограми (рис. 1).

Для цього по вісі абсцис позначимо послідовно всі інтервали витрати пального і на кожному з них як на основі побудуємо прямокутник, площа якого дорівнює частоті  $N^*_i$  цього інтервалу, а висота – величині  $f^*_i$ :

$$f^*_i = \frac{\Delta n_i}{\Delta Q_{\Sigma i} \sum_{k=1}^n n_k}$$

Результати розрахунків  $f^*_i$  наведені в табл. 5.

Таким чином, побудований експериментальний графік щільності розподілу сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля за даними його експлуатації.

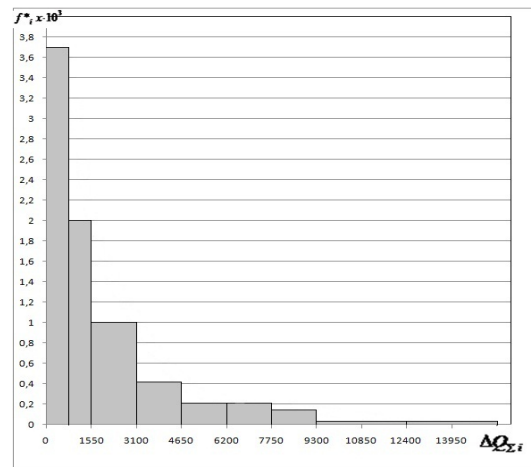


Рис. 1. Гістограма щільності розподілу сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля

Таблиця 2

**Результати спостереження за партією автомобілів ЗІЛ-130 за важких (5 категорія) умов експлуатації**

Марка авт.	Кільк. машин	Період спостереж., років	Сер. пробіг і початку експл. до КР, км	Сер. сумарна витрата пального з поч. експл. до КР, л
ЗІЛ-130 (Самоскид)	40	4,2	200 000	88 300



При збільшенні обсягу статистичних даних і числа інтервалів цей графік буде наближатися до теоретичної функції щільності розподілу сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля  $f(Q_{\Sigma})$ .

$$f(Q_{\Sigma}) = \lambda_{cep} \exp(-\lambda_{cep} t),$$

де  $\lambda_{cep}$  – середнє значення інтенсивності відмов агрегату.

За допомогою теоретичної функції щільності розподілу сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля  $f(Q_{\Sigma})$  проведемо згладжування статистичного ряду (табл. 5) [13; 15].

Приймаємо припущення: інтенсивність відмови теоретичного розподілу  $\lambda_{cep}$  дорівнює середньому значенню інтенсивності відмов  $\lambda_{cep}^*$ .

$$\lambda_{cep} = \frac{\sum_{k=1}^n n_k}{\sum_{k=1}^n \cdot \sum_{i=1}^{n_k} Q_{\Sigma k,i}} = \frac{\sum_{k=1}^{52} n_k}{\sum_{k=1}^{52} \cdot \sum_{i=1}^{70} Q_{\Sigma k,i}} = \frac{70}{150366} = 0,00047$$

Визначаємо значення теоретичної функції  $f(Q_{\Sigma})$

Будуємо теоретичну функцію розподілу сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля.

$$f(Q_{\Sigma}) = \lambda_{cep} \cdot e^{-\lambda_{cep} Q_{\Sigma}} = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot e^{-3,6 \cdot 10^{-3} Q_{\Sigma}}$$

На рисунку видно, що теоретична крива  $f(Q_{\Sigma})$  добре узгоджується з даними випробувань (рис. 2). Однак необхідна перевірка узгодженості за допомогою критерію академіка Колмогорова [13–15].

Для цього необхідно визначити статистичну функцію розподілу  $F^*(Q_{\Sigma})$  часу безвідмовної

Таблиця 3

Результати спостереження за партією автомобілів ЗІЛ-130 за легких (1 категорія) умов експлуатації

№ з/п	Марка автомобіля	Середній термін спостереження, років	Державний номер	Рік випуску	Пробіг із початку експлуатації до КР, км	Сумарна витрата пального з початку експлуатації до КР, л
1.	ЗІЛ-130 (Кунг)	7	в7712ха	1995	280 900	88 559
2.			е2368хе	1996	275 300	87 530
3.			д3571хі	1994	291 155	87 954
4.			б7816хк	1998	286 697	88 463
5.			в2687хк	1997	281 937	88 225
6.			а7813ха	1999	287 525	87 497
7.			г6598хі	1997	279 985	88 580
8.			д1462хе	1997	287 745	88 112
9.			б5415хе	1996	288 170	87 864
10.			б4163хк	1995	285 520	87 985
11.			в2546хі	1998	282 230	87 490
12.			б1973ха	1994	284 460	88 357
13.			и8579хк	1996	286 456	88 295
14.			д4931хі	1995	284 550	88 050
15.			б7856хе	1998	276 880	87 194
Середнє значення					283 967	88 010

Таблиця 4

Статистичний ряд сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля

Характеристика	Результати розрахунків								
	0–775	775–1550	1550–3100	3100–4650	4650–6200	6200–7750	7750–9300	9300–12400	12400–15500
$Q_{\Sigma i-1}, Q_i, \text{Л.}$	0–775	775–1550	1550–3100	3100–4650	4650–6200	6200–7750	7750–9300	9300–12400	12400–15500
$\Delta Q_{\Sigma i} = Q_{\Sigma i} - Q_{\Sigma i-1}, \text{Л.}$	775	775	1550	1550	1550	1550	1550	3100	3100
$\alpha_i$	26	14	14	6	3	3	23	1	1
$N_i^*$	0,37	0,2	0,2	0,86	0,043	0,043	0,029	0,014	0,014
$f_i^* \cdot x \cdot 10^3$	3,7	2,0	1,0	0,43	0,215	0,215	0,145	0,036	0,036

Таблиця 5

Статистичний ряд сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля

Характеристика	Результати обчислень										
$Q_{\Sigma 0i}, \text{л}$	0	388	775	1550	3100	4650	6200	7750	9300	12400	15500
$f(Q_{\Sigma 0i})$	3,6	3,0	2,52	1,75	0,85	0,41	0,2	0,1	0,05	0,03	0,01

Таблиця 6

Результати розрахунків функцій  $F^*(Q_{\Sigma})$  і  $F(Q_{\Sigma})$

Характеристика	Результати розрахунків										
$Q_{\Sigma 0i}, \text{л}$	0	1550	3100	4650	6200	7750	9300	10850	12400	13950	15500
$F^*(Q_{\Sigma i})$	0	0,57	0,77	0,856	0,899	0,942	0,971	0,985	0,999	0,999	1,000
$F(Q_{\Sigma i})$	0	0,514	0,763	0,884	0,944	0,972	0,98	0,99	0,995	0,999	0,999

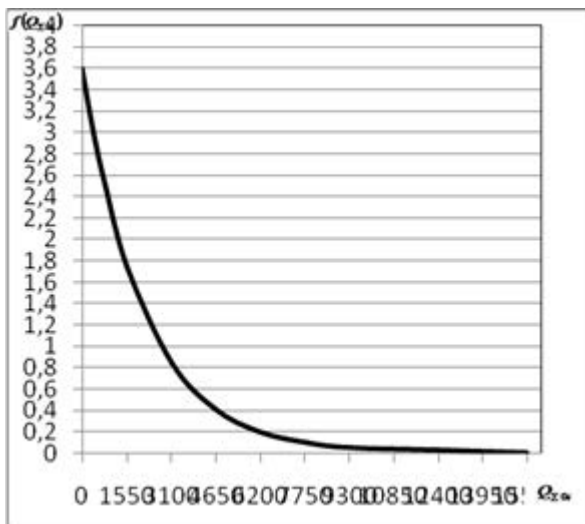


Рис. 2. Графік щільності розподілу сумарної витрати пального на безвідмовну роботу підсистеми автомобіля

роботи підсистеми та теоретичну функцію розподілу  $F(Q_{\Sigma})$ .

$F^*(Q_{\Sigma})$  визначається за даними статистичного ряду (табл. 5):

$$F^*(Q_{\Sigma 0}) = 0;$$

$$F^*(Q_{\Sigma 1}) = N^*_1 = 0,57$$

$$F^*(Q_{\Sigma 2}) = N^*_1 + N^*_2 = 0,57 + 0,2 = 0,77$$

$$F^*(h) = 0,57 + 0,2 + 0,086 + 0,043 + 0,043 + 0,029 + 0,029 = 1 = \sum_{i=1}^h Q^*_i$$

Теоретична функція розподілу:

$$F(Q_{\Sigma}) = 1 - e^{-\lambda_{\text{ср}} Q_{\Sigma 0i}}$$

Результати розрахунків функцій

$F^*(Q_{\Sigma})$  і  $F(Q_{\Sigma})$  наведені в табл. 6.

Максимальне значення модуля різниці між статистичною і теоретичною функцією розподілу:

$$D = \max |F^*(Q_{\Sigma}) - F(Q_{\Sigma})| = 0,57 - 0,514 = 0,056$$

$$\lambda_D = D \sqrt{n} = 0,056 \sqrt{70} = 0,468$$

Знаходимо ймовірність

Таким чином, гіпотеза, що функція розподілу підкоряється експоненціальному закону, правильна.

Приймаючи цю функцію розподілу до вищезазначених математичних моделей, отримаємо її такий вигляд:

$$F(Q_{\Sigma}) = 1 - e^{-\frac{Q_{\Sigma}}{Q_{\Sigma \text{ норм.}}}}$$

де,  $F(Q_{\Sigma})$  – ймовірність відмови;  $Q_{\Sigma}$  – сума витрати пального на 100 км;  $Q_{\Sigma \text{ норм.}}$  – нормативна сумарна витрата пального.

Тоді ймовірність безвідмовної роботи матиме такий вигляд

$$P(Q_{\Sigma}) = e^{-\frac{Q_{\Sigma}}{Q_{\Sigma \text{ норм.}}}}$$

$P(Q_{\Sigma})$  – ймовірність безвідмовної роботи автомобіля за умови, що він відпрацював безвідмовно певний період витрати пального та витратив кількість пального  $Q_{\Sigma}$ .

**Висновки.** За результатами дослідження отримано і доведено залежність ймовірності безвідмовної роботи автомобіля від сумарної витрати пального.

Доведено гіпотезу, що функція розподілу підкоряється експоненціальному закону.

Сформульовано формулу для визначення залежності ймовірності безвідмовної роботи від сумарної витрати пального.

Середня сумарна витрата пального до КР для груп досліджуваних автомобілів, які експлуатувалися за більш важких і легких умов, мають відмінність близько 300 л. Це означає, що похибка вимірювання становить близько 0,3%.

## Список літератури:

1. Варфоломеев В.Н. Научные основы построения и реализации технологии поддержания автомобилей в работоспособном состоянии на базе диагностической информации : дис. ... докт. техн. наук. Харьков, 1992. 360 с.
2. Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С., Мاستикаш О.Л. Технічна експлуатація та надійність. Львів : Афіша. 2004. 125 с.
3. Говорущенко Н.Я. Основы управления автомобильным транспортом. Харьков : Вища школа, 1978. 225 с.
4. Лебедев А.Т., Подригало М.А., Полянский А.С., Абрамов Д.В., Плетнев В.Н., Тесля В.О. Оценка наработки мобильных машин по выполненной двигателем механической работе. *Механіка та машинобудування*. 2011. № 2. С. 295.
5. Авдолькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей : учебное пособие. Москва : Транспорт, 1985. 215 с.
6. Харазов А.М., Кривенко Е.И. Диагностирование легковых автомобилей на станциях технического обслуживания : учебное пособие. Москва : Высшая школа, 1987. 272 с.
7. Бажинов А.В. Прогнозирование остаточного ресурса автомобильного двигателя. Харьков : ХГАДТУ, 2001. 95 с.
8. Ротенберг Р.В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда. Москва : Машиностроение, 1986. 216 с.
9. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Москва : Астрель, 2006. 991 с.
10. Любченко Е.А., Чуднова О.А. Планирование и организация эксперимента: учеб. пособие для студентов специальностей «Стандартизация и сертификация», «Управление качеством». Ч. 1 / под ред. Г.В. Орловской. Владивосток : ТГЭУ, 2010. 156 с.
11. Березин Н.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. Москва : Физматгиз, 1962. 244 с.
12. Крутов В.И., Грушко И.М., Попов В.В. Основы научных исследований : учебное пособие / под ред. В.И. Крутова, В.В. Попова. Москва : Высшая школа, 1989. 400 с.
13. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Москва : Физматгиз, 1962. 564 с.
14. Шошин А.И. Методы экспертных оценок. Москва : МГУ, 1987. 79 с.
15. Решетов Д.Н., Иванов А.С., Фадеев В.В. Надежность машин. Москва : Высшая школа, 1988. 238 с.

**Ivanchenko O.V., Ivanchenko A.O. THE INFLUENCE OF TOTAL FUEL CONSUMPTION ON THE CHANGE OF THE TECHNICAL CONDITION OF AUTOMOTIVE EQUIPMENT**

*The technical condition of the car and its elements is determined by quantitative indicators of design parameters. The ability to directly measure the design parameters of many products is often limited. To determine the technical condition use diagnostic parameters associated with design parameters.*

*It is proposed to use the integrated indicator of total fuel consumption to assess the change in the technical condition of automotive equipment, taking into account a variety of factors, instead of mileage before overhaul and service life.*

*The analysis of scientific works related to the assessment of the level of technical condition and, accordingly, the level of technical readiness of automotive equipment shows that the existing approaches are focused on old and inefficient methods. The technical condition of automotive equipment is determined by the average indicators only at the time of inspection and does not allow to determine the probability of a sample of automotive equipment in this condition for a certain period of time. Residual resource forecasting is performed on an intuitive level based on the mileage data of a sample of automotive equipment during operation and does not take into account changes in operating conditions and other external factors.*

*The studied pattern is the basis for forecasting the residual life of the car on the total fuel consumption, namely, that when used for the purpose of the car resource of the units decreases by as much as the total fuel consumption increases.*

*The hypothesis that the distribution function obeys the exponential law is proved. A formula for determining the dependence of the probability of failure-free operation on the total fuel consumption is proposed.*

**Key words:** *automobile equipment, technical condition, total fuel consumption, distribution density, technical condition assessment, operating conditions.*

**Круглий Д.Г.**

Херсонська державна морська академія

## КЛЮЧОВІ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РІЧКОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ УКРАЇНИ

*У статті аналізується сучасний стан і перспективи розвитку річкових інформаційних систем. Розглянуто приклади досягнення таких цільових індикаторів як інтеграція в світовий транспортний простір і розвиток транзитного потенціалу країни. Наведено оглядову порівняльну характеристику існуючих цифрових платформ і систем. Запропонований комплекс програмних модулів річкової інформаційної служби, що дозволяє інформувати транспортні зацікавлені сторони щодо навігаційної обстановки.*

*Визначена система обробки інформації поточного стану навігаційної обстановки, яка лягла в основу створення концепції та програмних модулів системи. Розвинений загальноприйнятий підхід до створення програмної компоненти складної технічної системи інформаційної підтримки судноводія. Досліджено перспективи впровадження річкових інформаційних служб на українських частинах річок для удосконалення ринку транспортно-логістичних послуг регіону.*

*Обґрунтовано необхідність введення цифрового коносаменту, що дасть змогу проводити товарообіг морським транспортом із найменшою кількістю людського контакту, що дуже актуально в період введення жорстких карантинних заходів. Застосування створених автоматичних систем інформування та підтримки судноводія при прийнятті рішення на внутрішніх водних шляхах дозволять на кінцевому етапі виконання виключити судноводія із процесу управління судном.*

*У статті визначено характеристики обладнання та принцип їх об'єднання в єдину структуру для роботи в автономному режимі. На основі обраної моделі усереднення та зменшення похибки визначення місцезнаходження суден визначено концепцію побудови річкової інформаційної служби. Використання системи інформаційного забезпечення проходження суден по внутрішніх водних шляхах дозволяє знизити вплив людського чинника і підвищити безпеку при виконанні навігаційних операцій. Автоматичне інформування спрямоване на забезпечення безпеки виконання навігаційних операцій за допомогою постійного контролю положення судна, що рухається, та місцезнаходження стаціонарних і рухомих об'єктів, гідрометеоумов, що дозволяє значно підвищити ефективність виконання робіт.*

**Ключові слова:** річкові інформаційні системи, транспортна індустрія, інноваційні технології, інформаційні системи, економічна ефективність, логістика.

**Постановка проблеми.** Актуальність теми дослідження не викликає сумніву, оскільки об'єктивне зростання і глобалізація світової економіки, якісні зміни в економіці України, якісне збільшення інтенсивності і обороту транспортних потоків, зміна масштабів комп'ютеризації систем управління і моніторингу різних економічних і просторових процесів вимагають інтелектуальної підтримки управління цими процесами.

Особливою закономірністю розвитку стає посилення конкурентного протистояння операторських підсистем і формування інтеграційних взаємодій. Ці процеси спрямовані на досягнення збалансованості стану вантажопотоків і провізної здатності суден торгового флоту. Однак цей процес ускладнюються внаслідок пасивності цінних характеристик основних сегментів торгового судноплавства. Тому провідні судновласницькі структури в основі розвитку використовують інноваційні проекти. Крім того, система адміністрування параметрів

безпеки торгового судноплавства на основі посилення стандартів і правил з боку Міжнародної морської організації обмежує діяльність субстандартних судновласницьких структур.

Основна ознака сучасного розвитку світового господарства – це розгортання процесів глобалізації, які суттєво впливають на систему міжнародних економічних відносин, визначають тенденції розвитку національних економік, посилюючи їх взаємозв'язок. Важливого значення набуває пошук оптимальних схем організації та обслуговування транснаціональних товаропотоків з урахуванням динамічного зростання, виникнення якісно нових вимог до ефективності перевезень і питань управління ними, при цьому виникає необхідність підвищення точності планування, аналізу та економічної оцінки роботи як великих транспортних систем, так і окремих їх елементів.

Переваги транспортної індустрії, а саме морські та річкові вантажоперевезення, вимагають повноти

сервісного обслуговування, короткостроковості ремонту, найбільш вигідних умов перевезення вантажу. Для забезпечення високоточного режиму диференціальної навігації, а також точного визначення необхідних геодезичних і геоінформаційних параметрів необхідне використання мережі опорних станцій з мінімальним просторовим рознесенням. Проблема полягає у покритті необхідного простору, тому це питання є дуже актуальним.

Шляхом вирішення питань про створення глобальних загальнодоступних баз даних геоінформаційної та супроводжуючої геофізичної інформації, на наш погляд, є створення автономних інформаційних станцій, які є складником інформаційної системи. Створення автоматичних систем контролю руху суден на внутрішніх водних шляхах за допомогою річкової інформаційної служби (РІС) нині є дуже важливим та актуальним завданням. Це відповідає вимогам створення системи міжнародним товариствам ІМО, кодексам і положенням. В якості прикладу можна навести ІМО MODEL COURSE 7.03., 1.25. та інші.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Будь-яка внутрішня потреба в інноваціях для утримання позиції торгового флоту коригується необхідністю розширення інтермодальних транспортних технологій, розвитку і поліпшення якості логістики, удосконаленістю інформаційних систем. На жаль, в Україні навіть при формуванні транспортних стратегій як до 2020, так і до 2030 років представлені тільки гасла «створення конкурентного середовища на ринку транспортних послуг» [1, с. 3–8] і не розкриті ані механізми, ані інструментарій досягнення основних цілей. При цьому ринок транспортних послуг в силу альтернативності технологій і кількості учасників характеризується конкурентним середовищем.

Проблемі розвитку морського транспорту з позиції альтернатив розвитку присвячено низку досліджень, серед яких звертаємо увагу на [2, с. 18; 3, с. 63; 4, с. 51]. Аналіз літературних джерел показав, що річкові інформаційні служби в Україні є нововведенням останніх років і раніше цьому поняттю не приділялося достатньої уваги, тому ще багато моментів, які варто було б розглянути, залишилися поза увагою.

Автор А.В. Бояров у джерелі [5, с. 31] розглянув питання моніторингу, підвищення безпеки судноплавства та ефективності управління транспортним процесом на внутрішніх водних шляхах на основі розробки систем інформаційного забезпечення диспетчерської служби. Представлений ним аналіз світового і вітчизняного досвіду побудови інфор-

маційно-диспетчерських систем безпосередньо пов'язаний із корпоративними річковими інформаційними службами на внутрішніх водних шляхах.

Проблемам розвитку транспортної логістики в Україні присвячені дослідження багатьох зарубіжних і вітчизняних дослідників: М.О. Устенко, В.Л. Дікан, Л.Г. Сейончика, Б.А. Анікіна, О.О. Бакаєва, Д.Дж. Бауерсокса, А.А. Смехова, Р.Р. Ларіна, Л.Б. Міротіна, А.Г. Некрасова, І.М. Неруш, Т. Прокоф'єва та інших. У своїх роботах вони досліджували проблеми транспортної логістики, пов'язані з оптимізацією транспорту в логістичних системах. Нині вплив логістики на ефективність транспортно-технологічних комплексів морських і річкових портів не повністю досліджений, ця проблема ще не повністю вирішена.

**Постановка завдання.** Основною метою дослідження є проблеми та перспективи розвитку транспортної галузі України. Щоб краще їх зрозуміти, наведено приклади використання існуючих перспективних різновидів ІТ-технологій, річкових інформаційних систем, логістичних методик при плануванні вантажних перевезень до інфраструктури морського транспорту не тільки України, але й деяких зарубіжних країн.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Питання підвищення конкурентоспроможності портів України стає все більш актуальним насамперед через зниження вантажообігу за останні роки в портах Азовського моря. На рівень успішності та прибутковості морських і річкових перевезень України впливає низка чинників: грамотна логістика; використання цифрових платформ і систем; використання перспективних річкових інформаційних систем.

Останніми кількома роками офіси великих компаній поповнилися відділами логістики. Вітчизняні менеджери запозичили практику залучення фахівців аналогічного профілю у своїх європейських і американських колег. Суть логістики полягає в пошуку способів раціонального просування продукту в ланцюжку від виробника до кінцевого одержувача. Цей процес досить трудомісткий і передбачає моніторинг переліку дій від маркетингової організації та отримання замовлень, налагодження виробничого процесу, зберігання до розробки оптимальних транспортних шляхів доставки [6, с. 67].

Нині логістика, як і інші сфери бізнесу, переживає турбулентність внаслідок поширення Covid-19 у світі і в Україні. Протягом останніх кількох років морська логістична галузь активно нарощує діджиталізацію та впроваджує новітні

IT-інструменти на ключові етапи ланцюжка поставок. Сучасні IT-рішення здатні значно скоротити витрати, терміни поставки, забезпечити простоту та ефективність базових логістичних процесів, дати конкурентну перевагу тим учасникам ринку, які вчасно оцінили свій потенціал. Провідні гравці на ринку судноплавства вже приєдналися до цифрової гонки. Компанії організуються для створення унікальних продуктів, які можуть «революціонізувати» галузь.

Транспортні та логістичні компанії використовують цифрові блокчейн-платформи (далі – СВР) для спільної роботи на основі технології блокчейн. Серйозні зміни в судноплавній галузі у найближчому майбутньому обіцяють розвиток блокчейн-технологій. СВР фіксує численні операції з товарами, транспортними засобами та обладнанням, вносить відповідну інформацію до супровідних, митних, страхових, платіжних та інших документів, а також надає актуальну інформацію про стан технологічних процесів всім учасникам ланцюга поставок – вантажовласникам, перевізникам, власникам інфраструктури, адміністративним і сервісним структурам. Станом на 2020 рік ключові судноплавні перевізники активно розробляють цифрові платформи для онлайн-бронювання чартерів.

Найбільший морський контейнерний оператор IBM і Maersk представили власну цифрову платформу “TradeLens” для проектування ланцюгів поставок. Платформа “TradeLens” об’єднує всіх учасників ланцюга доставки, включаючи вантажовласників, вантажоперевезення, експедиторів, митні служби, митних брокерів, логістичні компанії, а також понад 20 операторів великих портів і портових терміналів. Користувачі системи можуть побачити переміщення вантажу в режимі реального часу і в будь-який момент дізнатися, де він знаходиться. В рамках платформи учасники можуть обмінюватися митною та фінансовою інформацією з високим рівнем безпеки та конфіденційністю даних, здійснювати онлайн-бронювання чартерів за фіксованою ціною, здійснювати онлайн-платежі.

Загальна кількість користувачів системи вже перевищує 300. Приєдналися до неї платформа MSC і CMA CGM Group, а також найбільший ізраїльський перевізник – компанія ZIM. Митні служби беруть активну участь у роботі системи. Митні служби США та Канади вже приєдналися до “TradeLens”. Представники Maersk очікують, що в 2020 році українська митниця також почне співпрацювати із платформою. Аналітики підраховували, що використання “TradeLens” підвищує

ефективність перевезень, забезпечує прозорість процесів, полегшує управління транспортною та фінансовою документацією та стимулює інновації по всій галузі. Завдяки використанню платформи Maersk також розраховує скоротити час транзиту в міжнародному торговельному сегменті на 40%. Загалом зняття логістичних бар’єрів у судноплавстві, на які нині припадає 80% світових вантажних перевезень, допоможе знизити вартість переміщення вантажів приблизно на 15%.

Інший провідний оператор контейнерного ринку CMA CGM Group нещодавно приєднався до Freightos – глобальної онлайн-платформи, яка забезпечує міжнародну доставку. Завдяки цифровому сервісу Freightos клієнти CMA CGM Group мають прямий доступ до інформації про тарифи, маршрути, розклад рейсів. Очікується, що в майбутньому на ключових регулярних лініях клієнти зможуть бронювати чартери онлайн, аналогічні послугам купівлі квитків. Онлайн-проект зробить доставку доступною для широкого кола клієнтів. Невеликі вантажовідправники зможуть видавати замовлення на платформі, оминаючи посередників, за гарантованою ціною незалежно від обсягів вантажу. Поки що онлайн-замовлення стане можливим тільки на китайсько-американських маршрутах, але компанія планує найближчим часом розширити кількість доступних контейнерних послуг. Пріоритетом є Азія-Європа.

У серпні 2019 року швейцарська логістична група Kuhne’Nagel оголосила про запуск власного сервісу онлайн-бронювання перевезень KN Pledge. Послуга «Застава KN» включає 100% гарантію повернення в разі затримки доставки, а також розширене страхування вантажу. За словами керівництва компанії, Kuhne’Nagel був першим логістичним провайдером, який запропонував розширену послугу бронювання контейнерів.

В умовах оцифрування морської логістики варто пам’ятати про розробку українського програмного забезпечення – платформу SeaRates, яку найближчим часом чекає великий прорив. SeaRates – це онлайн-ринок вантажів, який допомагає вантажовідправникам інтегрувати тарифи від тисяч перевізників. Найбільша пошукова система тарифів на міжнародну доставку порівнює тарифи на всі доступні варіанти доставки і допомагає знайти оптимальні пропозиції. Система відображає дані про відстані і час маршруту, що дозволяє точно визначити терміни доставки. Розрахунки базуються на відкритих джерелах інформації у поєднанні з даними із різних судноплавних ліній і морських агентств. Платформа

SeaRates також доступна для відстеження вантажів у реальному часі. Система показує поточне положення вантажу на карті і фіксує час, проведений в порту перевалки.

1 березня цього року ЗМІ оголосили, що платформу SeaRates придбав портовий оператор Dubai Port World (DP World), який раніше купив контрольний пакет акцій контейнерного терміналу «ПІС» у порту «Південний». Творці платформи стверджують, що найближчим часом за допомогою DP World сподіваються створити глобальну GDS (Глобальну систему дистрибуції), яка може бути використана для отримання вартості товарів з урахуванням транспортних і митних витрат у будь-якій точці світу.

Ще один із проривів для вітчизняного торгового флоту: у 2019 році Адміністрація морських портів України (далі – АМПУ) та судноплавна платформа ShipNEXT розпочали розробку спільного IT-проекту – цифрової системи обміну даними для суден і портів. Цей сервіс дає можливість в онлайн режимі розрахувати час, коли судно підійде до порту. У результаті цього капітани вибиратимуть оптимальну швидкість судна і таким чином не витратять зайве паливо, зменшать час очікування на рейді. В той же час портові адміністрації зможуть зменшити витрати на рейс.

Цифрові системи особливо актуальні для великих портів, де складно відстежити рух усіх суден і операційні рішення можуть недозволено затягуватися. DA-Desk – онлайн-платформа, яка надає судовласникам і фрахтівникам посередницькі послуги в оплаті портових зборів. DA-Desk виступає в якості посередника між судовласниками / фрахтівниками і агентами в портах заходу. Акумулюючи дані від агентів про тарифи і ставки портових зборів по всьому світу, платформа виробляє крос-чекінг, щоб надати користувачеві актуальну інформацію про суму портових витрат у кожному конкретному випадку. Судновласники і фрахтівники можуть отримувати найсвіжіші дані про портові збори для розрахунків перед судозаходами на основі простого пошуку порту, судна або вантажу [7, с. 81]. Це фактично відображає орієнтацію на внутрішні і зовнішні ринки національних виробників. В Україні таку стратегію реалізує корпорація НІБУЛОН [8, с. 9].

Серед найважливіших характеристик ефективності функціональної діяльності окремих складників логістичної системи обробки вантажопотоків є час на виконання основної операції. Цим і зумовлюється організація функціональної діяльності на основі використання технологічних про-

цесів, які мінімізують втрати часу на виконання технічних, експлуатаційних і фінансових процедур. На жаль, технологічні процеси, пов'язані з технічним підтриманням надійності і працездатності судна, жорстко регламентуються зовнішніми умовами і конвенціональними критеріями. Тому і посилюється необхідність зосередження уваги на формуванні сукупності умов, які зумовлюють характер формування поточних витрат операторської діяльності торгового флоту.

Урядом України було визначено необхідність модернізації системи управління рухом флоту, забезпечення міжнародних стандартів безпеки судноплавства. Існуюча система не відповідає таким стандартам з точки зору технічної оснащеності і застосовуваних технологій управління.

Під ПІС розуміються гармонізовані інформаційні служби, які сприяють управлінню рухом суден і перевезеннями в сфері внутрішнього судноплавства у взаємозв'язку з іншими видами транспорту. ПІС покликані сприяти безпечному та ефективному процесу перевезень і найбільш повному використанню можливостей внутрішніх водних шляхів. Концепція річкових інформаційних служб, які становлять одну з найістотніших змін у секторі внутрішніх водних шляхів протягом останніх десятиліть, спрямована на узгоджену реалізацію інформаційної служби з метою підтримки руху і управління транспортом. Реалізація ПІС дозволить не тільки поліпшити безпеку й ефективність трафіку внутрішніми водними шляхами, але й підвищити ефективність транспортних операцій загалом. ПІС забезпечують вирішення низки управлінських завдань у внутрішньому судноплавстві. Ці завдання пов'язані з поставленими цілями і вирішуються у трьох різних сферах. Під управлінням перевезеннями розуміється управління транспортним ланцюжком поза рамками судноводіння.

Ми запропонували концепцію використання систем інформування та підтримки судноводія при прийнятті рішення на внутрішніх водних шляхах, які дозволять на кінцевому етапі виконання виключити судноводія із процесу управління судом. Для цього необхідно визначити характеристики обладнання та принцип їх об'єднання в єдину структуру для роботи в автономному режимі. На основі обраної моделі усереднення та зменшення похибки визначення місцезнаходження суден необхідно визначити концепцію побудови річкової інформаційної служби.

Загалом питанням зв'язку і комунікації відводиться найважливіша роль. Це стосується як

забезпечення координації автоматичних метеорологічних станцій із пунктом контролю і управління, так і надання інформації усім зацікавленим сторонам по існуючих каналах зв'язку. При цьому в проектувану систему має бути впроваджена супутникова система навігації як найбільш досконала і перспективна нині система навігації для автоматичних керівників систем. Робота АСУ майже завжди пов'язана з використанням систем позиціонування, якими є супутникові радіонавігаційні системи (СРНС) ГЛОНАСС/GPS. Проте для забезпечення необхідної точності позиціонування в річкових умовах їх радіонавігаційне поле обов'язково повинно сполучатися з полем диференціальної поправки (ДП).

Проведені дослідження показали, що для створення диференціальних підсистем, які забезпечують високоточне радіонавігаційне поле на внутрішніх водних шляхах, з економічної точки зору найбільш перспективним є використання локальних диференціальних підсистем (далі – ЛДПС) на базі ланцюжка контрольних станцій (далі – ККС), які коригують дії працюючих у діапазоні частот морської радіомаякової служби (283,5-325 кГц).

Найважливішою умовою оптимізації топології цього поля є дослідження завадозахищеності і функціональної стійкості радіоканалів ККС. У цьому випадку розглядаються проблеми функціональної стійкості параметрів радіоканалів ККС. Під функціональною стійкістю інформаційних систем розуміється їх здатність утримувати основні експлуатаційні характеристики в заданих межах при варіаціях випадкових параметрів сигналів і перешкод, а також варіаціях їх частотно-тимчасової структури. Тому функціональна стійкість підрозділяється на варіаційно-параметричну, тобто стійкість щодо варіацій параметрів сигналів і перешкод, і варіаційно-функціональну, тобто стійкість щодо варіацій форми сигналів і перешкод.

Методологія оцінки функціональної стійкості при дії взаємних перешкод базується на дослідженні вірогідності помилки поелементного прийому цифрового сигналу. При некогерентному прийомі фазоманіпульованих (ФМ) сигналів і взаємних перешкод для незавмираючого сигналу, який завмирає згідно із законом Релея, перешкода, вірогідність помилки поелементного прийому цифрового повідомлення визначатиметься вираженням [5, с. 131].

$$p = 0.5 \exp - h \frac{1}{(2 + h_p^2 g_0^2)}, \quad 1$$

де  $h^2$ ,  $h p^2$  – енергетика сигналу і  $k$ -ої перешкоди;  $g_0^2$  – нормований коефіцієнт взаємної відмінності

(далі – КВР) сигналу і перешкоди в частотно-тимчасовій області.

У загальному випадку повна вірогідність помилок поелементного прийому дискретних сигналів визначається співвідношенням:

$$p = F(Q, Q_n, Q_{cn}), \quad 2$$

де  $Q$ ,  $Q_n$  – безліч варійованих параметрів сигналу і перешкод;  $Q_{cn}$  – безліч КВР сигналів і перешкод у частотно-тимчасовій області.

Для отримання кількісної міри функціональної стійкості системи скористаємося загальними методами теорії чутливості [7, с. 73]. Розкладемо функціональні залежності у формулі в ряд Тейлора і врахуємо тільки члени з похідними першого порядку. Тоді приріст вірогідності помилки буде рівний:

$$\Delta p = \sum_{i=1}^n \frac{dp}{dq_i} \Delta q_i + \sum_{i=1}^m \frac{dp}{dq_{ni}} \Delta q_{ni} + \sum_{i=1}^k \frac{dp}{dg_i^2} \Delta g_i^2, \quad 3$$

Відносний приріст помилки визначатиметься вираженням:

$$\frac{\Delta p}{p} \approx \sum_{i=1}^n S_{qi} \frac{\Delta q_i}{q_i} + \sum_{i=1}^m S_{qni} \frac{\Delta q_{ni}}{q_{ni}} + \sum_{i=1}^k S_{gi} \frac{\Delta g_i^2}{g_i^2}, \quad 4$$

де  $n$ ,  $m$  – число варійованих параметрів сигналу і перешкоди;  $k$  – число варійованих параметрів КВР сигналу і перешкоди;  $S_{qi}$  – безліч коефіцієнтів відносної чутливості, визначених вираженням:

$$S_i \approx \frac{\Delta p}{p} / \frac{\Delta q}{q_i}, I \in \{n + m + k\}, \quad 5$$

Відносний приріст вірогідності помилки і визначає кількісне вираження чутливості характеристики завадостійкої. Вираз встановлює зв'язок між функціональною стійкістю інформаційних систем і чутливістю їх характеристик. Отже, коефіцієнти відносної чутливості  $S$  можна розглядати як кількісну міру функціональної стійкості інформаційних систем. При цьому коефіцієнти відносної чутливості виду:

$$S_{qi} = \frac{\Delta p}{p} / \frac{\Delta q_i}{q_i}, i = 1, 2, \dots, n; S_{qni} = \frac{\Delta p}{p} / \frac{\Delta q_{ni}}{q_{ni}}, i = 1, 2, \dots, m, \quad 6$$

визначають кількісну оцінку варіаційно-параметричної стійкості інформаційної системи, а коефіцієнти:

$$S_{gi} = \frac{\Delta p}{p} / \frac{\Delta g_i^2}{g_i^2}, i = 1, 2, \dots, k, \quad 7$$

– варіаційно-функціональну.

За наявності взаємних перешкод від сусідніх ККС параметрами, які визначають варіаційно-параметричну стійкість підсистеми і є варійованими з метою оптимізації топології поля ДП, є енергетика сигналу, залежна від потужності



передавача, і енергетика похибок, залежна від розташування джерела перешкоди й потужності її передавача. Тоді  $n$  і  $m$  у вираженні дорівнюють одиниці. КВР у формулі визначатиметься таким вираженням [8, с. 132]:

$$g = \frac{h_n^2}{h^2} \left[ \frac{\sin(0,5T)}{0,5T} \right]^2 = \frac{h_n^2}{h^2} g_0^2, \quad 8$$

де  $\Omega$  – розлад частоти сигналу і перешкоди. Тоді  $k$  у виразі також дорівнюватиме одиниці, тобто єдиним варійованим параметром буде  $\Omega$ .

Розглянемо функціональну стійкість такої характеристики як дальність дії ККС. Максимальна дальність дії ККС  $R_{max}$  в азимутному напрямі визначається таким співвідношенням:

$$R_{max} = \arg \left\{ P_{ou} (h^2, h_n^2, g_0^2) = p_{reg} \right\}, \quad 9$$

де  $p_{reg}$  – необхідна вірогідність помилки поелементного прийому повідомлення.

Для випадку «незавмираючий сигнал» – перешкода, що завмирає, за релеєвським законом залежність  $R_{max}$  від  $p_{reg}$  при некогерентному прийомі ФМ сигналів може бути отримана в явному виді. Енергетика сигналу або взаємної перешкоди визначається за таким вираженням:

$$h^2 = \frac{PT}{v^2}, \quad 10$$

де  $P$  – потужність сигналу або взаємної перешкоди на вході приймача, Вт;  $T$  – тривалість послідовності елементу сигналу;  $v^2$  – спектральна щільність флукуаційного шуму, Вт-с.

Потужність в точці прийому визначається виразом:

$$P = \frac{E^2 I_d^2}{\rho}, \quad 11$$

де  $E$  – напруженість поля в точці прийому, В/м;  $I_d$  – діюча висота антени, м;  $\rho$  – вихідний опір, Ом.

Напруженість поля визначається за формулою:

$$|E(R)| = -\frac{0,3 \sqrt{P_{nep}}}{R} W(R) [B / M], \quad 12$$

де  $P_{nep}$  – потужність передавача, кВт;  $w(R)$  – функція послаблення підстилаючої поверхні;  $R$  – відстань від джерела сигналу або перешкоди до точки прийому, км.

Серед індустріальних перешкод найбільшу дію на радіоканали ККС середньохвильового діапазону частот чинять імпульсні перешкоди від коронного розряду ліній електропередач (далі – ЛЕП) і перешкоди від контактної мережі електротранспорту. У смузі частот, виділених ЛДПС, спектральна щільність цих перешкод практично

постійна, тому їх можна розглядати як білий шум гауса. Тоді для енергетики сигналу отримуємо:

$$h^2(r) = \frac{PT}{v_n^2(r) + v^2}, \quad 13$$

де  $r$  – відстань від джерела індустріальної перешкоди, м;  $v_n^2$  – потужності індустріальної перешкоди.

$$p_{reg} = 0,5 \exp \left[ -B \frac{P_{nep}}{R_{max}^2 [v^2 + v_n^2(r)]} w(R)^2 \frac{1}{(2 + h_n^2 g_0^2)} \right], \quad 14$$

$$B = \frac{0,09 I_d T}{\rho}, \quad 15$$

Оскільки для більшості вологих ґрунтів функція послаблення  $w$  на відстанях близько 100-200 км близька до одиниці, то при аналізі функціональної стійкості її зміною можна нехтувати. Тоді вираження набере такого вигляду:

$$p_{reg} = 0,5 \exp \left[ -B \frac{P_{nep}}{R_{max}^2 [v^2 + v_n^2(r)]} \frac{1}{(2 + h_n^2 g_0^2)} \right], \quad 16$$

Тепер залежність  $R_{max}$  від  $p_{reg}$  може бути виражена в явному вигляді:

$$R_{max(км)} = \left[ \frac{BP_{nep}}{|\ln(2p_{reg})| [v^2 + v_n^2(r)] (2 + h_n^2 g_0^2)} \right]^{1/2}, \quad 17$$

У цьому випадку варіаційно-параметрична стійкість  $R_{max}$  залежатиме від варіації параметрів  $P_{nep}$ ,  $v_{n(r)}$  і  $h^2$ , а варіаційна – від варіації  $g_0^2$ . Кількісно функціональна стійкість визначатиметься коефіцієнтами відносної чутливості такого виду:

$$S_{P_{nep}} = \frac{\partial R_{max}}{\partial P_{nep}} \frac{P_{nep}}{R_{max(км)}} = 0,5 \frac{C_0}{R_{max(км)}} [v^2 + v_n^2(r)]^{-1/2} (2 + h_n^2 g_0^2)^{-1/2}$$

$$S_{P_n} = \frac{\partial R_{max}}{\partial h_n^2} \frac{h_n^2}{R_{max(км)}} = 0,5 \frac{C_0 h_n^2 g_0^2}{R_{max(км)}} (v^2 + v_n^2(r))^{-1/2} (2 + h_n^2 g_0^2)^{3/2}$$

$$S_v = \frac{\partial R_{max}}{\partial v_n^2(r)} \frac{v_n^2(r)}{R_{max(км)}} = 0,5 \frac{C_0 v_n^2(r)}{R_{max(км)}} (v^2 + v_n^2(r))^{-3/2} (2 + h_n^2 g_0^2)^{-1/2}$$

$$S_g = \frac{\partial R_{max}}{\partial g_0^2} \frac{g_0^2}{R_{max(км)}} = -0,5 \frac{C_0 h_n^2 g_0^2}{R_{max(км)}} (v^2 + v_n^2(r))^{-1/2} (2 + h_n^2 g_0^2)^{-3/2}$$

$$C_0 = C_0 = \left| \frac{BP_{nep}}{\ln(2p_{reg})} \right|$$

Проаналізуємо варіаційно-параметричну стійкість радіоканалів ККС у довільній зоні відповідальності шляхом дослідження чутливості розміру зони дії ККС до варіацій параметрів взаємної і індустріальної перешкоди. Нехай потужності усіх передавачів складають 400 Вт і варіюванню не підлягають. Необхідна вірогідність помилки поелементного прийому повідомлення  $p_{reg}$  складає 10<sup>-4</sup>; тривалість послідовності елементу сигналу  $T=0,01$  с; спектральна щільність білого шуму  $v^2=10$ -10 Вт. Підставляючи ці вирази в останню формулу, отримуємо:

$$S_{h_n} = \frac{\partial R_{max}}{\partial h_n} \frac{h_n}{R_{max(\kappa, \mu)}} = -0.5 \frac{h_n g_0^2}{2 + h_n g_0^2}, \quad 18$$

Цим же виразом описуватиметься і коефіцієнт  $S_g$ :

$$S_v = -0.5 \frac{v_n^2}{v^2 + v_n^2}, \quad 19$$

Таким чином, коефіцієнт відносної чутливості  $S_{hp}$  досліджується шляхом варіювання енергетики взаємної перешкоди при різних фіксованих значеннях нормованого КВР, а коефіцієнт  $S_g$  – шляхом варіювання нормованого КВР при різних фіксованих значеннях енергетики перешкоди. Коефіцієнт  $S_v$  досліджується при варіюванні спектральної щільності потужності індустріальної перешкоди. Результатом моделювання можна вважати отримання коефіцієнту відносної чутливості у взаємозв'язку із зовнішніми умовами. Відповідно до цього методу процедуру фільтрації необхідно виконувати у 3 етапи: попередній відсів, діагностична фільтрація і згладжування даних.

**Висновки.** У зв'язку зі зростаючою потребою в обміні інформацією між зацікавленими сторонами у внутрішньому судноплаванні, а також між внутрішнім судноплаванням та іншими видами транспорту РІС починають відіграти все більш важливу роль у транспортній логістиці [9, с. 130; 10, с. 231]. У той час інформація, пов'язана з рухом, має важливе значення в аспектах безпеки і для державних структур. Така інформація здебільшого зосереджена на ефективності перевізного процесу і є важливою для комерційних користувачів, наприклад транспортних логістичних ком-

паній. Застосування створених автоматичних систем інформування та підтримки судноводія при прийнятті рішення на внутрішніх водних шляхах дозволять на кінцевому етапі виконання виключити судноводія із процесу управління судном.

У статті визначено характеристики обладнання та принцип їх об'єднання в єдину структуру для роботи в автономному режимі. На основі обраної моделі усереднення та зменшення похибки визначення місцезнаходження суден визначено концепцію побудови річкової інформаційної служби. Використання системи інформаційного забезпечення проходження суден по внутрішніх водних шляхах дозволяє знизити вплив людського чинника і підвищити безпеку при виконанні навігаційних операцій. Застосування запропонованого методу дає змогу позбутися від чинників, які вносять дисонанс у систему визначення положення судна та інших, зокрема гідрометеорологічних умов. Використання досконалої апаратної РІС дозволяє значно скоротити час на прийняття рішень, а в подальшому взагалі відмовитися від впливу людського фактору.

Автоматичне інформування спрямоване на забезпечення безпеки виконання навігаційних операцій за допомогою постійного контролю положення судна, що рухається, та місцезнаходження стаціонарних і рухомих об'єктів, гідрометеоумов, що дозволяє значно підвищити ефективність виконання робіт, пропускну здатність на внутрішніх водних шляхах за рахунок своєчасного інформування щодо графіку проходження за маршрутом. Перспектива подальшого дослідження – створити повністю безпілотний місток.

#### Список літератури:

1. Транспортна стратегія України на період 2020 року. Київ : Міністерство інфраструктури України, 2011. 64 с.
2. Шевченко М. Maersk: логистическое решение «под ключ» // Порты Украины, № 6(188), 2019. С. 36–37.
3. Котлубай А.М. Проблемы теории и практики развития морского транспорта Украины. Одесса : ИПРиЭИ НАН Украины, 2011. 268 с.
4. Sotnichenko L., Solokha D., Bessonova S. Justification of business entities development based on innovate principles // Academy of Strategic Management Journal. Volumt 17. Issu 5, 2018. URL: <https://www.abacademies.org/articles/justification-of-business-entities-development-based-on-innovative-principles-7553.html>.
5. Бояров А.В. Исследование информационного обеспечения систем диспетчерской службы речных автоматизированных систем управления движением судов : дис. канд. тех. наук. СПб : СПГУВК, 2005, 195 с.
6. Морозова Е. Логистика в условиях карантина: есть ли шанс на восстановление / Лига 360, 2020 : веб-сайт. URL: [https://biz.ligazakon.net/ru/analytics/195323\\_logistika-v-usloviyakh-karantina-est-li-shans-na-vosstanovlenie](https://biz.ligazakon.net/ru/analytics/195323_logistika-v-usloviyakh-karantina-est-li-shans-na-vosstanovlenie).
7. Кумеков Р. Новая эра логистики. *Международный журнал судоходство*. 2020. URL: <https://sudohodstvo.org/novaya-era-morskoj-logistiki/>.
8. Моряков К. Проект для развития морской отрасли // Порты Украины, № 1(173) 2018. С. 32–35.
9. Колегаев І.М. Принципи конкурентного розвитку спеціалізованого судноплавання глобальної морської індустрії. Одеса : НУ «ОМУ», 2017. 332 с.
10. Колегаев І.М. Принципи конкурентного розвитку спеціалізованого судноплавання глобальної морської індустрії. Одеса : НУ «ОМУ», 2017. 332 с.
11. Котлубай А.М. Проблемы теории и практики развития морского транспорта Украины. Одесса : ИПРиЭИ НАН Украины, 2011. 268 с.

**Kruhlyi D.H. KEY PROBLEMS AND DEVELOPMENT PROSPECTS RIVER INFORMATION SYSTEMS OF UKRAINE**

*This scientific work analyzes the current state and prospects of development of river information systems. We will consider examples of achieving such target indicators as integration into the world transport space and the development of the country's transit potential. An overview of the comparative characteristics of existing digital platforms and systems is given. A set of software modules in the river information service is proposed, which allows to inform transport stakeholders about the navigation situation.*

*The system of information processing of the current state of the navigation environment is defined, which formed the basis for the creation of the concept and software modules of the system. The generally accepted approach to creation of a software component of difficult technical system of information support of the driver is developed. Prospects for the introduction of river information services in the Ukrainian parts of rivers to improve the market of transport and logistics services in the region are studied.*

*The necessity of introduction of a digital bill of lading is substantiated, which will make it possible to carry out trade by sea with the least amount of human contact, which is very important during the introduction of strict quarantine measures. The application of the created automatic systems of informing and supporting the shipowner when making decisions on inland waterways will allow at the final stage of execution to exclude the shipowner from the process of vessel management.*

*The article defines the characteristics of the equipment and the principle of combining them into a single structure for offline operation. Based on the selected model of averaging and reducing the error of determining the location of vessels, the concept of building a river information service is determined. The use of the system of information support for the passage of vessels on inland waterways can reduce the impact of the human factor and increase safety when performing navigation operations. Automatic information is aimed at ensuring the safety of navigation operations by constantly monitoring the position of the moving vessel and the location of stationary and mobile objects, hydrometeorological conditions, which can significantly increase the efficiency of work.*

**Key words:** river information systems, transport industry, innovative technologies, information systems, economic efficiency, logistics.

## БУДІВНИЦТВО

УДК 628.33628.34

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/26>

*Дегтяр М.В.*

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

### ОСОБЛИВОСТІ ПОВОДЖЕННЯ З РІДКИМИ ПОБУТОВИМИ ВІДХОДАМИ

*Проблема вивезення побутових відходів, зокрема рідких, сьогодні стоїть доволі гостро, оскільки її вирішення пов'язане з необхідністю забезпечення нормальної життєдіяльності населення, санітарного очищення міст, охорони навколишнього середовища та ресурсозбереження.*

*Норми надання послуг із вивезення відходів мають визначатися на підставі правил, встановлених центральним органом виконавчої влади з питань житлово-комунального господарства.*

*У статті наведено основні аспекти та проблеми сучасного поводження з рідкими побутовими відходами та деякі особливості визначення нормативів рідких побутових відходів.*

*Розглянуто проблему поводження з рідкими побутовими відходами на прикладі м. Харкова, особливості обліку обсягів водопостачання та водовідведення, здійснено порівняння нормативних обсягів і фактичних. Проаналізовано низку нормативних актів у сфері поводження з відходами, зокрема рідкими.*

*Досліджено можливість використання закордонного досвіду за сучасних українських умов, а також підходи до поводження з рідкими відходами в різних містах України, зокрема нормативну базу та рекомендації. Наведено пропозиції щодо покращення організації процесів збору та транспортування рідких відходів, оптимізації порядку взаємодії між учасниками процесу, тобто суб'єктами господарювання та виконавцями послуг у сфері поводження з відходами.*

*Кількість рідких побутових відходів визначають для житлових будинків та інших об'єктів утворення побутових відходів, не підключених до системи каналізації населеного пункту.*

*Отже, основною метою розрахунку та затвердження норм вивезення рідких відходів є реалізація державної політики у сфері поводження з відходами, зокрема рідкими, створення належних правових підстав та умов для затвердження норм надання послуг із вивезення рідких відходів, своєчасна організація роботи виконавців послуг у сфері поводження з відходами, створення умов для забезпечення об'єктів господарювання якісними послугами з локалізації та вивезення рідких відходів.*

**Ключові слова:** рідкі побутові відходи, норми, вигрібна яма, норми водовідведення, об'єм, тариф, нормативні документи.

**Постановка проблеми.** Відповідно до Закону України «Про житлово-комунальні послуги» послуги з поводження з побутовими відходами – це послуги з вивезення, перероблення та захоронення побутових відходів, які надаються в населеному пункті за правилами благоустрою території населеного пункту, розробленими з урахуванням схеми санітарного очищення населеного пункту та затвердженими органом місцевого самоврядування [1].

За прогнозами, у 2025 р. мешканці міст продукуватимуть у середньому 1,42 кг/людину твердих побутових відходів у день проти нинішніх 0,64 кг [2].

Відповідно до [1] критерієм якості послуги з вивезення побутових відходів є дотримання графіка вивезення побутових відходів, дотримання

правил надання та вимог законодавства щодо надання послуг із вивезення побутових відходів.

Виконавця послуг із вивезення побутових відходів визначає орган місцевого самоврядування на конкурсних засадах у порядку, встановленому Кабінетом Міністрів України.

Нині норма утворення рідких відходів становить 25 л, що регламентовано відповідними нормативними документами, зокрема на рівні міської ради. Водночас показником кількості утворення рідких побутових відходів (далі – РПВ) є об'єм. Кількість РПВ для об'єктів із централізованим водопостачанням визначають відповідно до показань засобів обліку води або норм водоспоживання згідно із Правилами користування системами централізованого комунального водопостачання та водовідведення

в населених пунктах України, затвердженими [3] наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 27 червня 2008 р. № 190. Кількість РПВ для об'єктів без централізованого водопостачання та каналізації визначають: на підставі даних про обсяги надання послуг із вивезення РПВ у населеному пункті протягом календарного року на розрахункову одиницю та на підставі проведення вимірювань об'єму утворення РПВ відповідно для житлових будинків та інших об'єктів утворення побутових відходів без централізованого водопостачання та каналізації.

Існують розбіжності між нормою накопичення та фактичним обсягом утворення рідких відходів, тому це питання потребує детального розгляду.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Згідно із [3] на об'єкти поводження з побутовими відходами допускається приймати всі види побутових відходів (окрім рідких побутових і небезпечних відходів у складі побутових, у т. ч. небезпечних відходів лікувально-профілактичних закладів) із житлових будинків, підприємств та ін.

Поводження з побутовими відходами в Україні здійснюється відповідно до державних норм і стандартів. Ці правила закріплені у Законах України «Про житлово-комунальні послуги», «Про відходи» та «Про місцеве самоврядування в Україні». Механізм надання суб'єктами господарювання незалежно від форми їх власності послуг із поводження з побутовими відходами у містах, селищах і селах визначено Правилами надання послуг із поводження з побутовими відходами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 10 грудня 2008 р. № 1070 (зі змінами) [4].

Аналізуючи основні принципи вивезення РПВ та очищення дворових туалетів у європейських країнах, можна зробити висновок, що обслуговують цю галузь не комунальні підприємства, а приватні компанії на умовах вільної конкуренції.

Дослідження зі встановлення норм і правил із надання послуг вивезення РПВ фактично не проводилися, норми накопичення рідких відходів у різних містах України неоднакові.

**Постановка завдання.** Основна мета роботи – уникнення значних розбіжностей між розрахунковими та реальними (економічно обґрунтованими та фактичними) показниками обсягів надання послуг із вивезення РПВ, формування оптимальної системи поводження з РПВ. Задачами роботи є: аналітична оцінка ситуації в м. Харкові, що склалася при нормуванні та вивезенні рідких відходів, визначення основних аспектів впливу на формування нормування відходів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** РПВ вважаються господарчо-побутові (від миття, прання тощо) та каналізаційні стоки (за винятком промислових) за відсутності централізованого водовідведення, які накопичуються і тимчасово зберігаються у вигрібних ямах.

Існують розбіжності між нормою накопичення та фактичним обсягом утворення рідких відходів, тому це питання потребує детального розгляду.

Встановлення норм дозволить органам місцевого самоврядування підвищити рівень якості організації поводження з відходами, сприятиме правильному перерозподілу коштів, що виділяються з бюджету на санітарне очищення міста, дозволить оптимізувати сплату населення за отримані послуги з вивезення рідких відходів.

Відповідно до Закону України «Про житлово-комунальні послуги» [1] критерієм якості послуги з вивезення побутових відходів є дотримання графіка вивезення побутових відходів, дотримання правил надання та вимог законодавства щодо надання послуг із вивезення побутових відходів.

Контроль у сфері поводження з відходами здійснює Державна екологічна інспекція України – центральний орган виконавчої влади, який реалізує державну політику зі здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення й охорони природних ресурсів, поводження з відходами. На місцевому рівні сферу поводження з відходами контролюють місцеві державні адміністрації, виконавчі органи сільських, селищних, міських рад, громадські інспектори із благоустрою населених пунктів.

Громадський контроль у сфері поводження з відходами здійснюють громадські інспектори з охорони довкілля відповідно до законодавства [2].

Згідно із Державними санітарними нормами та правилами утримання територій населених місць, затверджених Наказом Міністерства охорони здоров'я України від 17 березня 2011 р. № 45 [5], визначено, що вигрібна яма (вигріб) – це інженерна споруда у вигляді поглиблення в землі, виконана з водотривкого матеріалу, призначена для збирання та зберігання рідких відходів, наземна частина якої обладнана щільно прилягаючою кришкою та решіткою для відокремлення твердих відходів.

Тарифи на відкачування РПВ, як і на інші послуги в галузі комунального господарства, у різних містах відрізняються залежно від якості техніки, компанії перевізника, форми власності та наявності чи відсутності подальшої утилізації відходів.

Згідно з Наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 30 липня 2010 р. № 259 [6] «Про затвердження правил визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів» визначення норм здійснюється за результатами вимірювання кількості відходів, основними показниками якого є: об'єм (куб.м), маса (кг), середня щільність (кг/куб.м).

Кількість РПВ визначають для житлових будинків та інших об'єктів господарювання, не підключених до системи каналізації населеного пункту. Метою визначення фактичного обсягу накопичення рідких відходів є реалізація державної політики у сфері поводження з відходами, створення належних правових підстав та умов для затвердження норм надання послуг із вивезення відходів, створення сприятливих умов для забезпечення споживачів якісними послугами з організації збирання, вивезення й утилізації рідких відходів.

Нині комунальні підприємства, що займаються відкачуванням вигрібних ям і септиків із неканалізованих домогосподарств, розглядають РПВ як стічні води, і тому визначення норм із вивезення РПВ часто пов'язують із нормами водовідведення. Зокрема, у м. Харкові відповідна служба КП «Комплекс з вивозу побутових відходів «займається лише вивозом та утилізацією твердих побутових відходів». Більше того, за [3] на об'єкти поводження з побутовими відходами допускається приймати всі види побутових відходів, окрім рідких побутових і небезпечних. Тобто кінцевий пункт утилізації чи переробки задає виконавець послуги переробки РПВ.

Згідно з Рішенням виконавчого комітету Харківської міської ради № 940 від 28 грудня 2012 р. [7] КП «Харківводоканал» є одним із основних виконавців послуг із вивезення побутових (рідких) відходів у м. Харків. Окрім КП «Харківводоканал», у м. Харків послуги з вивезення РПВ надають приватні підприємці.

Як впливає з основних технічних даних і характеристик комплексу спецмашин і механізмів КП «Харківводоканал», для відкачування та вивозу рідких відходів використовують цистерни асенізаційні марки КО-503Вз технологічною місткістю цистерни 3,75 м<sup>3</sup>. За Постановою № 1070 [4] (п. 4 доповнення) та рішенням № 321 від 08 вересня 2010 р. «Про затвердження Правил приймання стічних вод споживачів у каналізаційну мережу м. Харкова» (п. 5) зливання рідких побутових відходів здійснюється тільки на зливних станціях або в місцях, узгоджених із Водоканалом (п. 5.8).

Основною проблемою обслуговування вигрібних ям є невідповідність їхнього технічного стану відповідним нормативним документам, складність нормування рідких стоків, часто невідповідність прилеглих територій і самих вигрібних ям санітарним вимогам.

У Німеччині більше 95% населення підключено до централізованого водовідведення, у Швеції більше 90%, Угорщина також значно поліпшила показник із забезпечення централізованим водовідведенням – 85%. Отже, рішення щодо поліпшення санітарно-екологічної ситуації насамперед торкатиметься сільських районів. В Україні рівень забезпеченості населення централізованим водовідведенням по містах становить більше 95%, по селищах міського типу – 60–65%, а по селах не досягає і 10% [8].

У Європі за межами великих міст здебільшого користуються автономними очисними спорудами: системами інфільтрації та піщаними фільтрами, що стало можливим завдяки великим урядовим субсидіям і жорсткому законодавству. Хотілося б також звернути увагу на системи з розділення «чорної» води (туалетних відходів), яка застосовується у Німеччині. Такі стоки надзвичайно патогенні, але поживні та можуть легко перероблятися на добрива. В Україні є практика змішування «чорної» води із «сірою», тобто змивами з кухонь, ванних. У цьому разі обсяг відходів різко збільшується, патогенність і поживність знижується й ускладнюється процес утилізації.

Згідно з директивою ЄС [9] про очищення міських стоків передбачалося до 2015 р. побудувати каналізаційні мережі та системи очищення стоків у населених пунктах із населенням більше 2 000 мешканців. Однак відсоток сільських населених пунктів, не оснащених централізованими системами каналізації, сягає 90%, а у водойми щодоби скидається понад 12 тис. куб. метрів неочищених і недостатньо очищених стічних вод [9].

Нині в Україні, в сільській місцевості, за сприяння іноземних інвесторів втілюється проект «сухих туалетів», завдяки чому значно покращується санітарний стан місцевості. Також слід згадати концепцію штучного ветланду (фільтрацію попередньо очищених стічних вод у насиченому водою ґрунті, засадженому очеретом чи іншими рослинами, аналог біоплато).

Посилаючись на Директиву ЄС про міські стоки, зазначимо, що головна увага приділяється великим системам. Від країн-учасниць вимагається підтримування високих стандартів очищення каналізаційних стоків із метою боротьби із

забрудненнями, більше того, дозволяється та заохочується використання «альтернативних каналізаційних технологій» [9].

У м. Харкові функціонують «Диканівський» і «Безлюдівський» комплекси очисних споруд каналізації загальною потужністю 1 млн куб.м/добу, однак у кожному районі міста залишилися неканалізовані об'єкти господарювання. Для каналізування домогосподарств, модернізації та переоснащення систем необхідні великі кошти, інвестиції, гранти, ступінь бажаного залучення їх не відповідає реальним фінансовим ресурсам.

Згідно з Постановою № 1070 [4], додатком 2 «Мінімальні норми надання послуг з вивезення побутових відходів» добова норма надання послуг із вивезення рідких відходів становить 25 л/мешканця, тобто 0,75 м<sup>3</sup>/міс.

За п. 15 (доповнення) Постанови № 1070 при нарахуванні обсягів надання послуг вивезення РПВ нарахування розподіляється пропорційно до кількості мешканців житлового приміщення [4]. У п. 6 (доповнення) вищезазначених правил обсяг надання послуг із вивезення РПВ розраховується на підставі фактичного обсягу вивезення РПВ або згідно з нормами, затвердженими органами міського самоврядування [4]. Норми надання послуг визначаються на підставі правил, встановлених центральним органом виконавчої влади з питань житлово-комунального господарства. Зазначені норми переглядаються один раз на 5 років (п. 7 у редакції Постанови КМУ № 541 від 25 травня 2011 р.) [10].

Досліджуючи питання вивезення РПВ у місті Харкові, ми виявили, що близько 50% мешканців із загального числа споживачів, котрі не мають централізованого водовідведення, користуються вуличними колонками, що виключає можливість встановлення приладів обліку води. Отже, більшість споживачів (ступінь благоустрою з водоспоживання 2,0–3,6 м<sup>3</sup>/місяць) не має можливості визначити фактичне водоспоживання, а відповідно, й обсяги водовідведення за лічильниками.

Були проведені заміри фактичного накопичення обсягів рідких відходів. Фактичні обсяги накопичення рідких відходів відрізняються від розрахункових залежно від

ступеня благоустрою та тези «норма водоспоживання дорівнює нормі водовідведення». Виходячи з усього вищесказаного, доцільно було б норму встановлювати з урахуванням фактичного обсягу утворення відходів і до цього прив'язувати тариф.

Аналізуючи динаміку утворення рідких відходів протягом 2014–2016 рр., можна спостерігати зменшення загальної чисельності мешканців, які користуються зливовими ямами, та незначним коливанням обсягів накопичення рідких відходів. Більш детально розглянемо на прикладі одного з районів м. Харкова (рис. 1).

Підтримуючи прагнення України до євроінтеграції, з метою виконання директив, наведених вище, необхідно:

- проаналізувати необхідність експлуатації вигрібних ям за сучасних умов із виключенням можливості використання як громадського туалету;
- визначити належність вигрібних ям до комунальної власності міста, визнати законність чи незаконність їх експлуатації;
- за відсутності на міському балансі запропонувати мешканцям відмовитися від послуг збирання відходів у вигрібні ями та розглянути технічну можливість централізованого каналізування окремих домогосподарств чи суб'єктів господарювання;
- взяти до уваги закордонний досвід у поводженні з РПВ, а саме «сухі туалети» та розділення так званої «чорної» води;
- розробити чіткий механізм утилізації РПВ залежно від конкретних умов.

З огляду на вищесказане доцільно розглянути можливість відмови від послуги акумулювання відходів у вигрібних ямах і звернути увагу на

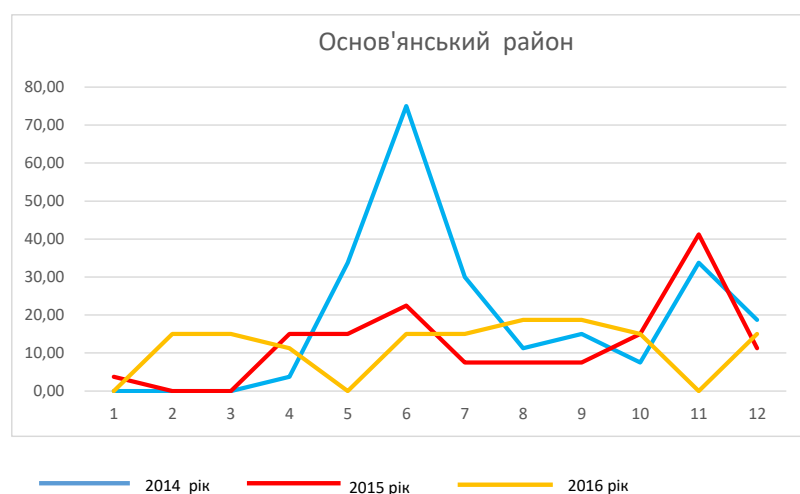


Рис. 1. Коливання обсягів накопичення рідких відходів за період 2014–2016 р. в Основ'янському районі

більш сучасні та цивілізовані методи поводження з рідкими відходами, тим більше, що законодавство ЄС не створює обмежень для країн-учасників, котрі можуть запроваджувати національне законодавство, щодо впровадження інноваційних каналізаційних систем. На підтримку вищесказаного на державному рівні було схвалено кілька відповідних нормативних документів [11; 12]. Зокрема, документом [11] було передбачено гармонізацію законодавства, що регулює діяльність у сфері житлово-комунального господарства, з директивами та стандартами ЄС, а документом [12] передбачено шляхи розвитку в напрямі реконструкції централізованих систем водовідведення населених пунктів України включно до 2020 р.

**Висновки.** Таким чином, на національному рівні рекомендується:

– узгодити основні законодавчі акти із законодавством ЄС;

– втілювати та розповсюджувати найкращі світові практики в галузі поводження з РПВ;  
– ініціювати та фінансувати проведення досліджень у цій галузі;

– провести роз'яснювальну роботу з населенням.

На місцевому рівні:

– залучити місцеві комунальні підприємства до обговорення різних варіантів досягнення встановлених цілей;

– залучити до процесу основні зацікавлені сторони (споживачів, представників комунальних служб);

– залучити місцеві кошти (за рахунок міського бюджету).

Отже, для ефективного вирішення питання необхідно комплексно підійти до проблеми з урахуванням економічної, соціальної та юридичної складових частин.

#### Список літератури:

1. Закон України «Про житлово-комунальні послуги» від 9 листопада 2017 р. № 2189-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text>.
2. Роз'яснення Мінрегіону про особливості поводження з побутовими відходами в Україні. URL: <https://www.minregion.gov.ua/press/news/rozyasnennya-minregionu-pro-osoblyvo/>.
3. Правила експлуатації об'єктів поводження з побутовими відходами від 24 травня 2012 р. Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 27 червня 2008 р. № 190, від 07 жовтня 2008 р. за № 936/15627. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0821-12#Text>.
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 10 грудня 2008 р. № 1070 «Про затвердження Правил надання послуг з вивезення побутових відходів». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1070-2008-%D0%BF#Text>.
5. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 17 березня 2011 р. № 45 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил утримання територій населених місць». URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z0457-11>.
6. Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства від 30 липня 2010 р. № 259 «Про затвердження правил визначення норм надання послуг з вивезення побутових відходів». URL: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/z0871-10>.
7. Рішення виконавчого комітету Харківської міської ради від 28 грудня 2011 р. № 940 «Про визначення виконавців послуг з вивезення побутових відходів у м Харкові». URL: <http://izvestia.kharkov.ua/officially/1132074.html>.
8. Світовий досвід боротьби зі звалищами. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/2039097-dla-cogo-svecia-skupovue-smitta-svitovij-dosvid-borotbi-zi-zvalisami.html>.
9. Директива Ради 91/271/ЄЕС «Про очищення міських стічних вод». URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_911#Text](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_911#Text).
10. Постанова Кабінету Міністрів України від 25 травня 2011 р. № 541 «Про внесення змін до Правил надання послуг з вивезення побутових відходів». URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/541-2011-%D0%BF>.
11. Закон України «Про Загальнодержавну програму реформування і розвитку житлово-комунального господарства на 2009–2014 роки» від 24 червня 2004 р. № 1869-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1869-15#Text>.
12. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Загальнодержавної програми розвитку та реконструкції централізованих систем водовідведення населених пунктів України на 2012–2020 роки» від 22 серпня 2011 р. № 1004. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1004-2011-%D1%80#Text>.



**Dehtiar M.V. FEATURES MANAGEMENT OF LIQUID HOUSEHOLD WASTE**

*The urgency problem of household waste disposal, in particular liquid waste, is quite acute today, as its solution is associated with the need to ensure the normal functioning of the population, urban sanitation, environmental protection and resource conservation. Standards for the provision of waste disposal services should be determined on the basis of rules established by the central executive authority on housing and communal services.*

*The article presents the main aspects of modern liquid household waste management, voices the main problems in the management of liquid waste and some features in determining the standards of liquid household waste.*

*The article considers the current problem of liquid household waste management on the example of Kharkiv where showed the features of accounting for water supply and sewerage and comparison of regulatory and actual capacity. A number of regulations in the field of waste management, including liquid waste, were studied and analyzed.*

*The possibility of using foreign experience in Ukrainian's modern conditions, as well as comparing the approach to liquid waste management in different cities of Ukraine, in particular, the existing regulations and recommendations were considered.*

*Proposals were made to improve the liquid waste collection and transportation processes, and to optimize the interaction between the participants in the process, that is business entities and service providers in the field of waste management. The amount of liquid household waste is determined for residential buildings and other objects of household waste generation that are not connected to the sewerage system of the settlement.*

*Therefore, the main purpose of calculating and approving the liquid waste norms of disposal is the implementation of state policy in the field of waste management, including liquid, creating appropriate legal grounds and conditions for approving the norms of liquid waste disposal services, timely organization of service providers in the field of waste management, creation of conditions for providing facilities with quality services for localization and removal of liquid waste.*

**Key words:** *liquid household waste, rates, cesspool, sewage rates, volume, tariff, normative documents.*

*Khrapatova I.V.*

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture

*Naidonova V.E.*

Kharkiv National University of Civil Engineering and Architecture

## WORK OF PILE FOUNDATIONS IN SWELLING-SHRINKING AND SUBSIDENCE SOILS

*Structurally unstable soils are widespread. A characteristic feature of swelling soils during soaking is a sharp increase in their volume and decrease in their bearing capacity, which leads to significant deformations of the structure. Loess subsidence soils in the natural state at low humidity have high enough physical and mechanical properties for construction, but during their wetting the structural strength decreases, which is accompanied by vertical deformations. Uneven deformations that lead to partial or complete loss of stability and serviceability of structures are especially dangerous. It should also be noted that in the early stages of the study it was accepted to include only loess soils, but as the practice of construction of recent decades shows, many clay soils of non-loess origin, loose, as well as dusty and loose sands, being soaked soils with subsidence properties. Today, various software packages (Plaxis, SCAD, ANSYS, etc.) are widely used to solve construction problems in complex geotechnical conditions. The reason for choosing these software packages is the presence of complex soil models in which the behavior of the soil mass can be modeled with varying degrees of accuracy.*

*The existing methods of accounting for the swelling and subsidence properties of clay soils are analyzed; modeling of the operation of the system "base – pile foundation – structure" with a base, folded with swelling soils using a software package based on finite element method has been performed; Article dedicated to the analysis of factors affecting system "base – pile foundation – structure" with a base, folded with swelling soils; analysis of the interaction of piles with subsidence soils, taking into account the additional loading forces of soil friction on the piles, caused mainly by additional loading of the surface, or the presence at the base of soils with specific properties that significantly affect the adoption of constructive solutions for pile foundations. Tests of full-scale bored piles for the action of pulling and pressing loads in difficult soil conditions to determine the potential loading forces of friction on their side surface.*

**Key words:** *swelling soils, subsidence soils, load, finite element method, system "base – pile foundation – construction", additional loading friction forces.*

**Formulation of the problem.** A characteristic feature of swelling soils when soaked is a sharp increase in their volume and a decrease in their bearing capacity, which leads to significant structural deformations. Therefore, during the designing, it is necessary to take into account the effect of swelling on the entire system "base – foundation – structure" for more reliable operation of the structure.

Unfortunately, existing standards do not allow creating a model like this and are advised to calculate deformations from external loads and soil swelling deformations separately [1].

**A review of the latest sources of research and publications.** Today, there are many methods for calculating the bearing capacity of foundations [1], while in the regulatory documents [2] it is proposed to calculate the pile based on the bearing capacity of foundation soils in subsidence soils, and the recommendations also consider the possibility of

determining and taking into account additional loading (negative) friction forces [3], however, as our investigations shows, the proposed regulatory engineering techniques and field methods have a number of assumptions, which is associated with fundamental differences in the interaction of the soil massif with the lateral surface of the piles under the action of static loads [4, p. 170–178].

### **Main material and results.**

1. Modeling the operation of the system "base – pile foundation – structure" with a base composed of swelling soils

To take into account the influence of the swelling-shrinkage properties of soils on the stress deformation condition of the system "base – pile foundation – structure", the base consisting of swelling soils is presented in the form of a linearly deformable environment. In this case, the swelling of the base is taken into account as an additional effect, close

in nature to the temperature, and the swelling soil is considered as a material with orthotropic properties.

Using software systems (for example, SCAD), operating on the basis of FEM, the finite element design scheme of the system “base – pile foundation – aboveground part of the structure” in a flat version is modeled and a force calculation is performed for the action of specified loads, including load combinations. In this case, the stress states of the foundation are determined, and nine zones are established, for which the corresponding deformation characteristics are determined and entered into the initial information of the stiffness characteristics of finite elements [5, p. 54–60].

Next, the entire system is calculated for swelling from a change in the specified humidity as a temperature problem for a temperature effect equal to  $m\Delta w$ . The resulting stress state of the base is summed up with the stress state from swelling and the position of zones with different levels of  $\sigma_j$  is specified in comparison with the swelling pressure –  $p_{sw}$ . After that, the deformation characteristics are clarified for the new zones and a new calculation is made. After calculating the new values of the total stresses, the zones are refined, etc. The calculation ends when no change in zones with different  $\sigma_j$  occurs.

It is proposed to consider as an example of the calculation of structures on swelling soils of a three-story brick building on a pile foundation in the city of Kupyansk, Kharkiv region. The base is covered with medium swelling clays at a depth of 2.5m, the thickness of the layer is 1.5m. Bored piles 6m long and  $\varnothing 630$ mm in diameter are adopted. The base, walls and foundation are modeled by rectangular FE, size  $0.4 \times 0.4$ m. The overlap is modeled with bar elements. During operation, the soil may get wet, and as a result, its swelling (Fig. 1). We assume that the soaked soil works as if exposed to temperature:  $m\Delta w = 0.066$ , with a swelling coefficient  $m=1.237$  [6, p. 255-258].

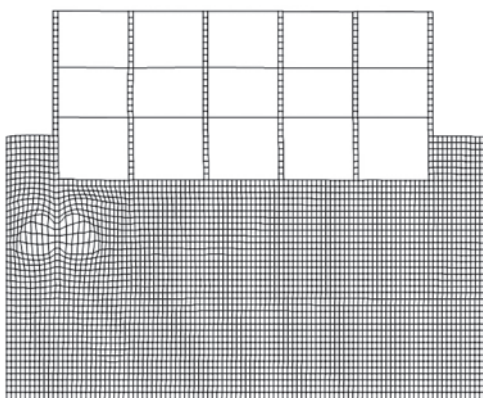


Fig. 1. Deformed scheme

The following results were obtained (Fig. 2):

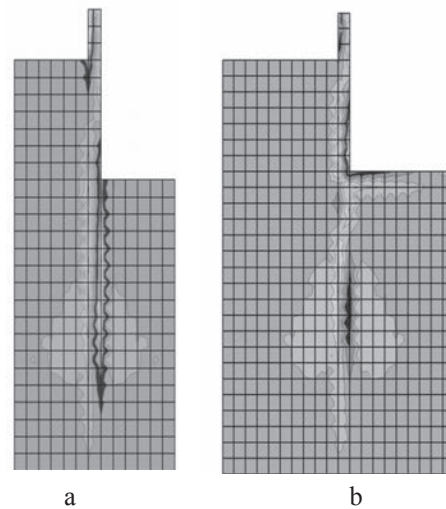


Fig. 2. Fragments of stress fields NZ: a - without taking into account orthotropic, b - taking into account the orthotropic properties of swelling soils

The difference between the values of the main stresses when calculating with and without taking into account swelling for foundations reaches 30%, for aboveground structures – 7%.

## 2. Study of the interaction of piles in subsidence soils

Modeling of the interaction of piles in subsidence soils was carried out using the PLAXIS 3D Foundation PC, based on the use of the finite element method (FEM), to simulate soil tests with full-scale experimental piles, including using various models of the soil base and contact conditions “soil base – pile”. Some features are considered when modeling the operation of piles under the action of pulling loads using standard PLAXIS tools and a soil model with Mohr-Coulomb (M-K) strength criteria, which directly affect the calculation results, where it was proposed a technique for solving such problems in modeling. The research objective is modeling and numerical analysis of SDC system “subgrade – pile” and comparison with the results of full-scale soil testing by piles. To obtain the maximum correspondence between the numerical and physical results, as the initial data, the results of soil tests with full-scale bored piles with a diameter of  $\varnothing 600$ mm and a length of  $L \approx 10.6$ m were taken with the action of pulling loads that were carried out in soils of natural moisture during the construction of a residential building in Kharkov.

A feature of soil layer at this construction site is the presence of fill soils in the upper part, which are represented by embankments and loose loams and sandy loams IGE-1, which have subsidence properties, the thickness of the layer is up to  $h_{st} \approx 10.6$ m from the projected bottom of the excavation (Fig. 3).

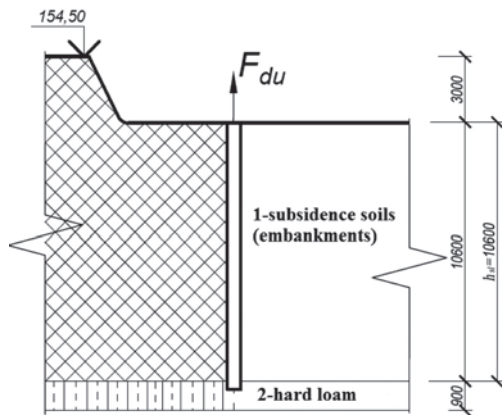


Fig. 3. Layout of an experimental full-scale pile in a soil massif

The water table was modeled below the -0.00 mark of the solid area of the foundation model. Below the subsidence layer, an incompressible layer with a thickness of  $\approx 1.0$  m was modeled, for further filling the gap between the fifth pile and the soil.

The contact surfaces were modeled by selecting the value of the strength reduction factor  $R_{inter} = 0.7 \div 1.0$ . This coefficient relates the strength of the shell of the elements on the surface of the “soil base – pile” contact, that is friction on the surface of the pile and adhesion with the strength of the soil – the angle of friction and adhesion. As a reference model, a model with a coefficient  $R_{inter} = 0.7$  was considered, which is consistent with the coefficient of soil working conditions along the lateral surface  $\gamma_{cf}$  of a large-diameter bored pile in the corresponding soils.

The formation of the SDC system of the “soil foundation – pile” system under the action of pulling loads consisted of the following stages (phases): 1 – load the calculated area by the own weight of the soil and the formation of the initial SDC soil massif; 2 – modeling of piles with a diameter of  $\varnothing 600$  mm and a length of  $L = 10.6$  m; 3 – application of a pull-

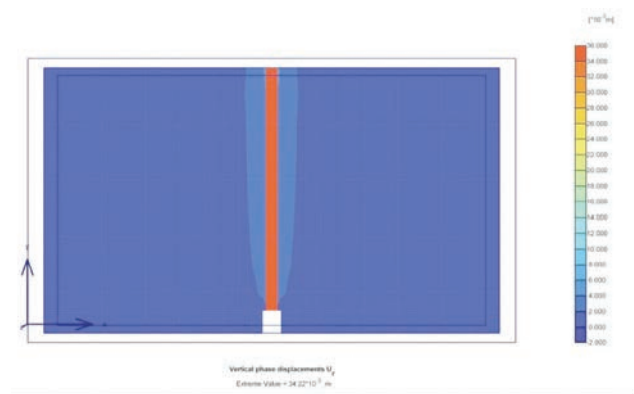


Fig. 4. Movement of piles and soil at  $R_{inter} = 0.7$

out load equal to  $F_{du} = 400.0$  kN, which corresponded to the ultimate pull-out load during field tests [7, p. 184-188].

From the picture of the displacements of the calculation model (Fig. 4) it can be seen that the presence of a gap under the heel of the pile makes it possible to prevent the unrealistic inclusion of the soil massif in the work in this zone, preventing the development of displacements of the pile.

**Conclusions.** Swelling of the base can be considered as additional kinematic effect, close in nature to temperature.

A solution has been obtained for calculating the system “foundation – pile foundation – structure” for a plane problem, taking into account the orthotropic properties of swelling soils, which gives more accurate results.

The dependences of the pile displacement on the pull-out load obtained on the basis of a numerical solution in the Plaxis PC correlate well enough with a similar dependence during field tests of soils by piles, while the error between the values of the limiting resistance is no more than  $\approx 6\%$ .

#### References:

1. ДБН В.2.1-10-2009 Зміна №1. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. [Чинний від 01.07.2011р.]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 55 с.
2. Рекомендации по инженерным изысканиям для проектирования и устройства свайных фундаментов. Москва : ПНИИИС Стройиздат, 1983. 23 с.
3. Руководство по проектированию свайных фундаментов зданий и сооружений, возводимых на просадочных грунтах / НИИОПС ГОССТРОЯ СССР. Москва : Стройиздат. 1969. 29 с.
4. Самородов А.В., Табачников С.В., Найдёнова В.Е., Муляр Д.Л. Усовершенствование методики определения сил отрицательного трения грунта по результатам испытания натурных свай. *Основи та фундаменти: Міжвідомчий наук.-техн. збірник*. Вип. 37. Київ : КНУБА, 2015. С. 170-178.
5. Храпатова И.В., Кротов О.В. The analysis of the SDC of the system «basement – pile foundation – structure» with the accounting of swelling properties of soil. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво) Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. Серія «Галузеве машинобудування, будівництво»*. Полтава : ПолтНТУ. 2017. Вип.2(49). С. 54–60.

6. Мяч. И.В. Результаты лабораторных испытаний набухающих грунтов в районе г. Купянска. *Научный вестник строительства*. Харьков : ХДГУБА. 2006. №35. С. 255–258.

7. Табачников С.В., Найдьонова В.Є. До питання математичного моделювання роботи бурових паль з урахуванням довантажувальних сил тертя, що діють по бічній поверхні. *Научный вестник строительства*. Т. 92, № 2. Х.: ХНУБА. 2018. С. 184-188.

### **Храпатова І.В., Найдьонова В.Є. РОБОТА ПАЛЬОВИХ ФУНДАМЕНТІВ У НАБУХАЮЧО-УСАДОЧНИХ ТА ПРОСІДАЮЧИХ ҐРУНТАХ**

*Структурно-нестійкі ґрунти мають широке поширення. Характерною особливістю набухаючих ґрунтів при замочуванні є різке збільшення їх обсягу і зниження їх несучої здатності, що призводить до значних деформацій конструкції. Лесові просадочні ґрунти у природньому стані за невеликої вологості мають достатньо високі фізико-механічні властивості для будівництва, але під час їх зволоження знижується структурна міцність, яка супроводжується вертикальними деформаціями. Особливо небезпечні нерівномірні деформації, що призводять до часткової або повної втрати стійкості й експлуатаційної придатності споруд. Також зазначимо, що до просадочних ґрунтів на ранніх етапах вивчення було прийнято відносити тільки лесові ґрунти, але, як показує практика будівництва останніх десятиліть, багато глинистих ґрунтів нелесового походження, насипні, а також пілуваті та пухкі (рихлі) піски, будучи замоченими є ґрунтами з просадочними властивостями. Сьогодні для вирішення проблем будівництва у складних геотехнічних умовах широко застосовують різні програмні комплекси (Plaxis, SCAD, ANSYS та ін.). Причиною вибору цих програмних комплексів є наявність складних моделей ґрунту, в яких поведінка ґрунтового масиву може бути змодельована з різним ступенем точності. У цій роботі виконано аналіз існуючих методик урахування набухаючих і просадочних властивостей глинистих ґрунтів; виконано моделювання роботи системи «основа – пальовий фундамент – споруда» з основою, складеною набухаючими ґрунтами з використанням програмного комплексу, який працює на базі методу скінченних елементів; проведено аналіз факторів, що впливають на систему «основа – пальовий фундамент – споруда» з основою, складеною набухаючими ґрунтами; виконано аналіз взаємодії паль з просадочними ґрунтами, з урахуванням довантажувальних сил тертя ґрунту на палі, викликані або додатковим навантаженням поверхні, або наявністю в основі ґрунтів зі специфічними властивостями, які суттєво впливають на прийняття конструктивних рішень пальових фундаментів. Проведені випробування натурних буронабивних паль на дію висмикуючих та вдавлюючих навантажень в складних ґрунтових умовах для визначення потенційних довантажувальних сил тертя по їх бічній поверхні.*

**Ключові слова:** набухаючі ґрунти, просідаючі ґрунти, навантаження, метод скінченних елементів, система «основа – пальовий фундамент – споруда», довантажувальні сили тертя.

## ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.97

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.6-2/28>

**Бузіна І.М.**

Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва

**Коломієць С.М.**

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

**Леженкін І.О.**

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

### ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ СТАНУ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ТА УПРАВЛІННЯ НА РІВНІ АДМІНІСТРАТИВНОГО РАЙОНУ

*У статті висвітлено питання геоінформаційного забезпечення управління земельними ресурсами на рівні адміністративного району. Обґрунтовано необхідність вирішення науково-технічного аспекту забезпечення інформаційної підтримки під час оцінки стану земельних ресурсів територій та управління ними з використанням сучасних геоінформаційних технологій, розроблення комплексного підходу до створення цифрових математичних моделей, алгоритмів і програм, а також подальшого застосування цих методів і технологій у практиці системного автоматизованого управління.*

*Картографічна інформація завжди була основною формою подання цифрових моделей. Її можна зберігати у графічній формі або у вигляді баз даних. Зараз величезна кількість географічної інформації зберігається в електронних базах даних, що керуються ГІС. Сьогодні існує велика кількість програмних засобів, за допомогою яких можливо моделювати і проектувати, а також досліджувати стан і перспективи розвитку земельних ресурсів.*

*На основі змодельованої серії електронних карт проаналізовано стан земельних ресурсів Зміївського району Харківської області, де відображено характер їх використання, рельєф території, поширення і розвиток несприятливих та деградаційних процесів, антропогенне навантаження на довкілля, а також зміни, що відбулися під впливом природних та техногенних факторів. Складені на сучасній комплексній системно-геоморфологічній основі карти можуть бути використовуватися надалі для вирішення широкого спектру проблем природокористування. Обґрунтовано доцільність застосування подібних матеріалів та результатів досліджень під час проведення кадастру земель, оцінки якості ґрунтів, моніторингу стану і використання земельних ресурсів території.*

*Також на базі створених картографічних моделей місцевості, оцінки стану земель надалі можуть формуватися оперативні зведення, науково-обґрунтовані прогнози і комплексні рекомендації, які подаються до органів державної виконавчої влади, місцевого чи регіонального самоврядування, інших організацій для розроблення комплексних заходів з попередження й ліквідації наслідків негативних процесів.*

**Ключові слова:** геоінформаційно-картографічне моделювання, ГІС, земельні ресурси, управління земельними ресурсами, ЦМР, оцінка екологічного стану.

**Постановка проблеми.** Основна передумова успішного управління земельними ресурсами – це повні, достовірні, актуальні дані про правовий, природний і господарський стан земель. Планово-картографічні матеріали відіграють одну з найважливіших ролей в інформаційному забезпеченні управління земельними ресурсами. Від якісно зробленого картографічного забезпечення зале-

жить, чи правильно буде обґрунтовано комплекс заходів з раціонального використання земельних ресурсів та управління їхнім станом [6, с. 22–26].

У зв'язку з цим виникає необхідність визначити відповідні показники для кожної складової частини управління. Для цього потрібно: відомості про власника земельної ділянки чи користувача, на яких умовах використовується земельна

ділянка, яка її площа, склад і підвиди угідь, якісний стан земель, порівняльну їхню цінність і оцінку вартість, тобто комплексну оцінку стану земельних ресурсів [3].

Планово-картографічний матеріал відіграє ключову роль в управлінні земельними ресурсами, адже забезпечує отримання інформації про просторове положення об'єктів, їхній природний і господарський стан, правовий режим земель тощо. Завдяки сучасному цифровому картографічному забезпеченню обґрунтовують системи заходів з поліпшення стану земель [6, с. 22–26].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемам планово-картографічного забезпечення управління земельними ресурсами адміністративних одиниць та оцінці їх стану присвячені дослідження Р.В. Бараненка [1, с. 20–23], Ю.Г. Гуцуляка [2, с. 87–95], М.В. Смолярчука, О.А. Сохничя, М.Г. Ступеня [8, с. 184–190], В.В. Горлачука, В.Г. В'юна, І.М. Песчанської та ін. [9, с. 289–294].

Аналіз зазначених та ряду інших публікацій свідчить, що серед проблем планово-картографічного забезпечення управління земельними ресурсами головними виступають: забезпечення просторової прив'язки інформації; форматів, класифікаторів, довідників для всіх суб'єктів у галузі управління; узгодженість технологій, їх взаємодія, інформаційний обмін базами даних. Стосовно вивчення питань створення геоінформаційних моделей, які б забезпечували управління земельними ресурсами та оцінку їх стану на рівні адміністративного району, їх кількість обмежена.

**Постановка завдання.** Мета статті – застосування планово-картографічного матеріалу на основі ГІС-технологій для обґрунтування оцінки стану земельних ресурсів адміністративного району.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Процеси прийняття управлінських рішень завжди пов'язані з обробкою великої кількості різнопланової інформації, в тому числі значна частина належить планово-картографічним матеріалам. Комплексне використання технічних засобів отримання, передачі, обробки інформації і насамперед використання потужної комп'ютерної техніки створюваних автоматизованих систем управління, важливою складовою частиною яких є геоінформаційні системи (далі – ГІС), відіграє важливу роль у вирішенні теоретичних і прикладних проблем управління земельними ресурсами [4].

Взаємодія геоінформаційних систем і картографії стала основою для формування нового наукового напрямку – геоінформаційно-картографічного моделювання, що являє собою автомати-

зоване складання та використання карт на основі ГІС-технологій і баз географічних (геологічних, екологічних, соціально-економічних та ін.) даних. Сутність геоінформаційно-картографічного моделювання полягає в автоматизованому укладанні та використанні карт як складової частини земельно-кадастрової системи на основі ГІС-технологій та земельно-інформаційних баз геоданих з метою вирішення широкого кола завдань у сфері землекористування та охорони природи.

Саме тому для дослідження проблем і особливостей використання, а також оцінки стану земельних ресурсів адміністративного району, найефективнішим методом є геоінформаційно-картографічне моделювання, а точніше, побудова цифрових моделей місцевості.

Дослідження рельєфу дають змогу визначити експозицію схилів, дані, які активно використовуються в упорядкуванні сільськогосподарських масивів. У землеустрої такі моделі використовуються для цифрового подання географічної інформації, визначення просторового положення точок, обчислення і візуалізації зон видимості для однієї або системи точок, розрахунків об'ємів певних об'єктів чи явищ щодо заданого висотного рівня, побудови профілів, виділення структурних ліній рельєфу, в тому числі ліній ерозійної мережі, вододілів, оконтурювання водозборів, створення похідних моделей (крутизни та експозиції схилів).

На основі ЦМР як такої та похідних від неї моделей можна створювати системи підтримки й прийняття рішень, які зможуть розглядати дані моделі в сукупності, а не окремо, і вже на основі такого аналізу отримувати принципово нові дані, більш якісно і швидше, ніж традиційними методами подібного аналізу [5, с. 88–101].

Для визначення ролі планово-картографічних матеріалів в інформаційному забезпеченні управління земельними ресурсами на прикладі Зміївського району Харківської області за допомогою програмного продукту «Панорама» версії 10.6.3 Карта 2008 проведено оцінку стану природних ресурсів території.

Зміївський район має вигідне розташування, рівнинний рельєф, багаті природні ресурси, але рівень техногенного навантаження нівелює ці показники: високий ступінь розораності (61,2%) та низький відсоток лісистості (29,5%), заболоченість (2,12%), промислові підприємства (рис. 1). Для побудови комплексної оцінки екологічного стану використано такі узагальнені на попередніх етапах показники: антропогенний тиск на навколишнє природне середовище; стан довкілля;

якість питної води та продуктів харчування; стан здоров'я населення.

Стан навколишнього природного середовища прийнято за домінуючий показник в узагальненні. Відібрані показники в комплексі дають можливість оцінити стан середовища життєдіяльності людини. За антропоцентристським підходом це і є екологічною оцінкою.

На жаль, Зміївський район має напружений екологічний стан. До результатів узагальнення не ввійшли результати оцінки природно-ресурсного потенціалу району як такі, що не мають прямого відношення до екологічного стану (в широкому розумінні).

З позиції екологічної геоморфології рельєф території розглядається як геоморфосистема зі складними внутрішніми та зовнішніми структурними та динамічними зв'язками, які характеризуються різною стійкістю елементів, що їх складають, різними особливостями функціонального використання території в контексті безпеки, ресурсного забезпечення, здоров'я людини, привабливості та доступності для антропогенного освоєння. Екологічні властивості рельєфу формуються за певного поєднання та взаємодії в просторі й часі рельєфоутворювальних процесів,

які значною мірою визначають ступінь стійкості природних і природно-антропогенних геоморфосистем, впливають на зміни умов життєдіяльності людини [7]. Саме тому так важливо проводити детальний аналіз рельєфу та враховувати його особливості в прийнятті управлінських рішень.

Зміївський район відноситься до Північно-західного лісостепового ґрунтово-географічного району з чорноземами типовими, потужними, опідзоленими, вилуженими й сірими лісовими ґрунтами. Поверхня території – хвиляста рівнина з різницею висот понад 50 м. Під час моделювання поверхні рельєфу за допомогою детальної шкали градуювання спостерігаємо, що близько третини території району займає рельєф рівнинний, а на іншій частині він має схиловий характер, що суттєво впливає на використання цих територій у сільськогосподарських цілях (рис. 2).

Детальна оцінка території дозволяє побачити, що рельєф Зміївського району більшою частиною сформований річками, що протікають у цій місцевості (рис. 3). Територія Зміївського району має також заболочені ділянки та місця залягання пісків, тому ці території теж мають певні обмеження у використанні.

Район має природно-територіальні комплекси, а саме міжрічкові рівнини (землі навколо



Рис. 1. Карта адміністративно-територіального устрою Зміївського району Харківської області



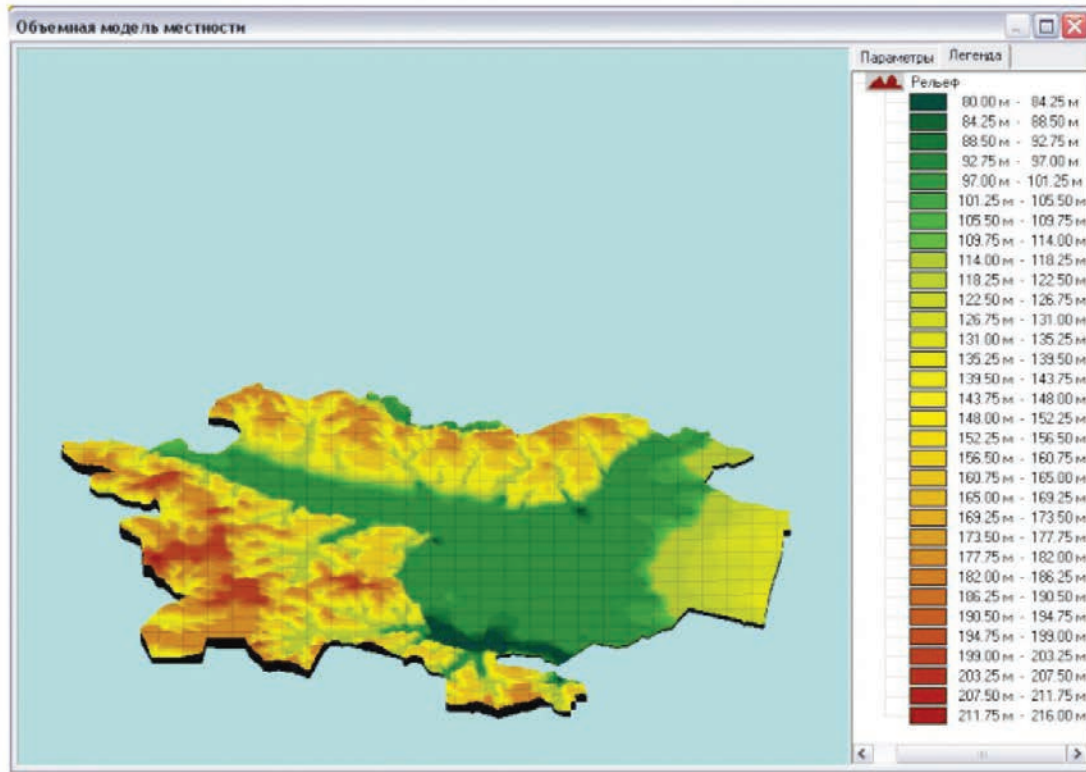


Рис. 2. Аналіз рельєфу Зміївського району Харківської області

р. Сіверський Донець), долинні рівнини, які загалом теж знаходяться проміж річок, але на більш схиліх землях та на території лісу, а також балково-долинні, що формують більш складні ландшафтні системи.

Як було зазначено вище, район має напружений екологічний стан. Основними стаціонарними забруднювачами атмосферного повітря в районі є підприємство теплоенергетичної промисловості – Зміївська ТЕС. Внесок зазначеного підприємства в забруднення атмосферного повітря стаціонарними джерелами викидів району становить більше 57%. На стан забруднення атмосферного повітря впливає господарська діяльність – викиди в атмосферу забруднювачів зі стаціонарних джерел промислових підприємств та викиди від автомобільного транспорту.

Однією з найгостріших проблем в області є стан поводження з твердими побутовими від-

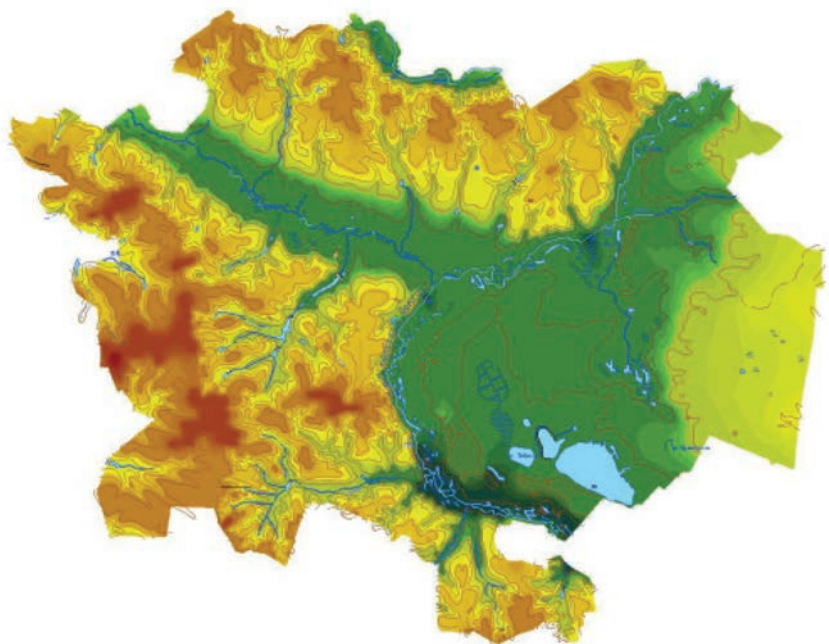


Рис. 3. Ландшафтна карта Зміївського району Харківської області

ходами. Також проблемою в галузі охорони водних ресурсів Зміївського району є незадовільний технічний стан очисних споруд, що призводить до скидання забруднених стічних вод категорій «без очищення» та «недостатньо очищені»

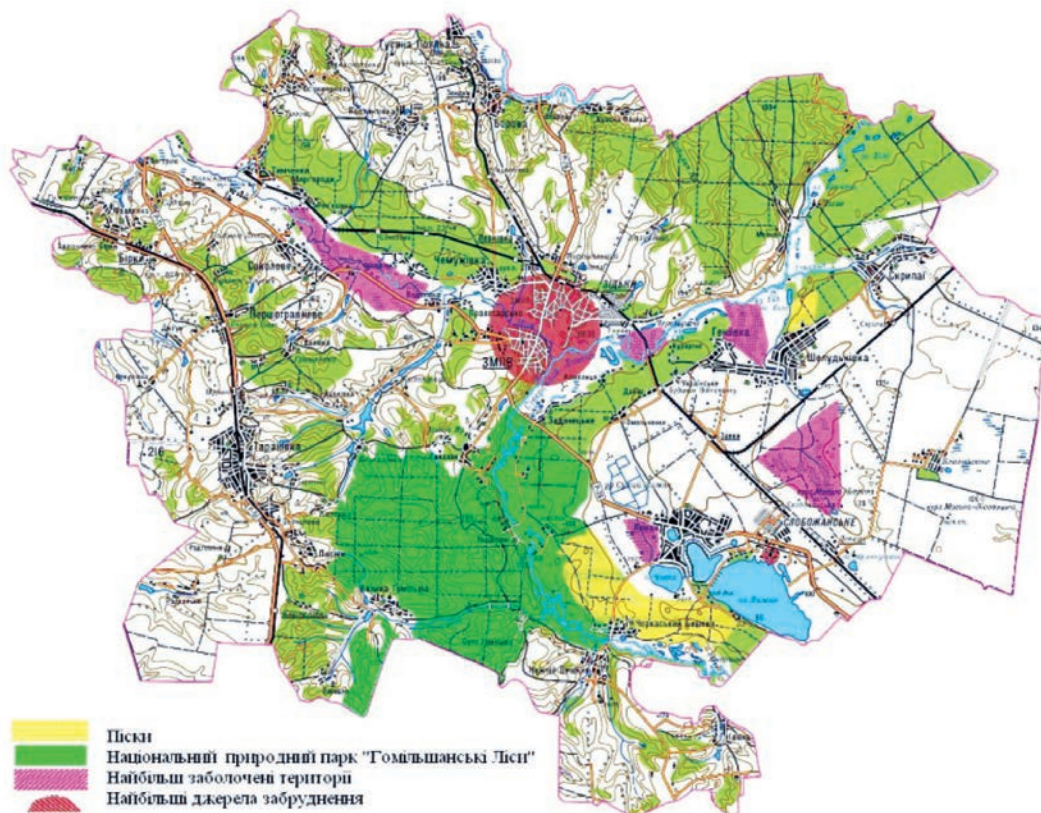


Рис. 4. Карта екологічного стану та антропогенного навантаження Зміївського району

в поверхневі водні об'єкти. Найбільшими забруднювачами поверхневих водойм є відомчі й комунальні очисні споруди біологічного очищення (рис. 4).

Вагомим вкладом у поліпшення екологічного стану району можна відзначити наявність Національного природного парку «Гомільшанські ліси». Загальна площа парку становить 14 314,8 га. Парк створено з метою збереження, відтворення та раціонального використання типових і унікальних лісостепових природних комплексів долини р. Сіверський Донець.

Таким чином, на прикладі Зміївського району було продемонстровано, що використання подібних програмних продуктів дозволяє відображати та аналізувати значний обсяг інформації, залежно від призначення, може виражатися ЦМР, номенклатурними аркушами, картографічними об'єктами алфавітно-цифрових або графічних знаків. Управління земельними ресурсами передбачає розроблення в системі землеустрою регіональних програм використання і охорони земель, схем землеустрою районів, проектів землеустрою сільських та селищних рад, які входять в єдину систему передпланових, передпроектних розро-

бок. Вони є науковою основою для здійснення інвестиційної і кредитно-фінансової політики, яка спрямована на підтримку пріоритетних напрямків розвитку [6, с. 22–25].

Основні заходи, запропоновані після аналізу природного стану для підтримки та поліпшення екологічного стану Зміївського району, включають: створення сприятливих умов для сталого розвитку землекористування міських та сільських територій; сприяння розв'язанню економічних та соціальних проблем села; збереження природних та культурних ландшафтів; створення автоматизованої системи ведення державного земельного кадастру; оновлення планово-картографічних матеріалів; вишукувальні роботи, в тому числі ґрунтові обстеження, будівництво протиерозійних споруд; проведення хімічної меліорації ґрунтів, залуження деградованої малопродуктивної ріллі; створення захисних лісових насаджень.

**Висновки.** Застосування сучасних потужних геоінформаційних технологій забезпечить оптимізацію управління земельними ресурсами на якісно новому рівні. Отримані результати можуть надалі застосовуватися в процесі регулювання земельних

відносин, під час проведення економічної і грошової оцінки, у визначенні придатності земель для вирощування різних с.-г. культур, їхньої безпечності для виробництва продуктів дитячого і дієтичного харчування, розробленні комплексів рекомендацій з раціонального, екологічно безпечного застосування добрив, обґрунтуванні ґрунтоохоронних заходів тощо.

Також на основі ЦМР оцінки стану земель галузі використання та охорони земель.

можливо складати оперативні зведення, наукові прогнози і рекомендації для запобігання й ліквідації наслідків негативних процесів. Отримані матеріали об'єктивно та достовірно характеризують фізичні, хімічні, біотичні процеси в довкіллі, рівень забруднення ґрунтів, ефективність землекористування, що дає можливість контролюючим органам пред'являти конкретні вимоги до землекористувачів для усунення правопорушень у

### Список літератури:

1. Бараненко Р.В. ГІС як система управління муніципальними земельними ресурсами. *Дні науки* : II Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпропетровськ, 2006. Т. 30: Сучасні інформаційні технології. С. 20–23.
2. Гуцуляк Ю.Г. Управління земельними ресурсами в умовах ринкової економіки. Чернівці : Прут, 2002. 124 с.
3. Зйомки та обстеження території при земельному кадастрі, їх зміст і порядок ведення. URL: [https://protocol.ua/ua/zyomki\\_ta\\_obstegennya\\_teritorii\\_pri\\_zemelnomu\\_kadastr\\_ih\\_zmist\\_i\\_poryadok\\_vedennya/](https://protocol.ua/ua/zyomki_ta_obstegennya_teritorii_pri_zemelnomu_kadastr_ih_zmist_i_poryadok_vedennya/)
4. Ковальчук І., Рожко О. Геоінформаційно-картографічне забезпечення управління земельними ресурсами на рівні адміністративного району. URL: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP)
5. Ковальчук І.П., Андрейчук Ю.М. Інформаційне і програмне забезпечення створення атласу земельних ресурсів адміністративного району. *Часопис картографії*. 2012. Вип. 1. С. 88–101.
6. Ковальчук І.П., Зуб Л.О. Планово-картографічне забезпечення в управлінні земельними ресурсами. *Управління та раціональне використання земельних ресурсів в новостворених територіальних громадах: проблеми та шляхи їх вирішення* : Зб. наук. пр. Всеукр. наук.-практ. конф. Херсон : ДВНЗ «ХДАУ», 2019. С. 22–25.
7. Палієнко В.П., Спиця Р.О. Дослідження умов формування небезпек і ризиків виникнення надзвичайних ситуацій у контексті еколого-геоморфологічної оцінки території. URL: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiUuobG6oztAhUk>
8. Сохнич О.А., Євсюков Т.О., Смолярчук М.В. Розвиток системи земельно-кадастрової інформації. *Зб. наук.-техн. праць Національного лісотехнічного університету України. Науковий вісник*. 2005. Вип. 15.3. С. 184–190.
9. Управління земельними ресурсами : підручник / за ред. В.В. Горлачука. 2-ге вид., випр. і переробл. Львів : Магнолія 2006, 2007. 443 с.

### **Buzina I.M., Kolomiets S.M., Lezhenkin I.O. GEOINFORMATION TECHNOLOGIES FOR ASSESSMENT OF LAND RESOURCES AND GOVERNANCE AT THE ADMINISTRATIVE AREA**

*The article covers the issues of geoinformation support of land resources management at the level of the administrative district. The necessity of solving the scientific and technical aspect of providing information support in assessing the state of land resources and their management using modern geographic information technologies, developing a comprehensive approach to creating digital mathematical models, algorithms and programs, as well as further application of these methods and technologies in systemic practice. automated control.*

*Cartographic information has always been the main form of representation of digital models. It can be stored in graphical form or in the form of databases. Currently, a huge amount of geographic information is stored in electronic databases managed by GIS. Today, there are a large number of software tools that can be used to model and design, as well as to study the state and prospects of land development.*

*Based on a simulated series of electronic maps, the state of land resources in Zmiiv district of Kharkiv region is analyzed, which reflects the nature of their use, terrain, distribution and development of adverse and degradation processes, anthropogenic pressure on the environment and changes under natural and man-made factors. Maps compiled on the basis of a modern complex system-geomorphological basis can be used in the future to solve a wide range of problems of nature management. The expediency of using such materials and research results during the land cadastre, soil quality assessment, monitoring of the condition and use of land resources of the territory is substantiated.*

*Also on the basis of the created cartographic models of the area of land condition assessment further operative summaries, scientifically substantiated forecasts and complex recommendations which are submitted to bodies of the state executive power, local or regional self-government, other organizations for development of complex measures for the prevention and liquidation of consequences can be formed. processes.*

**Key words:** *geoinformation and cartographic modeling, GIS, land resources, land resources management, DEM, ecological status assessment.*

## Відомості про авторів

**Антоненко А.В.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури

**Арсеньєва Н.О.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

**Бігдан О.О.** – магістр Київського університету культури

**Бойко С.М.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті Криворізького національного університету

**Боровик С.С.** – старший викладач кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень» Одеського національного морського університету

**Бровенко Т.В.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв

**Будолак С.Ю.** – старший викладач кафедри судноводіння та експлуатації технічних систем на водному транспорті Державного університету інфраструктури та технологій

**Бузіна І.М.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри геодезії, картографії та геоінформатики Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва

**Вінник І.І.** – студент кафедри металургії Запорізького національного університету

**Воденніков С.А.** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри машин та технології ливарного виробництва Національного університету «Запорізька політехніка»

**Воденнікова О.С.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри металургії Запорізького національного університету

**Володько О.В.** – кандидат технічних наук, доцент, Полтавський університет економіки і торгівлі

**Гаврілюк В.І.** – доктор фізико-математичних наук, професор, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

**Голованов С.Л.** – викладач циклової комісії авіаційного та радіоелектронного обладнання Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ

**Гончарук Д.В.** – здобувач другого (магістерського) рівня другого року навчання біолого-технологічного факультету Херсонського державного аграрно-економічного університету

**Грищенко І.М.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв

**Гулей О.Б.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій Української інженерно-педагогічної академії

**Дакі О.А.** – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри судноводіння та експлуатації технічних систем на водному транспорті Державного університету інфраструктури та технологій

**Дегтяр М.В.** – кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова

**Дітріх І.В.** – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанної справи Національного університету харчових технологій

**Єгольников О.О.** – викладач відділення автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Миколаївського коледжу транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

**Єманов В.В.** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, начальник факультету логістики Національної академії Національної гвардії України

**Ємець В.В.** – викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ

**Журід В.І.** – викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ

**Залюбовський М.Г.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту Відкритого міжнародного університету розвитку людини «Україна»

**Земліна Ю.В.** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу Київського університету культури

**Іванченко А.Л.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри тактики Національної академії Національної гвардії України

**Іванченко О.В.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України

**Іващенко В.П.** – доктор технічних наук, професор кафедри електротехніки та електроприводу Національної металургійної академії України

**Карбівнича Т.В.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства, торгівлі та управління якістю товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

**Карпенко С.І.** – старший викладач кафедри тактики Національної академії Національної гвардії України

**Кірова Я.В.** – здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня 2 року навчання 2 групи кафедри інженерії харчового виробництва біолого-технологічного факультету Херсонського державного аграрно-економічного університету

**Ключка Є.П.** – завідувач лабораторії кафедри теплоенергетики та енергозберігаючих технологій Української інженерно-педагогічної академії

**Князєва К.С.** – студентка кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка»

**Коваленко І.В.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Азовського морського інституту Національного університету «Одеська морська академія», [orcid.org/0000-0002-6988-6554](https://orcid.org/0000-0002-6988-6554)

**Коломієць С.М.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри геоєкології і землеустрою Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

**Криворучко М.Ю.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерно-технічних дисциплін Київського національного торговельно-економічного університету

**Круглий Д.Г.** – доктор технічних наук, професор кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння Херсонської державної морської академії

**Куваєв В.Ю.** – старший викладач кафедри електротехніки та електроприводу Національної металургійної академії України

**Леженкін І.О.** – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри геоєкології і землеустрою Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

**Марченко Н.І.** – здобувач освітнього ступеня «магістр» спеціальності 241 «Готельно-ресторанна справа» Національного університету харчових технологій

**Найдьонова В.Є.** – кандидат технічних наук, асистент кафедри геотехніки, підземних та гідротехнічних споруд Харківського національного університету будівництва та архітектури

**Нежурін В.І.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехніки та електроприводу Національної металургійної академії України

**Ніколенко А.В.** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри електротехніки та електроприводу Національної металургійної академії України

**Ножнова М.О.** – викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ

**Одарченко Д.М.** – доктор технічних наук, професор кафедри товарознавства, торгівлі та управління якістю товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

**Олійник Ю.Л.** – викладач циклової комісії аеронавігації Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ

**Остапчук Е.С.** – заступник начальника науково-дослідного відділу розвитку засобів захисту та живучості озброєння та військової техніки науково-дослідного управління розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України, <https://orcid.org/0000-0002-8095-0203>

**Очеретна А.В.** – аспірант кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції Національного університету харчових технологій

**Панасюк І.В.** – доктор технічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту інженерії та інформаційних технологій Київського національного університету технологій та дизайну

**Петріна Р.О.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнології Національного університету «Львівська політехніка»

**Полтавський Е.М.** – кандидат юридичних наук, старший викладач кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України

**Рогова Н.В.** – кандидат технічних наук, доцент, Полтавський університет економіки і торгівлі

**Ряполова І.О.** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету

**Скульська І.В.** – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології молока і молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

**Сливка Н.Б.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології молока і молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

**Соколова Є.Б.** – кандидат технічних наук, кафедра товарознавства, торгівлі та управління якістю товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

**Сподар К.В.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства, торгівлі та управління якістю товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

**Споришев К.О.** – кандидат технічних наук, заступник начальника кафедри автобронетанкової техніки Національної академії Національної гвардії України

**Стущанський Ю.В.** – викладач циклової комісії авіаційного та радіоелектронного обладнання Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ

**Тітов С.С.** – директор Миколаївського коледжу транспортної інфраструктури Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна

**Ткаченко В.В.** – старший викладач кафедри судноводіння та експлуатації технічних систем на водному транспорті Державного університету інфраструктури та технологій

**Толок Г.А.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного та туристичного бізнесу Київського національного університету культури і мистецтв

**Федоришин О.М.** – асистент кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнологій Національного університету «Львівська політехніка»

**Фоменко Г.Р.** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

**Фролова Л.А.** – доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»

**Фролова Н.Е.** – доктор технічних наук, професор, професор кафедри технології ресторанної і аюрведичної продукції Національного університету харчових технологій

**Хебда А.С.** – викладач циклової комісії авіаційного та радіоелектронного обладнання Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ

**Хом'як С.В.** – кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник, доцент кафедри технології біологічно активних сполук, фармації та біотехнологій Національного університету «Львівська політехніка»

**Храпатова І.В.** – кандидат технічних наук, доцент кафедри геотехніки, підземних та гідротехнічних споруд Харківського національного університету будівництва та архітектури

**Цісарик О.Й.** – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри технології молока і молочних продуктів Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького

**Шахова О.В.** – викладач циклової комісії авіаційного та радіоелектронного обладнання Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ

**Шинкарук М.В.** – асистент кафедри інженерії харчового виробництва Херсонського державного аграрно-економічного університету

Науковий журнал

**ВЧЕНІ ЗАПИСКИ  
ТАВРІЙСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

**Серія: Технічні науки**

**Том 31 (70) № 6 2020**

**Частина 2**

Коректура • *Н. Пирог*

Комп'ютерна верстка • *Н. Кузнєцова*

Адреса редакції:

Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

м. Київ, вул. Джона Маккейна, 33

Електронна пошта: [editor@tech.vernadskyjournals.in.ua](mailto:editor@tech.vernadskyjournals.in.ua)

Сторінка журналу: [www.tech.vernadskyjournals.in.ua](http://www.tech.vernadskyjournals.in.ua)

Формат 60×84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 16,37. Ум.-друк. арк. 20,69. Зам. № 0121/09

Підписано до друку 27.11.2020. Наклад 150 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

03150, м. Київ, вул. Велика Васильківська 74, оф. 7

Телефон +38 (048) 709 38 69,

+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: [mailbox@helvetica.com.ua](mailto:mailbox@helvetica.com.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 6424 від 04.10.2018 р.