

**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) № 3 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 Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського;

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.

**Рекомендовано до друку та поширення через мережу Internet
Вченою радою Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського
(протокол № 9 від 05.06.2020 року)**

Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки» зареєстровано Міністерством юстиції України (Свідчення 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)

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

Сторінка журналу: www.tech.vernadskyjournals.in.ua

ISSN 2663-5941 (Print)

ISSN 2663-595X (Online)

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

ЗМІСТ

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Майзеліс А.О.

ХІМІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ
ПІРФОСФАТНО-ТРИЛОНАТНОГО ЕЛЕКТРОЛІТУ.....1

Малєєв В.О., Безпальченко В.М., Семенченко О.О.

ХАРЧОВІ ДОБАВКИ: ВИЗНАЧЕННЯ, РИЗИКИ, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ.....7

Мовчанюк О.М., Гомеля М.Д.

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦЕЛЮЛОЗНИХ МЕМБРАН В УМОВАХ ЗМІНИ ТИСКУ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ...13

Пилипенко Т.М., Єфімова В.Г., Кузьменко А.Б.

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОЦІНЮВАННЯ
ЯКОСТІ ДЕЗОДОРУЮЧИХ КОСМЕТИЧНИХ ПРОДУКТІВ.....19

Смірнова О.Л., Пилипенко О.І., Ніконов А.Ю., Мухін З.С.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ПОЛІРУВАННЯ СРІБЛА ТА ЙОГО
ЮВЕЛІРНОГО СПЛАВУ 925° У КИСЛИХ ТІОСЕЧОВИННО-ЦИТРАТНИХ РОЗЧИНАХ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СТАЦІОНАРНОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОЛІЗУ.....25

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Білей-Рубан Н.В., Зябловська Д.Є., Филипенко А.О.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ОДЯГУ В ЕТНОСТИЛІ.....32

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.....39

Helikh A.O., Dan Gao

OPTIMIZATION OF ULTRASOUND-ASSISTED ALKALINE EXTRACTION
OF PUMPKIN SEED MEAL PROTEIN ISOLATE BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY.....44

Колесніченко С.Л., Безусов А.Т., Жмудь А.В.

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕМУЛЬСІЙНОГО СОУСУ З ЕКСТРАКТОМ ЛАМІНАРІЇ.....49

Левківська Т.М., Бендерська О.В., Писарев М.Г.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МОРКВИ У ВИРОБНИЦТВІ НАТУРАЛЬНИХ СНЕКІВ.....55

Любич В.В., Железна В.В., Єремєєва О.А., Новак Л.Л.

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ПОМЕЛУ ЗБАГАЧЕНИХ КРУПОДУНСТОВИХ ПРОДУКТІВ
НА ВИХІД БОРОШНА ПІД ЧАС СОРТОВОГО ПОМЕЛУ ПШЕНИЦІ.....61

Сімахіна Г.О., Камінська С.В.

РИНОК ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ В УКРАЇНІ.....67

Токар А.Ю., Харченко З.М., Матенчук Л.Ю., Войцехівський В.І.

ОВОЧЕВО-ФРУКТОВІ ПЮРЕ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ
ІННОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ.....72

Шапар Р.О., Сорокова Н.М., Гусарова О.В.

РЕСУРСО- Й ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ПЕРЕРОБЛЕННІ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ
РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ НА СУШЕНІ ПРОДУКТИ.....79

ТРАНСПОРТ

Арсеньєва Н.О.

ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ КРИТЕРІЇВ
ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ.....85

Биковець Н.П., Кірсанова В.В., Черкас О.А. НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ ДЛЯ ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХІВ: ТЕНДЕНЦІЯ ЗМІНИ РІВНЯ ВОДИ РІЧКИ ДУНАЙ.....	90
Кисельов В.Б., Доля В.К., Доля О.Є. ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ.....	98
Мигаль В.П., Сілевич В.Ю., Мигаль Г. В. ІНТЕГРАЛЬНА ДІАГНОСТИКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ШУМОВИХ СИГНАЛІВ.....	102
Островерх О.О. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРИВ В АВТОМОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ.....	109
Фоменко Г.Р. ТРАНСПОРТНІ ПОТОКИ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ МАГІСТРАЛЕЙ.....	119
БУДІВНИЦТВО	
Азізов Т.Н., Орлова О.М. ЖОРСТКІСТЬ І МІЦНІСТЬ ПРИ КРУЧЕННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ДВОТАВРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ НОРМАЛЬНИМИ ТРИЩИНАМИ.....	124
Gomon S.S., Pilipaka L.M. EXPERIMENTAL STUDIES OF THE GLUED WOOD STRENGTH AND DEFORMATION PROPERTIES UNDER THE HARD TEST MODE.....	130
Самченко Р.В., Юхименко А.І., Ільїн С.В. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОСІДАНЬ ФУНДАМЕНТІВ ЗА ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА ЖОРСТКОСТІ ОСНОВИ В ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БУДІВЕЛІВ, СПОРУД.....	136
Симонов С.І., Соловійов Г.І., Усліста В.А., Лищенко О.П. ПОКРАЩЕННЯ КОЛОРИСТИКИ МІСЬКИХ БУДИНКІВ НА ПРИКЛАДІ ВУЛИЦІ ПРОСПЕКТ ГВАРДІЙСЬКИЙ У МІСТІ СЄВЄРОДОНЕЦЬК.....	141
Срібняк Н.М., Циганенко Л.А., Циганенко Г.М., Івченко В.Д. СПІЛЬНА РОБОТА ПЛИТ У ЯЧЕЙЦІ ПЕРЕКРИТТЯ.....	146
ГЕОДЕЗІЯ	
Бузіна І.М., Хайнус Д.Д., Винограденко С.О. РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА БЛАГОУСТРІЙ ТЕРИТОРІЇ ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ ХНАУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ.....	155
Нестеренко С.Г., Радзінська Ю.Б., Доброходова О.В. ПРИНЦИПИ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛІВ ПІДЗЕМНОЇ НЕРУХОМОСТІ В СТРУКТУРІ МЕГАПОЛІСІВ.....	162
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....	167

CONTENTS

CHEMICAL TECHNOLOGY

Maizelis A.O. CHEMICAL STABILITY OF PYROPHOSPHATE-TRILONATE ELECTROLYTE	1
Malyeyev V.A., Bezpalcchenq V.M., Semenchenko O.O. FOOD ADDITIVES: EVALUATION, RISKS, CONSUMPTION ANALYSIS	7
Movchaniuk O.M., Gomelya N.D. PERFORMANCE OF CELLULOSE MEMBRANES IN THE CONDITIONS OF CHANGE OF ULTRAFILTRATION PRESSURE.....	13
Pylypenko T.M., Yefimova V.G., Kuzmenko A.B. COMPARATIVE CHARACTERIZATION AND ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DEODORIZING COSMETIC PRODUCTS.....	19
Smirnova O.L., Pilipenko A.I., Nikonov A.Yu., Mukhin Z.S. FEATURES OF ELECTROCHEMICAL POLISHING OF SILVER AND SILVER JEWELLER ALLOY 925° IN ACID THIOUREA-CITRATE SOLUTIONS WITH APPLICATION STATIONARY MODE OF ELECTROLYSIS.....	25

TECHNOLOGY OF FOOD PROCESSING AND CONSUMER GOODS INDUSTRY

Bilei-Ruban N.V., Ziablovska D.Ye., Fylypenko A.O. FEATURES OF ETHNO STYLE CLOTHING DESIGN.....	32
Haponcewa O.W., Seliutina H.A., Letuta T.M., Skyrda O.Ye., Vinnikova V.O. CALCULATION OF THE COMPLEX QUALITY INDICATOR AND DETERMINATION OF CRITERIA FOR FORMATION OF RARE ROOF QUALITY	39
Helikh A.O., Dan Gao, Zhenhua Duan OPTIMIZATION OF ULTRASOUND-ASSISTED ALKALINE EXTRACTION OF PUMPKIN SEED MEAL PROTEIN ISOLATE BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY.....	44
Kolesnichenko S.L., Bezusov A.T., Zhmud A.V. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR EMULSION SAUCE WITH KELP EXTRACT.....	49
Levkivska T.M., Benderska O.V., Pysarev M.G. PROSPECTS OF USING CARROTS IN THE PRODUCTION OF NATURAL SNACKS.....	55
Liubych V.V., Zheliezna V.V., Yeremeeva O.A., Novak L.L. INFLUENCE OF INVESTIGATION OF ENRICHED GRAIN DUNST PRODUCTS ON THE YIELD OF FLOUR OF VARIETAL WHEAT MILLIING.....	61
Simakhina G.O., Kaminska S.V. THE MARKET OF FROZEN FRUIT AND BERRY HALF PRODUCTS IN UKRAINE.....	67
Tokar A.Yu., Kharchenko Z.M., Matenchuk L.Yu., Voitsekhivskiy V.I. FUNCTIONAL FRUIT AND VEGETABLE PUREES UNDER MOBERN EQUIPMENT APPLICATION.....	72
Shapar R.O., Sorokova N.M., Husarova O.V. RESOURCES AND ENERGY SAVINGS IN THE PROCESSING OF THERMOLABLE PLANT MATERIALS FOR THE DRIED PRODUCTS.....	79

TRANSPORT

Arsenieva N.O. THE MAIN CRITERIA JUSTIFICATION OF FUNCTIONAL CLASSIFICATION OF ROADS	85
--	----

Bykovets N.P., Kirsanova V.V., Cherkas O.A. CONSEQUENCES OF GLOBAL WARMING FOR INLAND WATERWAYS: THE TREND OF CHANGING THE WATER LEVEL OF THE DANUBE RIVER	90
Kyselov V.B., Dolya V.K., Dolia O.Ye. PECULIARITIES OF METHODS OF MANAGEMENT OF PROJECTS AT PASSENGERS TRANSPORTS SYSTEMS IN A CITY ENVIRONMENT.....	98
Mygal V.P., Silevytch V.Yu., Mygal G.V. INTEGRATED DIAGNOSTICS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE ELEMENTS OF TRANSPORT SYSTEMS BASED ON VISUALIZATION OF THE NOISE SIGNAL	102
Ostroverkh O.O. RESEARCH OF THE USE OF AXIAL PISTON COMPRESSORS IN AUTOMOTIVE AIR CONDITIONING SYSTEMS	109
Fomenko H.R. TRANSPORT FLOWS AND THEIR IMPACT ON THE LEVEL POLLUTION OF URBAN HIGHWAYS.....	119
CONSTRUCTION	
Azizov T.N., Orlova O.M. RIGIDITY AND STRENGTH OF TENSION OF REINFORCED CONCRETE I- ELEMENTS WITH NORMAL CRACKS	124
Gomon S.S., Pilipaka L.M. EXPERIMENTAL STUDIES OF THE GLUED WOOD STRENGTH AND DEFORMATION PROPERTIES UNDER THE HARD TEST MODE.....	130
Samchenko R.V., Yukhymenko A.I., Ilyin S.V. DEFINING THE PARAMETERS WHEN CHANGING THE SUBSIDENCE OF THE FOUNDATION STIFFNESS BASES DURING RECOVERY OF DEFORMED BUILDINGS, STRUCTURES.....	136
Simonov S.I., Solovyov G.I., Yslista V.A., Lischenko O.P. IMPROVEMENT OF COLORISTIC URBAN HOUSES ON THE EXAMPLE OF THE PROSPECT OF THE GVARDEYSKI OF SEVERODONETSK.....	141
Sribniak N.M., Tsyhanenko L.A., Tsyhanenko H.M., Ivchenko V.D. THE JOINT BEHAVIOR OF PREFABRICATED FLOOR SLABS IN A LOCATION.....	146
GEODESY	
Buzina I.M., Khainus D.D., Vynohradenko S.O. RECONSTRUCTION AND EQUIPMENT THE DENDROLOGICAL PARK TERRITORY OF KHNAU NAMED AFTER V.V. DOKUCHAYEV WITH THE APPLICATION OF GEOINFORMATION MODELING	155
Nesterenko S.G., Radzinskaya Y.B., Dobrokhodova O.V. PRINCIPLES OF EFFICIENT USE OF UNDERGROUND REAL ESTATE IN THE STRUCTURE OF MEGACITIES	162
INFORMATION ABOUT AUTHORS.....	167

ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 621.35

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/01>**Майзеліс А.О.**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ХІМІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ ПІРФОСФАТНО-ТРИЛОНАТНОГО ЕЛЕКТРОЛІТУ

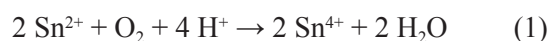
Покриття сплавом мідь-олово використовують як функціональні, захисні та декоративні в різних галузях промисловості. Стаття присвячена аналізу однієї з важливіших властивостей електролітів для осадження сплаву мідь-олово – хімічної стійкості в умовах тривалого зберігання, яка залежить від перебігу у них окисно-відновних реакцій. Об'єкт досліджень – пірофосфатно-трилонатний електроліт для осадження мультишарових покриттів $(\text{Cu-Sn})_1/(\text{Cu-Sn})_2$, що складаються з шарів сплавів мідь-олово різного фазового складу та мають поліпшені механічні властивості. Використані методи циклічної вольтамперометрії, анодної стріпінг-вольтамперометрії та хроноамперометрії (за допомогою потенціостату Elins P-45X). Для оцінки зміни складу електроліту внаслідок окисно-відновних реакцій проаналізовано зміну періодично отриманих у електролітах циклічних вольтамперограм, хроноамперограм осадження тестових плівок сплавів та анодних вольтамперограм їх розчинення. Виявлено, що за відсутності іонів міді при тривалому зберіганні електролітів на основі пірофосфату з доступом кисню повітря значно зменшується вихід олова за струмом, у пірофосфатно-трилонатному електроліті змінюються умови осадження олова. Введення іонів міді значно прискорює зміни у пірофосфатному електроліті. Хімічна стійкість пірофосфатно-трилонатних електролітів в широкому діапазоні співвідношення концентрацій $[\text{Sn}^{2+}]:[\text{Cu}^{2+}]$ від 1 до 15,7 значно вища за стійкість пірофосфатного електроліту. Однак визначено, що за рахунок зменшення концентрації іонів металів знижується величина граничного струму й у пірофосфатно-трилонатному електроліті. Вміст олова в сплаві змінюється на 2-3%. Отримані дані свідчать про більш високу стійкість пірофосфатно-трилонатного електроліту у порівнянні з пірофосфатним, однак в умовах зберігання без електролізу необхідне щотижневе корегування пірофосфатно-трилонатного електроліту за вмістом антиоксиданту (гідрокінону).

Ключові слова: мідь, олово, сплав, електроліт, пірофосфат, склад покриття.

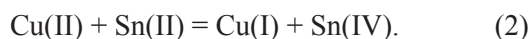
Постановка проблеми. Покриття сплавом Cu-Sn різного складу осаджують для надання поверхні відповідних функціональних властивостей, пов'язаних з високою, пластичністю, здатністю до пайки, стійкістю до корозії, в залежності від їх складу. склад, пластичність, паяемости або стійкість до корозії. Останніми роками дослідження, пов'язані з електроосадженням сплаву мідь-олово, присвячені й формуванню різних наноструктурованих матеріалів та композитів [1].

Традиційно для електроосадження використовують ціанідні електроліти, які містять сполуки Cu(I) і Sn(IV). Для їх заміни запропоновано ряд сульфатних електролітів з добавками поверхнево-активних речовин [2] і, також, – ряд комплексних електролітів [3-4], серед яких найбільш перспективними є електроліти на основі пірофосфату калія [5], у тому числі й для осадження мультишарових покриттів $(\text{Cu-Sn})_1/(\text{Cu-Sn})_2$ [6]. Основною проблемою практично усіх неціанідних електро-

літів, які містять сполуки Cu(II) і Sn(II), є окисно-відновні реакції в об'ємі електроліту [7], пов'язані з окисненням сполук Sn(II) киснем повітря



і взаємодією



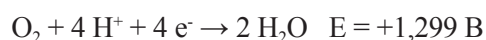
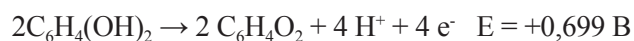
Можлива, також, і поява сполук Sn(IV) в електроліті внаслідок окислення на мідному аноді [8].

Наслідком окиснення сполук Sn(II) до сполук Sn(IV) як киснем повітря, так й у результаті реакції (2) є зменшення концентрації необхідних для електроосадження сплаву сполук Sn(II) і, також, накопичення сполук Sn(IV). У випадку зв'язування останніх в комплексні розчинні сполуки знижується корисна концентрація ліганду в електроліті,

що призводить до порушення співвідношень компонентів в електроліті з відповідною зміною складу покриттів. Наявність або швидкість протікання реакції (1) залежить від співвідношення міцності комплексів металів в обох ступенях окиснення. У випадку утворення нерозчинних гідроксидів Sn(IV), які можуть утворюватися протягом декількох діб [9], виникає необхідність постійного фільтрування електроліту. Накопичення у електроліті сполук Cu(I) призводить до погіршення якості покриттів через їх розряд на катоді в умовах граничного струму.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Хімічна стабільність електроліту залежить від складу електроліту та умов його експлуатації та зберігання. Для виключення реакції (1) у складі електроліту використовують сполуки Cu(II) та Sn(IV) [10-14].

Для зниження впливу кисню повітря, до електроліту обмежують доступ повітря, в міжелектролізний період додають стабілізатори [15] – антиоксиданти з окисно-відновним потенціалом, нижчим за рівноважним потенціалом кисню [9], наприклад, гідрокінон, який діє за реакціями:



Оскільки в деяких випадках стабілізуюча дія спостерігалася навіть при дуже низькому вмісті стабілізуючих агентів висловлено думку, що окиснення олова розчиненим киснем відбувається по ланцюговому механізму та стабілізуючі агенти можна розглядати як інгібітори, що полегшують процес розриву ланцюга [16]. Теоретичні величини витрати антиоксиданту дають вказівку на його силу: добавка з нижчим теоретичним значенням $M_{\text{антиоксидант}}/M_{\text{розчинений кисень}}$ є кращими поглиначем кисню [17].

Наслідок окиснення сполук Sn(II) в електроліті можливо оцінити зниженням граничного струму осадження або зменшенням виходу за струмом [17,18], зміною складу сплаву [19].

Постановка завдання. Метою досліджень було визначення впливу часу зберігання пірофосфатно-трилонатного електроліту бронзування для осадження мультишарових покриттів $(Cu-Sn)_1/(Cu-Sn)_2$ на кінетичні закономірності в електроліті та склад покриттів.

Виклад основного матеріалу дослідження.
Методика. Циклічні поляризаційні залежності (ЦВА), хроноамперограми та анодні поляризаційні залежності одержані з використанням потен-

ціостату Elins P-45X у триелектродній комірниці на електродах з платини площею 1 см². Використано насичений хлорид-срібний електрод порівняння, відносно якого наведені потенціали. Значення рН електролітів контролювали рН-метром СТ-6020А.

Склад досліджуваних електролітів: електроліт № 1 – 0,5 М Sn²⁺, 1,25 М P₂O₇⁴⁻; електроліт № 2 – 0,5 М Sn²⁺, 1,0 М P₂O₇⁴⁻, 0,25 М Y³⁻; електроліт № 3 – 0,05 М Cu²⁺, 0,45 М Sn²⁺, 1,25 М P₂O₇⁴⁻; електроліт № 4 – 0,25 М Cu²⁺, 0,25 М Sn²⁺, 1,0 М P₂O₇⁴⁻, 0,25 М Y³⁻; електроліт № 5 – 0,03 М Cu²⁺, 0,47 М Sn²⁺, 1,0 М P₂O₇⁴⁻, 0,25 М Y³⁻. Значення рН всіх електролітів – 8,5. Антиоксидант гідрокінон у кількості 10,0 г/дм³ додавали в електроліти тільки в день їх приготування. Електроліти зберігали без коректування гідрокіноном, з періодичним доступом повітря та без постійного відновлюючого електролізу.

Результати досліджень. Для оцінки зміни електролітів з часом у результаті протікання окисно-відновних реакцій, що пов'язані з окисненням сполук Sn(II) киснем повітря, а також у результаті взаємодії сполук Sn(II) зі сполуками Cu(II) з утворенням сполук Sn(IV) і Cu(I), в процесі зберігання електролітів протягом 4-х тижнів періодично отримали циклічні поляризаційні залежності у двох полілігандних електролітах для осадження мультишарових покриттів на основі сплавів Cu-Sn (електроліт № 4 та електроліт № 5) у порівнянні з пірофосфатним електролітом № 3 та відповідними електролітами, що не містять іонів міді (електроліти № 1 і № 2).

У пірофосфатному електроліті № 1, що не містить іонів міді, внаслідок окиснення сполук Sn(II) киснем повітря катодні гілки ЦВА (рис. 1 а) змінюються незначно. Більшою мірою, ніж площа під катодною частиною ЦВА, зменшується площа анодних піків, що свідчить про значне зменшення виходу за струмом олова за рахунок зниження концентрації іонів, які відновлюються.

У присутності трилону Б, у полілігандному електроліті 2, на ЦВА (рис. 1 б) спостерігається через 2 тижня (кр. 2) зниження висоти катодного піку відновлення основних іонів олова з пропорційним зниженням висоти анодних піків та появу другого катодного піку, який, можливо, відповідає відновленню сполук Sn(IV). Протягом ще 2 тижнів (кр. 3) зростає кількість продуктів окиснення Sn(II), які адсорбуються на поверхні електроду у діапазоні потенціалів від –1,3 В до –1,6 В, потенціал другого катодного піку зсувається у бік більш негативних значень, зростає його висота, знижується висота першого катодного піку та анодних піків. За рахунок десорбції продуктів окиснення при зворотному

ході катодної гілки кр. 3 площа анодних піків, яка свідчить про кількість осажденного олова, у полілігандному електроліті залишається більшою, ніж у пірофосфатному. Тобто, незважаючи на більшу динаміку зміни катодних гілок ЦВА, у присутності трилону Б в пірофосфатному електроліті ефективність цільового процесу осадження олова знижується не більшою мірою.

За рахунок окисно-відновної реакції з іонами олова при введенні іонів міді значно прискорюються зміни у пірофосфатному електроліті 3 (рис. 2 а): вже через 2 тижня на ЦВА (кр. 2) знижується катодний граничний струм, зникає анодний пік

розчинення вільного олова й з'являється пік розчинення сплаву. ЦВА у полілігандних електролітах 4 і 5 (рис. 2 б і 2 в) з широким діапазоном співвідношення концентрацій $[\text{Sn}^{2+}]:[\text{Cu}^{2+}]$ від 1 до 15,7 змінюються протягом 4 тижнів незначно, що свідчить про більш високу хімічну стійкість полілігандного електроліту для осадження сплаву Cu-Sn в порівнянні з пірофосфатним електролітом.

Хроноамперограми осадження тестових плівок сплавів і анодні вольтамперограми їх розчинення, які відображають вплив наслідків окисно-відновних реакцій в пірофосфатно-трилонатному електроліті № 5, наведено на рис. 3 і 4. Потенціали

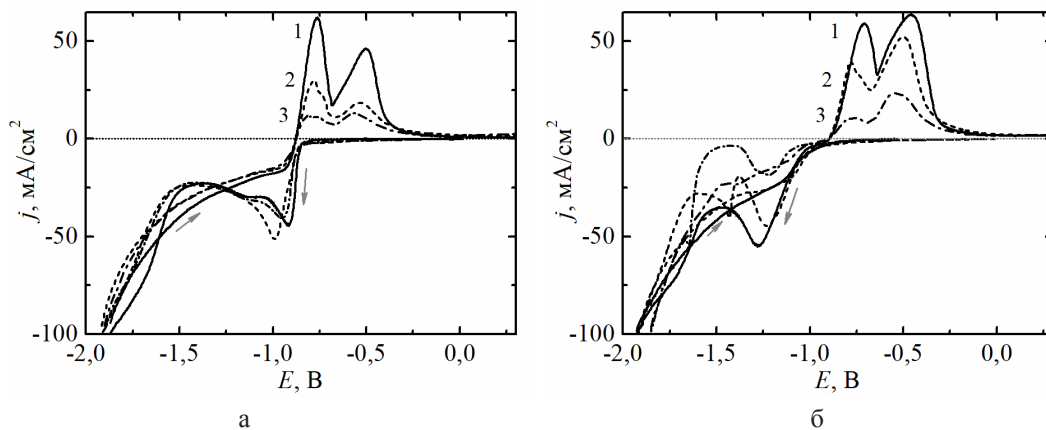


Рис. 1. ЦВА на Pt в пірофосфатному електроліті № 1 (а) і полілігандному електроліті № 2 (б) у день приготування (1), через 14 діб (2) і через 28 діб (3). Швидкість розгортки потенціалу 50 мВ/с

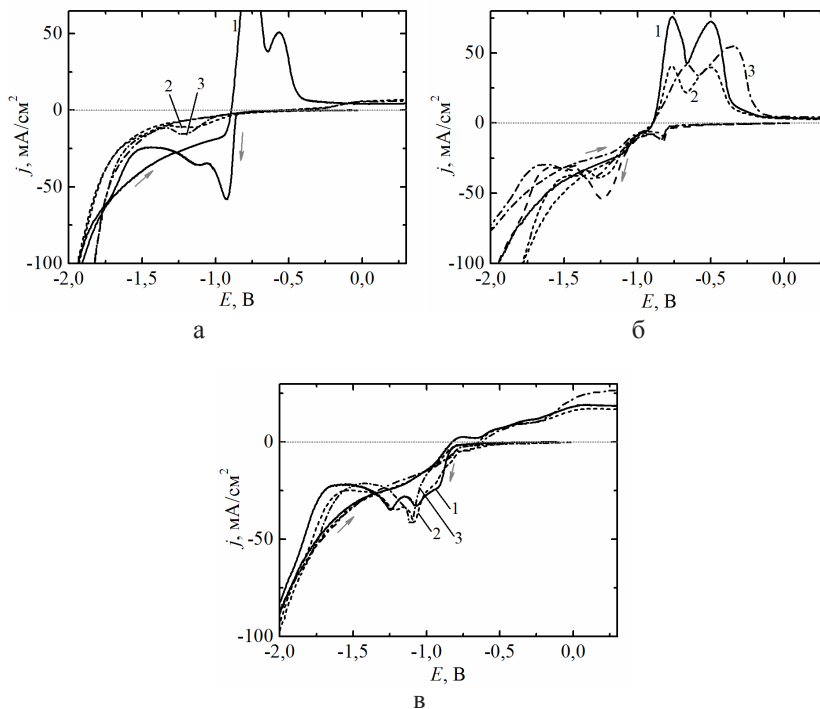


Рис. 2. ЦВА на Pt в пірофосфатному електроліті № 3 (а) і полілігандних електролітах № 4 (б) і № 5 (в) у день приготування (1), через 14 діб (2) і через 28 діб (3). Швидкість розгортки потенціалу 50 мВ/с

осадження плівок сплаву (рис. 3 а) при густині струму 10 mA/cm^2 , що у свіжоприготованому електроліті нижча за граничну, через 2 тижня зміщуються в бік негативних значень (кр. 3), що свідчить про перевищення цієї густини струму граничної величини за рахунок зниження концентрації іонів металів з відповідним зниженням величини граничного струму. Подальше зберігання (кр. 4) не призведе до зміни потенціалу осадження плівок.

Зменшення площі першого піку на анодних вольтамперограмах (рис. 3 б) розчинення плівок свідчить про зменшення в осадах кількості вільного олова, а зменшення площі другого піку – про зменшення кількості α -фази сплаву. Ріст піку при $+0,2 \text{ В}$ (див. вставку рис. 3 б) свідчить про збільшення з часом зберігання електроліту частки ϵ -фази в плівках.

Більш збагачені за Sn плівки осаджують при густині струму 40 mA/cm^2 в умовах осциляцій потенціалу (рис. 4 а), притаманних величинам, що перевищують граничну густину струму. Середня величина потенціалу осадження при зберігання електроліту змінюється незначно. Зменшується кількість вільного Sn і ϵ -фази і зростає кількість α -фази (рис. 4 б).

Розраховані за даними рис. 3 і 4 залежності зміни виходу плівок за струмом та вмісту олова в сплаві наведено на рис. 5. Дані свідчать про більш значне падіння виходу за струмом при густині струму 10 mA/cm^2 ніж при 40 mA/cm^2 , про незначну зміну складу сплаву, що отримують з електроліту періодично протягом його зберігання, та про необхідність щотижневого корегуваннями електроліту за гідрохіномом.

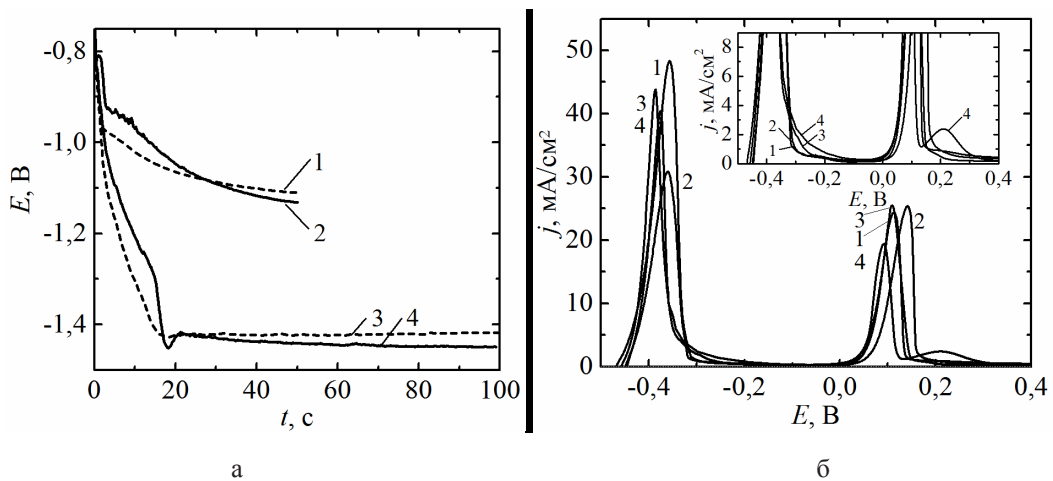


Рис. 3. Хронопотенціограми осадження на Pt плівок (а) в полілігандному електроліті № 5 при густині струму 10 mA/cm^2 у день приготування (1) і через 11 (2), 15 (3), 21 (4) добу та анодні вольтамперограми їх розчинення (б) в $0,6 \text{ моль/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$. Кількість електрики на осадження; 1, 2 – $0,5 \text{ Кл}$; 3, 4 – 1 Кл . Швидкість розгортки потенціалів – 1, 2 – 10 мВ/с ; 3, 4 – 4 мВ/с

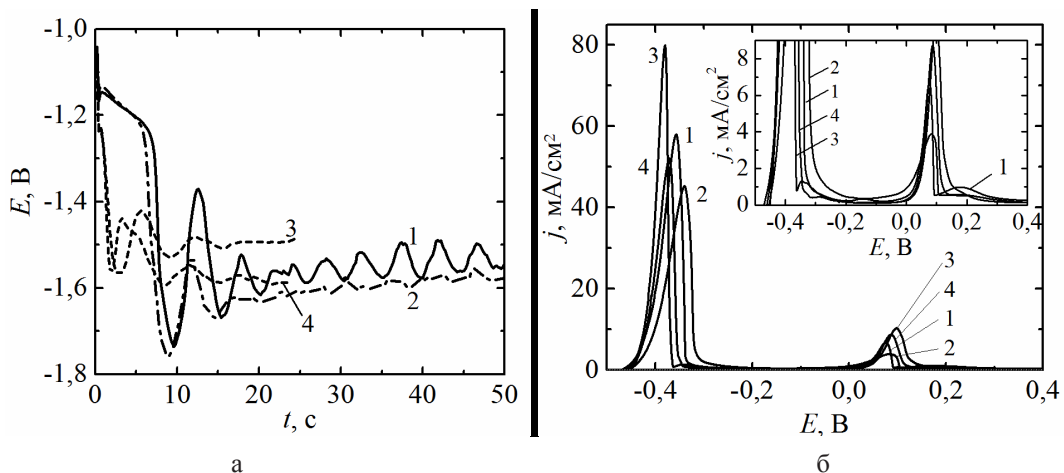


Рис. 4. Хронопотенціограми осадження на Pt плівок (а) в полілігандному електроліті 5 при густині струму 40 mA/cm^2 у день приготування (1) і через 11 (2), 15 (3), 21 (4) добу та анодні вольтамперограми їх розчинення (б) в $0,6 \text{ моль/дм}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$. Кількість електрики осадження; 1, 2 – 2 Кл ; 3, 4 – 1 Кл . Швидкість розгортки потенціалів – 1, 2 – 2 мВ/с ; 3, 4 – 4 мВ/с

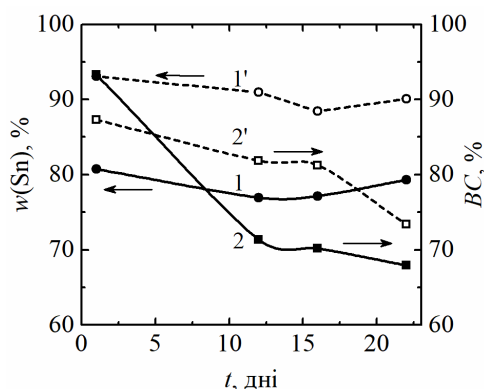


Рис. 5. Зміна за часом зберігання електроліту виходу за струмом (1, 1') і вмісту Sn в плівках сплаву (2, 2'), що осаджені при густині струму 10 мА/см² (1, 2) і 40 мА/см² (1', 2')

Висновки. За відсутності іонів міді при тривалому зберіганні електролітів на основі пірофосфату, що містять сполуки Sn(II), з доступом кисню повітря значно зменшується вміст олова в катодному осаді. У пірофосфатно-трилонатному електроліті спостерігається більш суттєва зміна катодних гілок ЦВА в порівнянні з пірофосфатним електролітом, яка свідчить про зміну умов осадження олова з часом зберігання електроліту.

Введення іонів міді за рахунок окисно-відновної реакції з іонами олова значно прискорює зміни у пірофосфатному електроліті. ЦВА в пірофосфатно-трилонатних електролітах у широкому діапазоні співвідношення концентрацій $[Sn^{2+}]:[Cu^{2+}]$ від 1 до 15,7 змінюються протягом 4 тижнів незначно, що свідчить про більш високу хімічну стійкість полілігандного електроліту для осадження сплаву Cu-Sn в порівнянні з пірофосфатним електролітом.

Потенціали осадження плівок сплаву при густині струму 10 мА/см², що є близькою до граничної, через 2 тижня зміщуються у бік негативних значень з відповідним зниженням виходу за струмом, що свідчить про зниження величини граничного струму у електроліті за рахунок зменшення концентрації іонів металів. Потенціал осадження плівок при більшому значенні густини струму змінюється незначно. Вміст олова в сплаві змінюється на 2-3 %.

Отримані дані свідчать про більш високу стійкість пірофосфатно-трилонатного електроліту в порівнянні з пірофосфатним, однак в умовах зберігання без електролізу необхідне щотижневе корегування пірофосфатно-трилонатного електроліту за вмістом гідроксиду.

Список літератури:

- Walsh F.C., Low C.T.J. A review of developments in the electrodeposition of tin-copper alloys. *Surface and Coatings Technology*. 2016. Vol. 304. P. 246–262.
- Jung M., Lee G., Choi J. Electrochemical plating of Cu-Sn alloy in non-cyanide solution to substitute for Ni undercoating layer. *Electrochimica Acta*. 2017. Vol. 241. P. 229–236
- Nakamura T., Konno Y., Yamamoto T., Nagayama T. Corrosion Resistance Properties of Cu-Sn Electrodeposited from a Cyanide-Free Bath. *ECS Transactions*. 2017. Vol. 75. No. 37. P. 59.
- Silva P.S., Senna L.F., Lago D.C.B. Cu-Sn coatings produced using environmentally non-aggressive electrolyte containing sodium tartrate. *Materials Research*. 2017. Vol. 20. P. 667–675.
- Katirci R. A black electrodeposited copper-tin (Cu-Sn) alloy film for solar thermal absorbers. *Transactions of the IMF*. 2018. Vol. 96. No. 1. P. 41–45.
- Майзеліс А.О. Електроосадження мультишарових покриттів $(Cu-Sn)_1/(Cu-Sn)_2$ з пірофосфатно-трилонатного електроліту. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2019. Том 30(69). № 5, Ч. 2. С. 69–75.
- Майзеліс А.О., Байрачний Б.І. Електроосадження покриттів металами, сплавами і оксидами в багатофункціональних гальванічних ваннах. Харків, 2018. 229 с.
- Medvedev G.I., Makrushin N.A., Ivanova O.V. Electrodeposition of copper-tin alloy from sulfate electrolyte. *Russian journal of applied chemistry*. 2004. Vol. 77. No. 7. P. 1104–1107.
- Fabbri L., Sun Y., Piciollo E., Salvietti E., Zangari G., Passaponti M., Innocenti M. Electrodeposition of White Bronzes on the Way to CZTS Absorber Films. *Journal of The Electrochemical Society*. 2020. Vol. 167. No. 2. P. 022513.
- Wang Y.L., Wan Y.Z., Zhao S.M., Tao H. M., Dong X.H. Electrodeposition and characterization of $Al_2O_3-Cu(Sn)$, $CaF_2-Cu(Sn)$ and talc-Cu(Sn) electrocomposite coatings. *Surface and Coatings Technology*. 1998. Vol. 106. No. 2-3. P. 162–166.
- Finazzi G. A., De Oliveira E. M., Carlos I. A. Development of a sorbitol alkaline Cu-Sn plating bath and chemical, physical and morphological characterization of Cu-Sn films. *Surface and Coatings Technology*. 2004. Vol. 187. No. 2-3. P. 377–387.
- Воробьева Т.Н., Врублевская О.Н., Хмыль А.А., Кузьмар И.И. Электрохимическое осаждение бинарных оловосодержащих сплавов из гликолевых электролитов. *Современные электрохимические технологии и оборудование: матер. науч.-техн. конф. (Минск, 24-25 ноября 2016 г.)*. Минск, 2016. С. 229–233.

13. Lixia Y., Zhenghui L., Ke W., Xiupeng L., Guixiang W. Effect of TiO₂ Sol on the Microstructure and Tribological Properties of Cu-Sn Coating. *Rare Metal Materials and Engineering*. 2017. Vol. 46. No. 10. P. 2801–2806.
14. Wang X.H., Ying L.X., Zhang C.J., Lv X.P. Electrodeposition of Cu-Sn-Graphite-Al₂O₃ Composite Coatings and their Tribological Properties. *Materials Science Forum. Trans Tech Publications*. 2017. Vol. 893. P. 335–339.
15. Hovestad A., Tacke R.A., Mannetje H.H. Electrodeposited nanocrystalline bronze alloys as replacement for Ni. *Physica Status Solidi C*. 2008. Vol. 5. No. 11. P. 3506–3509.
16. Glodowski S., Kublik Z. Polarographic investigation of the stability of tin (II) solutions in the presence of some stabilizing agents. *Analytica Chimica Acta*. 1981. Vol. 130. No. 1. P. 133–140.
17. Low C.T.J., Walsh F.C. The stability of an acidic tin methanesulfonate electrolyte in the presence of a hydroquinone antioxidant. *Electrochimica Acta*. 2008. Vol. 53. No. 16. P. 5280–5286.
18. Carlos I.A., Bidoia E.D., Pallone E.M.J.A., Almeida M.R.H., Souza C.A.C. Effect of tartrate content on aging and deposition condition of copper–tin electrodeposits from a non-cyanide acid bath. *Surface and Coatings Technology*. 2002. Vol. 157. No. 1. P. 14–18.
19. Han C., Liu Q., Ivey D.G. Development of simple electrolytes for the electrodeposition and electrophoretic deposition of Pb-free, Sn-based alloy solder films. *CS MANTECH Conference, Austin, USA, 2007*. P. 147–150.

Maizelis A.O. CHEMICAL STABILITY OF PYROPHOSPHATE-TRILONATE ELECTROLYTE

Copper-tin alloy coatings are used as functional, protective and decorative coatings in various industries. The article is devoted to the analysis of one of the most important properties of electrolytes for copper-tin alloy deposition which is chemical resistance during long-term storage depending on redox reactions in them. The object of research is a pyrophosphate-trilonate electrolyte for the deposition of (Cu-Sn)₁/(Cu-Sn)₂ multilayer coatings consisting of layers of copper-tin alloy of different phase composition and having improved mechanical properties. Methods of cyclic voltammetry, anode stripping voltammetry and chronoamperometry (by Elins P-45X potentiostat) were used. To assess the change in the composition of the electrolyte due to redox reactions, the change of cyclic voltammograms periodically obtained in the electrolytes, chronoamperograms of deposition of test films of alloys and anode voltammograms of their dissolution were analyzed. It was found that in the absence of copper ions during long-term storage of electrolytes based on pyrophosphate with oxygen access, current efficiency of tin deposition decreases significantly, the conditions of tin deposition change in the pyrophosphate-trilonate electrolyte. The addition of copper ions significantly accelerates changes in the pyrophosphate electrolyte. The chemical stability of pyrophosphate-trilonate electrolytes in a wide range of concentration ratios [Sn²⁺]:[Cu²⁺] from 1 to 15.7 is much higher than the stability of pyrophosphate electrolyte. However, it was determined that due to the decrease in the metal ion concentration, the value of the limiting current in the pyrophosphate-trilonate electrolyte also decreases. Change in the tin content in the alloy varies in 2-3 %. The obtained data indicate a higher stability of pyrophosphate-trilonate electrolyte compared to pyrophosphate, but storage without electrolysis requires weekly adjustment of pyrophosphate-trilonate electrolyte by the content of antioxidant (hydroquinone).

Key words: copper, tin, alloy, electrolyte, pyrophosphate, coating composition.

УДК 663.8-035.67:543.422.7

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/02>**Малєєв В.О.**

Херсонський національний технічний університет

Безпальченко В.М.

Херсонський національний технічний університет

Семенченко О.О.

Херсонський національний технічний університет

ХАРЧОВІ ДОБАВКИ: ВИЗНАЧЕННЯ, РИЗИКИ, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ

У даній роботі за соціологічним опитуванням узагальнено дані щодо споживання продуктів із харчовими добавками щоденного вжитку (м'ясні, молочні, смакові продукти, кондитерські вироби та напої). Досліджувалась частота споживання продуктів із вмістом харчових добавок студентами ХНТУ протягом місяця. Виявлені найбільш часто вживані харчові добавки, які відносяться до категорій середньої та високої небезпеки. Досліджено в деяких харчових продуктах фотоколориметричним методом аналізу вміст синтетичних барвників: тартразин (E102), понсо (E124) і «сонячний захід» (E110). Дослідження синтетичних барвників тартразину, понсо, «сонячний захід» у харчових продуктах були проведені на фотоколориметрі концентраційному КФК-2МП. За спектральними характеристиками водних стандартних розчинів барвників були виявлені оптимальні довжини хвиль: для тартразину – 400 нм, понсо – 490 нм, «сонячний захід» – 490 нм. Наведено калібрувальні графіки барвників, які побудовані за стандартними розчинами. Лінійний діапазон концентрацій для тартразину становить 0-600 мг/л, «сонячний захід» – 0 - 500 мг/л, понсо – 0-200 мг/дм³, що дозволяє застосовувати розрахунки не тільки за калібрувальним графіком, але й за стандартом. Аналізували вміст барвника жовтий «сонячний захід» у напої «Миринда». У виробника ТОВ «Сандора» в продукції вміст барвника – 80 мг/дм³, що значно перевищує допустиму рекомендовану дозу (30 мг/дм³). Аналізували вміст барвника у напої «Кактус». Виявлено, що в даній продукції вміст барвника понсо дорівнював 13 мг/дм³, що не перевищує рекомендовану дозу. Виявлено, що у виробника ТОВ «Виробнича компанія Гуд Фуд» у напої «Тархун» вміст барвника «сонячний захід» коливається в межах 15-30 мг/дм³.

Ключові слова: харчові добавки, синтетичні барвники, ризики, ковбасні вироби, фотоколориметрія.

Постановка проблеми. Під харчовими добавками розуміють групу речовин природного або штучного походження, які використовують для вдосконалення технології виготовлення продуктів спеціального призначення з характерними органолептичними показниками, відповідними властивостями. Згідно із Законом України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини» харчовою добавкою є природна чи синтетична речовина, яка спеціально вводиться у харчовий продукт для надання йому бажаних властивостей [1, с. 298]. До харчових добавок Комісією ФАО/ВООЗ за Кодексом Аліментаріус відносять «...будь-які речовини, які не використовуються як їжа в нормальних умовах і не застосовуються як типові інгредієнти їжі, незалежно від їх харчової цінності, спеціально добавлені для технологічних цілей, у тому числі для поліпшення органолептичних властивостей, під час виробництва, обробки, пакування, транспортування або зберігання харчових продуктів...» [2, с. 44].

Харчова добавка позначається на етикетці у вигляді індексу «Е» (Еигоре) з трьох- або чотирьохзначним номером. Це підтверджує, що дана сполука перевірена на безпечність, для неї встановлені критерії чистоти та гігієнічні нормативи в харчових продуктах (максимально допустимі рівні, допустима добова доза, допустиме добове споживання). Санітарними правилами і нормами по застосуванню харчових добавок, затвердженими МОЗ України від 23.07.1996 р. № 222, передбачено, що вироблення, застосування та реалізація харчових добавок на території держави повинні здійснюватися з дозволу МОЗ України. Постановою КМУ від 04.01.1999 р. № 12 затверджено перелік харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах [3, с.4]. Класифікація харчових добавок включає 23 функціональні класи: кислоти; регулятори кислотності; речовини, які перешкоджають злежуванню та грудкуванню; піногасники; антиокисники; наповнювачі; барвники; речовини, які сприяють

збереженню забарвлення; емульгатори; ущільнювачі; підсилювачі смаку і запаху; речовини для обробки борошна; піноутворювачі; гелеутворювачі; глазурувачі; вологоутримуючі агенти; консерванти; пропеленти; розпушувачі; стабілізатори; підсолоджувачі; збагачувачі. Додавки, які заборонені в Україні, можуть використовуватися в інших країнах, це слід враховувати при надходженні імпортованих товарів. Законодавчими актами забороняються ввезення та реалізація харчових продуктів, які не відповідають санітарним вимогам.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проблема використання харчових добавок складна і багатогранна. У зв'язку з тим, що харчові добавки не є медичними препаратами, вони проходять спрощену процедуру затвердження, яка в більшості випадків не передбачає клінічних досліджень. За дотриманням норм несуть відповідальність керівники підприємств громадського харчування, торгівлі, тощо. За останнє десятиріччя значно збільшився асортимент харчових добавок. Багато речовин при потрапленні в організм, особливо в комбінації з іншими подібними речовинами, можуть виявитись шкідливими; це особливо характерно для речовин, які здатні до акумуляції чи перетворення в організмі з нетоксичної у токсичну форму [4, с. 7; 5, с. 99; 6, с. 73]. У випадку накопичення виникає складна залежність між біологічною активністю речовини, величиною дози, швидкістю виведення з організму та інтервалом потраплення до організму. Тому гостро постало питання безпечності харчових добавок. Актуальність цієї проблеми зростає з урахуванням фактору споживання харчових добавок людьми різного віку протягом більшої частини свого життя. Опитування, проведене в США, показало, що понад 80% населення вва-

жають необхідним, насамперед, знизити вміст у харчових продуктах жирів, холестерину, хвороботворних мікроорганізмів, пестицидів і лише 20% мешканців хочуть обмежити використання консервантів, наповнювачів, гормонів, антибіотиків, цукру. Така парадоксальна ситуація склалася через непорозуміння населенням ймовірної шкоди здоров'ю внаслідок постійного вживання комплексу різноманітних харчових добавок [7, с. 146]. Досліджено лінійний діапазон залежності оптичної густини від концентрації окремих синтетичних барвників зокрема, тартразин Е102, індигокармін Е132, що дозволяє проводити експрес-аналіз їх вмісту в харчових продуктах [2, с. 45]. У літературі описано синдром Меркельсона-Розенталя, набряку Квінке, які спровоковано тартразином. Вийти з такого стану людина можна лише перебуваючи на суворій дієті. У одного з 10000 чоловік, після вживання харчової добавки Е102 з'являються прояви алергічної реакції [8, с.145].

Постановка завдання. Метою досліджень було виявлення можливих ризиків щодо споживання харчових добавок студентами Вищого навчального закладу, а також визначення синтетичних барвників (тартразин (Е102), понсо (Е124) і «сонячний захід» (Е110)) у продуктах споживання фотометричним методом аналізу.

Виклад основного матеріалу. Нами проведено соціологічне опитування серед 102 студентів першого курсу Херсонського національного технічного університету за спеціально розробленою анкетой. Узагальнено дані щодо споживання продуктів з харчовими добавками щоденного вжитку: м'ясні, молочні, смакові продукти, кондитерські вироби та напої; обізнаності студентів про можливі ризики для здоров'я. Досліджувалась частота

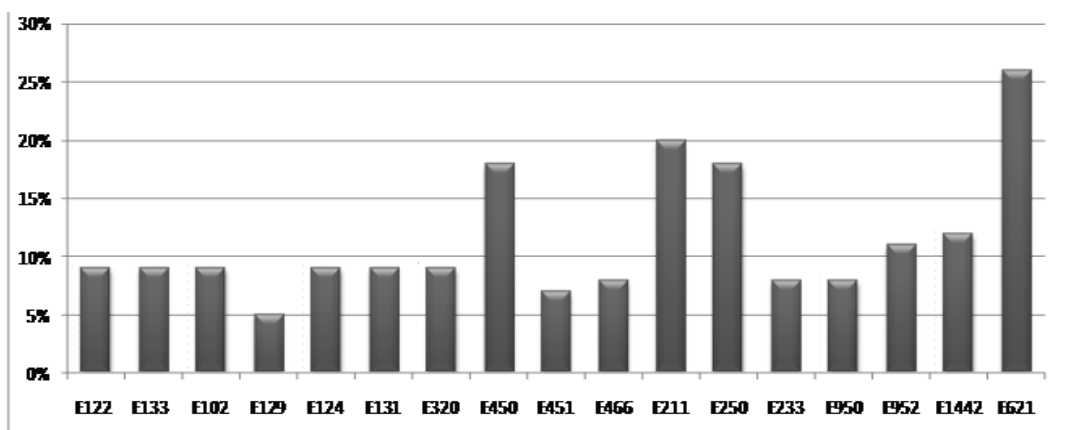


Рис. 1. Споживання харчових добавок студентами першого курсу ХНТУ, %

споживання продуктів зі вмістом харчових добавок студентами протягом місяця (рис. 1).

Виявлено найбільш часто вживані харчові добавки, які відносяться до категорій середньої та високої небезпеки (табл.1).

Ковбасні вироби споживають за проведеним опитуванням 95% студентів [9]. Вміст харчових добавок у ковбасних виробках у мережі магазинів «АТБ» міста Херсона наведено на рисунку 2. Аналіз показав, що ковбаса «Краківська» містить тільки одну харчову добавку E-250; ковбаси «Дитяча», «Баликова», «Московська» та «Золотиста (добров)» – по дві добавки, відповідно (E316, E250), (E621, E450), (E250, E316), (E621, E575).

Найбільша кількість харчових добавок мали такі ковбаси: «Апетитна» – десять (E621, E631, E450, E451, E452, E407, E412, E415, E508, E250); «Хот-дог» – 8 (E-250, E450, E451, E300, E316,

E330, E331, E621) та «Кузьмич» – (E250, E300, E316, E331, E407, E451, E452, E508). Серед ковбас, що аналізували, «Золотиста (м'ясна лавка)» вміщує 3 харчові добавки (E250, E575, E621), «Міляно» – 4 (E250, E316, E330, E621), «Салямівська» – 6 (E-250, E300, E450, E451, E575, E621), «Шинка варена» – 7. Ситуація поступово набуває ознак безглузді: настане момент, коли в ковбасі може не бути знайдено м'яса. Треба констатувати, що якість ковбасних виробів не завжди відповідає ціні і часто замість справжнього м'ясопродукту можна придбати його сурогат.

Нами проведено дослідження фактичного вмісту синтетичних барвників у харчових продуктах – тартразин (E102), понсо (E124) і жовтий «сонячний захід» (E110), які входять у так званий Саутгемптонський перелік. Використання добавок E110, E102, E124 у дитячому раціоні призводить до гіперактивного поведінки й втрати кон-

Таблиця 1

Категорії небезпеки окремих харчових добавок

Харчові добавки	Категорія, функція	Категорія небезпеки
E133, E102, E129	E100-199 – барвники, що підсилюють або відновлюють колір продукту	Середня
E124, E131, E122		Висока
E211 E250	E200-E299 – консерванти, що збільшують термін зберігання продуктів, захищаючи їх від мікробів і грибів	Висока Середня
E320	E300-E399 – антиоксиданти, що захищають продукти від окиснення	Висока
E433, E450	E400-E499 – стабілізатори, що зберігають необхідну консистенцію продуктів	Середня
E621	E600-E699 підсилювачі смаку та аромату	Низька
E950, E952	Підсолоджувачі	Висока
E1442	Емульгатори, що додаються в харчові продукти з метою стабілізації емульсій та інших дисперсних систем	Середня

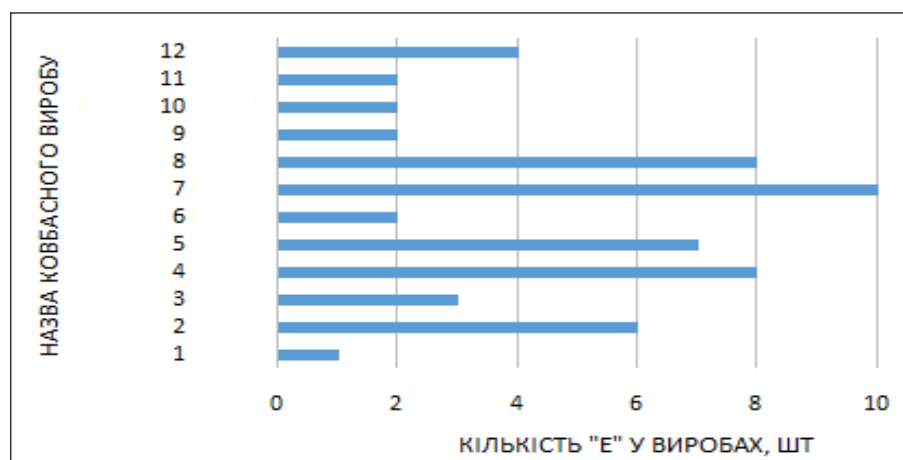


Рис. 2. Кількість харчових добавок у ковбасних виробках:
1 – КРАКІВСЬКА, 2 – САЛЯМІ ФІНСЬКА, 3 – ЗОЛОТИСТА (м'ясна лавка), 4 – КУЗЬМИЧ, 5 – ШИНКА ВАРЕНА, 6 – ДИТЯЧА, 7 – АПЕТИТНА, 8 – ХОТ-ДОГ, 9 – БАЛИКОВА, 10 – МОСКОВСЬКА, 11 – ЗОЛОТИСТА (Добров), 12 – МІЛЯНО

центрації уваги у дітей. Ця закономірність була науково доведена в ході останніх досліджень, які проводилися на замовлення агентства по харчовим стандартам Великобританії (FSA) [9, с. 99]. Барвник «сонячний захід» E110 заборонений у багатьох країнах світу (Фінляндії, Норвегії, США). Небезпека барвника – висока. Жовтий барвник «сонячний захід» (використовується також під назвою «спеціальний жовтий») відноситься до групи водорозчинних барвників. Синтетичний барвник E110 особливо ефективний для фарбування продуктів, що піддаються ферментації при термічній обробці. Його часто додають у глазур, джеми, морозиво, мармелад, прохолодні та міцні напої. «Сонячний захід» E110 – сульфінрована версія небезпечного барвника Судан I, який є канцерогеном. У барвнику E110 може бути присутній барвник Судан I у якості домішки. Самостійно барвник E110 може викликати алергійні реакції, особливо у людей з неприйняттям аспірину. Іншими побічними ефектами добавки E110 може бути: нудота, кропивниця (сип), закладеність носової порожнини, риніт, набрякання слизових оболонок, хромосомні ушкодження. Також харчова добавка E110 може бути причиною розладу шлунку, блювоти, болів у животі, неприйняття їжі. Тартразин E102 – харчовий барвник синтетичного походження, у природі в чистому вигляді не зустрічається; виробляється з відходів виробництва (кам'яновугільного дьогтю). Своє поширення тартразин отримав завдяки низькій вартості; це один з найдешевших синтетичних барвників. Барвник E102 використовується у харчовій промисловості для надання виробам жовтого забарвлення, часто його змішують з іншими барвниками для отримання різноманітних відтінків. Результати досліджень у Європі та США показали, що харчова добавка E102 є сильнодіючим алергеном, провокує напади задухи. Нормативними актами більшості країн встановлена доза споживання тартразину у межах 100-150 мг барвника на 1 кілограм готового продукту або 7,5 міліграм на 1 кілограм ваги людини [10, с. 1041]. Понсо, він же яскраво-червоний (харчова добавка E124) – барвник синтетичного походження, який має яскраво-червоний колір. Він відкриває цілу палітру відтінків: при додаванні жовтих або помаранчевих барвників отримуємо коричневий колір, а при змішуванні з синім барвником понсо дає фіолетове забарвлення. За своїм хімічним складом барвник E124 являє натрієву сіль: гранулят або порошок червоного кольору. Добавка E124 термостабільна, відмінно розчинна у воді, стійка

до впливу світла, відновників і окисників. Продукти, оброблені понсо, можна піддавати будь-яким технологічним операціям (стерилізація, пастеризація, охолодження, заморожування). Як і інші барвники, E124 використовують для надання яскравого забарвлення продуктам харчування або відновлення їх кольору. Їм фарбують ковбасні та рибні вироби, морепродукти і консервовані ягоди і фрукти. Застосовують під час виробництва десертів, хлібобулочних і кондитерських виробів (торти, тістечка, цукерки, пудинги), різних безалкогольних напоїв, виготовленні морозива і молочних десертів (сирні вироби). Барвник E124 також використовується в інших галузях промисловості: під час виробництва рідких миючих засобів для забарвлення шампунів, рідкого мила, гелів; також їм фарбують вироби із вовни та шовку. Добавку E124 відносять до речовин, що викликають онкологічні новоутворення. У багатьох країнах (США, Норвегія, Фінляндія) дана добавка заборонена до використання. Крім того, понсо викликає алергійні реакції, задуху, тому забороняється його використання під час виробництва продуктів харчування для дітей. В Україні харчова добавка E124 забороняється під час виробництва лікарських препаратів, а в якості харчового барвника дозволяється у межах допустимої добової норми, що становить 4 мг/кг маси тіла людини.

Дослідження синтетичних барвників тартразину (E102), понсо (E124), «сонячний захід» (E110) у харчових продуктах були проведені на фотоколориметрі концентраційному КФК-2МП у кюветі з товщиною робочого шару 1,070 мм. За спектральними характеристиками водних стандартних розчинів барвників були виявлені оптимальні довжини хвиль: для тартразину – 400 нм, понсо – 490 нм, «сонячний захід» – 490 нм. Наведено калібрувальні графіки барвників, які побудовані за стандартними розчинами (рис. 3). Лінійний діапазон концентрацій для тартразину становить 0-600 мг/дм³, «сонячний захід» – 0 - 500 мг/дм³, понсо – 0-200 мг/дм³, що дозволяє застосовувати розрахунки не тільки за калібрувальним графіком, але й за стандартом. Аналізували вміст барвника жовтий «сонячний захід» у напої «Миринда». Виявили, що у виробника ТОВ «Сандора» у продукції вміст барвника – 80 мг/дм³, що значно перевищує допустиму рекомендовану дозу (30 мг/л). Аналізували вміст барвника у напої «Кактус». Виявлено, що в даній продукції вміст барвника понсо дорівнював 13 мг/л, що не перевищує рекомендовану дозу. Виявлено, що у виробника ТОВ «ВИРОБНИЧА КОМПАНІЯ ГУД ФУД» у напої «Тархун» вміст барвника «сонячний захід»

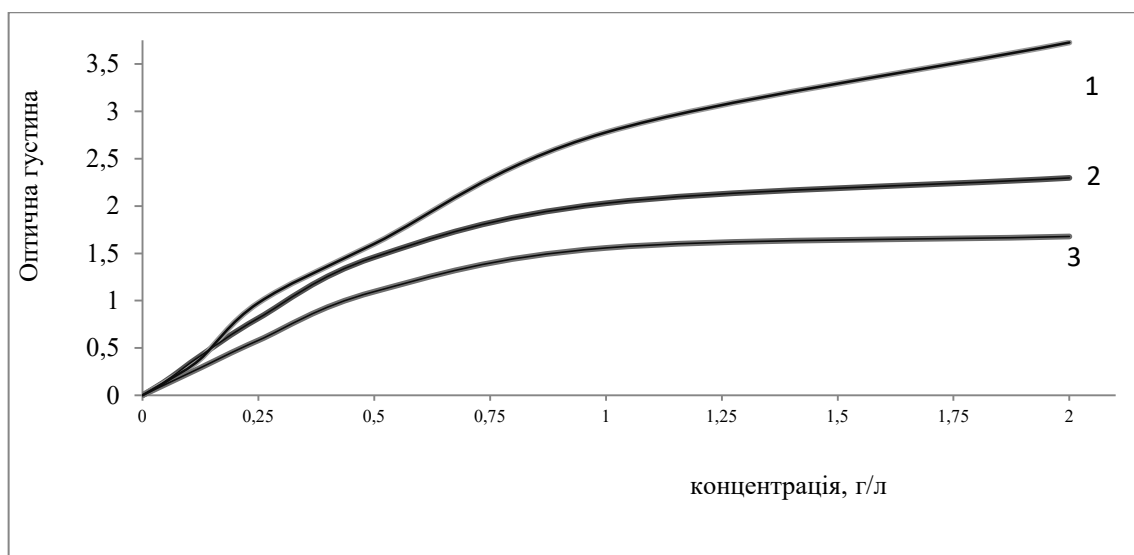


Рис. 3. Залежність оптичної густини від концентрації барвників: понсо (1), «сонячний захід» (2), тартразину (3)

коливається в межах 15-30 мг/дм³. Кількість тартразину в консервованому перці (виробництво Перу) за розрахунками склала 124 мг/дм³, що не задовольняє допустимим нормам.

Висновки. Результати аналізу показали, що тільки 30 % студентів звертають увагу на маркування товарів. Соціологічне опитування свідчить про небезпечне харчування студентів (надмірне споживання харчових добавок, що відносяться до середньої та високої категорії небезпеки); необхідність посилення роз'яснювальної роботи серед студентів, у тому числі навчання правильного вибору продуктів харчування на основі достовірної інформації щодо небезпеки харчових добавок.

Застосування фотоколориметричного аналізу щодо вмісту синтетичних барвників можливо у разі присутності в харчовому продукті лише одного або двох барвників, які різняться за оптимальними довжинами хвиль. Враховуючи

доступність обладнання, експресність, серійність, технологічність контролю, можливість автоматизації, застосування фотоколориметричного аналізу є ефективним методом контролю вмісту барвників у сиропях, безалкогольних напоях тощо. Подальші дослідження щодо контролю, таксономії, ідентифікації, безпечності застосування харчових добавок (зокрема барвників) будуть сприяти вирішенню завдань, спрямованих на встановлення відповідності продукції рецептурам, вимогам безпеки. Потрібно посилити вимоги санітарного законодавства щодо безпечності використання харчових добавок, здійснювати моніторинг переліку дозволених Е-добавок, проводити ґрунтовні наукові дослідження по виявленню наслідків вживання харчових добавок. Виробники згідно європейського законодавства повинні вказувати вміст, назву та код харчових добавок; інформувати споживачів про можливий вплив на здоров'я.

Список літератури:

1. Закон України «Про якість та безпеку харчових продуктів і продовольчої сировини». *Відомості Верховної Ради України*. 1998. № 19. С. 298–312.
2. Малєєв В.О., Безпальченко В.М., Семенченко О.О. Визначення барвників синтетичного походження у продуктах харчування фотоколориметричним методом. *Вісник ХНТУ*. 2015. № 2(53). С. 43–47.
3. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах» від 4 січня 1999 р. № 12. URL : http://search.ligazakon.ua/1_doc2.nsf/link1/KP99001 (дата звернення: 18.05.2020).
4. Смоляр В.І. Сучасні проблеми використання харчових добавок. *Проблеми харчування*. 2009. № 1-2. С. 5–10.
5. Цоцко А.В., Андріященко А.А., Семенченко О.О. Натрій бензоат: застосування, властивості, небезпеки. *Стан і перспективи розвитку хімічної, харчової та парфумерно-косметичної галузей промисловості: Матеріали Всеукр. науково-практичної конференції*. Херсон : ХНТУ, 2017. С. 98–99.

6. Пойда, В.В., Семенченко О.А. Нитриты в продуктах питания. *Науково-практичні розробки молодих учених на сучасному етапі розвитку хімічних технологій*: Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів. Херсон, 2016. С. 73–74.

7. Малєєв В.О., Безпальченко В.М., Семенченко О.О. Харчові добавки: таксономія та аналіз споживання. *Чисте МІСТО. Чиста РІКА. Чиста ПЛАНЕТА*: Зб. матеріалів 7-го Міжнародного Екологічного Форуму. Херсон, 2018. С. 144–150.

8. Толстая, Е.В. Синдром дефицита внимания / гиперактивности и пищевые добавки. *Сахаровские чтения 2013 года: экологические проблемы XXI века*. Материалы 13-й международной научной конф. Минск : МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2013. С. 145.

9. Малєєв В.О., Безпальченко В.М., Семенченко О.О., Кавуза К.Б. Аналіз споживання харчових добавок студентами. *Теорія і практика сучасного природознавства* : Матеріали VI Всеукраїнської конференції. Херсон, 2017. С. 98–100.

10. Arvanitoyannis I.S. et al. An update of EU legislation (Directives and Regulations) on food-related issues (Safety, Hygiene, Packaging, Technology, GMOs, Additives, Radiation, Labelling): presentation and comments // *International Journal of Food Science and Technology*, 2005, v. 40. P. 1021–1112.

Malyeyev V.A., Bezpalchenko V.M., Semenchenko O.O. FOOD ADDITIVES: EVALUATION, RISKS, CONSUMPTION ANALYSIS

In this paper, a sociological survey summarizes data on the consumption of food products with daily food supplements (meat, dairy, flavoring, confectionery and drinks). The frequency of consumption of foods containing nutritional supplements by students KNTU over a month was studied. The most commonly used supplements that are classified as medium and high risk are identified. In some food products, the photocolometric analysis of the content of synthetic dyes was investigated: tartrazine (E102), ponso (E124) and yellow "sunset" (E110). Studies of synthetic dyes tartrazine, ponso, "sunset" in food were performed on a photocolometer concentration CPK-2MP. According to the spectral characteristics of aqueous standard solutions of dyes, the optimal wavelengths were found: for tartrazine – 400 nm, ponso – 490 nm, "sunset" – 490 nm. Calibration graphs of dyes, which are built on standard solutions, are given. The linear concentration range for tartrazine is 0-600 mg / l, "sunset" - 0 - 500 mg / l, ponso - 0-200 mg / dm³, which allows you to apply calculations not only on the calibration schedule, but also on the standard. The content of the dye yellow "sunset" in the drink "Myrinda" was analyzed. The manufacturer of Sandora LLC has a dye content of 80 mg / dm³, which significantly exceeds the permissible recommended dose (30 mg / dm³). The dye content in the drink "Cactus" was analyzed. It was found that in this product the content of ponso dye was equal to 13 mg / dm³, which does not exceed the recommended dose. It was found that the content of the dye "sunset" in the drink "Tarhun" in the manufacturer "Food Food Production Company" fluctuates in the range of 15-30 mg / dm³.

Key words: food additives, synthetic dyes, risks, sausage products, photocolometry.

УДК 66.067.17-986
DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/03>

Мовчанюк О.М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гомеля М.Д.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦЕЛЮЛОЗНИХ МЕМБРАН В УМОВАХ ЗМІНИ ТИСКУ УЛЬТРАФІЛЬТРАЦІЇ

Досліджено вплив робочого тиску в діапазоні 0,2–1,0 МПа, за температури 17°C на швидкість трансмембранного потоку в послідовних циклах навантаження-розвантаження нових целюлозних ультрафільтраційних мембран під час фільтрування дистильованої води в установці з транзитним потоком. Мембрани були виготовлені із водної суспензії хвойної вибіленої сульфатної целюлози та гідрофобізуючої суміші, витрата якої становила 10% від абсолютно сухого волокна.

Було проведено три випробування, кожне з яких відрізнялось максимальним значенням тиску (0,6; 0,8; 1,0 МПа). В межах кожного випробування було проведено три цикли навантаження-розвантаження. Тиск спочатку поступово збільшували (прямий хід), а після досягнення максимального значення знижували (зворотний хід). У першому і другому циклах здійснювалося часткове розвантаження (до 0,2 МПа).

Визначено особливості залежностей між робочим тиском і швидкістю трансмембранного потоку при частковому розвантаженні раніше навантаженого зразка мембрани і наступним новим навантаженням до тієї ж величини. Встановлено, що мембрани є в'язкоеластичними, а отримані деформації їх структури під дією тиску – переважно незворотними, в результаті чого знижується продуктивність мембран. Криві навантаження-розвантаження утворюють петлю гістерезису, що є ознакою пластичних властивостей мембран. Петля гістерезису кожного наступного циклу є нижчою за попередню, що свідчить про переважну незворотність деформацій структури мембрани. У першому циклі кожного випробування площа петлі гістерезису є найбільшою, що означає більшу усадку мембрани під дією тиску на початку її експлуатації. В третьому циклі площа петлі була найменшою. У разі збільшення значення максимального тиску зростає відносне зниження швидкості трансмембранного потоку на кожному наступному циклі порівняно з першим. Найбільш суттєвим є вплив на продуктивність за тиску 0,8 і 1,0 МПа. За результатами досліджень отримано математичні моделі.

Отримані результати допоможуть визначити область використання мембран та умови їх експлуатації, а також цілеспрямовано змінювати їх структуру для забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик.

Ключові слова: целюлозна мембрана, ультрафільтрація, робочий тиск, швидкість трансмембранного потоку, петля гістерезису, структура мембрани, усадка.

Постановка проблеми. Сучасні мембранні процеси є високоселективними, енергетично низьковитратними, простими з погляду апаратурного оформлення, не мають негативних впливів на навколишнє середовище. Найбільш використовуваними є баромембранні процеси, рушійною силою яких є різниця тисків [1, с. 65–67].

Найбільш важливими характеристиками напівпроникних пористих мембран є загальна пористість і радіус пор, які визначають їх продуктивність і селективність. Для отримання цих характеристик застосовуються різні теоретичні методи, проте всі вони дають лише приблизну

картину, що іноді значно відрізняється від реальної [1, с. 73]. Тому дослідження роботи мембран експериментальними методами є важливим складником їх тестування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретично об'ємний потік, що проходить крізь ультрафільтраційну мембрану, є прямо пропорційним до тиску, що прикладається. Константа проникності включає в себе всі види структурних факторів. Для ультрафільтраційних мембран величина константи проникності складає близько $0,1 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ добу бар})$ для щільних і близько $10 \text{ м}^3 / (\text{м}^2 \text{ добу бар})$ для більш відкритих мембран [2, с. 293].

Однак реальні показники процесу відрізняються від теоретичних навіть у разі ультрафільтрації розчинників і досить розбавлених розчинів. Річ у тім, що в робочому стані, коли мембрани піддаються впливу тиску, процес фільтрації супроводжується ефектом «усадки» мембран, в результаті якого їх проникність знижується [3, с. 86–87; 4, с. 1035; 5, с. 12; 6]. На це також накладається ефект взаємодії розчинника з матеріалом мембрани. Таких складностей можна значною мірою уникнути в результаті підбору відповідних умов їх роботи, однак повністю виключити можливість їх прояву вдасться не завжди. Разом з тим, використовуючи такий прийом, як підвищення тиску, можна деякою мірою незворотною чином міняти первісну структуру пластичних мембран і як наслідок цього – частково їх основні властивості [3, с. 86–87].

Сучасні уявлення, що лежать в основі капілярно-фільтраційної моделі механізму напівпроникності, дозволяють зробити висновок про можливість отримання пористих селективних мембран для ультрафільтрації практично з будь-якого ліофільного матеріалу. Найбільше застосування отримали полімерні мембрани [7, с. 47–48].

У результаті дії високого тиску на полімерний матеріал спостерігаються значні остаточні деформації. Такі властивості полімерів називають в'язкоеластичними. Дослідження показали, що в'язкоеластичні властивості характерні і для ацетатцелюлозних мембран: у разі зняття тиску мембрана не повертається у вихідне становище. Усадка структури мембрани з плином часу, що особливо помітно в перші часи роботи, знижує її проникність і підвищує селективність. Через добу після зняття тиску характеристики мембрани не відновлюються до вихідних [7, с. 177].

Аналіз отриманих даних автора [7, с. 177] показав, що як критерій, що характеризує в'язкоеластичні властивості мембрани, а відтак і строк її служби, можна прийняти площу петлі гістерезису, що описується кривою залежності швидкості трансмембранного потоку від робочого тиску за послідовного збільшення тиску від нуля до деякого значення, а потім зміни тиску у зворотній послідовності.

Петлі гістерезису є емпіричними залежностями, які відображають реакцію матеріалу мембрани на зовнішні силові впливи і в цьому відношенні мають феноменологічний характер. Петлі гістерезису прийнято вважати природною властивістю реагування матеріалу на зміни за величиною зовнішні навантаження. Утворюються петлі гістерезису під час

досягнення рівня напружень, за яких відбуваються пластичні деформації [8, с. 1].

Петлі гістерезису для мембран з більш жорсткою структурою мають менші площі. Для таких мембран характерна більш висока стійкість у роботі. Більші площі петель гістерезису свідчать про швидке зниження проникності мембрани [7, с. 178].

Усадка мембрани може бути зворотною і незворотною. Незворотність усадки зумовлена змінами макроскопічної структури мембрани [9, с. 265]. Оборотноість усадки пов'язана з процесами, що протікають на всіх рівнях організації структурних мембран, а також з відповідною зміною стану розчинника в порах.

Кількість води, що відрізняється за властивостями і зазвичай називається зв'язаною, визначається хімічною природою мембранного матеріалу і, що не менш важливо, зовнішніми чинниками (тиском і температурою). Тому підвищення тиску сприяє збільшенню частки зв'язаної води, що характеризується більш високою в'язкістю. Це також призводить до того, що навіть за відсутності ефектів усадки структури мембрани може знижуватися її проникність [3, с. 167].

Дослідження [3, с. 167–168] роботи ультрафільтраційних ацетатцелюлозних мембран УАМ-100, УАМ-150, УАМ-200, УАМ-300 і УАМ-500 показали, що із підвищенням тиску різко знижується коефіцієнт гідравлічної проникності води, що свідчить про усадку структури мембрани. Автори дійшли висновку, що виявлене істотне зменшення загальної пористості і товщини цих анізотропних мембран зумовлено ущільненням крупнопористого підтримувального шару. Часткова незворотність утворених деформацій, а також зміна складу води в порах мембрани і призвели до суттєвого зниження проникності мембран.

За рівного середнього радіусу пор мембрана, що має більшу пористість, характеризується відповідно більшим коефіцієнтом гідравлічної проникності. Малоймовірно, щоб довжина пор при цьому зменшувалася, тому можна вважати, що під час усадки мембрани пори стають більш звивистими. Слід зазначити, що у разі найбільш тонкопористих мембран коефіцієнт гідравлічної проникності води зменшується приблизно в стільки ж разів, у скільки загальна пористість, а у крупнопористих мембран зниження цього коефіцієнта є більшим [3, с. 167–168].

Крім того, під час обробки ультрафільтраційних мембран дуже високими тисками можуть з'являтися мікротріщини в активному шарі, що сприяє різкому погіршенню їх напівпроникних властивостей [3, с. 168].

Аналіз раніше проведених досліджень демонструє суттєвий вплив робочого тиску на структуру полімерних мембран і, як результат, – на їх продуктивність. Але залежно від матеріалу і способу виготовлення мембран ступінь цього впливу може бути різним. Отже, оцінювати ступінь зміни структури мембрани під дією тиску необхідно для всіх мембран, що виготовлені з нових матеріалів або новими способами. Це надалі дозволить визначити сферу використання мембран та умови їх експлуатації, цілеспрямовано змінювати структуру мембран задля досягнення необхідних експлуатаційних характеристик, а врешті-решт – забезпечити оптимальні параметри роботи баромембранної установки.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження впливу змінного робочого тиску у послідовних циклах навантаження-розвантаження на швидкість трансмембранного потоку нових целюлозних ультрафільтраційних мембран під час фільтрування дистильованої води.

Виклад основного матеріалу. Для дослідження було виготовлено лабораторні зразки целюлозних мембран, масою 1 м² 80 г, за методикою [10, 11]. Композиція матеріалу мембрани складалася з хвойної вибіленої сульфатної целюлози та гідрофобізуючої суміші LPM–1,7/2, витрата якої становила 10% від абсолютно сухого волокна.

Дослідження проводили на установці з транзитним потоком за температури 17°C. Зміна тиску відбувалася в діапазоні від 0 до 1,0 МПа. Було проведено три випробування, кожне з яких відрізнялось максимальним значенням тиску (0,6; 0,8; 1,0 МПа). В межах кожного випробування було проведено три цикли навантаження-розвантаження. Тиск спочатку поступово збільшували (прямий хід), а після досягнення максимального значення тиску – знижували (зворотний хід).

У першому і другому циклах здійснювалося часткове розвантаження (до 0,2 МПа). Через кожні 0,2 МПа (0,1 МПа для випробування з максимальним тиском 0,6 МПа) фіксували об'єм перміату, що був отриманий за 10 хв, і розраховували швидкість трансмембранного потоку. Результати досліджень представлено на рис. 1.

Під час дослідження відразу стало зрозуміло, що виготовлені ультрафільтраційні мембрани не є пружними, і процес їх стиснення є переважно незворотним. Попри тривалість циклу та максимальне значення тиску у циклі, швидкість трансмембранного потоку з кожним наступним циклом зменшується, що можна пояснити зменшенням розміру пор мембрани під дією тиску та її загальної пористості. Відносне зниження питомої продуктивності за максимального робочого тиску з кожним циклом навантаження-розвантаження для всіх проведених випробувань наведено у таблиці 1.

З таблиці 1 видно, що найбільше зниження швидкості трансмембранного потоку (56,7%) відбувається в III-му циклі навантаження за тиску 1,0 МПа.

У підсумку можна сказати, що в результаті проведених досліджень було встановлено наступне.

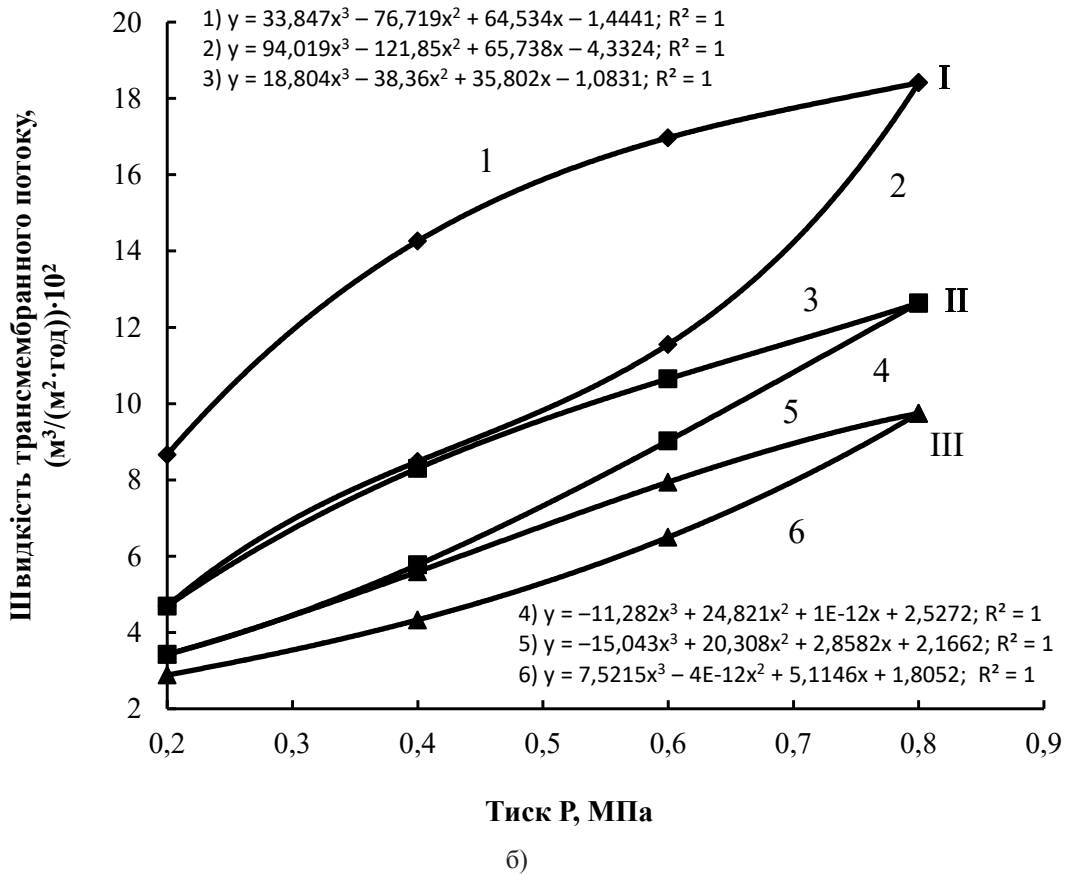
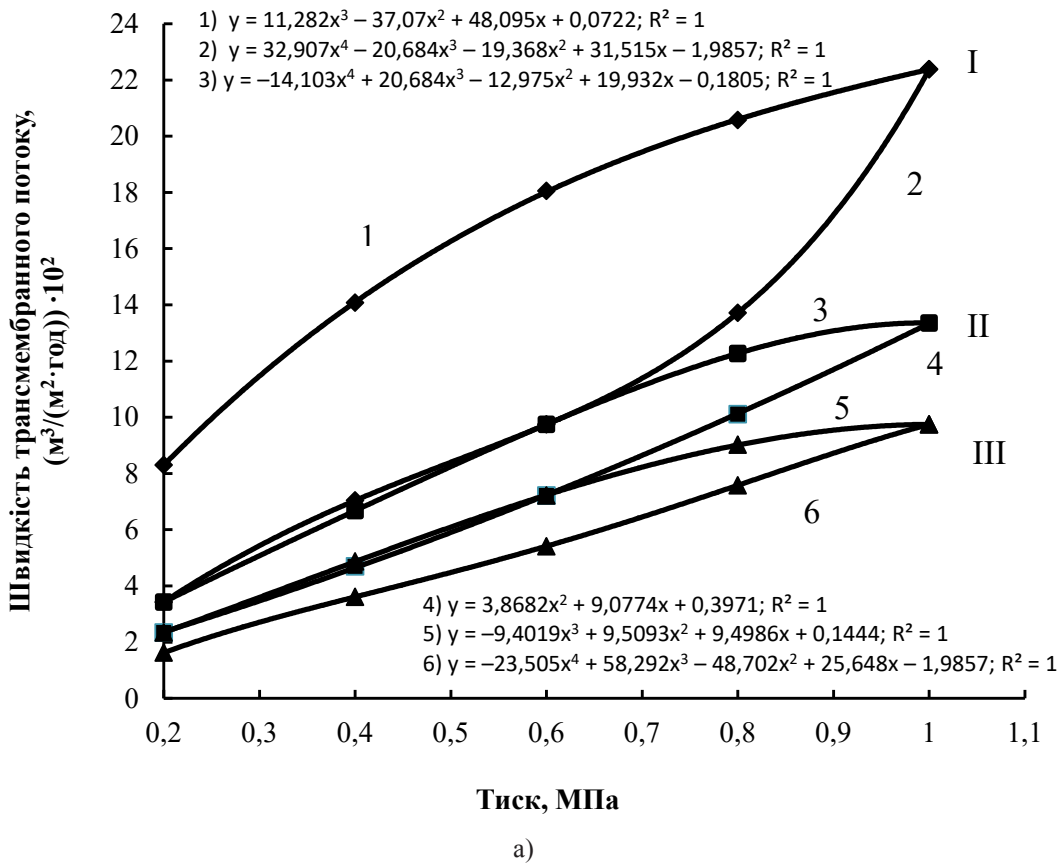
1. У разі випробування в умовах напруженого стану (на стиснення) навантаження целюлозних мембран в першому циклі характеризується залежністю між робочим тиском p процесу ультрафільтрації і швидкістю трансмембранного потоку $\gamma_1 = f_1(p)$, яка в дослідженому діапазоні тиску не є лінійною. Розвантаження мембран визначається новою функцією $\gamma_2 = f_2(p)$, яка також є нелінійною і не збігається з функцією $\gamma_1 = f_1(p)$.

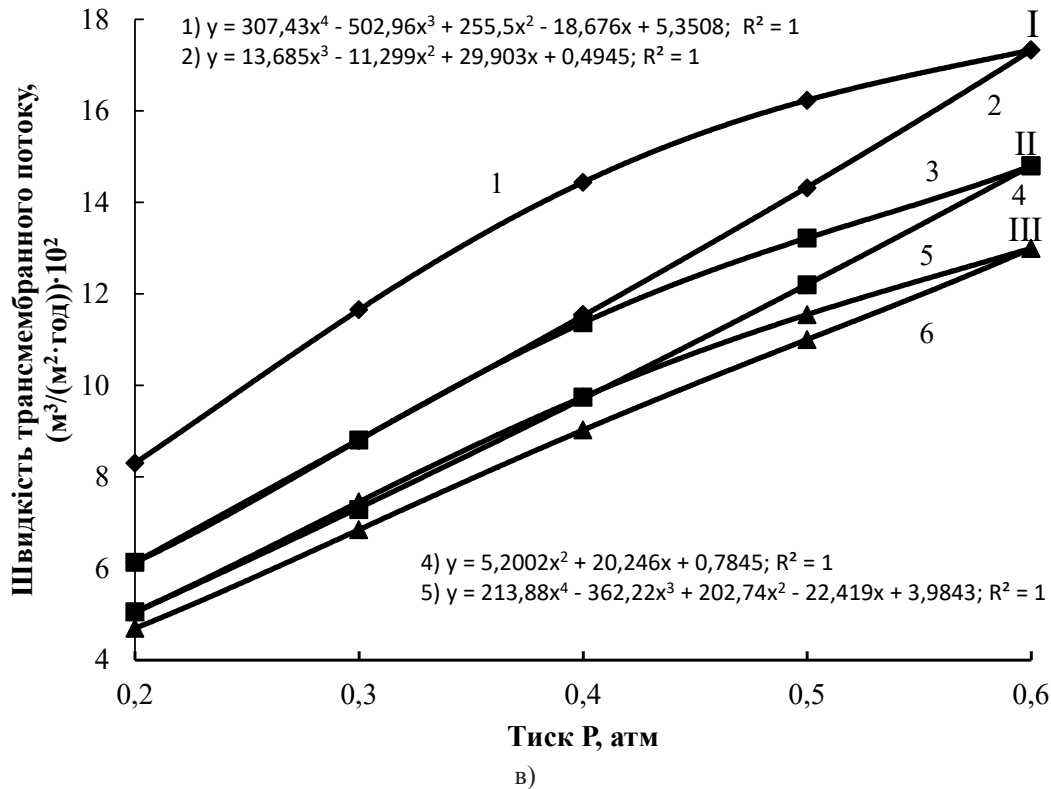
2. Під час повторного циклу нова гілка навантаження не збігається з попередньою гілкою розвантаження, залежність між робочим тиском і швидкістю трансмембранного потоку знову визначається новою функцією $\gamma_3 = f_3(p)$.

Таблиця 1

Відносне зниження швидкості трансмембранного потоку

Максимальне значення тиску у циклі, МПа	Номер циклу	Питома продуктивність за максимального тиску, (м ³ /(м ² ·год))·10 ²	Відносне зниження питомої продуктивності за максимального тиску, %
1,0	I	22,4	–
	II	13,4	40,2
	III	9,7	56,7
0,8	I	18,4	–
	II	12,6	31,5
	III	9,7	47,3
0,6	I	17,3	–
	II	14,8	14,5
	III	13,0	24,9





I, II, III – цикли навантаження-розвантаження;
 1, 3, 5 – підвищення тиску (прямий хід); 2, 4, 6 – зниження тиску (зворотний хід)
Рис. 1. Залежність швидкості трансмембранного потоку від робочого тиску за максимального значення тиску 1,0 (а), 0,8 (б), 0,6 (в) МПа

3. Утворений гілками навантаження-розвантаження криволінійний сегмент утворює так звану петлю гістерезису [8, с. 1], що є ознакою в'язкоеластичних властивостей матеріалу мембран.

4. Петля гістерезису кожного наступного циклу є нижчою за попередню, що свідчить про переважну незворотність деформацій структури мембрани. При цьому деформації піддається, ймовірно, саме макроструктура мембрани.

5. У першому циклі кожного випробування площа петлі гістерезису є найбільшою, що означає більшу усадку мембрани під дією тиску на початку експлуатації мембрани. В третьому циклі площа петлі була найменшою.

6. За збільшення значення максимального тиску випробування зростає відносно зниження швидкості трансмембранного потоку на кожному наступному циклі порівняно з першим. За того

ж значення тиску швидкість трансмембранного потоку в кожному наступному циклі знижується, що свідчить про суттєву усадку мембрани.

Висновки. Таким чином, досліджені целюлозні мембрани виявилися в'язкоеластичними, а деформації їх структури під дією робочого тиску – переважно незворотними, в результаті чого знижується проникність мембран. Найбільш суттєвий вплив робочого тиску на продуктивність мембран зафіксовано для максимальних його значень. За тиску 1,0 МПа на третьому циклі навантаження швидкість трансмембранного потоку знижується на 56,7%.

Подальші дослідження планується провести у напрямку вивчення впливу постійного тиску на продуктивність мембран впродовж тривалого часу, з визначенням періоду стабілізації їх експлуатаційних характеристик.

Список літератури:

1. Колзунова Л.Г. Баромембранные процессы разделения: задачи и проблемы. *Вестник ДВО РАН*. 2006. № 5. С. 65–76.
2. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. Москва : Мир. 1999. 513 с.
3. Брык М.Т., Цапюк Е.А. Ультрафильтрация. Киев : Наукова думка, 1989. 288 с.
4. R. Ramli, N. Bolong. Effects of pressure and temperature on ultrafiltration hollow fiber membrane in mobile water treatment system. *Journal of Engineering Science and Technology*. 2016. Vol. 11. № 7. P. 1031–1040.

5. Босак В. З., Бурбан А. Ф., Вакулюк П. В., Стадний І. А., Сіжук О. В. Формування ультрафільтраційних полісульфонових мембран та дослідження їхніх властивостей. 2006. *Магістеріум*. Вип. 24. Хімічні науки. С 9–13.
6. Kitpati, S. Pilot scale experimental investigation of membrane filtration for water and wastewater reuse. Asian Institute of Technology. 2001.
7. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. Москва : Химия, 1978. 352 с.
8. Мороз А.И., Репников Л.Н. Анализ причин образования петель гистерезиса. 2002. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-prichin-obrazovaniya-petel-gisterezisa/viewer> (Дата звернення: 14.05.2020).
9. Хванг С.Т., Каммеймейер К. Мембранные процессы разделения. Москва : Химия, 1981. 463 с.
10. Гомеля М.Д., Мовчанюк О.М. Фільтрувальний матеріал для баромембранного очищення води. Вісник НТУУ «КПІ». Серія "Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження". 2014. № 1(12). С. 45–51.
11. Мовчанюк О.М., Гомеля М.Д., Рябчук І.В. Вологоміцний фільтрувальний матеріал : пат. 106564 Україна : МПК (2016.01) B01D 39/00, D21H 27/08 (2006/01), D21H 27/28 (2006/01). № u201511620 ; заявл. 24.11.2015., опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8.

Movchaniuk O.M., Gomelya N.D. PERFORMANCE OF CELLULOSE MEMBRANES IN THE CONDITIONS OF CHANGE OF ULTRAFILTRATION PRESSURE

The influence of the working pressure in the range of 0.2–1.0 MPa, at a temperature of 17°C, on the transmembrane flow rate in successive loading and unloading cycles of new cellulose ultrafiltration membranes during the filtration of distilled water in a transit flow installation was studied. The membranes were made of an aqueous suspension of coniferous bleached sulphate cellulose and a water-repellent mixture, the consumption of which was 10% of the completely dry fiber.

Three tests were performed, each of which differed in the maximum value of pressure (0.6; 0.8; 1.0 MPa). Three load-unload cycles were performed within each test. The pressure was first gradually increased (forward stroke), and after reaching the maximum value was reduced (reverse stroke). In the first and second cycles, partial unloading (up to 0.2 MPa) was performed.

The peculiarities of the dependences between the working pressure and the transmembrane flow rate at partial unloading of the previously loaded membrane sample and the subsequent new load up to the same value are determined. Membranes have been found to be viscoelastic, and the resulting deformations of their structure under pressure are mostly irreversible, resulting in reduced membrane performance. The load-unload curves form a hysteresis loop, which is a sign of the plastic properties of the membranes. The hysteresis loop of each subsequent cycle is lower than the previous one, which indicates the predominant irreversibility of deformations of the membrane structure. In the first cycle of each test, the area of the hysteresis loop is the largest, which means more shrinkage of the membrane under the action of pressure at the beginning of its operation. In the third cycle, the area of the loop was the smallest. As the value of the maximum pressure increases, the relative decrease in the transmembrane flow rate increases with each subsequent cycle compared to the first. The most significant is the effect on performance at pressures of 0.8 and 1.0 MPa. According to the research results, mathematical models are obtained.

The obtained results will help to determine the area of use of membranes and conditions of their operation, as well as purposefully change their structure to ensure the required performance characteristics.

Key words: cellulose membrane, ultrafiltration, working pressure, transmembrane flow rate, hysteresis loop, membrane structure, shrinkage.

УДК 54.062:661.185

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/04>**Пилипенко Т.М.**

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Єфімова В.Г.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Кузьменко А.Б.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ДЕЗОДОРУЮЧИХ КОСМЕТИЧНИХ ПРОДУКТІВ

Дезодоруючі косметичні продукти, антиперспіранти – це косметичні засоби, призначені для усунення неприємних для людини запахів, викликаних потовиділенням, що запобігають виділенню поту.

У статті проведено аналіз композиційних складників дезодоруючих косметичних продуктів, які мають спільне призначення і згідно з рекламою та етикеткою пакування виконують однакову дію на шкіру. Досліджено косметичні продукти, представлені на споживчому ринку України:

– Кремовий дезодорант-антиперспірант “Secret Key Platinum Power Delicate Antiperspirant Deodorant” (Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxydrex GLY, Dimethicone, Tribehenin, C18-36 Acid Triglyceride, Parfum, Hexyl Cinnamal, Hydroxycitronellal, Linalool, Limonene, Benzyl Salicylate, Geraniol, Citronellol – склад, зазначений на пакуванні) – дорожчий косметичний продукт.

– Дезодорант-стік «Защита от запаха и влаги. Чистая Линия» (Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxydrex GLY, Stearyl Alcohol, C12-C15 Alkyl Benzoate, PPG-14 Butyl Ether, Hydrogenerated Castor Oil, Parfum, Dimethicone, Polyethylene, Helianthus Annuus Seed Oil, Savlia Officinalis Leaf Extract, Steareth-100, ВТН, Tocopheryl Acetate, Propylene Glycol, Sorbitol, Citric Acid, Hexyl Cinnamal, Limonene, Linalool – склад, зазначений на пакуванні) – дешевіший косметичний продукт.

Спільними композиційними складниками дезодоруючих косметичних продуктів є Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxydrex GLY, Dimethicone, Hexyl Cinnamal, Limonene, Linalool.

За аналізом композиційних складників досліджених дезодоруючих продуктів у них виявлено не дуже корисні компоненти (бензил саліцилат, диметикон, ліналоол, поліетилен, гексил циннамал, стеариловий спирт, гідроксицитронеллаль), небезпечні для алергіків та людей з чутливою шкірою.

Аналіз більшої частини складників досліджених дезодоруючих косметичних продуктів показав, що їх компоненти, які відповідають за виконання функції дезодоранту, є ідентичними. Солі алюмінію – «діюча речовина» в обох косметичних продуктах. Усі інші складники додані з метою покращення зовнішнього вигляду та споживчих властивостей засобів. Косметичний продукт «Чиста лінія» містить більше речовин, які доглядають за шкірою (рослинні олії, екстракт шавлії, вітамін Е), але водночас має токсичний наповнювач – поліетилен. Обидва засоби випускаються у стіках, більш дорожчий засіб має кремову текстуру. Запах досліджених засобів приємний. «Чиста лінія» обіцяє 48 годин захисту, але наші дослідження, як споживачів, спростовують це твердження виробника. Взимку його використовувати краще, адже з більш інтенсивним потовиділенням він працює гірше. Якісніше свою функціональну дію виконує антиперспірант “Secret Key Platinum Power Delicate Antiperspirant Deodorant”.

За органолептичними випробуваннями досліджені дезодоруючі косметичні продукти можна рекомендувати до використання, проте вони не рекомендовані для використання алергіками та людьми з чутливою шкірою.

Ключові слова: дезодоруючі косметичні продукти, антиперспіранти, порівняльна характеристика, якість, композиційні складники, органолептичні випробування.

Постановка проблеми. На споживчому ринку України сьогодні представлено досить широкий асортимент дезодоруючих косметичних продуктів, антиперспірантів. Аналіз композиційних складників та визначення органолептичних показників таких засобів є важливим етапом під час загального оцінювання їх якості та безпечності використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінювання якості та безпечності використання вітчизняних дезодоруючих косметичних продуктів, антиперспірантів та таких, що імпортуються в Україну, проводять за різними показниками [1; 2]. Особлива увага при цьому приділяється хімічним, мікробіологічним, токсикологічним і клінічним дослідженням. Оцінюють якість та безпечність використання косметичних продуктів різного призначення [3–10].

Постановка завдання. Зважаючи на широкий асортимент дезодоруючих косметичних продуктів, антиперспірантів, представлених на споживчому ринку України, аналіз композиційних складників, проведення органолептичних випробувань таких засобів є необхідним завданням під час оцінювання та порівняння якості й безпечності їх використання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження дезодоруючих косметичних продуктів було відібрано антиперспіранти у вигляді олівця різної цінової категорії:

1) Кремовий дезодорант-антиперспірант “Secret Key Platinum Power Delicate Antiperspirant Deodorant” (КП 1) – дорожчий косметичний продукт.

Склад КП 1, зазначений на пакуванні: Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxy Glycol Dimethicone, Tribehenin, C18-36 Acid Triglyceride, Parfum, Hexyl Cinnamal, Hydroxycitronellal, Linalool, Limonene, Benzyl Salicylate, Geraniol, Citronellol.

2) Дезодорант-стік «Защита от запаха и влаги. Чистая Линия» (КП 2) – дешевший косметичний продукт.

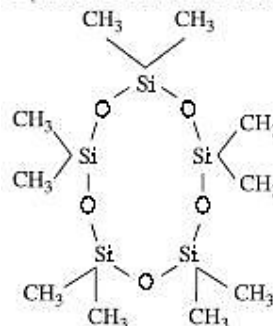
Склад КП 2, зазначений на пакуванні: Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxy Glycol, Stearyl Alcohol, C12-C15 Alkyl Benzoate, PPG-14 Butyl Ether, Hydrogenerated Castor Oil, Parfum, Dimethicone, Polyethylene, Helianthus Annuus Seed Oil, Savlia Officinalis Leaf Extract, Steareth-100, BTH, Tocopheryl Acetate, Propylene Glycol, Sorbitol, Citric Acid, Hexyl Cinnamal, Limonene, Linalool.

Органолептичні випробування досліджуваних косметичних продуктів проводили відповідно до стандартизованих методик [1].

Характеристика основних композиційних складників досліджених косметичних продуктів наведена нижче.

Cyclopentasiloxane.

Циклопентасилоксан (D5)



Циклопентасилоксан – синтетичний полімер, легкий силікон низької в’язкості. Має циклічну структуру будови. Джерелом отримання циклопентасилоксану, як і більшості силіконів, є метанол та силіцій (IV) оксид. Шляхом складної хімічної реакції з них отримують дуже схожу на воду рідину, безбарвну, прозору, практично без запаху, не жирну, текучу. Компонент належить до силіконів, емульгаторів, кондиціонерів. Ефективний для будь-якого типу шкіри. Фактор небезпеки – низький [2]. Циклопентасилоксан є спеціальним інгредієнтом для приготування емульсій типу «вода в силіконі» і складніших – «вода в силіконі у воді» з високими естетичними параметрами. Дає стабільність силіконовим емульсіям, гнучкість під час виробництва та розробки косметичних рецептур. Переносник як полярних, так і неполярних інгредієнтів, особливо жиророзчинних, чутливих до води інгредієнтів, наприклад, вітамінів. Властивості циклопентасилоксану, що застосовуються під час виробництва дезодорантів, допомагають рівномірно розподілити по шкірі косметичний продукт, роблять жирні рослинні олії більш легкими, текучими і сприяють їх всмоктуванню в шкіру; за рахунок дрібних молекул легко розноситься по шкірі разом із кремом або олією, забезпечує легке ковзання, швидко випаровується і не створює плівки на шкірі; не вступає в реакції з іншими компонентами косметики, не окиснюється і має високу стабільність у засобі.

Застосування косметики з циклопентасилоксаном небажано для людей, які хворіють на бронхіальну астму, під час загострення алергії, однак у складі антиперспіранту як стіка цей компонент є досить безпечним [2].

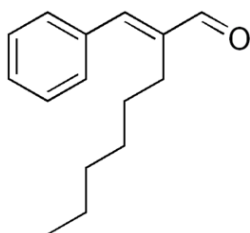
Aluminium Zirconium Tetrachlorohydrate GLY.

Алюміній-цирконій тетрахлоргідрексліцин – гігроскопічна сполука, що використовується в багатьох антиперспірантах. Характеризується в'язучою дією, звужує пори шкіри і канали потових залоз, у результаті чого скорочується обсяг потовиділення. Безводний алюміній-цирконій тетрахлоргідрексліцин має дві основні функції як антиперспірант. По-перше, алюміній утворює гель, який забиває велику кількість пор шкіри, що знижує потовиділення. По-друге, алюміній-цирконій тетрахлоргідрексліцин вбирає той піт, виділення якого не було попереджено першою дією [2]. Припускають, що алюміній-цирконій тетрахлоргідрексліцин не всмоктується через шкіру, так само легко, як й інші сполуки алюмінію, а отже, токсичний ефект від використання цієї речовини може бути нижчим, ніж під час використання інших сполук алюмінію. З потім алюміній-цирконій тетрахлоргідрексліцин може залишати на одязі плями жовтуватого кольору. У натуральних дезодорантах його замінюють на алюмо-калієвий галун, молекула якого має негативний іонний заряд і проникати через клітинну мембрану не може. Отже, контакту з організмом немає. Без запаху, характеризується антибактеріальною дією, створюючи особливу плівку. Потовиділення при цьому не блокується. Протипоказань для його використання немає. Позбавлений будь-яких токсичних або алергічних властивостей [2].

Dimethicone.

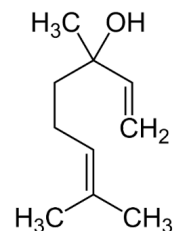
Диметикон є одним із найпопулярніших силіконів у косметиці. Це синтетичний полімер, призначений для пом'якшення шкіри, створення захисної плівки, що надає їй гладкість і шовковистість. Використовується в косметичних засобах як компонент, що покращує структуру та взаємосумісність різних інгредієнтів [8]. Має м'яку захисну дію на шкіру. Оптично прозорий, вважається інертним, нетоксичним компонентом. Проте забиває пори і не дає шкірі дихати. Диметикон, як й інші силікони, заборонені в натуральній та органічній косметиці, тому що, крім свого синтетичного походження, вони ще й забруднюють навколишнє середовище, не розкладаючись протягом довгих років [2].

Hexyl Cinnamal (Hexyl Cinnamaldehyde).



Гексил циннамал ($C_{15}H_{20}O$) – прозора рідина, колір від блідо-жовтого до жовтого. Надає косметичним продуктам запаху ромашки (в ефірному маслі ромашки його особливо багато). Не розчиняється у воді, але розчинний в оліях. Є алергеном класу В (помірний алерген) [2]. Може викликати роздратування за концентрацій, які перевищують допустимі. Гексил циннамал ніде не заборонений, але його використання суворо регламентовано, що є звичайною практикою для ароматизаторів [7; 8].

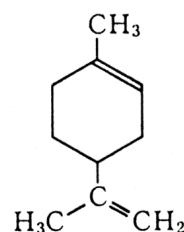
Linalool.



Ліналоол (3,7-диметил-1,6-октадієн-3-ол) – речовина, що належить до групи терпенових спиртів. Особливість терпеноїдів, і зокрема ліналоола, в тому, що ці органічні сполуки часто зустрічаються в рослинах, беруть активну участь в обмінних процесах, але при цьому дуже мінливі та легко трансформуються під дією повітря, світла або водяної пари.

Ліналоол можна знайти в оліях, одержуваних із багатьох видів рослин, при цьому ізомери ліналоола можуть характеризуватися різними квітковими ароматами, що робить ліналоол незамінним ароматизатором для парфумерної та косметичної промисловості. До того ж ліналоол дуже дешевий і його легко виробляти. Швидко окиснюється під дією кисню і жирних кислот, при цьому утворюються хімічні сполуки, здатні викликати алергію. Антиоксиданти, що входять до складу косметики, уповільнюють окиснення ліналоола, але алергенні оксиди ліналоола все одно утворюються, якщо порушений температурний режим зберігання косметики або герметичність її упаковки, а особливо якщо перевищено термін придатності. Може викликати алергію [2].

Limonene.



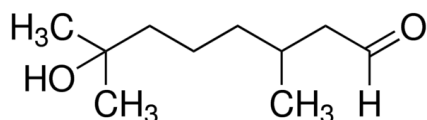
Лимонен надає свіжий, легкий цитрусовий або хвойний аромат косметичним продуктам. Чудово розчиняє жири, а тому використовується у виробництві косметичних продуктів як нешкідлива альтернатива спиртам. Лимонен ефективно бореться з грибковими та бактеріальними мікроорганізмами, допомагає очищати шкіру і запобігає псуванню косметики. Це речовина, що належить до терпенових вуглеводнів.

Лимонен – популярна ароматична віддушка для косметики. Дослідження показали, що лимонен викликає алергію не частіше за інші ароматизатори, в тому числі натурального цитрусового походження [2].

Tribehenin.

Трибехенін – тригліцерид біхенової (C22) кислоти. Являє собою дуже м'який і аморфний віск, може бути використаний для зміни властивостей інших восків шляхом розм'якшення структури та зниження кристалічності й жорсткості. Забезпечує продуктам плавне нанесення і приємні відчуття.

C18-36 Acid Triglyceride.

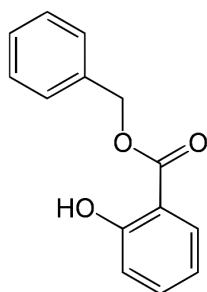


Синтетичний віск, схожий за властивостями на канделільський. Досить тугоплавкий. Надає високу жорсткість стікам. Абсолютно безпечний компонент [2].

Hydroxycitronellal.

Гідроксицитронеллаль – ароматизатор. Має свіжо-квітковий аромат. Є досить сильним алергеном [2].

Benzyl Salicylate.

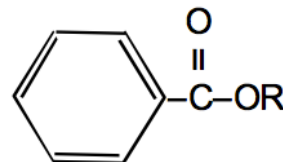


Бензил саліцилат – речовина, внесена до списку речовин, здатних викликати алергічні реакції [2]. Ефір саліцилової кислоти. Характеризується слабким бальзамічним запахом і фіксуючими властивостями.

Stearyl Alcohol.

Стеариловий спирт. Жирний спирт, що використовується як пом'якшуючий компонент, емульгатор. Сприяє консервації інших інгредієнтів у складі косметичного засобу. Є безпечним, проте викликає алергію у разі індивідуальної чутливості [2].

C12-C15 Alkyl benzoate.



Абсолютно безпечний компонент під час використання за призначенням. Це суміш синтетичних спиртів. Виконує роль емульгатора, загущувача. Може використовуватися як розчинник, фіксатор аромату, знижує відчуття жирності засобу [7].

PPG-14 Butyl Ether.

Бутиловий Ефір Поліпропілен гліколь-14. Використовується як корисна добавка до косметичних композиційних складів. Емомент, розроблений для твердих стіків. Не залишає плям. Може використовуватися для зниження липкості [8].

За аналізом більшої частини складників досліджених дезодоруючих продуктів, наявні у них компоненти, які відповідають за виконання функції дезодоранту, є ідентичними. Солі алюмінію – «діюча речовина» в обох косметичних продуктах. Усі інші складники додані з метою покращення зовнішнього вигляду та споживчих властивостей засобів. «Чиста лінія» містить більше речовин, що доглядають за шкірою (рослинні олії, екстракт шавлії, вітамін Е), але водночас має токсичний наповнювач, поліетилен [2]. Обидва продукти випускаються у стіках, проте більш дорожчий засіб має кремову текстуру. Запах досліджених косметичних продуктів приємний. «Чиста лінія» обіцяє 48 годин захисту, але наші дослідження, як споживачів, спростовують це твердження виробника. Взимку його використовувати краще, адже з більш інтенсивним потовиділенням він працює гірше. Якісніше свою функціональну дію виконує антиперспірант “Secret Key Platinum Power Delicate Antiperspirant Deodorant”.

Таким чином, результати органолептичних випробувань засобів КП 1 і КП 2 можна вважати задовільними [1]. Спільні композиційні складники дезодоруючих косметичних продуктів – Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxydrex GLY, Dimethicone, Hexyl Cinnamal, Limonene, Linalool.

Висновки. За аналізом композиційних складників досліджених дезодоруючих косметичних продуктів, представлених на споживчому ринку України, у них виявлено не дуже корисні компоненти (бензил саліцилат, диметикон, ліналоол, поліетилен, гексил циннамал, стеариловий спирт,

гідроксицитронеллаль), небезпечні для алергіків та людей з чутливою шкірою.

Встановлено, що за органолептичними випробуваннями дезодоруючі косметичні продукти можна рекомендувати до використання, проте не бажано алергікам та людям з чутливою шкірою.

Список літератури:

1. ДСТУ 5009:2008. Вироби парфумерно-косметичні. Правила приймання, відбирання проб, методи органолептичних випробувань. Київ, 2009. Держспоживстандарт України. 4 с.
2. Суворов А.В. Справочник по клинической токсикологии. Нижний Новгород : Изд-во НГМА, 1996. 180 с.
3. Вишнікіна О.В., Лихолат О.А. Хімічна експертиза якості косметичних засобів, що імпортуються в Україну. *Вісник Академії митної служби України. Серія: Технічні науки.* 2009. № 1. С. 55–62.
4. Хребтань О.Б., Кучинська А.М. Дослідження якості та безпечності косметичних кремів для рук. *Вісник Чернігівського державного технологічного ун-ту. Серія: Технічні науки.* 2012. № 3 (59). С. 55–62.
5. Прокопенко В.П., Кіркова М.С. Дослідження хімічного складу косметичних засобів. *Імідж сучасного педагога.* 2013. № 6. С. 35–36.
6. Пилипенко Т.М., Чигиринець О.Е., Воробйова В.І., Єфімова В.Г. Дослідження фізико-хімічних показників якості піномийних косметичних засобів. *Технічні науки та технології.* 2016. № 1 (3). С. 222–228.
7. Пилипенко Т.М., Рябчун Ю.В., Єфімова В.Г. Дослідження якості косметичних кремів для рук. *Технічні науки та технології.* 2017. № 4 (10). С. 210–216.
8. Єфімова В.Г., Пилипенко Т.М., Нікора О.В., Невпряга П.Ю. Розробка рецептури емульсійного косметичного продукту на основі колоїдних закономірностей. *Технічні науки та технології.* 2018. № 1 (11). С. 178–187.
9. Шендерова Е.С., Толкачева Т.А., Фомичева Н.С. Изучение содержания и стабильности флавоноидов в экстрактах из листьев одуванчика лекарственного. *Сборник трудов конференции «Достижения фундаментальной, клинической медицины и фармации».* Витебск, 23–24 января 2019. С. 268–270.
10. Пилипенко Т.М., Єфімова В.Г., Денисюк І.В. Дослідження фізико-хімічних характеристик косметичних рідин для обличчя. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки».* 2019. Том 30 (69). № 4. Частина 2. С. 67–71.

Pylypenko T.M., Yefimova V.G., Kuzmenko A.B. COMPARATIVE CHARACTERIZATION AND ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DEODORIZING COSMETIC PRODUCTS

Deodorizing cosmetic products, antiperspirants – cosmetic products designed to eliminate unpleasant odors caused by sweating and to prevent sweat.

The article analyzes the composition components of deodorizing cosmetic products that have a common purpose and the same effect on the skin according to the advertising and packaging label. The following cosmetic products presented on the consumer market of Ukraine have been researched:

– *Cream deodorant-antiperspirant “Secret Key Platinum Power Delicate Antiperspirant Deodorant” (Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxydrex GLY, Dimethicone, Tribehenin, C18-36 Acid Triglyceride, Parfum, Hexyl Cinnamal, Hydroxycitronellal, Linalool, Limonene, Benzyl Salicylate, Geraniol, Citronellol – the composition indicated on the label) – the cosmetic product with a higher price.*

– *Deodorant stick “Protection against odor and moisture. Clean Line” (Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxydrex GLY, Stearyl Alcohol, C12-C15 Alkyl Benzoate, PPG-14 Butyl Ether, Hydrogenerated Castor Oil, Parfum, Dimethicone, Polyethylene, Helianthus Annuus Seed Oil, Savlia Officinalis Leaf Extract, Steareth-100, BTH, Tocopheryl Acetate, Propylene Glycol, Sorbitol, Citric Acid, Hexyl Cinnamal, Limonene, Linalool – the composition indicated on the label) – the cosmetic product with lower price.*

Common components of both cosmetic products are Cyclopentasiloxane, Aluminium Zirconium Tetrahydroxydrex GLY, Dimethicone, Hexyl Cinnamal, Limonene, Linalool.

The analysis of the composition of previously mentioned deodorizing products revealed not very useful components (benzyl salicylate, dimethicone, linalool, polyethylene, hexyl cinnamal, stearyl alcohol, hydroxycitronellal), which are dangerous for people with allergies and sensitive skin.

The analysis of the composition of chosen products showed that the components responsible for deodorizing functions are identical for both cosmetic products. Aluminum salts are the “active ingredient” in both cosmetic products. The rest of the components were added to enhance the appearance and consumption properties of the products. The “Clean Line” cosmetic product contains more skincare products (vegetable oils, sage extract,

vitamin E), but at the same time has a toxic polyethylene filler. Both deodorants are produced as sticks, but the more expensive product has a creamy texture. The odor of both cosmetic products is pleasant. "Clean Line" promises 48 hours of protection, but our consumers research disproves this manufacturer's statement. It is better to use this product in the winter because it doesn't work well with more intensive sweating. The antiperspirant "Secret Key Platinum Power Delicate Antiperspirant Deodorant" performs its functional effect better.

Organoleptic tests proved that both deodorant cosmetic products can be recommended for use, but are not recommended for people with allergies and sensitive skin.

Key words: *deodorizing cosmetic products, antiperspirants, comparative characterization, quality, compositional components, organoleptic tests.*

УДК 621.35

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/05>**Смірнова О.Л.**

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Пилипенко О.І.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Ніконов А.Ю.

Харківська медична академія післядипломної освіти

Мухін З.С.

Харківська медична академія післядипломної освіти

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ПОЛІРУВАННЯ СРІБЛА ТА ЙОГО ЮВЕЛІРНОГО СПЛАВУ 925° У КИСЛИХ ТІОСЕЧОВИННО-ЦИТРАТНИХ РОЗЧИНАХ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СТАЦІОНАРНОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОЛІЗУ

Представлені результати дослідження кінетики електродних реакцій, що перебігають на сріблі та його ювелірному сплаві 925° в кислих тіосечовинно-цитратних розчинах. Такі розчини стабільні в роботі й дають змогу експлуатувати їх упродовж тривалого часу. Анодне розчинення металу відбувається з утворенням комплексної солі типу $Ag(SC(NH_2)_2)_3(C_6H_7O_7)$. Встановлено, що в таких розчинах досягається ефект полірування срібної поверхні, який обумовлений утворенням на поверхні аноду оксидно-сольової плівки, що формується за потенціалів $\geq +0,345$ В. Розчинення срібла відбувається через пасивну плівку, яка сприяє перебіганню анодного процесу переважно на активних ділянках – мікроставпках профілю поверхні. Швидкість розчинення срібла обмежена гальмуванням електродної реакції на стадії дифузії хімічних продуктів, що утворюються, в об'єм електроліту.

На процес полірування срібла впливають поверхнево-активна речовина (далі – ПАР) етиленгліколь, робоча густина струму або потенціал (напруга). Підбрано оптимальне співвідношення концентрацій компонентів розчинів для досягнення максимального ефекту полірування. Встановлено, що електрохімічне полірування може бути ефективним у стаціонарному режимі. Обрані умови проведення процесу ($pH = 3,5-4,5$, $t = 18-25^\circ C$) та режим електролізу ($j_a = 3-4$ $mA \cdot cm^{-2}$, $U = 2-2,4$ В). Розраховано анодний вихід за струмом (80–100%) і питомі втрати металу (10–24 $mg/(dm^2 \cdot xv)$).

Одночасно з анодним процесом на катоді відбувається виділення компактного осаду срібла, що дає змогу підтримувати в розчині постійну концентрацію іонів металу та розв'язати проблему якості продукції й ресурсозбереження. Отримані дані пропонується використовувати для декоративного, функціонального та протикорозійного оброблення срібних поверхонь виробів технічного, ювелірного й медичного (стоматологічного) призначення.

Ключові слова: електрохімічне полірування, срібло, сплав 925°, оксидно-сольова плівка, анодна поляризаційна залежність, дифузійна кінетика, стаціонарний режим електролізу.

Постановка проблеми. Стан поверхні різноманітних виробів зі срібла та його сплавів, відбивна здатність і ступінь блиску мають велике значення для їхніх функціональних і декоративних властивостей, гарного товарного вигляду. Для зменшення шорсткості поверхні й підвищення її відбивної здатності досить перспективним є процес електрохімічного полірування.

Істотним недоліком срібла є його схильність до потемніння в присутності сполук сірки, що призводить до утворення плівки із сульфідів срібла й

погіршення зовнішнього вигляду виробів. Електрохімічне полірування срібла дещо підвищує його стійкість в атмосфері повітря та за безпосереднього контактування з корозійно-небезпечними середовищами.

Як компоненти електролітів для електрохімічного полірування срібла та його сплавів часто застосовують токсичні, екологічно небезпечні речовини, а для досягнення високої якості поверхні зазвичай потрібні високі густини струму, що призводить до підвищених втрат металу.

До істотних недоліків електролітів полірування срібла також можна віднести складність корегування розчинів і їхньої регенерації, використання умов нестационарного електролізу (реверс електричного струму, імпульсний електроліз), а це нерідко обмежує їхнє застосування на практиці.

Тому розробка нетоксичних, високоефективних електролітів для електрохімічного полірування срібла та його сплавів є актуальним завданням. Для здійснення процесу до електролітів полірування висуваються певні вимоги: електроліт повинен забезпечувати утворення на анодах (виробах, що поліруються) в'язкої плівки з великим електричним опором, яка має затримуватися в поглибленнях і сприяти інтенсивному розчиненню виступів; бути стабільним за своїми властивостями в часі; не проявляти агресивної дії на метал, який полірується; мати широкий робочий інтервал густин струму; густина струму й напруга не повинні бути надмірно високими.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Електрохімічне полірування сплавів є темою значної кількості наукових робіт [1–12].

Електрохімічне полірування срібла можна здійснювати в ціанідних або безціанідних розчинах. У першому випадку електроліз проходить в умовах періодичної анодної пасивності. Струм і напруга у ванні періодично змінюються в протилежному напрямку. Виникнення оксидного шару супроводжується зниженням густини струму й підвищенням напруги. Перемішування електроліту або переривання електроживлення прискорюють розчинення оксидної плівки. Тому процес полірування срібла проводять із застосуванням переривчастого струму. Склади деяких ціанідних електролітів для електрохімічного полірування срібла подані в [1, с. 98; 2, с. 138; 3, с. 230; 4, с. 28]. У [5] запропоновано спосіб електрохімічного полірування виробів зі срібла та його сплавів за допомогою анодної обробки імпульсним струмом у водних розчинах, що містять ціанідні солі.

У другому випадку з безціанідних електролітів для електрохімічного полірування срібла можна відзначити склади на основі пірофосфорних і аміачних солей срібла, амонію, натрію й аміаку [1, с. 99; 6, с. 1659; 7], на основі калію кислого фталевокислого й поліетиленполіаміну [1, с. 99]. Відомі склади електролітів на основі борної кислоти й аміаку, а також на основі хлоридної кислоти, етилового спирту й гліцерину [4, с. 29]. Згідно з [8, с. 469; 9, с. 1633; 10, с. 1299] електрохімічне полірування срібла та його сплаву СrМ 925 проводять у водному розчині тіосуль-

фату натрію імпульсним струмом. Для електрохімічного полірування срібла в імпульсному режимі також запропоновано електроліти на основі роданіду калію або натрію, спиртів та інших компонентів [11, с. 2527; 12].

Основними недоліками зазначених електролітів є висока токсичність розчинів (ціанідні й аміачні електроліти) й необхідність застосування перемінного або імпульсного струму, а це створює додаткові технічні складності процесу. Тому усунення цих недоліків шляхом розроблення нового доступного й ефективного електроліту, який не містить токсичних компонентів і дає змогу застосовувати стаціонарний режим електролізу, сприяє поліпшенню технології електрохімічного полірування, підвищенню якості продукції й більш широкому застосуванню цього процесу.

Постановка завдання. Мета роботи – дослідження анодної поведінки срібла та його сплаву 925° в кислих тіосечовинно-цитратних розчинах, розрахунок кінетичних характеристик процесу, визначення й оптимізація параметрів стаціонарного електролізу для розроблення нового електроліту, що дає змогу поліпшити екологічні умови процесу полірування й спростити технологію оброблення срібної поверхні.

Виклад основного матеріалу дослідження.
Методика. Розчини для дослідження готували з хімічно чистих реактивів на дистильованій воді. До складу електролітів входили органічні речовини: ліганди – тіосечовина $CS(NH_2)_2$ і лимонна кислота $C_6H_8O_7$, ПАР – двоатомний спирт етиленгліколь $C_2H_6O_2$. Визначення величини рН розчинів здійснювали за допомогою приладу рН-673М.

Експеримент проводили в електрохімічній комірці ЯСЭ-2 з робочим об'ємом електроліту 100 мл у діапазоні температур 15–25 °С. Як аноди застосовували пластинчасті електроди, виготовлені з чистого срібла (марки Сr 999,9) та його ювелірного сплаву 925° (марки СrМ 925) з робочою площею поверхні 1 см². Як допоміжний електрод використовували платину марки Пл 99,9 з площею поверхні 2 см². Вимірювання потенціалів здійснювали відносно хлоридсрібного електрода порівняння марки ЭВЛ-1М1. Усі значення потенціалів перераховували за водневою шкалою. Вольт-амперні характеристики електродних процесів отримували за допомогою імпульсного потенціостата ПИ-50-1.1. Реєстрований електричний струм при цьому відносили до геометричної поверхні досліджуваного зразка.

Стаціонарний електроліз проводили з застосуванням стабілізованого джерела електричного

струму Б5-46 і прямокутної комірки з робочим об'ємом електроліту 250 мл у діапазоні температур 15–25 °С. Срібні аноди мали робочу площу поверхні 5 см². Як катоди використовували срібні пластини з площею поверхні 50 см². Гравіметричні виміри виконували за допомогою аналітичних ваг ВЛП-200 і CERTUS BALANCE CBA. Морфологію поверхні срібла досліджували за допомогою пристрою ПМТ-3. Вилучення дорогоцінного металу з відпрацьованих розчинів здійснювали методом електролітичного осадження срібла на катоді або методом контактного осадження срібла цинковим порошком.

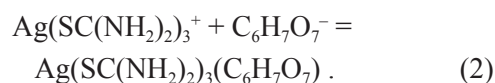
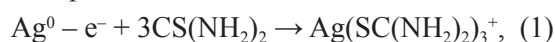
Результати досліджень. Дослідження кінетики анодних реакцій на сріблі в кислих тиосечовинно-цитратних електролітах (далі – КТЦЕ) проводилося в роботах [13–17]. Установлено, що в таких середовищах активне розчинення срібла обумовлено спільною присутністю в розчині тиосечовини й лимонної кислоти [13, с. 155; 14, с. 96]. Тиосечовина утворює з іонами срібла досить стійкі комплексні сполуки $[\text{Ag}(\text{SC}(\text{NH}_2)_2)_3]^+$ з $K_f = 2,1 \cdot 10^{-15,06}$ [18, с. 34]. Лимонна кислота сприяє стабільності розчинів і збільшенню швидкості анодного розчинення срібла. Найбільш оптимальними концентраціями компонентів у розчинах КТЦЕ є такі: 0,1–0,3 М $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ і 0,03–0,1 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, pH = 3,5–4,5. У розчинах з більшою концентрацією таких компонентів срібло є хімічно нестабільним і розчиняється [17, с. 143].

На рис. 1 показано анодні поляризаційні залежності, отримані на сріблі марки Ср 999,9 у розчинах КТЦЕ з різними концентраціями основних компонентів. Стаціонарний потенціал срібного електрода реєструється в діапазоні потенціалів від –0,045 В до +0,04 В. Анодна поляризація срібла призводить до зростання густини струму й послідовного формування на кр. 1–4 трьох характерних ділянок: активного розчинення металу, граничного струму (максимуму) й утворення оксидного шару на поверхні срібного електрода.

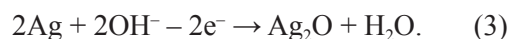
Збільшення концентрації тиосечовини призводить до зсуву потенціалу робочого електрода в зону електро-негативних значень, збільшення анодної поляризації й зростання густини струму. Збільшення концентрації лимонної кислоти сприяє зменшенню поляризації й перенапруги анодної реакції, а також інтенсифікує процес після досягнення граничного струму.

Виникнення граничного струму на залежностях 1–4 (рис. 1) можна пояснити утворенням на поверхні анода оксидно-сольової плівки. Далі, за потенціалів $> +0,8$ В на електроді стає можливим електрохімічне окиснення цитрат-аніонів з утворенням білих пластівчастих продуктів. Але ця реакція є небажаною для процесу електрохімічного полірування срібла.

Аналіз поляризаційних залежностей і довідкових даних [19, с. 125] дає змогу припустити, що анодне розчинення срібла перебігає через іонізацію металу та взаємодію Ag^+ з молекулами тиосечовини з утворенням комплексного катіона срібла $[\text{Ag}(\text{SC}(\text{NH}_2)_2)_3]^+$, який в об'ємі електроліту утворює з цитрат-аніоном $\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7^-$ змішану комплексну сіль за реакціями:



Крім того, за електродних потенціалів понад +0,345 В можливе утворення поверхневого фазового оксиду срібла за реакцією:



Тобто, розчинення срібла відбувається в умовах часткової пасивації його поверхні, що обумовлено формуванням в'язкої оксидно-сольової плівки при взаємодії іонів металу з компонентами розчину КТЦЕ. Це значно ускладнює відведення продуктів анодної реакції в об'єм електроліту та вказує на дифузійний контроль електродної реакції, що повністю узгоджується з висновками, які отримано в роботі [16, с. 141].

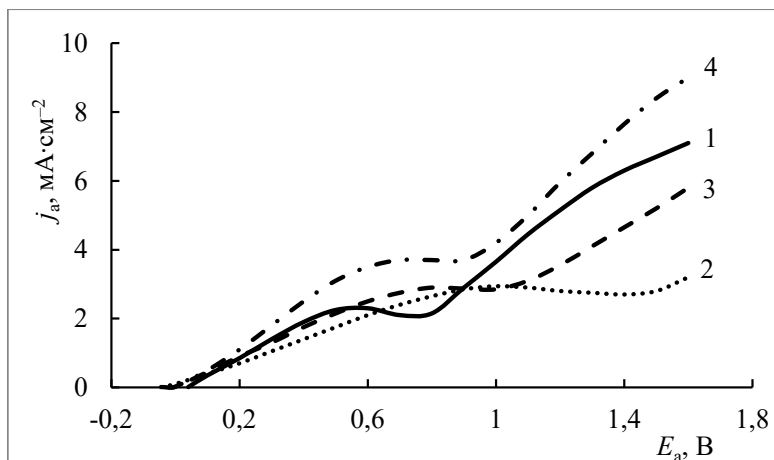


Рис. 1. Поляризаційні залежності, отримані на Ag за $t = 20$ °С і $v_s = 1 \cdot 10^{-2}$ В·с⁻¹: 1 – 0,1 М $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ + 0,1 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$; 2 – 0,2 М $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ + 0,033 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$; 3 – 0,2 М $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ + 0,5 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$; 4 – 0,2 М $\text{CS}(\text{NH}_2)_2$ + 0,1 М $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$

Анодну поведінку срібла марки Ср 999,9 також досліджено в стаціонарних режимах за заданих постійних значень густини струму й потенціалу (рис. 2 і 3). Розчинення срібного електрода в гальваностатичному режимі за $j_a \leq 2 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$ характеризується підтриманням постійного потенціалу (рис. 2). Подальше збільшення густини струму спричинює плавне зростання анодного потенціалу. Це пов'язано зі збільшенням омичного опору в шарі в'язкої плівки, яка формується на поверхні електрода.

В умовах підтримування постійного потенціалу (в зоні активного розчинення та граничної густини струму) струм на електроді в початковий момент досягає максимального значення. Далі встановлюється робоче значення густини струму, яке поступово незначно знижується через зростання електричного опору в шарі оксидно-сольової плівки (рис. 3).

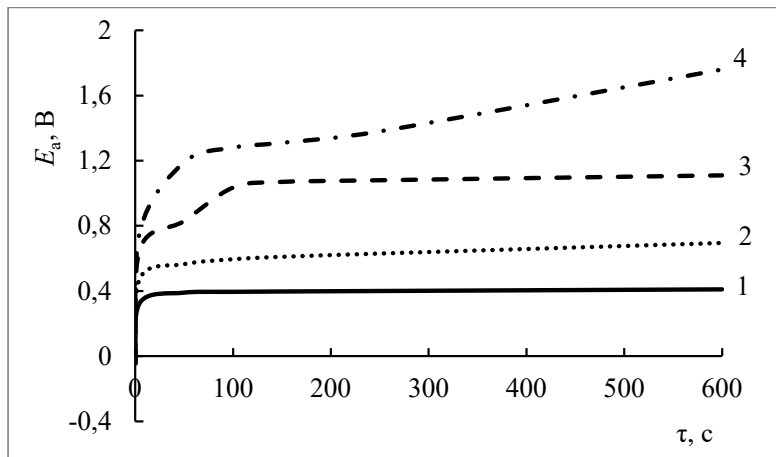


Рис. 2. Хронопотенціограма анодного розчинення срібла в розчині $0,2 \text{ M CS(NH}_2)_2 + 0,033 \text{ M C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, j_a , $\text{mA}\cdot\text{cm}^{-2}$: 1 – 1,5; 2 – 2; 3 – 2,5; 4 – 3

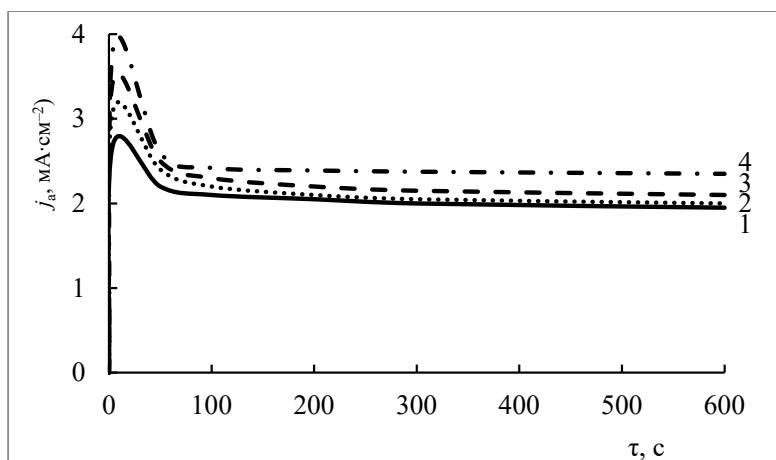


Рис. 3. Хроноамперограма анодного розчинення срібла в розчині $0,2 \text{ M CS(NH}_2)_2 + 0,033 \text{ M C}_6\text{H}_8\text{O}_7$, E_a , В: 1 – 0,6; 2 – 0,7; 3 – 0,8; 4 – 0,9

Аналіз стану поверхні робочого зразка до та після полірування показав, що через 300–600 с поверхня срібла досягає мінімуму шорсткості; з'являється дзеркальний блиск. Недоліком такого процесу є товста плівка жовтого кольору, яку необхідно механічно видаляти з поверхні електрода.

Додавання в розчині КТЦЕ етиленгліколю ($0,25 \text{ M C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) практично повністю усуває цей недолік. Оскільки етиленгліколь є ПАР і створює на поверхні срібла в'язкий адсорбційний шар, зчеплення оксидно-сольової плівки з рельєфом поверхні срібла послаблюється й продукти процесу полірування легко видаляються шляхом промивання зразка (або виробу) в проточній воді. Введення ПАР сприяє зсуву стаціонарного потенціалу срібла в зону позитивних значень на величину $0,015 \text{ V}$.

Як встановлено в ході експерименту, при стаціонарному електролізі в розчинах з етиленгліколем робочі густини струму встановлюються в тих самих межах, що і в розчинах без етиленгліколю, а саме за $j_a = 1,6\text{--}2 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$. Саме в цьому діапазоні густин струму спостерігається ефект електрохімічного полірування й виникає дзеркальний блиск поверхні. Наявність на поверхні анода пасивної плівки сприяє переважному розчиненню металу на ділянках, де плівка найтонша, тобто на мікровиступах профілю. У результаті відбувається суттєве зниження шорсткості поверхні срібла, що доведено результатами морфологічного дослідження (рис. 4).

На підставі отриманих кінетичних даних, дослідження морфології поверхні срібла, розрахунків технологічних параметрів процесу проведено розроблення й оптимізацію розчину КТЦЕ для електрохімічного полірування срібла, що оформлено у [20].

Електрохімічне полірування ювелірного сплаву срібла 925° має деякі відмінні моменти в порівнянні з аналогічним процесом для чистого срібла, бо такий сплав має легуючі компоненти, які суттєво впливають на його електрохімічну поведінку. Він містить: Ag (92,5%), Cu (6,5%), Zn (1%) [21]. Тому для досягнення результату важливо дослідити поведінку не лише основного компонента – срібла, а також і легуючого компонента – міді.

На рис. 5 показано анодні поляризаційні залежності для срібла й міді, які отримані в розчинах КТЦЕ з різними концентраціями тіосечовини.

У випадку, коли молярне співвідношення лігандів становить 1:1 (кр. 1 і 2, рис. 5), граничні анодні густини струму для срібла й міді значно відрізняються між собою, що суперечить необхідним умовам для електрохімічного полірування сплаву. І навпаки, в розчині зі співвідношенням концентрацій лігандів 2,5:1 (кр. 3 і 4, рис. 5) величини граничних анодних густин струму для срібла й міді приблизно однакові в досить широкому діапазоні потенціалів, що обумовлює отримання полірованої поверхні сплаву.

Результати експерименту в стаціонарному режимі електролізу подано в табл. 1: гальваностатичний режим – «Струм», потенціостатичний режим – «Напруга». Анодний вихід за струмом у поліруванні срібла залежить від робочої густини струму, причому його максимальне значення (до 100%) спостеріга-

Таблиця 1

Параметри електрохімічного полірування срібла та його ювелірного сплаву в розчинах КТЦЕ за $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $S_a = 5\text{ см}^2$, $\tau = 10\text{ хв}$

Режим	I , мА	U , В	BC_a , %	Питомі втрати металу $\Delta m_{\text{пит}}$, мг/(дм ² ·хв)
<i>Срібло $Sp\ 999,9$, розчин $0,1\text{ М CS(NH}_2)_2 + 0,1\text{ М C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + 0,25\text{ М C}_2\text{H}_6\text{O}_2$</i>				
«Струм»	15	–	93	12
«Струм»	17	–	100	15
«Струм»	19	–	97	13
«Напруга»	–	2,0	–	10
«Напруга»	–	2,1	–	10
<i>Сплав $SpM\ 925$, розчин $0,25\text{ М CS(NH}_2)_2 + 0,1\text{ М C}_6\text{H}_8\text{O}_7 + 0,25\text{ М C}_2\text{H}_6\text{O}_2$</i>				
«Струм»	17	–	100	24
«Струм»	18	–	79	16
«Напруга»	–	2,3	–	15
«Напруга»	–	2,4	–	15

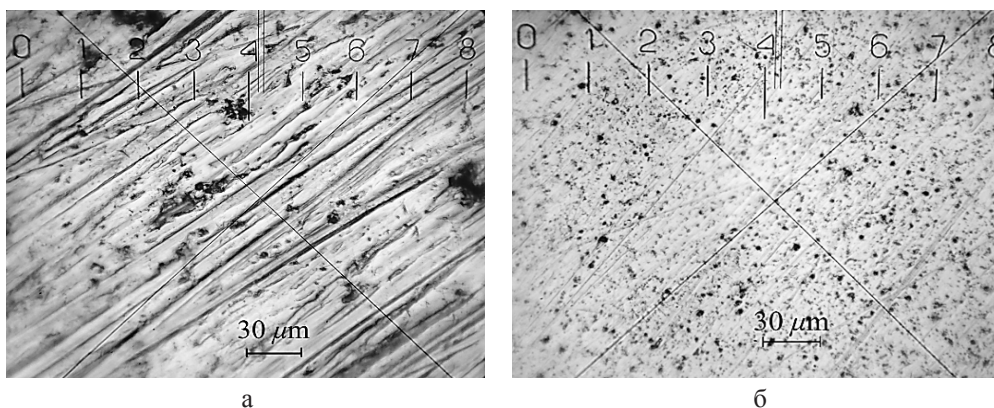


Рис. 4. Морфологія поверхні срібного електрода до полірування (а) та після електрохімічного полірування (б)

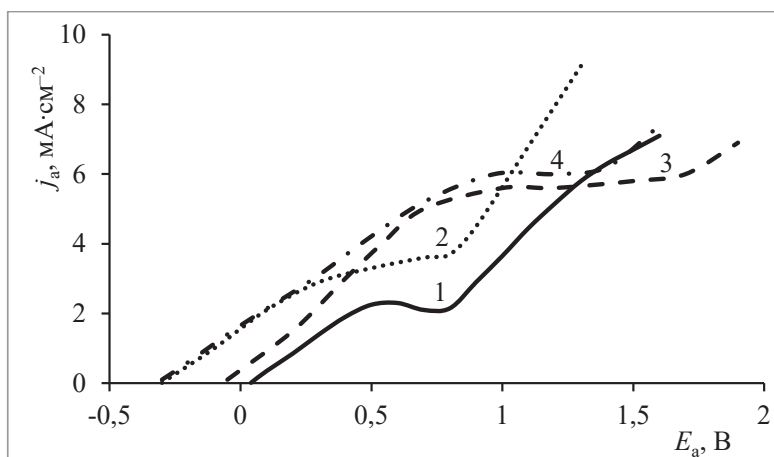
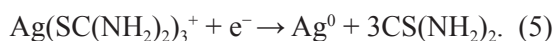
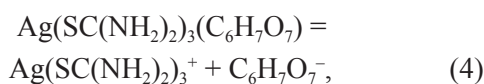


Рис. 5. Анодні поляризаційні залежності, отримані за $t = 20\text{ }^\circ\text{C}$, $v_s = 1 \cdot 10^{-2}\text{ В} \cdot \text{с}^{-1}$. $0,1\text{ М CS(NH}_2)_2 + 0,1\text{ М C}_6\text{H}_8\text{O}_7$: 1 – Ag, 2 – Cu; $0,25\text{ М CS(NH}_2)_2 + 0,1\text{ М C}_6\text{H}_8\text{O}_7$: 3 – Ag, 4 – Cu

ється в діапазоні величин, близьких до граничної густини струму. Питомі втрати металу є досить незначними й становлять 10–24 мг/(дм²·хв.).

Одночасно з анодним процесом на катодах відбувається електрохімічне відновлення срібла до металу за такими реакціями:



Катодне виділення срібла перебігає з комплексних сполук, що сприяє отриманню світлих, щільних осадів із високим виходом за струмом [15, с. 72]. Це дає можливість: 1) підтримувати в розчині постійну невисоку концентрацію іонів срібла, які в помірних кількостях позитивно впливають на сам процес полірування; 2) вилучати дорогоцінний метал у вигляді компактного осаду, який далі йде на переробку; 3) знизити концентрацію іонів срібла у промивних і виробничих стічних водах.

Висновки. Досліджено кінетику електродних реакцій, що перебігають на сріблі та його

ювелірному сплаві 925° в розчинах КТЦЕ. Такі електроліти стабільні в роботі й дозволяють експлуатувати їх протягом тривалого часу. Анодне розчинення металу відбувається з дифузійним контролем реакції, з утворенням комплексної солі типу $\text{Ag}(\text{SC}(\text{NH}_2)_2)_3(\text{C}_6\text{H}_7\text{O}_7)$. Така сіль й оксид срібла Ag_2O за певних потенціалів ($\geq +0,345$ В) переводять поверхню в частково пасивний стан і сприяють поліруванню срібла.

Встановлено, що електрохімічне полірування срібла в розчинах КТЦЕ більш ефективно за умови додавання ПАР (етиленгліколю) й успішно реалізується в стаціонарних режимах при заданих величинах струму або напруги. Підібрано оптимальне співвідношення концентрацій компонентів розчинів для досягнення максимального ефекту полірування, обрані робочі умови процесу (рН = 3,5–4,5, $t = 18\text{--}25$ °С) і режим проведення стаціонарного електролізу ($j_a = 3\text{--}4$ мА·см⁻², $U = 2\text{--}2,4$ В). Розраховано анодний вихід за струмом (80–100%) і питомі втрати металу (10–24 мг/(дм²·хв)). Розв'язано проблему вилучення дорогоцінного металу з розчинів електрохімічного полірування у вигляді компактного катодного осаду.

Список літератури:

1. Грилихес С.Я. Обезжиривание, травление и полирование металлов. Ленинград : «Машиностроение», 1983. 101 с.
2. Тегарт В. Электролитическое и химическое полирование металлов. Москва : Изд. иностранной литературы», 1957. 180 с.
3. Марченков В.И. Ювелирное дело : практическое пособие. 3-е изд., перераб. и доп. Москва : «Высшая школа», 1992. 256 с.
4. Халилов И.Х. Гальванотехника для ювелиров : практическое пособие. Саратов : Изд. Саратовского ун-та, 2003. 60 с.
5. Патент РФ RU № 2117718, МПК С 25 F 3/22, 1998.
6. Электрохимическое полирование серебра в аммиачно-нитратном электролите / Юзикис Л.А. и др. *Журнал прикладной химии*. 1979. Т. 52. № 7. С. 1659–1661.
7. Патент Республики Казахстан KZ A4 19929, МПК С 25 F 3/16, 2008.
8. Никулин В.Н., Цыпин М.З. Электролитическая полировка серебра в растворах тиосульфата натрия. *Журнал прикладной химии*. 1960. Т. 39. № 2. С. 469–471.
9. Галанин С.И., Чекотин А.В., Никонова М.В. Электрохимическое полирование сплава серебра SrM 925 импульсным током. *Журнал прикладной химии*. 2001. Т. 74. № 10. С. 1633–1635.
10. Галанин С.И., Гришина Е.П., Иванова О.А. Закономерности пленкообразования при электрохимическом полировании серебра и его сплавов с медью в тиосульфатных растворах. *Журнал прикладной химии*. 2004. Т. 77. № 8. С. 1299–1302.
11. Юзикис П.А., Янкаускас Т.Ю., Кайкарис В.А. Процесс электрохимического полирования серебра в роданидных электролитах. *Журнал прикладной химии*. 1976. № 11. С. 2527–2529.
12. Патент України UA № 129835 U, МПК C25F 3/16, C25F 3/18, 2018.
13. Смирнова О.Л., Кутенко Ю.Л., Лазаренко Е.С. Анодное поведение металлов подгруппы меди в кислых тиокарбамидно-цитратных растворах. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія «Хімія, хімічна технологія та екологія». 2013. № 40. С. 155–161.
14. Смирнова О.Л., Беляк М.А. Анодные процессы на серебряном электроде в кислых тиокарбамидно-цитратных растворах. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія «Хімія, хімічна технологія та екологія». 2016 (1207). № 35. С. 96–101.

15. Смірнова О.Л., Юсов В.І., Шитов В.С. Електролітичне осадження срібних і золотих покриттів із комплексних електролітів на основі органічних лігандів. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*. Серія «Хімія, хімічна технологія та екологія». 2017 (1270). № 49. С. 72–78.
16. Studying the kinetics of electrode reactions on copper, silver and gold in acid thiourea-citrate electrolytes / O. Smirnova et al. *Materials Today: Proceedings*. 6 (2019). P. 141–149.
17. The use of acid solutions of thiourea in the processes of chemical and electrochemical surface treatment of silver and its alloy 925° / O. Smirnova et al. *Promising Materials and Processes in Applied Electrochemistry: monograph*. Kyiv: KNUTD, 2019. P. 143–150.
18. Пятницкий И.В., Сухан В.В. Аналитическая химия серебра. Москва: Наука, 1975. 264 с.
19. Справочник по электрохимии / под ред. А.М. Сухотина. Ленинград: Химия, 1981. 488 с.
20. Патент України UA № 138391 U, МПК C25F 3/16, C25F 3/22, 2019.
21. ДСТУ ГОСТ 6836:2004. Срібло й сплави на його основі. Марки (ГОСТ 6836-2002. IDT).

Smirnova O.L., Pilipenko A.I., Nikonov A.Yu, Mukhin Z.S. FEATURES OF ELECTROCHEMICAL POLISHING OF SILVER AND SILVER JEWELLER ALLOY 925° IN ACID THIOUREA-CITRATE SOLUTIONS WITH APPLICATION STATIONARY MODE OF ELECTROLYSIS

Presented results of the research of the kinetics of electrode reactions that progress on silver and jeweler alloy silver 925° in acid thiourea-citrate solutions. These solutions are stable and offer the opportunity to operate them for a long time. Anodic dissolution of metal produces the formation of the complex salt $Ag(SC(NH_2)_3(C_6H_7O_7))_3$. It has been established that the electrochemical surface polishing effect is reached in these solutions. This effect is conditioned by the formation of the salt oxide film on the anode surface that is formed with potentials $\geq +0,345$ V. Silver is ionized through the passive film. The silver dissolution (polishing) rate is limited by the inhibition of electrochemical reaction at the diffusion stage of chemical products that are produced, by volume of electrolyte.

The silver polishing process is affected by the surfactant (ethylene glycol), the working current density and the anode potential. The optimal correlation between concentrations of solutions' components has been identified to achieve maximum effect of polishing. It has been studied that electrochemical polishing can be effective in stationary mode. Identified optimum operating parameters of process ($pH = 3,5-4,5$, $t = 18-25^\circ C$) and electrolysis mode ($j_a = 3-4$ mA·cm⁻², $U = 2-2,4$ V). Current anode output (80–100%) and unit metal loss (10–24 mg/(dm²·min)) has been designed.

In parallel with the anodic process the production of the compact precipitate of silver on the cathode is evaluated. This enhances constant concentration of metal ions in the solution and solves the problem of quality of products and resource conservation. Data are suggested to use in decorative, functional and anticorrosive processing silver surfaces of products of technical, jeweler and medical (dental) supplies.

Key words: electrochemical polishing, silver, alloy 925°, salt oxide film, polarization dependence, diffusion kinetics, stationary mode of electrolysis.

ТЕХНОЛОГІЯ ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

УДК 687:03; 658.512.2

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/06>

Білей-Рубан Н.В.

Мукачівський державний університет

Зябловська Д.Є.

Мукачівський державний університет

Филипенко А.О.

Мукачівський державний університет

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ОДЯГУ В ЕТНОСТИЛІ

У статті розглядається процес проектування жіночого одягу в етностилі на прикладі сукні-сорочки в українському стилі. Обґрунтовано актуальність вибору об'єкта дослідження, визначено оптимальний варіант конструктивної побудови сорочки в етностилі, вирішеними є завдання технічного проектування та розроблення конструкторської документації. Відповідно до типової стадійності процесу проектування на прикладі окремого випадку, а саме сукні-сорочки в українському стилі, деталізовано такі стадії проектування, як технічна пропозиція, ескізний проєкт і технічний проєкт. Проведено аналіз і складено класифікацію варіантів конструктивної побудови сучасних жіночих суконь в українському стилі. Здійснений структурний аналіз суконь-сорочок в етностилі дав змогу класифікувати варіанти конструктивної побудови та визначити універсальну форму проєктної моделі. На визначену універсальну форму моделі в стилі етно розроблено базову конструкцію. Відповідно до тенденцій моди, запропоновано технічний ескіз стилізованої моделі сукні-сорочки. У процесі модифікації універсальної форми в сучасну модель одягу бралися до уваги такі принципи сучасного проектування, як перспективний напрям моди, запозичення стильових ознак і зовнішніх форм окремих елементів джерела натхнення і створення художніх ескізів нових моделей одягу. Унаочнено етапи виконання процесу проектування жіночих суконь в етностилі. Використовуючи можливості системи САПР-Грація та прийоми конструктивного моделювання першого й другого видів, спроектували базову та модельну конструкції, у які дозволяється вносити подальші зміни й корективи, так як конструкція перебудовується в автоматичному режимі.

Ключові слова: етностиль, методика проектування, технічна пропозиція, ескізний проєкт, технічний проєкт, базова конструкція, модельна конструкція.

Постановка проблеми. Як відомо, процес проектування нових моделей одягу має чітко визначену стадійність: технічне завдання, технічна пропозиція, ескізний проєкт, технічний проєкт, розроблення робочої документації. Якість прийнятих на кожній стадії проєктних рішень буде прямо впливати на якість виробу, який проєктується. Перші три стадії проектування досить широко висвітлені, різнобічно та методично опрацьовані. Це пояснюється тим, що спроектований виріб має бути привабливим для споживача, для якого важливим є сприйняття зовнішнього виду виробу (кольорової гама, елементів оздоблення, фурнітури), ніж його внутрішня будова (конструкція) [1]. Та саме конструкція разом із матеріалом

створюють зовнішню форму спроектованого виробу та забезпечують його ергономічну відповідність (зручність). Цей етап є складним і дуже суб'єктивним, тому метою є представлення власної методології виконання процесу проектування жіночого одягу в етностилі з деталізацією етапу розроблення технічної пропозиції, установлення зв'язку між технічним ескізом і конструкцією виробу (ескізний проєкт) і розроблення технічного проєкту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тематика щодо розроблення методики проектування жіночого одягу в стилі етно не є новою, уже багато років перебуває в колі інтересів багатьох дизайнерів і вчених. Питання, які ними розгляда-

лися, стосувалися аналізу й класифікації художньо-конструктивних елементів автентичних зразків українських жіночих вишитих сорочок, що висвітлено роботі А.А. Куксюк, І.В. Васильєвої [2]. Вивченню художньо-композиційних характеристик українського національного костюма присвячена робота О.В. Колосніченко, М.В. Норець, І.В. Фролова, І.Л. Гайової [3]. Конструктивні й декоративні особливості угорського народного костюму актуалізує робота Г.Й. Козманко, Н.В. Білей-Рубан, Є.В. Сєдохової [4]. Види етноджерел для дизайну колекцій сучасного одягу та методи їх трансформації в костюмні форми розглядали науковці: К.Л. Пашкевич і В.Є. Овчарек [5].

Дослідження народного одягу етносів Закарпаття висвітлено в роботах Н.В. Білей-Рубан, Є.В. Сєдохової, С.Н. Полуди, Л.М. Петрусь та О.М. Шмелькової, Д.Є. Зябловської [6; 7; 8].

Етнічні мотиви є багатим джерелом натхнення в дизайні одягу, вони використовуються у формі, силуеті, конструктивних і декоративних елементах одягу, а також у матеріалі, фурнітурі й оздобленні. Підтвердженням цього є праці науковців: Н.В. Чупріної, Є.О. Головчанської, М.С. Винничук, О.О. Слітюк, М.В. Колосніченко [9].

Поряд із цим вітчизняними науковцями розвивається напрям досліджень, пов'язаний із декоруванням сучасних швейних виробів, у тому числі й в етностилістиці, як різними текстильними матеріалами, так і малюнками, нанесеними різними способами друку [10; 11; 12].

Здійснений аналіз указує на актуальність етностилю в сучасному жіночому одязі та конкурентні переваги такого одягу на споживчих ринках.

Постановка завдання. Процес художнього проектування сучасного жіночого одягу в етностилі проаналізовано й охарактеризовано різнобічно. Стадії вивчення передпроектної ситуації та створення ескізного проекту достатньо описані й проілюстровані. Тому завданнями дослідження є аналіз та обґрунтування актуальності вибору об'єкта дослідження; визначення оптимального варіанта конструктивної побудови; вирішення завдань технічного проєктування; розроблення конструкторської документації на сукню жіночу в етностилі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Сучасний підхід до процесу розроблення нових моделей одягу передбачає такі етапи проектування:

– дизайн-проектування, на якому відбувається творчий пошук нової форми та художнього образу, розвиток авторської ідеї або модифікація раніше створених форм (технічна пропозиція);

– конструювання й моделювання (ескізний і технічний проєкти);

– технологічна підготовка нових моделей одягу (розроблення робочої документації) [13, с. 9].

Почнемо з пошуку ідей... Незаперечним є твердження, що одяг в українському стилі є популярним. Знайдеться чимало українців, у гардеробі яких є хоча б одна річ, що яскраво свідчить про ставлення до України. У більшості це вишиванки різноманітних фасонів і кольорів, які вже стали обов'язковим атрибутом на урочистих подіях, весіллях, державних святах і заходах. Основними перевагами вишиванок є використання переважно натуральних тканин (у більшості випадків льон), простий і вільний крій, що не стримує рухів, а також яскраві насичені кольори, самотня сакральна вишивка та вигадливий декор стрічками, тасьмами, намистинами [8]. Крім того, вишиванки полюбують за їх красу, оригінальність, зручність і навіювання патріотичних думок, гордість за минуле нашої Батьківщини. Також кожен елемент орнаменту, оздоблення, кожна деталь несуть у собі сакральну інформацію. При цьому багато іноземців прагне доторкнутися до народних українських традицій через предмети одягу. Не залишилися байдужими до української самотньої спадщини й відомі будинки моди Valentino, Гальяно, Готье, Gucci (рис. 1), дизайнери, які надихаються українською символікою [14].

Вбрання в українському етностилі, як видно з рисунка 1, – це найчастіше блузи, туніки або сукні, розшиті орнаментом і мереживами. Тому в статті як предмет дослідження обрана сукня, яка може бути вихідною конструкцією як для туніки, так і для блузи чи сорочки.

Вихідними конструкціями крою автентичних сорочок були тунікоподібний, суцільновикроєний і з плечовими вставками, на кокетці [2, с. 76]. За силуетом сорочки були прямі вільні, хоча форма сорочки була одна – пряма, різниця полягала тільки у внутрішній будові – конструкції.

І сьогодні проектування одягу передбачає розроблення так званої базової форми або однієї конструктивної основи, у якій закладена вихідна конструкція для всіх наступних варіацій. Варіації отримують шляхом використання різних конструктивно-декоративних елементів (застібки, коміра, кишень, манжет, хлястика тощо), оздоблення, фурнітури, різних за колірною гамою та подібних за волокнистим складом матеріалів [1]. Характеристика базової форми проєктованого асортименту одягу дає змогу розробити власні

моделі-пропозиції одягу сучасних форм і конструкцій, не виходячи за межі обраного стилю й напряму модних тенденцій [13, с. 51].

Для визначення оптимального варіанту конструктивної побудови базової форми виробу проведено структурний аналіз і складено класифікацію варіантів конструктивної побудови сучасних жіночих суконь в українському стилі (таблиця 1).

Під час складання цієї класифікаційної таблиці за даними інформаційних джерел [15; 16; 17] визначено, що найбільше різноманіття виявилось за покроєм рукава, який і став основою класифікації. Силуетів виявлено три: прямий (8 моделей), вільний (1 модель) та А-силует (1 модель).

На базі складеної класифікації визначено універсальну форму моделі в етностилі, а саме: це

лаконічна модель прямого силуету без зайвих деталей з нагрудною та плечовою виточками й вшивним рукавом, що є вихідною конструкцією для отримання інших покроїв рукавів. Універсальна форма (прямий силует), її покрій (вшивний рукав) і формоутворювальні елементи (нагрудна та плечова виточки) разом із видом матеріалу є основними критеріями під час вибору методики конструювання.

Для перетворення універсальної форми в модель сучасної жіночої сукні в українському стилі авторами розглянуто перспективні тенденції моди.

Основними тенденціями моди в сукнях (рис. 2) на весну-літо 2020, що впливатимуть на крій, є їх довжина міні (максі, міді), об'ємний рукав, глибокий виріз, волани, оборки, рюші, асиметрія, драпування, плісе [16; 17].



Рис. 1. Моделі одягу в українському стилі з колекцій відомих будинків моди



Рис. 2. Модні сукні сезону весна-літо 2020




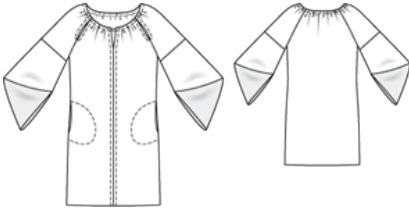

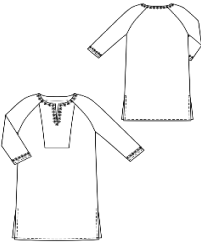

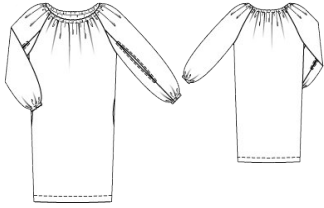

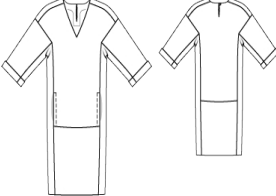

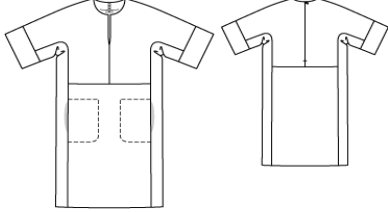

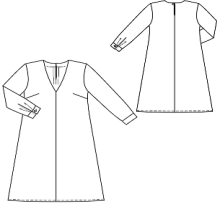




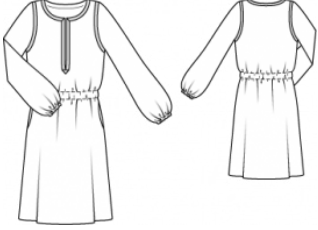
Далі послідовність виконання процесу проектування має вигляд, етапи якого узагальнено в таблиці 2. У цьому разі побудова конструкції виконувалася за методикою конструювання ЦОТШЛ, яка автоматизована в САПР-Грація. Її перевага – у можливості змінювання вихідних параметрів і конструкції одягу, яка перебуду-

ється в автоматичному режимі без втручання людини [13, с. 78].


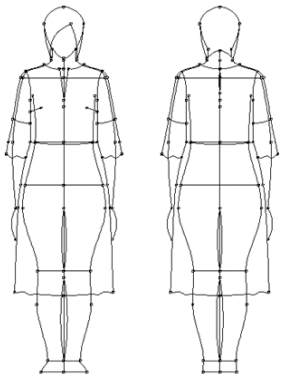
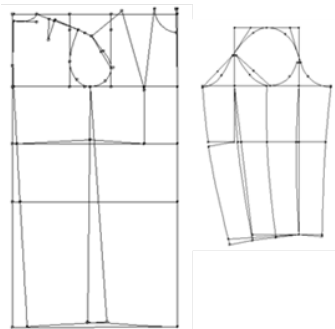
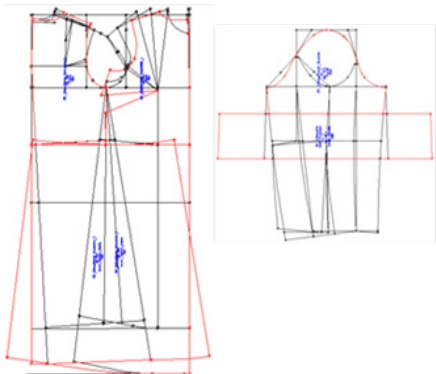
Використовуючи можливості системи та прийоми конструктивного моделювання першого і другого видів, спроектували базову модельну конструкцію жіночої сорочки прямого силуету з вшивним одношовним рукавом.

Таблиця 1

Аналіз сучасних жіночих суконь в українському стилі

		Зовнішній вид суконь і їх конструктивний устрій			
Сукні з рукавом-реглан	Вільного силуету, розширеного до низу				Прямого силуету 
	Прямого вільного силуету				Прямого, трохи завуженого донизу 
	Прямого силуету з комбінованим рукавом				Прямого силуету із суцільно кроєним рукавом 
	Сукні із вшивним рукавом	A-силуету			
Прямого силуету					Прямого вільного силуету 

Етапи виконання процесу проєктування жіночих суконь в етностилі

Етапи	Унаочнення видів проєктних розробок	Особливості проєктного етапу
Розроблення технічної пропозиції	<p style="text-align: center;">Художні ескізи</p> 	<p>Використовуючи особливості крою українських сорочок шляхом запозичення його стильових ознак і зовнішніх форм окремих елементів, тенденції моди в сукнях на весну-літо 2020 року та виділену універсальну форму, створено художні ескізи нових моделей жіночої сукні-сорочки.</p>
Ескізний проєкт	<p style="text-align: center;">Технічний ескіз</p> 	<p>Технічні ескізи проєктованих нових моделей одягу на етапі конструювання доцільно виконувати на графічних моделях типових фігур. Актуальність створення технічного ескізу на абрисі фігури людини полягає в тому, що під час побудови стає можливим зв'язок між технічним ескізом і конструкцією виробу, з'являються нові можливості для дослідження гармонійності пропорційних співвідношень одягу [13, с. 68]. Графічні моделі фігур з виконаними на них технічними ескізами використовують також для визначення величин прибавок на вільне облягання.</p>
Технічний проєкт	<p style="text-align: center;">Базова конструкція</p> 	<p>Критеріями вибору методики конструювання є вид матеріалу (льон), форма виробу (модель прямого силуету без зайвих деталей з нагрудною та плечовою виточками q вшивним рукавом) і гарна посадка по плечовому поясу. Базова конструкція побудована на базі вже закладеного в системі алгоритму з корегуванням прибавок на вільне облягання й технічних прибавок на типовий розміроріст 164–96–104.</p>
	<p style="text-align: center;">Модельна конструкція</p> 	<p>Використані прийоми конструктивного моделювання першого виду – перенесення виточок, побудова розрізів і ліній відрізання, зміна довжини виробу та рукава; другого виду – конічне та паралельне розширення для проєктування воланів. Отримана базова модельна конструкція жіночої сукні-сорочки прямого вільного силуету є відрізною по лінії талії з вшивним одношовним рукавом з воланом по низу.</p>

Отже, відповідно до типової стадійності процесу проектування на прикладі окремого випадку, а саме сукні-сорочки в українському стилі, деталізовано такі стадії проектування: технічна пропозиція, ескізний проект і технічний проект. На етапі розроблення технічної пропозиції дуже важливо визначитися з об'єктом проектування, джерелом натхнення та вихідними конструкціями крою, за якими проводиться структурний аналіз як джерела натхнення, так і сучасних моделей одягу. У процесі модифікації універсальної форми в сучасну модель одягу керуються перспективним напрямом моди, запозиченням стильових ознак і зовнішніх форм окремих елементів джерела натхнення і створюють художні ескізи нових моделей одягу. Результати досліджень на цьому етапі безпосередньо впливають на весь процес проектування та якість спроектованого виробу [13, с. 8]. Метою ескізного проекту є побудова технічного ескізу, який дає уявлення про зовнішню форму та принцип побудови виробу, дає змогу знайти гармонійні пропорційні співвідношення між людиною й одягом, визначитися з модельними особливостями. Технічний проект – це робота над кресленням виробу, успіх якої полягає у вдалому виборі методики конструювання за

рекомендованими в статті критеріями. Крім того, запропонованим є комп'ютерне конструювання, яке в короткі терміни за закладеним у систему алгоритмом із корегуванням прибавок на вільне облягання й технічних прибавок дає змогу отримати основу конструкції.

Висновки. Отже, у статті охарактеризовано та представлено методику процесу проектування нової моделі одягу на етапах технічної пропозиції, ескізного й технічного проектів з оптимізацією процесу проектування шляхом використання комп'ютерного конструювання. Здійснений системо-структурний аналіз суконь-сорочок в етностилі дав змогу класифікувати варіанти конструктивної побудови й визначити універсальну форму проектної моделі. Унаочнено етапи виконання процесу проектування жіночих суконь в етностилі. Використовуючи можливості системи (у нашому випадку САПР-Грація) та прийоми конструктивного моделювання першого й другого видів, спроектували базову та модельну конструкції, які дають змогу вносити подальші зміни й корективи. При цьому конструкція перебудовується в автоматичному режимі. Безперечно, таке проектування стає продуктивнішим, ресурсозбежним і підвищує якість усіх проектних робіт.

Список літератури:

1. Медведева Т.В. Художественное конструирование одежды : учебное пособие. Москва : Форум ИНФРА-М, 2003. 480 с.
2. Куксюк А.А., Васильева І.В. Аналіз та класифікація художньо конструктивних елементів автентичних зразків українських жіночих вишитих сорочок. *Вісник КНУТД. Серія «Технічні науки»*. 2015. № 4 (88). С. 169–176.
3. Застосування принципів гармонізації елементів українського національного костюма в процесі проектування сучасного одягу / О.В. Колосніченко, М.В. Норець, І.В. Фролов, І.Л. Гайова. *Art and Design*. 2018. № 1. С. 75–82.
4. Білей-Рубан Н.В., Сєдоухова Є.В., Козманко Г.Й. Дослідження етноособливостей угорського народного костюма для проектування сучасного жіночого одягу. *Art and design*. 2018. № 1 (01). С. 35–42. URL: <http://dspace.msu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/3198> (дата звернення: 25.03.2020).
5. Пашкевич К.Л. Особливості використання етноджерел в дизайні колекцій сучасного одягу. *Теорія і практика дизайну*. 2018. Вип. 15 : Технічна естетика. С. 109–123. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/13312> (дата звернення: 03.05.2020).
6. Етнографічне дослідження народного строю Гуцульщини / Н.В. Білей-Рубан, Є.В. Сєдоухова, Л.М. Петрусь, С.Н. Полуда. *Art and Design*. 2019. № 1 (05). С. 44–58. URL: file:///C:/Users/Public/Documents/Downloads/artges_2019_1_6.pdf (дата звернення: 25.03.2020).
7. Білей-Рубан Н.В., Сєдоухова Є.В. Методологічні аспекти художнього проектування сучасного одягу на основі угорського костюму. *Технології та дизайн*. 2018. № 3 (28). URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/td_2018_3_2 (дата звернення: 25.03.2020).
8. Шмелькова О.М., Зябловська Д.Є. Конструктивно-технологічні прийоми виготовлення народного одягу лемків Великоберезнянщини. *Науковий вісник МТІ*. 2008. № 5. С. 143–149.
9. Еволюція дизайну блузок жіночих в етнічному стилі / Н.В. Чупріна, Є.О. Головачанська, М.С. Винничук, О.О. Слітюк, М.В. Колосніченко. *Технічна естетика і дизайн : міжвідомчий науково-технічний збірник*. 2019. Вип. 16. С. 112–122. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/15043> (дата звернення: 03.05.2020).
10. Жмурак Т.А., Білоцька Л.Б., Лозовенко С.Ю. Аналіз способів отримання багатобарвних малюнків та візерунків на швейних виробах з трикотажних полотен. *Наукові розробки молоді на сучасному етапі :*

тези доповідей XVII Всеукраїнської наукової конференції молодих вчених та студентів (26–27 квітня 2018 р., Київ). Київ : КНУТД, 2018. Т. 1 : Сучасні матеріали і технології виробництва виробів широкого вжитку та спеціального призначення. С. 11–12. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/11140> (дата звернення: 10.03.2020).

11. Дослідження зносостійкості малюнків, нанесених на трикотажні полотна різними способами друку / Т.А. Жмурак, Л.Б. Білоцька, Ю.М. Харченко, С.Ю. Лозовенко. *Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія «Технічні науки»*. 2019. № 2 (132). С. 74–86. URL: <https://er.knutd.edu.ua/handle/123456789/13265> (дата звернення: 10.03.2020).

12. Білей-Рубан Н.В., Кулл О.О. Декорування пальтових виробів на основі елементів етно-стилістики. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції (26–29 квітня 2016 р.). Чернігів : ЧНТУ, 2016. С. 207–208. URL: <http://dspace.msu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/536> (дата звернення: 10.03.2020).

13. Залкінд В.В. Проектування одягу засобами інформаційних технологій : монографія. Харків : Технологічний Центр, 2014. 151 с. URL: repo.uira.edu.ua (дата звернення: 24.03.2020).

14. Україна надихає: вишиванки на світових подіумах. URL: <https://uamodna.com/articles/ukrayina-nadyhae-vyshyvanku-na-svitovyh-podiumah/> (дата звернення: 19.03.2020).

15. Не лише вишиванка: 25 викрійок для одягу в українському стилі. URL: <https://burdastyle.ua/encyclopedia/anatomiya-modeli/vykriyky-burda/ne-lyshe-vyshyvanka-25-vykriyok-dlya-odyagu-v-ukrayinskому-styli> (дата звернення: 19.03.2020).

16. Модные платья весна-лето 2020. URL: <https://www.fashion-woman.com/stil-i-moda/tendencii/dresses-spring-summer/> (дата звернення: 19.03.2020).

17. Модные платья 2020. URL: <https://www.fashion-woman.com/stil-i-moda/tendencii/modnie-platyasen-zima/> (дата звернення: 19.03.2020).

Bilei-Ruban N.V., Ziablovska D.Ye., Fylypenko A.O. FEATURES OF ETHNO STYLE CLOTHING DESIGN

The article considers the process of designing women's clothing in ethno style on the example of a dress-shirt in the Ukrainian style. The relevance of the choice of the object of research is substantiated in the work, the optimal variant of constructive construction of the shirt in ethno style is determined, the tasks of technical design and development of design documentation are solved. According to the typical stages of the design process on the example of a particular case, namely dresses-shirts in the Ukrainian style, such design stages as technical proposal, sketches and technical design are detailed. The analysis and classification of variants of construction of modern women's dresses in the Ukrainian style is made. The structural analysis of dresses-shirts in ethno style allowed to classify the construction's options. It also determined the universal form of the project model. A basic design has been developed for a certain universal form of the model in the ethno style. In accordance with fashion trends, a technical sketch of a stylized model of a dress-shirt is offered. In the process of modifying the universal form into a modern clothing model, such principles of modern design as a promising direction of fashion, borrowing stylistic features and external forms of individual elements of inspiration and also a creating artistic sketches of new clothing models were taken into account. The stages of the process of designing women's dresses in ethnic style are illustrated. Using the options of the CAD-system Graciia and techniques of constructive modeling of the first and second type, the basic and model structures are designed. It is allowed to make further changes and adjustments with them, as the design is rebuilt automatically.

Key words: ethno style, design technique, technical proposal, sketch project, technical project, basic construction, model construction.

УДК 006.83-043.83:635.15

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/07>**Гапонцева О.В.**

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Селютіна Г.А.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Летуа Т.М.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Скирда О.Є.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Віннікова В.О.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

РОЗРАХУНОК КОМПЛЕКСНОГО ПОКАЗНИКА ЯКОСТІ Й ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ КОРЕНЕПЛОДІВ РЕДЬКИ

У щоденному харчуванні людини важливе місце посідає овочева продукція, яка містить значну кількість легкозасвоюваних вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, органічних кислот і фітонцидів. Зважаючи на сезонність свіжих овочів і завдяки сучасним методам переробки, для забезпечення організму людини необхідною кількістю біологічно-активних речовин можна рекомендувати й перероблену овочеву сировину. Консервовані продукти, виготовлені за сучасними технологіями, можуть використовуватися як у щоденному харчуванні, так і з лікувально-профілактичними цілями.

Особливо цінною, з огляду на хімічний склад (високий вмістом БАР, у тому числі з фітонцидними й антиоксидантними властивостями), доступність і дешевизну, є редька. Відомо, що редьку використовують для профілактики та лікування авітамінозу, атеросклерозу, ожиріння, порушень з боку обміну речовин тощо. Проте на українському споживчому ринку відсутня продукція із цього коренеплоду. Це пов'язано з тим, що редька має здатність до накопичення великої кількості токсичних речовин із ґрунту, а також містить велику кількість ефірних олій, які, з одного боку, надають лікувально-профілактичні властивості, а з іншого – зумовлюють специфічні та неприйнятні для більшості споживачів органолептичні властивості. Комплексна товарознавча оцінка редьки різних господарсько-ботанічних сортів є актуальним дослідженням для сучасної товарознавчої науки. Це дасть змогу встановити критерії її якості з метою цілеспрямованого її використання й формування якості продуктів із неї.

Кількісна характеристика якості товару характеризується показником його якості. Щодо харчових продуктів одиничний показник не може повною мірою відобразити їх якість. Велика кількість показників ускладнює процес аналізу і прийняття рішення щодо якості продуктів, тоді як комплексна оцінка має суттєву перевагу, що полягає у використанні сукупності показників якості й виражається однією числовою величиною – комплексним показником якості.

Ключові слова: редька, комплексний показник якості, ранжування за якістю, товарознавча оцінка, хімічний склад редьки, розподіл сортів.

Постановка проблеми. У щоденному харчуванні людини важливе місце посідає овочева продукція, яка містить значну кількість легкозасвоюваних вуглеводів, вітамінів, мінеральних речовин, органічних кислот і фітонцидів. Зважаючи на сезонність свіжих овочів і завдяки сучасним методам переробки, для забезпечення організму людини необхідною кількістю біологічно-актив-

них речовин можна рекомендувати й перероблену овочеву сировину. Консервовані продукти, виготовлені за сучасними технологіями, можуть використовуватися як у щоденному харчуванні, так і з лікувально-профілактичними цілями.

Особливо цінною, з огляду на хімічний склад (високий вмістом БАР, у тому числі з фітонцидними та антиоксидантними властивостями),

доступність і дешевизну, є редька. Відомо, що редьку використовують для профілактики та лікування авітамінозу, атеросклерозу, ожиріння, порушень із боку обміну речовин тощо. Проте на українському споживчому ринку відсутня продукція із цього коренеплоду. Це пов'язано з тим, що редька має здатність до накопичення великої кількості токсичних речовин із ґрунту, а також містить велику кількість ефірних олій, які, з одного боку, надають лікувально-профілактичні властивості, а з іншого – зумовлюють специфічні та неприйнятні для більшості споживачів органолептичні властивості. Комплексна товарознавча оцінка редьки різних господарсько-ботанічних сортів є актуальним дослідженням для сучасної товарознавчої науки. Це дасть змогу встановити критерії її якості із метою цілеспрямованого її використання та формування якості продуктів із неї.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За результатами дослідження встановлено, що на хімічний склад редьки суттєвий вплив мають географічний підтип, сорт, умови вирощування коренеплодів. Тому ці дослідження є узагальненими.

У працях [1–5] зазначено, що редька містять 10,5...13,0% сухих речовин, у яких масова частка жирів не перевищує 0,2%. Переважна кількість сухих речовин коренеплодів представлена вуглеводами. Уміст цукру становить 1,5...6,4%, які представлені здебільш моноцукрами (глюкоза – 1,2%). Поряд із глюкозою, фруктозою та сахарозою міститься дисахарид мальтоза. Також до вуглеводів коренеплоду входить пектин (0,3% у вигляді пектату кальцію) і пентозам (0,9%), харчові волокна – 2,1%, тоді як крохмаль практично відсутній (до 0,1%). До складу азотовмісних речовин коренеплодів входять як білкові, так і небілкові з'єднання. Масова частка сирого протеїну становить 1,6...2,5%. У складі вільних амінокислот методом паперової хроматографії в коренеплодах редьки знайдено холін, тригонелін, аденін та інші пуринові основи. Харчова цінність редьки зумовлена наявністю великої кількості мінеральних речовин. Так, за кількістю заліза, натрію, магнію, фосфору та кальцію вона посідає перше місце серед овочів [6; 7]. Доведено, що редька є джерелом калію, якого в кількості 357...1200 мг/100 г. Основними ферментами коренеплоду, що відрізняються високою активністю, є фосфорилаза, фосфатаза, сахараза, карбоксилаза піровиноградної та щавлевої кислот, алкоголь дегідрогеназа й β-амілаза. За результатами досліджень [8], у її коренеплодах виявлено (у мг/100 г продукту) вітаміну С – до 55,0 (переважна частина аскорбінової

кислоти знаходиться у вільній формі), каротину – 0,02...0,03, вітамінів РР – 0,25, В₁ – 0,03.

Постановка завдання. Метою роботи є комплексна оцінка якості господарсько-ботанічних плодів редьки для розподілу за напрямками використання в харчовій промисловості. Для досягнення поставленої мети висунуто низку завдань:

- побудова «дерева властивостей» для оцінювання якості коренеплодів редьки;
- визначення базових і граничних показників для оцінюваних груп властивостей;
- визначення групових комплексних показників якості редьки;
- ранжування коренеплодів редьки за якістю;
- визначення критеріїв напрямів використання сортів редьки залежно від критеріїв їх якості;
- розподіл сортів за доцільними напрямками використання.

Предметом дослідження були 8 господарсько-ботанічних сортів редьки: Чорна зимова Сквирська, Біла зимова Сквирська, Марушка, Трояндова, Лебідка, Серце дракона, Маргеланська та дайкона Біле ікло.

Виклад основного матеріалу дослідження. Експериментально доведено, що коренеплоди редьки мають суттєві відмінності за смакоароматичними показниками, хімічним складом, здатністю до накопичення контамінантів тощо. Для врахування всіх показників під час оцінювання якості овочевої продукції застосовують принципи кваліметрії, за допомогою чого отримується комплексна інформація про якість продукції з урахуванням водночас усіх її властивостей.

Отримані в результаті комплексного дослідження абсолютні значення показників якості (хімічний склад, органолептика, уміст токсичних речовин) у безрозмірні величини здійснювали за відношенням експериментально отриманих результатів абсолютних показників якості до їх базових значень [9]. Визначення відносних показників проводили за формулами:

$$q_i = P_i / P_{i \text{ баз}}, \quad (1)$$

$$q_i = P_{i \text{ баз}} / P_i, \quad (2)$$

$$q_i = (P_i - P_{i \text{ гр}}) / (P_{i \text{ баз}} - P_{i \text{ гр}}), \quad (3)$$

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

$P_{i \text{ баз}}$ – базове значення i -го показника;

$P_{i \text{ гр}}$ – граничне значення i -го показника;

n – кількість оцінюваних показників.

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

чали в рамках експертної групи з дотриманням такої умови:

$$\sum_{i=1}^n M_i = 1 \quad (4)$$

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

За допомогою адитивної моделі комплексної оцінки розраховували групові показники якості:

$$K_0 = \sum_{i=1}^n M_i \cdot K_i \quad (5)$$

де M_i – коефіцієнт вагомості i -того показника; n – число показників якості продукції; K_i – відносний показник якості.

Для групи властивостей С:

$$KC_0 = (MC_1 KC_1) + (MC_2 KC_2) + (MC_3 KC_3) + (MC_4 KC_4) + (MC_5 KC_5) + (MC_6 KC_6).$$

Для групи властивостей D:

$$KD_0 = (MD_1 KD_1) + (MD_2 KD_2) + (MD_3 KD_3) + (MD_4 KD_4) + (MD_5 KD_5) + (MD_6 KD_6) + (MD_7 KD_7) + (MD_8 KD_8) + (MD_9 KD_9) + (MD_{10} KD_{10}).$$

Вираження комплексної оцінки якості виробів одним значенням отримували в результаті об'єднання групових оцінок властивостей. Комплексний показник якості (КПЯ) продукції визначали за допомогою адитивної моделі комплексної оцінки за формулою (5).

Проведено комплексну оцінку якості коренеплодів редьки за обраними параметрами, найбільш важливими з яких вважаємо харчову цін-

ність і безпечність. Обчислення розпочинали з побудови «дерева властивостей», яке характеризує саме ці властивості (рис. 1).

Другий етап – вимірювання абсолютних показників якості в межах груп властивостей А, В, С, D здійснено у відповідних розділах роботи.

На третьому етапі обирали базові та граничні показники для оцінюваних груп властивостей. Базовими ($P_{\text{баз}}$) є показники, регламентовані нормативними документами, або ті, що зустрічаються на практиці в більшості продукції. Граничні показники вводяться додатково для розрахунку комплексного показника тих груп властивостей, що характеризують безпечність продукції для споживача. Як $P_{\text{баз}}$ для груп властивостей А, В та С обрано кращі показники серед досліджуваних зразків. Для групи D за базовий приймали мінімальне значення показника, а за граничний – його ГДК.

Базові показники:

$$\begin{aligned} PA_{\text{баз}} &= 5 \text{ балів}, PB_{\text{баз}} = 2,33 \cdot 10^5 \text{ Па}, PC_{1\text{баз}} = 0,95\%, \\ PC_{2\text{баз}} &= 6,05\%, \\ PC_{3\text{баз}} &= 1,25\%, PC_{4\text{баз}} = 34,2 \text{ мг/100 г}, \\ PC_{5\text{баз}} &= 597,0 \text{ мг/100 г}, \\ PC_{6\text{баз}} &= 669,21 \text{ мг/100 г}; PD_{1\text{баз}} = 805,0 \text{ мг/кг}, \\ PD_{2\text{баз}} &= 0,008 \text{ мг/кг}, \\ PD_{3\text{баз}} &= 2,6 \text{ Бк/кг}, PD_{4\text{баз}} = 2,3 \text{ Бк/кг}, \\ PD_{5\text{баз}} &= 0,18 \text{ мг/кг}, PD_{6\text{баз}} = 0,009 \text{ мг/кг}, \\ PD_{7\text{баз}} &= 0,017 \text{ мг/кг}, PD_{8\text{баз}} = 1,7 \text{ мг/кг}, \\ PD_{9\text{баз}} &= 4,05 \text{ мг/кг}, PD_{10\text{баз}} = 0,05 \text{ мг/кг}. \end{aligned}$$

Граничні показники:

$$\begin{aligned} PD_{1\text{гр}} &= 1200,0 \text{ мг/кг}, PD_{2\text{гр}} = 0,05 \text{ мг/кг}, \\ PD_{3\text{гр}} &= 40 \text{ Бк/кг}, PD_{4\text{гр}} = 20 \text{ Бк/кг}, \\ PD_{5\text{гр}} &= 0,5 \text{ мг/кг}, PD_{6\text{гр}} = 0,02 \text{ мг/кг}, \\ PD_{7\text{гр}} &= 0,03 \text{ мг/кг}, PD_{8\text{гр}} = 5,0 \text{ мг/кг}, \\ PD_{9\text{гр}} &= 10,0 \text{ мг/кг}, PD_{10\text{гр}} = 0,20 \text{ мг/кг}. \end{aligned}$$

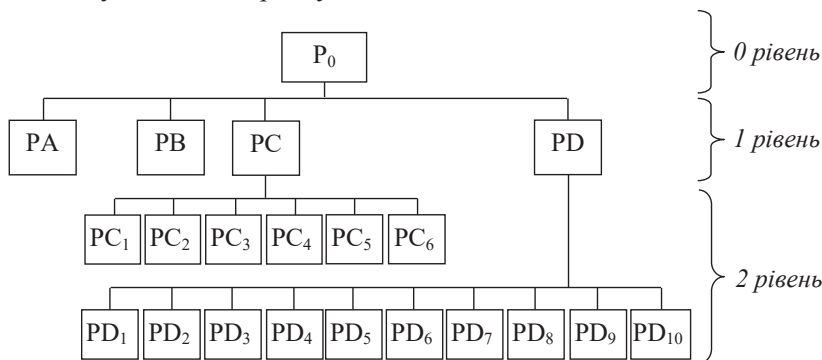


Рис. 1. «Дерево властивостей» для оцінювання якості редьки:
1 рівень: PA – органолептичні показники; PB – структурно-механічні показники (твердість); PC – хімічний склад; PD – безпечність;
2 рівень: PC₁ – уміст пектинових речовин; PC₂ – уміст цукру;
 PC₃ – уміст золи; PC₄ – уміст вітаміну С; PC₅ – уміст флавоноїдів;
 PC₆ – загальна кількість летких речовин; PD₁ – уміст нітратів;
 PD₂ – уміст пестицидів; PD₃ – уміст ¹³⁷Cs; PD₄ – уміст ⁹⁰Sr; PD₅ – уміст солей свинцю; PD₆ – уміст солей ртуті; PD₇ – уміст солей кадмію;
 PD₈ – уміст солей міді; PD₉ – уміст солей цинку; PD₁₀ – уміст солей мши 'яку

Результати визначення комплексних показників якості за групами властивостей для редьки різних господарсько-ботанічних сортів наведено в таблиці 1.

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.

Таблиця 1

Результати визначення групових комплексних показників якості для редьки різних господарсько-ботанічних сортів

Сорт редьки	Комплексні показники для груп властивостей			
	PA	PB	PC	PD
Чорна зимова Сквирська	0,82	0,54	0,71	0,83
Біла зимова Сквирська	0,80	0,52	0,71	0,83
Марушка	0,90	0,64	0,69	0,90
Трояндова	0,94	0,73	0,79	0,85
Лебідка	0,92	1,00	0,66	0,80
Серце дракона	0,98	0,74	0,96	0,87
Маргеланська	0,86	0,61	0,74	0,54
Дайкон Біле ікло	0,90	0,50	0,57	0,55

Згідно з наведеною шкалою, усі зразки за органолептичними показниками (група А) мають оцінку «дуже добре». За структурно-механічними властивостями (група В) оцінку «дуже добре» має лише зразок редьки сорту Лебідка, зразки сортів Марушка, Трояндова та Серце дракона характеризуються оцінкою «добре», а сорти Чорна зимова Сквирська, Біла зимова Сквирська, Маргеланська та дайкон Біле ікло – оцінкою «задовільно». Найкращий хімічний склад має зразок редьки Серце дракона («дуже добре»). Редька сорту дайкон Біле ікло за цією групою властивостей має оцінку «задовільно», що зумовлюється низьким умістом у ній цукрів, золи та флавоноїдів. За показником безпечності оцінку «дуже добре» отримали всі зразки, крім редьки сортів Маргелан-

ська та дайкон Біле ікло: вони характеризуються оцінкою «задовільно».

Загалом, згідно з розрахованими груповими комплексними показниками, усі досліджувані сорти редьки можна ранжувати так:

група А – Серце дракона > Трояндова > Лебідка > Марушка > дайкон Біле ікло > Маргеланська > Чорна зимова Сквирська > Біла зимова Сквирська;

група В – Лебідка > Серце дракона > Трояндова > Марушка > Маргеланська > Чорна зимова Сквирська > Біла зимова Сквирська > дайкон Біле ікло;

група С – Серце дракона > Трояндова > Маргеланська > Чорна зимова Сквирська > Біла зимова Сквирська > Марушка > Лебідка > дайкон Біле ікло;

група D – Марушка > Серце дракона > Трояндова > Чорна зимова Сквирська > Біла зимова Сквирська > Лебідка > дайкон Біле ікло > Маргеланська.

Вираження комплексної оцінки якості виробів одним значенням отримували в результаті об'єднання групових оцінок властивостей. Комплексний показник якості продукції визначали за допомогою адитивної моделі комплексної оцінки за формулою (5). Результати розрахунку відображено на рис. 2.

Установлено, що для зразків редьки Серце дракона, Трояндова, Лебідка значення комплексного показника якості знаходиться в інтервалі, який відповідає оцінці «дуже добре» (0,93, 0,84 та 0,82 відповідно). Інші зразки характеризуються оцінкою «добре» (від 0,69 до 0,78).

За значенням комплексного показника досліджувані зразки редьки ранжуються так: Серце дракона > Трояндова > Лебідка > Марушка > Маргеланська > Чорна зимова Сквирська > Біла зимова Сквирська > дайкон Біле ікло.

Отже, серед досліджених господарсько-ботанічних сортів редьки найвищі значення комплекс-

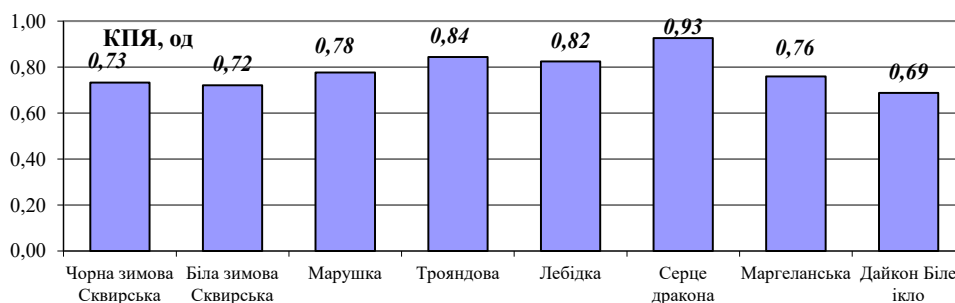


Рис. 2. Комплексний показник якості оцінюваних зразків редьки різних господарсько-ботанічних сортів

сного показника якості мають сорти Серце дракона (0,93), Трояндова (0,84) та Лебідка (0,82). Це дає підстави рекомендувати їх до промислової переробки.

Висновки. З огляду на нестабільність властивостей вихідної овочевої сировини, узагальнено та систематизовано отримані результати досліджень з метою розрахунку комплексного показника якості коренеплодів і визначення шляхів їх раціонального використання. У результаті проведених розрахунків встановлено, що для зразків редьки Серце дракона, Трояндова, Лебідка значення комплексного показника якості

знаходиться в інтервалі, який відповідає оцінці «дуже добре» (0,93, 0,84 та 0,82 відповідно). Інші зразки характеризуються оцінкою «добре» (від 0,69 до 0,78). Це дає підстави рекомендувати сорти з максимальним рівнем якості до промислової переробки.

Проведені розрахунки враховують всі важливі характеристики коренеплодів редьки й дають змогу цілеспрямовано використовувати сировину за сортами, що забезпечить не лише отримання високоякісної та безпечної конкурентоспроможної овочевої продукції, а й сприятиме скороченню втрат і збільшенню рентабельності підприємств.

Список літератури:

1. Consolacion Y. Ragasa, Virgilio D. Ebajo Jr., Maria Carmen S. Tan [et al.]. Chemical constituents of *Raphanus sativus*. *Der Pharma Chemica*. 2015. № 7 (11). P. 354–357.
2. Ki Hyun Kim, Eunjung Moon, Seoung Rak Lee [et al.]. Chemical Constituents of the Seeds of *Raphanus sativus* and their Biological Activity. *Journal of the Brazilian Chemical Society*. 2015. № 11 (26).
3. Syed S.B., Lakshmi N.M., Gowda B.B. Polyphenolics profile and antioxidant properties of *Raphanus sativus* L. *Natural Product Res.* 2012. № 26 (6). P. 557–563.
4. Sandovala M., Okuhamaa N.N., Angelesam F.M. [et al.]. Antioxidant activity of the cruciferous vegetable Maca (*Lepidium meyenii*). *Food Chemistry*. 2002. № 79. P. 207–213.
5. Suleiman A., Maryam H.B. Volatile Constituents of *Raphanus sativus* L. var. *niger* Seeds. *J. Essential Oil Res.* 2005. № 17 (4). P. 440–441.
6. Yong J.K., Kug C.Y., Min K.H., Kyu C.B. Radish extract stimulates motility of the intestine via the muscarinic receptors. *J. Pharm. Pharmacol.* 2000. № 52. P. 1031–1036.
7. Лудилов В.А., Иванова М.И. Все об овощах. Полный справочник. Москва : Фитон, 2010. 215 с.
8. Chen-Tien C., Sheng-Ting C., Rong-Jen S. [et al.]. Purification and properties of chitinases from radish roots. *Food Sci. Agric. Chem.* 2000. № 2. P. 107–114.
9. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садовов В.В. Квалиметрия: первоначальные сведения. Справочное пособие с примером для АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» : учебное пособие. Москва : Высш. шк., 2010. 143 с.
10. Кузнецов Д.Ю., Трошина Т.Л. Кластерный анализ и его применение. *Ярославский педагогический вестник*. 2006. № 4. С. 103–107.

Haponcewa O.W., Seliutina H.A., Letuta T.M., Skyrda O.Ye., Vinnikova V.O.

CALCULATION OF THE COMPLEX QUALITY INDICATOR AND DETERMINATION OF CRITERIA FOR FORMATION OF RARE ROOF QUALITY

Vegetables are an important source of carbohydrates, organic acids, vitamins, mineral salts, volatiles contained in an available form for human digestion. Along with fresh vegetables, which are characterized by seasonality, thanks to modern methods of processing, canned vegetable products that can be used in both everyday and therapeutic and preventive nutrition, providing the population with the necessary amount of BAR are valuable.

There are no radish products on the domestic market, which is not only a cheap local raw material, but also has a high content of BAR, including with volatile and antioxidant properties. This makes it an important product in the prevention and treatment of avitaminosis, atherosclerosis, obesity, metabolic disorders and the like. However, there are difficulties in the processing of radish, due to the fact that the root contains a large number of volatile substances that cause specific flavoring characteristics, polyphenolic substances that are destroyed by oxidizing enzymes, and also has the ability to excess accumulation of contaminants. Therefore, conducting a comprehensive study of the quality of radish of various economic and botanical varieties with the purpose of its purposeful use and formation of quality of products from it is a relevant research for modern commodity science.

Quantitative description of the quality of goods is characterized by an indicator of its quality. With regard to food, a single indicator cannot fully reflect their quality. The large number of indicators complicates the process of analyzing and deciding product quality. Whereas a comprehensive evaluation has a significant advantage, which is the use of a set of quality indicators and is expressed in a single numerical value – a comprehensive quality indicator.

Key words: radish, complex quality index, quality ranking, commodity evaluation, chemical composition of radish, distribution of varieties.

Helikh A.O.

Sumy National Agrarian University

Dan Gao

Sumy National Agrarian University

Zhenhua Duan

School of Food and Bioengineering, Hezhou University

OPTIMIZATION OF ULTRASOUND-ASSISTED ALKALINE EXTRACTION OF PUMPKIN SEED MEAL PROTEIN ISOLATE BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

As an alternative to animal proteins, pumpkin seed meal protein isolate (PSMPI) can be applied in food processing as dietary supplements and functional foods. The conventional extraction process of protein is alkaline solution and acid precipitation, which consumes a long time. Ultrasound method is an environmentally friendly technique, which can be used to improve the efficiency of protein extraction. In the present study, a method of ultrasound-assisted alkaline extraction (UAAE) of PSMPI was established. Response surface methodology (RSM) was utilized to optimize the UAAE conditions (ultrasonic power, ultrasonic time and ratio of liquid to solid) by implementing a three-factor, three level Box–Behnken design. A quadratic polynomial equation was obtained by polynomial regression analysis of the experimental data and appropriate statistical methods. The interaction effects of the independent variables on the extraction yield of PSMPI were illustrated by response surfaces and counter plots. Besides, by solving the regression equation and analyzing the response surface contour plots, the determined optimal PSMPI extraction conditions were obtained, which was at ultrasonic power of 456 W, ultrasonic time of 22 min, and ratio of liquid to solid of 27 mL/g. The efficiency of UAAE on PSMPI was determined. The result showed that the experimental value (80.76 g/100g) of the yield of PSMPI was reasonably close to the predicted one (81.86 g/100g). This suggested that there was a high fit degree between experimental value and the predicted value from the regression model. Thus, it suggested that the equation of the response surface can be utilized effectively to predict the extraction condition of the PSMPI.

Key words: Box-behnken, ultrasound-assisted alkaline extraction, pumpkin seed meal protein isolate, optimize model.

Introduction. Protein is not only a necessary nutrient for the development and maintenance of human health, but also plays an important role in the physicochemical properties and structural basis of food [1, p. 30]. At present, animal protein is still an important source of dietary protein to most people. According to the report, the world demand for animal-derived proteins is supposed to double by 2050 [2, p. 94]. However, the production of animal proteins gives a great pressure on the environment. Besides, the popularity of vegetarianism has increased greatly over the past few years on account of growing concerns about the environment, animal welfare, and health. Thus, the utilization of plant protein sources (like oilseeds, cereals and legumes) as replacers for animal proteins is thought to be a good way to meet the need for food proteins.

An analysis of the latest research and publications. The most commonly used method to extract

proteins from plant protein sources is alkaline solution and acid precipitation [3, p. 1843]. However, due to the long extraction process, it will lead to protein denaturation. The reason is that the stability of secondary, tertiary, or quaternary structures changes, as well as the possible adverse secondary reactions and potential toxicity, which may lead to aggregation, solidification, reduced solubility, and loss of functional properties of proteins, such as gelation and emulsification [4, p. 703].

Enzymatic extraction is another widely used technique to isolate protein. The enzyme-assisted extraction of proteins could damage the cell walls integrity due to the degradation of the major components of plant cell walls and fiber, including cellulose, hemicellulose, and/or pectin caused by enzymatic action, as well as the improvement in protein solubility as a result of partial hydrolysis by different proteases. The increased degradation of

cell walls could enhance the protein release into the solvent. However, this method involves high energy consumption, harmful chemicals and high labor cost [5, p. 206].

Recently, as environmentally friendly techniques, the application of microwave-assisted and ultrasound-assisted extraction attracts considerable attention. The microwave power of MAE provides more uniform heating, producing a strong pressure on the plant cell walls, as a result, the desirable components could be broken and be dissolved in the solvent. The primary advantages of microwave are easy to handle, less solvent use, less waste generation, high extraction speed [6, p. 4667]. Recent studies have shown that some functional properties (water and nitrogen solubility index and foam stability) of proteins may decrease while some functional properties (fat absorption index, water absorption index, foam activity, emulsifying activity, and in vitro protein digestibility) will also be improved after microwave treatment [7, p. 543].

Ultrasound technology makes use of acoustic cavitation to disrupt plant cells and tissues and improve mass transfer during the extraction process. The application of ultrasound to assist extraction has the advantages of easy handling and safety, because it is carried out at atmospheric pressure and ambient temperature, uses an appropriate amount of solvent, is reusable and requires relatively short processing time [8, p. 50; 9, p. 813]. It was reported that ultrasound-assisted extraction significantly increased protein yield from rice bran, soy bean, perilla seed and pumpkin seed. However, high power and long time of sonication may reduce emulsification and foaming capability [2, p. 93]. Notably, according to the previous study, both of the ultrasound treatment and microwave treatment could decreasing the allergenicity of soybean protein isolate due to the alteration of secondary structure of proteins [10, p. 410; 11, p. 604].

Pumpkin seeds are a by-product in the utilization of pumpkin, which protein content ranges from 24.5–36% [12, 701]. The defatted pumpkin seed meal was obtained after cold-pressing oil extraction from pumpkin seeds and is considered to be a potential source of proteins for human consumption [13, p. 470]. The main constituents of pumpkin seed proteins are: albumin (water-soluble), globulin (salt-soluble), glutenin (alkali-soluble) and proline (alcohol-soluble) [14, p. 591]. It has been demonstrated that the essential amino acids content of globulin, glutelin and prolamin in pumpkin seed meet the minimum FAO/WHO/UNU needs

for preschool children, except threonine and lysin [15, p. 7715]. The pumpkin seed meal could be transferred to additional value products such as protein concentrate or isolate and applied in food processing as dietary supplements and functional foods.

The purpose and the objectives of the study.

The main goal of the investigation is – to optimize the ultrasound-assisted alkaline extraction (UAAE) conditions of pumpkin seed meal protein isolate (PSMPI) by response surface methodology.

Tasks to be solved in the research process:

1. Obtain a quadratic model of the extraction yield of pumpkin seed meal protein isolate (PSMPI).
2. Analyze how extraction factors, such as ultrasound power, ultrasound time, and the ratio of liquid to solid, affect the extraction yield of PSMPI by analyzing the response surface contour plots.
3. Experimentally determine the optimal conditions for the extraction of PSMPI.

Methods. In this study, defatted pumpkin seed meal and water were mixed in a 250 mL beaker. The pH of the mixture was adjusted and maintained to 10.5 by using a 2 N NaOH solution. The ultrasonic experiments were performed at 25 MHz using an Ultrasonic microwave synergistic extraction apparatus (XH-300B, Beijing xianghu, Beijing, China) with an ultrasonic unit (maximal power of 1500 W). On the basis of previous experiments, the extraction process was performed at different ultrasonic power (X_1 : 400-500 W), ultrasonic time (X_2 : 15-25 min) and ratio of liquid to solid (X_3 : 20 to 30 mg/L) (Table 1).

After extraction, the product was centrifuged at $4,000 \times g$ for 20 min, and the resulting supernatant was filtered to further remove the undissolved components. The filtrate was acidified to pH 4.5 with 2 N HCl, then centrifuged at $4,000 \times g$ for 15 min. The pellet was recovered, washed with distilled water and centrifuged again as above. The pellet was freeze dried and used for protein determination and the yield calculation of PSMPI.

The experiment was conducted with triplicate samples. Analysis of variance was utilized to test for significant differences between independent variables ($P < 0.05$). The statistical analysis was performed with Design expert 10 software (Stat-Ease, Minneapolis, MN, USA) and Microsoft Office Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA), respectively.

Results and discussion. The independent variables X_1 (ultrasonic power), X_2 (ultrasonic time) and X_3 (ratio of liquid to solid), at three variation levels studied were showed in Table 1.

Table 1
Independent variables and levels for Box–Behnken design

Independent variables	Symbol	Level		
		-1	0	1
Ultrasonic power (W)	X ₁	400	450	500
Ultrasonic time (min)	X ₂	15	20	25
Ratio of liquid to solid (mg/L)	X ₃	20	25	30

The yield of pumpkin seed meal protein isolate (PSMPI) under the Box-Behnken experimental design was presented in Table 2. The quadratic model applied in the response surface was as follows:

$$Y=80.93 + 1.63X_1 + 3.04X_2 + 1.27X_3 - 4.46X_1^2 - 3.38X_2^2 - 1.27X_3^2 - 0.042X_1X_2 - 1.52X_1X_3 - 0.74X_2X_3$$

According to the results of analysis of variance (ANOVA) (Table 3), the ultrasonic power, ultrasonic time, and ratio of liquid to solid all had significant positive linear effects. The coefficient of determination (R²) was 0.9681, which indicated a good model fit for 96.81% of the total variation can be explained by the model. The value of the adjusted determination coefficient (R_{Adj}²) was 0.9107, which also suggested that the model was significant. The values of coefficient variation (CV) was 1.61, indicating a very high degree of precision and a good reliability of the experimental values.

The effects of ultrasonic power (X₁) and ultrasonic time (X₂) on the extraction yield of PSMPI were pre-

sented in Fig. 1a, b, while ratio of liquid to solid was settled at its middle level (25 mg/L). As the response surface and its corresponding counter plot shows, the extraction yield of PSMPI increased slowly as the ultrasonic time increased when ultrasonic power at a low level. With the increase in ultrasonic power, the yield of PSMPI improved from about 75 g/100g to 80 g/100g at a high level of ultrasonic time. However, the yield of PSMPI increased only from about 71 g/100g to 75 g/100g at a low level of ultrasonic time. It indicated that the increase of ultrasonic power and ultrasonic time in the test range was beneficial for the extraction of PSMPI.

The response surface and its corresponding counter plot which showed the effects of ultrasonic power (X₁) and ratio of liquid to solid (X₃) on the yield of PSMPI were presented in Fig. 1c, d, while maintaining ultrasonic time (X₂) at a middle level of 20 min. At the middle level of ultrasonic power and ratio of liquid to solid, the maximum extraction yield of PSMPI was achieved, further increasing in ultrasonic power and ratio of liquid to solid would not add into increase in the extraction yield of PSMPI.

The effects of ultrasonic time (X₂) and ratio of liquid to solid (X₃) on the yield of PSMPI were showed in Fig. 1e, f, while keeping the ultrasonic power (X₁) at a middle level (450 W). The yield of PSMPI showed a considerable increase as the increase in ratio of liquid to solid at a high level of ultrasonic time. However, when ultrasonic time is at a low level,

Table 2
Box-Behnken design arrangement, responses for protein yield of ultrasound-assisted alkaline extraction on pumpkin seed meal protein isolate (PSMPI)

Run	X ₁ : Ultrasonic power (W)	X ₂ : Ultrasonic time (min)	X ₃ : Ratio of liquid to solid (mg/L)	Yield (g/100 g)	Predicted Value (g/100 g)
1	1	1	0	77.79	77.72
2	1	0	-1	78.13	77.09
3	0	0	0	80.56	80.93
4	1	-1	0	70.59	71.72
5	1	0	1	76.59	76.57
6	-1	-1	0	68.31	68.38
7	0	1	1	79.77	79.86
8	-1	0	1	75.32	76.36
9	-1	0	-1	70.77	70.79
10	0	-1	-1	71.34	71.25
11	-1	1	0	75.68	74.55
12	0	1	-1	77.68	78.80
13	0	-1	1	76.37	75.25
14	0	0	0	80.95	80.93
15	0	0	0	81.29	80.93

the effect of ratio of liquid to solid on the yield of PSMPI was not significant.

The optimum extraction conditions depended on ultrasonic power (X_1), ultrasonic time (X_2) and ratio of liquid to solid (X_3), and were obtained by response surface methodology (RSM). To validate the model, PSMPI were extracted under optimal UAAE conditions and its efficiency was determined. The result showed that the experimental value (80.76 g/100g) of the yield of PSMPI was reasonably close to the predicted one (81.86 g/100g). This suggested that there was a high fit degree between experimental value and the predicted value from the regression model. Hence, the response surface modeling can be utilized effectively to predict the extraction condition of the PSMPI.

Conclusions. In the present study, ultrasound-assisted alkaline extraction (UAAE) of pumpkin seed meal protein isolate (PSMPI) was proposed. Since many factors, like ultrasonic power, ultrasonic time and ratio of liquid to solid effect the yield of PSMPI, the response surface method was conducted to optimize the extraction conditions by three factors at three level Box-Behnken design. Response surface and contour plots suggested that the optimum condition for extracting PSMPI is at 456 W of ultrasonic power, 22 minutes of ultrasonic time and 27 mg/L for ratio of liquid to solid with a maximum protein yield of 81.86 g/100g. These results will contribute to the information of the productivity of the PSMPI by the method of UAAE.

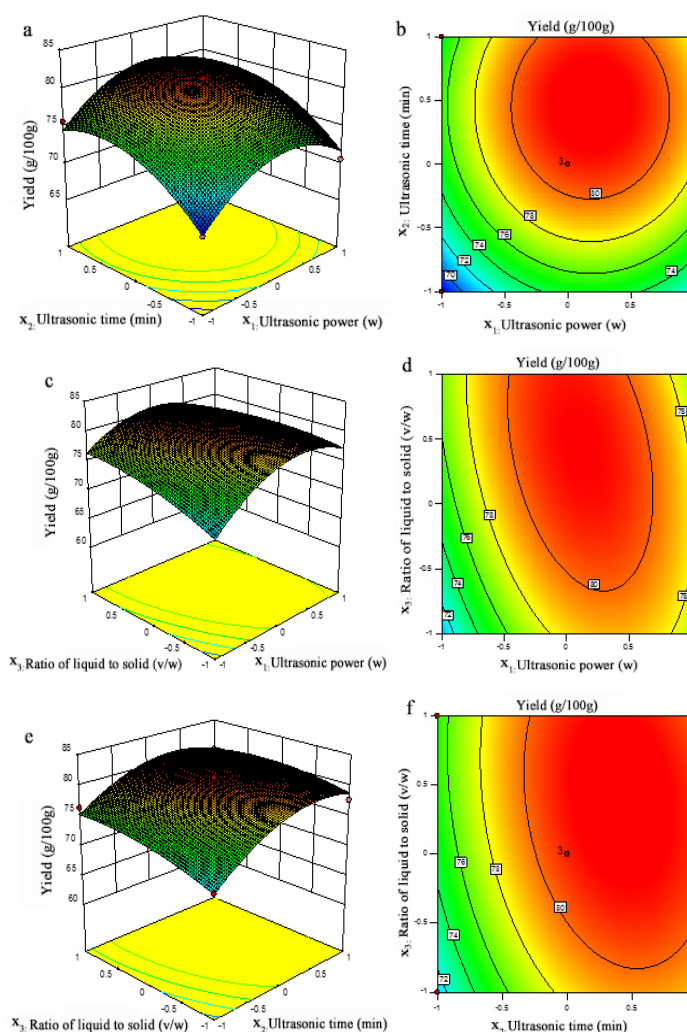


Fig. 1. Response surfaces (a, c and e) and contour plots (b, d and f) showing effects of extraction variables (X_1 , ultrasonic power; X_2 , ultrasonic time; X_3 , ratio of liquid to solid) on the ultrasound-assisted alkaline extraction (UAAE) yield of pumpkin seed meal protein isolate (PSMPI)

Table 3

Analysis of the variance (ANOVA) of the quadratic model

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-Value	p-value Prob > F
Model	228.95	9	25.44	16.87	0.0031
A ₁	21.19	1	21.19	14.05	0.0133
A ₂	73.87	1	73.87	48.98	0.0009
A ₃	12.83	1	12.83	8.50	0.0332
A ₁₂	0.0072	1	0.0072	0.0048	0.9475
A ₁₃	9.27	1	9.27	6.15	0.0559
A ₂₃	2.16	1	2.16	1.43	0.2850
A ₁₁	73.58	1	73.58	48.78	0.0009
A ₂₂	42.10	1	42.10	27.91	0.0032
A ₃₃	5.92	1	5.92	3.93	0.1043
Residual	7.54	5	1.51		
Lack of Fit	7.27	3	2.42	18.17	0.0526
Pure Error	0.27	2	0.13		
Cor Total	236.49	14			

$R^2=0.9681$ $R_{Adj}^2=0.9107$ $CV=1.61$

References:

1. Day L. Proteins from land plants – Potential resources for human nutrition and food security. *Trends in Food Science and Technology*. 2013. V. 32. № 1. P. 25–42.
2. Pojić M., Mišan A., Tiwari B. Eco-innovative technologies for extraction of proteins for human consumption from renewable protein sources of plant origin. *Trends in Food Science and Technology*. 2018. № 75. P. 93–104.
3. Chittapalo T., Noomhorm A. Ultrasonic assisted alkali extraction of protein from defatted rice bran and properties of the protein concentrates. *International journal of food science and technology*, 2009. V. 44. № 9. P. 1843–1849.
4. Haque M.A., Aldred P., Chen J., Barrow C.J., Adhikari B. Comparative study of denaturation of whey protein isolate (WPI) in convective air drying and isothermal heat treatment processes. *Food Chemistry*. 2013. V. 141. № 2. P. 702–711.
5. Watanabe M., Maeda I., Koyama M., Nakamura K., Sasano K. Simultaneous recovery and purification of rice protein and phosphorus compounds from full-fat and defatted rice bran with organic solvent-free process. *Journal Bioscience and Bioengineering*. 2015. V. 119. № 2. P. 206–211.
6. Kadam S.U., Tiwari B.K., O'Donnell C.P. Application of novel extraction technologies for bioactives from marine algae. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. V. 61. № 20. P. 4667–4675.
7. Ochoa-Rivas A., Nava-Valdez Y., Serna-Saldívar S. O., Chuck-Hernández C. Microwave and ultrasound to enhance protein extraction from peanut flour under alkaline conditions: Effects in yield and functional properties of protein isolates. *Food and Bioprocess Technology*. 2017. № 10. P. 543–555.
8. Bendicho C, De La Calle I., Pena F., Costas M., Cabaleiro N., Lavilla I. Ultrasound-assisted pretreatment of solid samples in the context of green analytical chemistry. *Trends in Analytical Chemistry*. 2012. № 31. P. 50–60.
9. Chemat F., Khan M. K. Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2011. V. 18. № 4. P. 813–835.
10. Yang X., Li Y., Li S., Oladejo A.O., Wang Y., Huang S. Effects of low power density multi-frequency ultrasound pretreatment on the enzymolysis and the structure characterization of defatted wheat germ protein. *Food Engineering Reviews*. 2017. № 38. P. 410–20.
11. Li H., Zhu K., Zhou H., Peng W., Guo X. Comparative study of four physical approaches about allergenicity of soybean protein isolate for infant formula. *Food and Agricultural Immunology*. 2016. V. 27. № 5. P. 604–623.
12. Quanhong L., Caili F. Application of response surface methodology for extraction optimization of germinant pumpkin seeds protein. *Food Chemistry*. 2005. V. 92. № 4. P. 701.
13. Popović S., Peričin D., Vaštag Ž., Popović L., Lazić V. Evaluation of edible film-forming ability of pumpkin oil cake; effect of pH and temperature. *Food Hydrocolloids*. 2011. V. 25. № 3. P. 470.
14. Peričin D., Radulović L., Trivić S., Dimić E. Evaluation of solubility of pumpkin seed globulins by response surface method. *Journal of Food Engineering*. 2008. V. 84. № 4. P. 591.
15. Rezig L., Chibani F., Chouaibi M., Dalgalarondo M., Hessini K., Gueguen J., Hamdi S. Pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed proteins: sequential extraction processing and fraction characterization. *Jouranal of Agricultural and Food Chemistry*. 2013. V. 61. № 32. P. 7715–7721.

Геліх А.О., Дан Гао, Шеньхуа Дуан. ОПТИМІЗАЦІЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ПІДТРИМКИ ЛУЖНИЙ ЕКСТРАКЦІЇ ІЗОЛЯТИВ БІЛКА БОРОШНА З ГАРБУЗОВОГО НАСІННЯ ЗА МЕТОДОЛОГІЄЮ ПОВЕРХНІ ВІДГУКУ

В якості альтернативи тваринним білкам ізолят білка борошна з насіння гарбуза (ІББНГ) може застосовуватися в харчовій промисловості в якості харчових добавок і функціональних харчових продуктів. Звичайний процес екстракції білка представляє собою лужний розчин і кислотні осадки, які перетворюють тривалий час. Ультразвуковий метод є екологічно чистим методом, який можна використовувати для підвищення ефективності екстракції білка. У цьому дослідженні був розроблений метод ультразвукової лужної екстракції (УЛЕ) білка борошна з насіння гарбуза. Методологія поверхні відгуку (МПВ) була використана для оптимізації умов УЛЕ (потужність ультразвуку, час ультразвуку і співвідношення рідини до твердої речовини) шляхом реалізації трьохфакторної трирівневої конструкції Боксу-Бенкена. Квадратичне поліноміальне рівняння було отримано за допомогою поліноміального регресійного аналізу експериментальних даних і відповідних статистичних методів. Вплив взаємодії незалежних змінних на вихід екстракції ІББНГ було проілюстровано за допомогою поверхонь відгуку та контрольних графіків. Крім того, шляхом вирішення рівняння регресії і аналізу контурних графіків поверхні відгуку були отримані певні оптимальні умови екстракції ІББНГ, які мали потужність ультразвуку 456 Вт, час ультразвуку 22 хв і співвідношення рідини до твердої речовини 27 мл / м. Була визначена ефективність УЛЕ по виходу ІББНГ. Результат показав, що експериментальне значення (80,76 г / 100 г) виходу ІББНГ було досить близько до прогнозованого (81,86 г / 100 г). Це говорить про те, що існує висока ступінь відповідності між експериментальним значенням і прогнозним значенням з регресійної моделі. Таким чином, доведено, що рівняння поверхні відгуку може ефективно використовуватися для прогнозування умови вилучення ІББНГ.

Ключові слова: Бокс-Бенкена, ультразвукова лужна екстракція, білковий ізолят борошна з насіння гарбуза, оптимізована модель.

УДК 664.346:639.64

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/09>**Колесніченко С.Л.**

Одеська національна академія харчових технологій

Безусов А.Т.

Одеська національна академія харчових технологій

Жмудь А.В.

Одеська національна академія харчових технологій

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЕМУЛЬСІЙНОГО СОУСУ З ЕКСТРАКТОМ ЛАМІНАРІЇ

Для нормального перебігу біохімічних процесів організм людини потребує, крім глюкози, інші моносахариди, які саме володіють фізіологічною дією. Одним із таких мінорних цукрів уважається фукоза – 6-дезоксид-галактоза, яка виконує особливу біологічну роль у репродуктивних, імунних процесах і процесах клітинної диференціації, молекулярного та клітинного впізнавання. Тривалий дефіцит у харчуванні фукози призводить до порушення вуглеводного обміну й розвитку тих чи інших захворювань. У харчових продуктах фукоза зустрічається в складі полісахаридів (фукоїданів), які мають специфічні $\alpha(1-2)$, $\alpha(1-3)$, $\alpha(1-4)$ зв'язки, що не піддаються руйнуванню кислотами та ферментами шлунково-кишкового тракту людини. На їх гідроліз здатні ферменти біфідобактерій, завдяки біфідобактеріям фукоїдан розщеплюється до фукози. Фукоїдани бурих водоростей унаслідок великої різноманітності позитивних біологічних властивостей і низької токсичності мають перспективи використання в харчуванні. У роботі за основу розроблення технології екстрагування фукоїдану з ламінарії взяті параметри екстракції, які зручні для здійснення в закладах ресторанного господарства.

Обґрунтовано теоретичну й практичну доцільність створення емульсійного соусу з екстрактом ламінарії для застосування в ресторанному та лікувально-оздоровчому харчуванні. Соус збагачений екстрактом ламінарії, який містить фукоїдан, і лецитином. Лецитинова композиція лецитин-олія-екстракт ламінарії має упорядковану структуру ламелярної емульсії, що сприяє вбудуванню в її склад, збереженню від негативного впливу й поліпшенню органолептичних показників інших біологічно активних речовин, а також їх кращому засвоєнню. Також рослинні лецитини можуть розглядатися як фізіологічні функціональні нутрієнти з високою ефективністю фізіологічного впливу для страв лікувально-профілактичного призначення. Подано мікрофотографії подрібненої ламінарії сухої та ламелярної емульсії лецитин-олія-екстракт ламінарії в поляризаційному світлі. Представлено компонентний склад емульсійного соусу з екстрактом ламінарії та органолептична характеристика соусу. Обґрунтовано термін зберігання розробленого соусу на основі показників мікробіологічної безпеки.

Ключові слова: екстракт фукоїдану, фукоза, емульсійний соус, лецитин, ламелярна емульсія.

Постановка проблеми. Кожна з наявних концепцій харчування свідчить, що головним чином вуглеводи забезпечують енергетичні потреби людини. До вуглеводів належать цукри, крохмаль, а також такі вуглеводи, які не засвоюються організмом, так звані харчові волокна (целюлоза, геміцелюлоза), до них зараховують і пробіотичні вуглеводи: галакто-, фрукто-, ксило-, манноолігосахариди, засвоєння яких відбувається під дією кишкової мікрофлори.

Для нормального перебігу біохімічних процесів організм людини потребує, крім глюкози, такі моносахариди, як маноза, фукоза, арабіноза, рибULOZA, рибоза, дезоксирибоза, ксилоза, ксилулоза,

галактоза. Вони володіють фізіологічною дією. За аналогією з незамінними амінокислотами ця група вуглеводів одержала назву мінорних. Такі вуглеводи беруть участь у синтезі глікопротеїнів, гліколіпідів та інших комплексних сполук.

Одним із мінорних цукрів уважається фукоза – 6-дезоксид-галактоза, яка виконує особливу біологічну роль у репродуктивних, імунних процесах і процесах клітинної диференціації, молекулярного та клітинного впізнавання. Фукоза добре розчиняється у воді та майже нерозчинна в органічних розчинниках. Вона є єдиним цукром, наявним у клітинах людини в L-формі та має гідрофільно-гідрофобну природу, яка зумовлена

наявністю гідроксильних груп у положеннях 2, 3, 4 та метильної групи в положенні 5. У зв'язку з цим фукоза здатна виконувати функцію специфічного джерела впізнавання під час роботи рецепторів [1, с. 241]. Фукоза відіграє роль термінального цукру: продовження вуглеводного ланцюга завершується після приєднання фукози, тобто вона припиняє процес глікозилювання [2, с. 64].

Фукоза входить до складу багатьох гормонів (фолікостимулювального, тиреотропного, лютинізуючого гормонів, пролактину, хоріонічного гонадотропіну) та глікопротеїнів, уміст її в сироватці крові здорової людини становить 469–548 мкМоль/л. Фукоза є структурним компонентом антигенів крові, слугує маркером групи крові; серед групспецифічних речовин крові вона наявні в кількості 16...22%, а в інших біополімерах її кількість не перевищує 0,5...1,5% [3, с. 84].

Надзвичайно важливу роль відіграють молекули фукози в репродуктивних та імунних процесах. Виявлено, що залишки фукози сконцентровані на тій ділянці поверхні яйцеклітини, де є можливість проникнення сперматозоїдів, останні містять фермент фукозидазу [2, с. 65].

L-фукоза входить до складу сироваткових імуноглобулінів, транспортних глікопротеїдів (церулоплазмін, лактоферин), міститься в складі деяких лізосомних гідролаз глікопротеїдної природи, у складі гліколіпідів плазматичних мембран. Кінцеве положення фукози в олігосахаридних ланцюгах зумовлено особливою роллю цього цукру в біологічному впізнаванні.

Тривалий дефіцит у харчуванні неглюкозних моносахаридів, у тому числі фукози, призводить до порушення вуглеводного обміну та розвитку тих чи інших захворювань.

Фукоза може бути синтезована в організмі людини з глюкози, але в незначній кількості: за рахунок метаболізму утворюється до 10% від добової потреби. Організм матері активно синтезує олісахариди, що містять фукозу, їх уміст становить 10...15% з усіх цукрів грудного молока [4, с. 5].

Утримання достатнього рівня фукози необхідно не тільки під час ембріонального й постембріонального періодів розвитку, а і є обов'язковим для боротьби з різними захворюваннями.

У харчових продуктах фукоза зустрічається в складі полісахаридів, які мають специфічні $\alpha(1-2)$, $\alpha(1-3)$, $\alpha(1-4)$ зв'язки, що не піддаються руйнуванню кислотами та ферментами шлунково-кишкового тракту людини. На їх гідроліз здатні ферменти біфідобактерій, завдяки біфі-

добактеріям фукоїдан розщеплюється до фукози. Частину гідролізованих мінорних цукрів біфідобактерії засвоюють для своєї життєдіяльності, а частина всмоктується у кров і переноситься в лімфоїдну тканину організму людини, де відбувається синтез імуноглобулінів. Повна відсутність фукози в раціоні харчування призводить до синтезу аномальних глікопротеїнів як усередині клітин організму людини, так і в клітинних рецепторах.

Також фукоза та її полімери мають пробіотичні властивості, а фукополісахариди проявляють антиоксидантну дію. Препарати як чистої фукози, так і полісахаридів, що її містять (фукоїдани), мають велике значення для харчової промисловості й фармакології [4, с. 6].

У чистому вигляді фукоза в природі практично не зустрічається, а входить до складу фукоїданів, фуканів (ксило-, глюко-, галактофуканів тощо).

Фукоїдани бурих водоростей є біологічно активними сульфатованими полісахаридами, головним компонентом молекул яких слугують залишки сульфатованої α -L-фукози. До складу фукоїданів входять також інші моносахариди: галактоза, маноза, ксилоза, уронові кислоти, N-ацетильні похідні цукрів.

Бура водоростеламінарія (морська капуста) ще з 18 століття застосовується людством як харчовий продукт і як ліки. Вона має низький глікемічний індекс і малу калорійність. Останнім часом ламінарія також є джерелом для одержання різних біологічно активних речовин, які мають багатофункціональний вплив на організм людини. До хімічного складу ламінарії входять білки 8...13%, альгінова кислота 21...41%, маніт 10...16%. Також слані ламінарії містять значну кількість вітамінів А, С, Д, РР, сульфатовані полісахариди (6...9,8%), мають багатий мінеральний склад: у значних кількостях містять водорозчинні солі кремнію, кальцію, калію, магнію, селену, заліза, міді, цинку, йод та інші корисні елементи [5, с. 243].

Фукоїдани легко вилучаються з водоростей водою або слабкими розчинами кислот, тому вони практично повністю втрачаються водоростями на стадіях замочування або нагрівання у воді. При екстрагуванні фукоїдану в розчин також переходять мінеральні компоненти.

У промисловості основними компонентами, які вилучають із бурої водорості ламінарії, є альгінова кислота й маніт. Маніт при екстрагуванні фукоїдана частково надходить до екстракту. Він широко використовується в медицині та харчовій промисловості як підсолоджувач, який не потребує дії

інсуліну. У кількості 50 мг/кг маси тіла маніт вважається безпечним для людини [17, с. 147].

Останніми роками фукоїдан став об'єктом підвищеної уваги науковців унаслідок великої різноманітності його позитивних біологічних властивостей і низької токсичності. Сучасний рівень обробки харчової сировини призводить до втрати мінорних компонентів їжі на стадіях очищення й теплової обробки, тому виробництво продуктів з фукоїданом дасть змогу розширити асортимент страв для профілактики багатьох захворювань.

Постановка завдання. Метою роботи є розроблення технології екстрагування фукоїдану з бурої водорості ламінарії з подальшим використанням на підприємствах ресторанного господарства в соусах для підвищення їх біологічної цінності.

Згідно з поставленою метою, необхідно вирішити такі завдання:

- розробити технологію одержання екстракту ламінарії з фукоїданом, яка може бути застосована в закладах ресторанного господарства;
- розробити рецептуру й технологію приготування емульсійного соусу з одержаним екстрактом для лікувально-профілактичного харчування;
- дослідити якісні показники та показники мікробіологічної безпеки розробленого емульсійного соусу.

Матеріал і методи дослідження. У роботі використані слані ламінарії сушені харчові.

За аналог рецептури емульсійного соусу з екстрактом ламінарії обрано рецептуру «Соус майонез» [19, с. 356].

Уміст фукоїдану в екстракті визначали спектрометричним методом, що заснований на реакції фукози з L-цистеїном і сірчаною кислотою за методом Діше [19], який заснований на здатності фукози під час кип'ятіння із сильними мінеральними кислотами утворювати 5-метилфурфурол, на відміну від інших гексоз, завдяки чому можливе її диференційоване визначення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Після аналізу літературних джерел за основу розробки технології екстрагування фукоїдану з ламінарії взяті параметри екстракції, які зручні для здійснення в закладах ресторанного господарства.

Слані ламінарії сухі подрібнювали за допомогою подрібнювача «Russell Hobbs» 23120-56 протягом 2...3 хвилин. Мікрофотографію зразка подрібненої ламінарії наведено на рис. 1 (збільшення в 100 разів). Під рисунком подано розмірну шкалу: відстань між кінцевими рисками становить 1 мм.

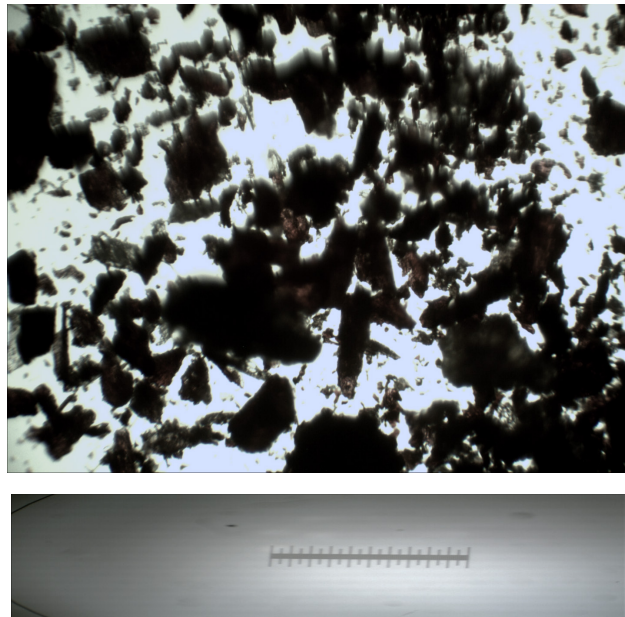


Рис. 1. Мікрофотографія подрібненого зразка ламінарії

Для одержання екстракту 100 грамів подрібнених сланів ламінарії сухої з вологістю 15% заливали 1000 см³ розчином води питної та соку лимона у співвідношенні 1:1, рН 2,5, витримували при кімнатній температурі (20..25°C) 8 годин. Екстракт виділяли центрифугуванням, потім доводили до кипіння для зменшення мікробної забрудненості.

Дослідження показали, що в одержаному екстракті вміст мінеральних речовин дорівнює 18,2 г/дм³, рН=6,7, кількість сухих речовин за рефрактометром – 4,8. Наявність фукоїдану оцінювали за вмістом фукози в екстракті за методом Діше. Екстракт переливали в темний посуд і зберігали в умовах холодильнику до 3-х діб.

Ламінарію після екстрагування доцільно використовувати для приготування різних страв залежно від меню закладу. Нами рекомендується використовувати для приготування салатів.

Органолептичні показники екстракту ламінарії наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Органолептичні показники екстракту ламінарії

Найменування показника	Характеристика
Запах	Морських водоростей
Зовнішній вид	Напівпрозора рідина світло-зеленого кольору
Смак	Солоно-кислий із нотками морських водоростей

Соуси емульсійного типу посідають провідне місце серед розмаїття соусів, які використовують у закладах ресторанного господарства. Вони вдосконалюють смак та аромат їжі, а також легко засвоюються організмом. Останнім часом особлива увага приділяється розробленню рецептур емульсійних соусів з включенням фізіологічно активних інгредієнтів.

Рецептури соусу-прототипу та емульсійного соусу з екстрактом ламінарії приведено в таблиці 2.

Таблиця 2
Рецептури емульсійних соусів

Найменування	Соус-майонез, нетто, гр.	Соус з екстрактом ламінарії, нетто, гр.
Олія оливкова рафінована	750	750
Яйця (жовтки)	96	96
Гірчиця столова	25	25
Цукор	20	20
Оцет 3%	150	-
Екстракт	-	100
Лецитин сої	-	50

Як рецептурний компонент обрано лецитин сої. Він дає змогу створити емульсійну основу-контейнер у вигляді ламелярної емульсії для збереження компонентів екстракту з ламінарією та для зменшення солоно-кислого смаку. Також рослинні лецитини можуть розглядатися як фізіологічні функціональні нутрієнти з високою ефективністю фізіологічного впливу для страв лікувально-профілактичного призначення. Крім того, лецитини належать до природних антиоксидантів

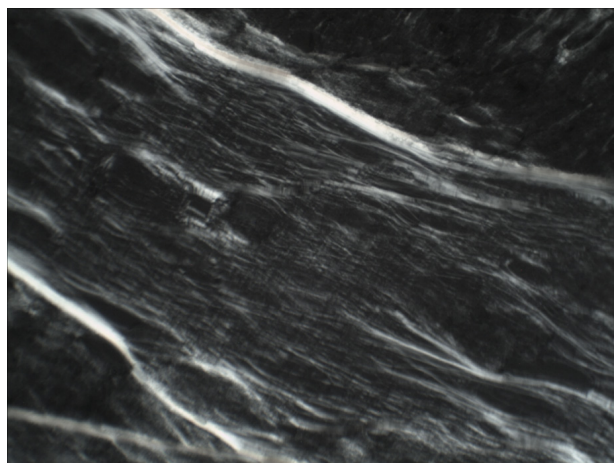


Рис. 2. Текстура ламелярної емульсії лецитин-олія-екстракт ламінарії

і проявляють антиокислювальну активність, інактивують іони важких металів, які потрапляють в організм з їжею.

Рецептурну кількість екстракту ламінарії визначали з урахуванням органолептичних характеристик. Ламелярну емульсію готували з лецитину сої гранульованої, олії оливкової та екстракту ламінарії у співвідношенні 1:1:2. Наявність ламелярної структури перевіряли оптичним методом із застосуванням поляризаційної мікроскопії. Текстура, яка представлена на рис. 2, свідчить про те, що утворено необхідну ламелярну структуру суміші компонентів.

Технологія приготування

Лецитин сої гранульованої, 50 грамів олії оливкової та екстракт ламінарії перемішуємо та лишаємо на одну при температурі 40°C. Ретельно перемішуємо компоненти до утворення стійкої гелеподібної консистенції бежевого кольору.

У розтерті сирі жовтки з гірчицею та цукром додаємо підготовлену композицію лецитин-олія-екстракт ламінарії та перемішуємо до однорідності. Потім поступово тонкою цівкою при безперервному перемішуванні вливаємо олію оливкову. Після того як суміш перетвориться на густу однорідну масу жовтувато-кремового кольору, до неї можна додавати свіжу зелень, прянощі, каперси, оливки тощо.

Рекомендується подавати соус до холодних страв і салатів.

Дані органолептичного аналізу емульсійного соусу з екстрактом ламінарії представлено в таблиці 3.

Таблиця 3
Органолептичні показники емульсійного соусу з екстрактом ламінарії

Найменування показника	Характеристика продукту
Зовнішній вигляд, консистенція	Однорідна сметаноподібна маса
Смак і запах	Смак приємний, із легким відтінком лимонного соку
Колір	Жовтувато-кремовий однорідний за всією масою

Проведені мікробіологічні дослідження показали, що кількість мікроорганізмів після приготування емульсійного соусу з екстрактом ламінарії не перевищує нормативних показників ($1,0 \times 10^3$ КУО/г продукту) і становить $1,2 \times 10^2$ КУО/г. Дріжджі та цвілі не виявлено.

Через 24 години зберігання в умовах холодильника кількість МАФАНМ теж була в межах норми – $1,5 \times 10^2$ КУО/г. Норми тривалості зберігання

емульсійних соусів у закладах ресторанного господарства – 6 годин із моменту виготовлення, тому ми рекомендуємо дотримуватися цієї норми під час використання розробленого соусу.

Висновки. У результаті проведених досліджень розроблено рецептуру й технологію при-

готування емульсійного соусу із застосуванням екстракту ламінарії, що містить фукоідан.

Як додаткову емульгуючу речовину і структуротворювач застосовано лецитин сої гранульований.

Органолептичний аналіз показав високі смакові характеристики соусу. Доведено мікробіологічну безпеку розробленого продукту.

Список літератури:

1. Pharmacological properties of fucose. Applications in age-related modification of connective tissues / G. Puterszegi, I. Fodil-Bourahla, A.M. Robert, L. Robert. *Biomedicine and Pharmacotherapy*. 2003. V. 57. P. 240–245.
2. Фукоза: биологическая роль, пути получения и применение / Д.А. Черенков, Ю.А. Рыбаков, Т.В. Санина, Н.Ю. Шкарин, Д.А. Складнев, О.С. Корнеева. *Биотехнология*. 2010. № 6. С. 63–71.
3. Хмелевский Ю.В., Усатенко О.К. Основные биохимические константы человека в норме и при патологии. Киев : Здоровье, 1987. 160 с.
4. Food-based strategies to modulate the composition of the intestinal microbiota and their associated health effects / D. Bosscher, A. Breynaert, L. Pieters, N. Hermans. *J. Physiol. Pharmacol.* 2009. V. 60. P. 5–11.
5. Особенности минерального состава бурых водорослей Белого и Баренцева морей / К.Г. Боголицын, П.А. Каплицин, Е.М. Кашина, Н.Л. Иванченко, Н.М. Кокрятская, Д.В. Овчинникова. *Химия растительного сырья*. 2014. № 1. С. 243–250.
6. Болотников Г.А. Минорные сахара – важный фактор нормального хода биологических процессов организма человека. *Сфера услуг: инновации и качество*. 2012. № 10. С. 22–26.
7. Кунижев С.М., Денисова Е.В. Распространение и значение минорных полисахаридов. *Вестник СГУ*. 2002. № 31. С. 92–100.
8. Muramatsu T. Embryoglycan: a highly branched poly-N-acetyllactosamine in pluripotent stem cells and early embryonic cells. *Glycoconj J.* 2017. Vol. 34. № 6. P. 701–712.
9. Bing M., Simala-Grant J.L., Taylor D.E. Fucosylation in prokaryotes and eukaryotes. *Glycobiology*. 2006. Vol. 16. Is. 12. P. 158R–184R.
10. Li J., Hsu H.C., Mountz J.D., Allen J.G. Unmasking Fucosylation: from Cell Adhesion to Immune System Regulation and Diseases. *Cell Chem Biol*, 2018.
11. Исследование бифидогенной активности тагатозы и фукозы / О.С. Корнеева, О.С. Мельникова, Т.В. Санина, М.О. Ширунов, О.А. Мурадова. *Вестник ВГУ*. 2012. № 1. С. 107–110.
12. Роль углеводных остатков в функционировании иммуноглобулина G человека и терапевтических моноклональных антител / Ю.Л. Дорохов, Е.В. Шешукова, Е.Н. Кособокова, А.В. Шиндяпина, В.С. Косоруков, Т.В. Комарова. *Биохимия*. 2016. Т. 81. № 8. С. 1069–1090.
13. O-fucose modulates Notch-controlled blood lineage commitment / Q. Yan, D. Yao, L.L. Wei, Y. Huang, J. Myers, L. Zhang, W. Xin, J. Shim, Y. Man, B. Petryniak, S. Gerson, J.B. Lowe, L. Zhou. *Am J Pathol.* 2010. Vol. 176. № 6. P. 2921–2934.
14. Polysaccharides from macroalgae: Recent advances, innovative technologies and challenges in extraction and purification / M. Garcia-Vaquero, G. Rajauria, J.V. O'Doherty, T. Sweeney. *Food Research International*. 2017. Vol. 99. P. 1011–1020.
15. Fucoidan and Cancer: A Multifunctional Molecule with Anti-Tumor Potential / F. Atashrazm, R.M. Lowenthal, G.M. Woods, A.F. Holloway, J.L. Dickinson. *Mar Drugs*. 2015. Vol. 13. № 4. P. 2327–2346.
16. The effect of fucoidan on intestinal flora and intestinal barrier function in rats with breast cancer / M. Xue, X. Ji, H. Liang, Y. Liu, B. Wang, L. Sun, W. Li. *Food Funct.* 2018. Vol. 9. № 2. P. 1214–1223.
17. Имбс Т.И., Харламенко В.И., Звягинцева Т.Н. Оптимизация процесса экстракции фукоидана из бурой водоросли *Fucus Evanesceus*. *Химия растительного сырья*. 2012. № 1. С. 143–147.
18. Как работает механизм защиты микрофлоры кишечника? URL: [propionix.ru > novosti > news_post > kak-rabotayet-mekhanizm-zash...](http://propionix.ru/news_post/kak-rabotayet-mekhanizm-zash...) (дата звернення: 15.05.2020).
19. Сборник рецептов блюд и кулинарных изделий: Для предприятий общественного питания / авт.-сост. : А.И. Злобнов, В.А. Циганенко, М.И. Пересичный. Киев : А.С.К., 2008. 656 с.: ил.
20. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимической лабораторной диагностике. Москва : Медпрессинформ, 2009. 896 с.

Kolesnichenko S.L., Bezusov A.T., Zhmud A.V. DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR EMULSION SAUCE WITH KELP EXTRACT

For the normal course of biochemical processes, the human body needs other monosaccharides in addition to glucose, which have a physiological effect. One of such minor sugars is fucose – 6-deoxy-L-galactose, which plays a special biological role in reproductive, immune and cellular differentiation, molecular and cellular recognition. Prolonged deficiency in the diet of fucose, leads to impaired carbohydrate metabolism and the development of certain diseases. In food, fucose is found in polysaccharides (fucoidans), which have specific α (1–2), α (1–3), α (1–4) bonds, which are not subject to destruction by acids and enzymes of the gastrointestinal tract man. Enzymes of bifidobacteria are capable of their hydrolysis, thanks to bifidobacteria fucoidan is broken down to fucose. Fucoidans of brown algae due to the great variety of positive biological properties and low toxicity have prospects for use in food. In the work, the extraction parameters, which are convenient for implementation in restaurants, were taken as the basis for the development of fucoidan extraction technology from kelp. Theoretical and practical expediency of creating an emulsion sauce with kelp extract for use in restaurant and medical nutrition is substantiated. The sauce is enriched with kelp extract containing fucoidan and lecithin. The lecithin composition lecithin-oil-kelp extract has an orderly structure of the lamellar emulsion, which promotes its incorporation into the composition, preservation from the negative impact and improvement of organoleptic characteristics of other biologically active substances, as well as their better absorption. Also, plant lecithins can be considered as physiological functional nutrients with high efficiency of physiological effects for dishes for therapeutic and prophylactic purposes. The paper presents microphotographs of crushed kelp of dry and lamellar emulsion lecithin-oil-kelp extract in polarized light. The component composition of the emulsion sauce with kelp extract and organoleptic characteristics of the sauce are presented. The shelf life of the developed sauce is substantiated on the basis of microbiological safety indicators.

Key words: *fucoidan extract, fucose, emulsion sauce, lecithin, lamellar emulsion.*

УДК 664.844:663.05

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/10>**Левківська Т.М.**

Національний університет харчових технологій

Бендерська О.В.

Національний університет харчових технологій

Писарев М.Г.

Національний університет харчових технологій

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МОРКВИ У ВИРОБНИЦТВІ НАТУРАЛЬНИХ СНЕКІВ

У статті проведено аналіз хімічного складу й технологічних характеристик сортів моркви. Вибрано сорти, хімічний склад і технологічні особливості яких можуть забезпечити найкращі якісні показники готового продукту.

Сьогодні закуски – найпопулярніший вид закуски у світі через їх зручність та простоту споживання. Вони розраховані на тривалий термін зберігання, зазвичай мають привабливу упаковку та зовнішній вигляд.

Світові тенденції розвитку ринку закусок свідчать, що натуральні закуски витісняють висококалорійні та нездорові закуски. Овочеві закуски – новий натуральний десертний продукт із високими дієтичними та смаковими властивостями, що виключає наявність у їх складі холестерину, канцерогенів тощо.

Метою роботи є вивчення технологічних та фізико-хімічних властивостей сучасних сортів моркви та визначення оптимальних параметрів процесу виробництва натуральних морквяних закусок.

Для дослідження використовували сорти моркви Кардінал, Вітамін, Шантан, Амстердам. Попередньо підготовлену моркву нарізати скибочками і бланшувати.

Під час приготування солодких закусок моркву бланшували в цукровому сиропі в концентрації 10-20% протягом 3-5 хвилин. Потім скибочки обробляли спеціями (корицею, ваніллю, імбиром) і відправляли на сушку.

Під час приготування солоних закусок бланшування проводили в розчині столової солі з концентрацією 7..10% протягом 3-5 хв. Потім слайди обробляли спеціями (перцем чилі, коріандром, паприкою, куркумою, мускатним горіхом тощо) і відправляли на сушку.

Сушіння оброблених шматочків моркви проводили конвективним методом – за температури сушильного агента (повітря) 70°C, швидкості – 6,0 м/с; а в мікрохвильовому полі – при тепловому потоці 300 Вт.

Доведено, що попередня обробка шматочків моркви в цукровому сиропі з концентрацією 15% та в сольовому розчині з концентрацією 7% та подальша сушка до вологості 10% у мікрохвильовому полі дозволяє отримати солодке високої якості і пикантні продукти. Отримані натуральні морквяні закуски можуть бути рекомендовані до споживання як додаткове джерело β-каротину в дістах населення.

Під час зберігання закусок, виготовлених із моркви за запропонованою технологією, показники якості не змінюються суттєво протягом півроку за температури + 20°C та відносній вологості повітря 75%.

Ключові слова: морква, сушіння, снеки, каротин, бланшування.

Постановка проблеми. Слово «Snack» у перекладі з англійської означає «легка закуска», головне завдання якої – швидко подолати відчуття голоду між основними прийомами їжі.

У даний час снеки є найпопулярнішим видом закусок у всьому світі через прискорення ритму життя великих міст і мегаполісів. Їх продаж відбувається практично в кожній торговельній мережі планети через зручність і простоту споживання. Снеки розраховані на тривалий термін зберігання, зазвичай мають привабливу упаковку і зовнішній вигляд.

У цілому їжа, яка відноситься до снеків, на думку певної категорії споживачів, не відповідає принципам здорового харчування. Їх поживна цінність дуже невелика і в умовах сьогодення, коли тенденції здорового способу життя охоплюють все більшу кількість споживачів, в їх раціоні місце для снеків практично відсутнє [1].

Інша група споживачів схиляється до того, що світові тенденції, вносячи свої корективи в розвиток ринку, сприяють розвитку снекової продукції в напрямку «оздоровлення» і «натуралізації».

Частка прихильників зернових пластівців, горіхів, насіння, фруктів і овочів в світі неухильно зростає.

Світові тенденції розвитку ринку снєків свідчать про те, що натуральні снєки витісняють калорійні і некорисні закуски. Підприємства, які спеціалізуються на виробництві снєків, приносять своїм власникам багатомільйонні прибутки. Обсяги реклами цієї продукції вже давно побили всі рекорди в порівнянні з рекламою звичайної, поживної їжі, яка використовується під час сніданку, обіду або вечері [2].

Ринок снєків включає: горіхи, насіння, сухарики (з білого і житнього хліба), чипси, сушено-в'ялені морепродукти (в основному з невеликих видів риби і кальмарів). Стрімкий розвиток цього ринку призводить до того, що до звичайних видів снєків додаються нові, нетрадиційні, такі як креветки, сухофрукти (в тому числі і екзотичні), горіхи в йогурті і інші.

Український ринок снєкових виробів, який почав розвиватися в кінці 1990-х років, відзначився швидкими темпами зростання. Спочатку динаміка зростання сегмента снєків вражала аналітиків і досягало 200–300% на рік. Це пояснюється тим, що вітчизняний ринок снєків був досить молодим і ненасиченим, представленим на початку свого розвитку в основному чипсами і солоним арахісом. Із часом асортимент снєкової продукції розширився, а український споживач активно почав споживати новинки, не звертаючи особливої уваги на ціну.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розширення асортименту натуральних десертних продуктів з дієтичними властивостями є актуальним завданням для харчової промисловості. Одним з видів таких продуктів можуть бути чипси, виготовленні із різноманітних овочів. Важливо відзначити відмінність між картопляними чипсами, які виготовляються з використанням процесу обсмаження в олії, що безумовно призводить до підвищення їх енергетичної цінності.

Чипси виготовлені з овочів мають структуру тонких хрустких пластинок висушених до вологості нижче 12 %. Вони є досить доступними, легкими, поживними, можуть бути використані в подорожах і не вимагають особливих умов зберігання.

В торговельних мережах України тривалий час були представлені переважно чипси з яблука. Останнім часом асортимент овочевих та фруктових снєків зростає завдяки розвитку малого та середнього бізнесу. З'являються чипси з хурми, груш, ананасів, ківі, кабачків, баклажанів тощо ("Swan Ecolife", "Kiwa", "Еко Чипси", "Mayvit's" та ін). Однак аналіз даної продукції показав, що

такі чипси являють собою висушені шматочки овочевої чи фруктової сировини, що знижує їх органолептичні показники. А от собівартість їх дещо висока, що обмежує кількість споживачів.

Сучасні літературні джерела свідчать про важливість попереднього оброблення овочевої сировини, незалежно від обраного способу сушіння. Попередня обробка сировини може включати витримку нарізаної сировини у сольових чи ферментних розчинах, або бланшування з додаванням смакових компонентів: фруктових соків, цукрового сиропу, лимонної, апельсинової кислот або есенцій, підсолоджувачів, прянощів, ароматизаторів, барвників, тощо. Також, відомі технології, згідно з якими на кінцевому етапі виготовлення застосовуються смакові та ароматичні наповнювачі. Цінність продукту отриманого з використанням наповнювачів знижується за рахунок втрати природного смаку та аромату який заміщується на смак доданих речовин. Окрім цього, використання додаткових компонентів негативно впливає на собівартість кінцевого продукту. Тому науковці працюють над вирішенням цих проблем та усуненням недоліків існуючих технологій [3-5].

Якість морквяних снєків залежить від обраного сорту, способу попереднього оброблення, температури сушіння та обраного способу сушіння. В основу запропонованої технології покладено попереднє теплове оброблення слайсів моркви у цукровому сиропі чи розчині кухонної солі з наступним конвективним сушінням та в полі НВЧ.

Постановка завдання. Метою роботи є дослідження технологічних і фізико-хімічних властивостей сучасних сортів моркви та визначення оптимальних параметрів процесу виробництва натуральних морквяних снєків.

Виклад основного матеріалу. Матеріалами дослідження були сорти Кардинал, Вітамінна, Шантане, Амстердам. Для вирішення поставлених завдань використовувалися органолептичні і фізико-хімічні методи досліджень рослинної сировини. Досліди проводили в п'яти повторах.

Підготовлену заздалегідь моркву нарізали на слайси та бланшували.

Під час виготовлення солодких снєків – моркву бланшували у цукровому сиропі концентрацією 10-20% протягом 3-5 хв. Після чого слайси обробляли прянощами (кориця, ваніль, імбир) та висушили до вмісту вологи 10%.

Під час виготовлення солоних снєків бланшування проводили в розчині кухонної солі концентрацією 7..10% протягом 3..5 хв. Після чого слайди обробляли прянощами (перець Чілі, коріандр,

паприка, куркума, мускатний горіх тощо) та висушили до вмісту вологи 10%.

Сушіння проводили в лабораторних умовах кафедри технології консервування Національного університету харчових технологій на двох сушильних установках:

- експериментальній лабораторній конвективній сушильній установці;
- лабораторній сушильній НВЧ-установці.

Отримані зразки фасували в непрозорі пакети з полімерних матеріалів та герметично упаковували без вакууму за допомогою напівпромислового вакуум-пакувального автомату. Запаковані зразки зберігали за температури 20°C та відносній вологості повітря 75% в темному місці 6 місяців. Протягом всього періоду зберігання снеки з моркви досліджували за органолептичними та фізико-хімічними показниками.

Експериментальні дані, представлені в таблиці 1.

Як видно з таблиці 1, морква сорту Шантане містить у своєму складі більшу кількість β -каротину та цукрів відносно інших сортів та має здатність до більш тривалого зберігання. Незначно за своїми показниками поступається морква сорту Кардинал. Для виготовлення снекової продукції з підвищеними органолептичними показниками, запропоновано використовувати сорт Шантане.

Особливістю виробництва сушеної продукції є необхідність попередньої теплової обробки.

Завдяки тепловому обробленню перед сушінням відбувається збереження кольору, смаку, запаху, вітамінної активності, а також попереднє руйнування окислювальних ферментів – для запобігання подальшому псуванню продуктів у процесі сушіння й зберігання.

Більшість класичних технологій передбачає обробку коренеплодів гарячою водою протягом 3..5 хв та парою. У кислому середовищі інактивація ферментів та збереження кольору відбувається краще, тому часто застосовують бланшування у розчині лимонної кислоти концентрацією 1% протягом 3..5 хв [3; 5; 6].

Оскільки кінцевим продуктом є снеки, які повинні мати гарні смакові якості, в роботі запро-

поновано дослідити попереднє оброблення в цукровому сиропі для одержання солодких снеків та в сольовому розчині – для одержання солоних снеків.

Бланшування в сольовому розчині. З метою обрання оптимальних параметрів проводили бланшування у розчинах концентрацією 5, 7 та 10%. Під час бланшування в розчині концентрацією менше 5% не спостерігається очікуваного технологічного ефекту. А використання розчину концентрацією більше 10%, призведе до занадто солоного смаку у готовому продукті.

Після бланшування в зразках перевіряли вміст хлоридів, сухих речовин, каротину та вітаміну С. Результати зображені на рисунку 1.

Як видно з рисунків, бланшування в сольовому розчині сприяє осмотичному зневодненню клітин та надає певних смакових властивостей. При цьому втрати каротину та вітаміну С складають до 10% відповідно.

Отримані зразки порівнювали за органолептичними показниками. Можна зробити висновок, що концентрація сольового розчину не суттєво впливає на органолептичні показники готового продукту. Чим вища концентрація сольового розчину для оброблення, тим більш насичений помаранчевий колір та солоніший смак отриманих зразків.

Аналізуючи органолептичні та фізико-хімічні показники всіх зразків, встановлено, що найвищу якість мають ті, які були бланшовані в розчині кухонної солі концентрацією 7%.

Бланшування в цукровому розчині. Для вибору оптимальних параметрів процесу бланшування в цукровому сиропі під час виготовлення солодких снеків – моркву бланшували у цукровому сиропі концентрацією 10, 15 та 20% протягом 3..5 хв. Під час бланшування у сиропі концентрацією менше 10% не спостерігається очікуваного технологічного ефекту. А використання сиропу концентрацією більше 20%, призведе до реакцій карамелізації під час сушіння та погіршення органолептичних властивостей готового продукту.

Під час бланшування у цукровому сиропі також відбувається відділення вологи з клітин,

Таблиця 1

Фізико-хімічні характеристики досліджуваних сортів моркви

Сорт	Вміст сухих речовини, %	Загальний цукор, %	β -каротин мг/100г
Кардинал	12,6±0,1	7,8±0,2	12,7±0,1
Вітамінна	12,6±0,1	6,5±0,2	13,5±0,1
Шантане	12,4±0,1	8,8±0,2	16,7±0,1
Амстердам	12,5±0,1	7,3±0,2	11,6±0,1

ущільнення тканин моркви та зниження втрат сухих речовин.

Після бланшування у зразках перевіряли вміст цукрів, сухих речовин, каротину та вітаміну С. Результати зображені на рисунку 2.

Отримані зразки також порівнювали за органолептичними показниками. Можна зробити висновок, що чим вища концентрація цукрового сиропу, тим менш пружна консистенція та більш солодкий смак отриманих зразків.

Аналізуючи органолептичні та фізико-хімічні показники всіх зразків, бачимо, що найвищу якість мають ті, які були бланшовані в цукровому сиропі концентрацією 15%.

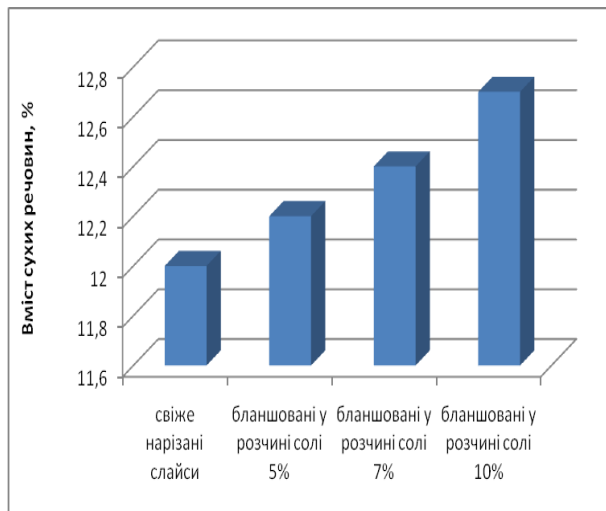
Під час виготовлення солоних снєків після бланшування в розчині кухонної солі концентрацією 7% слайси обробляли прянощами (перець Чілі, кори-

андр, паприка, куркума, мускатний горіх тощо) та направляли на сушіння до вмісту вологи 10%.

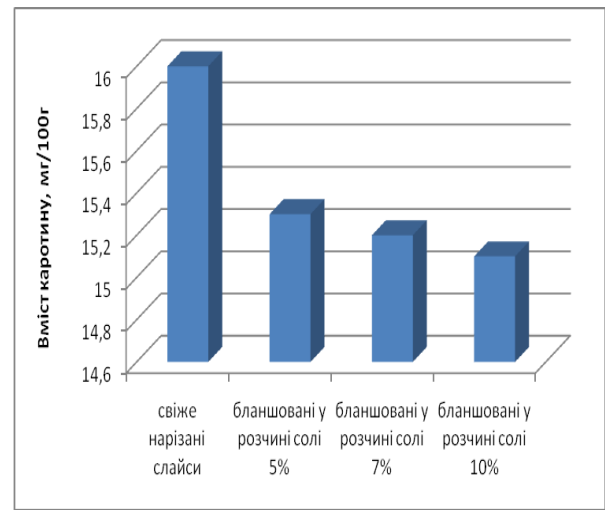
Під час виготовлення солодких снєків після бланшування у цукровому сиропі концентрацією 15%, слайси обробляли прянощами (кориця, ваніль, імбир) та направляли на сушіння до вмісту вологи 10%.

Проаналізувавши літературні джерела способів сушіння, що використовують для отримання снєкової продукції, було обрано конвективний спосіб сушіння – за температури сушильного агента (повітря) 70 °С, швидкість руху – 6,0 м/с; та в полі НВЧ – при величині теплового потоку 300 Вт [5, 8, 9] .

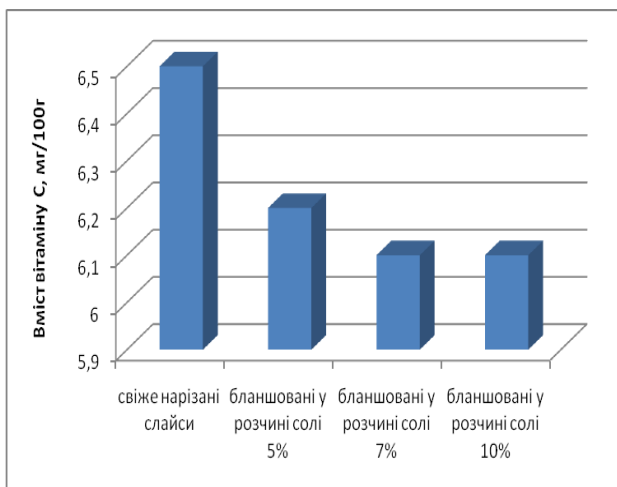
У таблиці 2 наведена порівняльна характеристика снєків, отриманих із використанням різних способів сушіння.



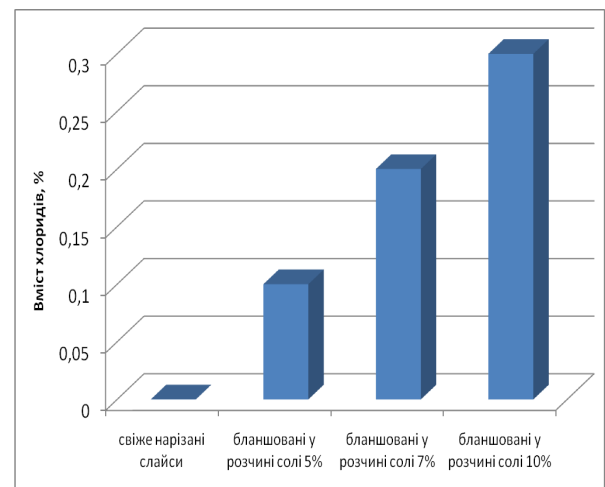
а



б



в



г

Рис. 1. Зміни фізико-хімічних характеристик напівфабрикатів з моркви після попереднього оброблення в розчинах солі: а- вмісту сухих речовин; б- вмісту каротину; в- вмісту аскорбінової кислоти; г – вмісту хлоридів

Як видно з таблиці 2, використання НВЧ енергії під час виготовлення снєків, як солодких, так і солоних, потребує менше часу (у 6 разів), порівняно з конвективним способом сушіння. Також такі снєки мають менші втрати вітамінів через коротку дію теплової енергії. Тому для отримання продукції високої якості бажано використовувати сушіння в полі НВЧ при величині теплового потоку 300 Вт.

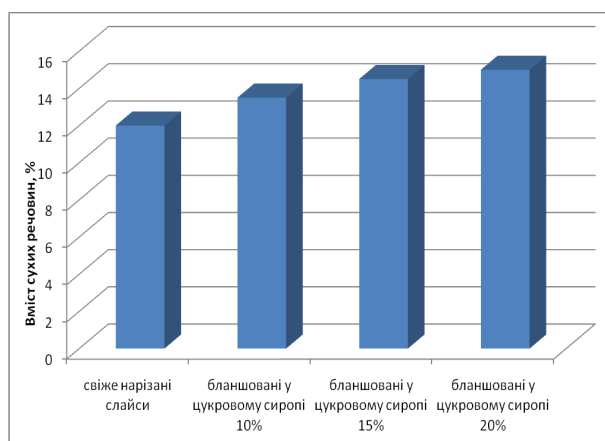
Однак незалежно від способу сушіння снєки мають високі органолептичні показники та високу харчову цінність.

Під час зберігання зміна якісних показників сушених продуктів істотно залежить від температури навколишнього середовища, доступу чи відсутності повітря та герметичності упаковки. Дослідження проводили для герметично фасованої продукції протягом шести місяців за темпе-

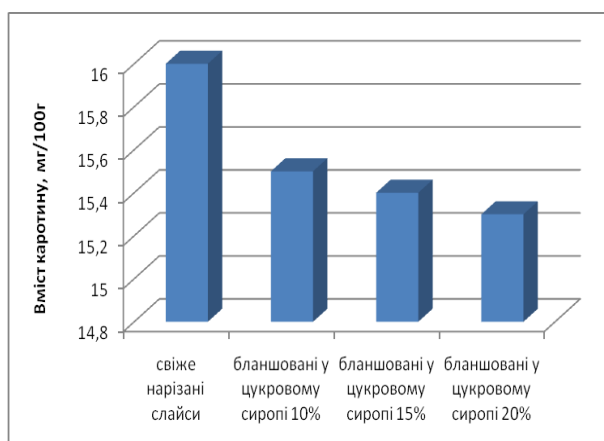
Таблиця 2

Залежність вмісту β -каротину та вітаміну С від способу сушіння морквяних снєків

Готовий продукт	Тривалість сушіння, хв	Максимальна температура зразка, °С	Вміст β -каротину, мг/100 г	Вміст аскорбінової кислоти мг/100 г
Конвективне сушіння				
Солодкі снєки	100	72	88	20
Солоні снєки	110	75	91	18
В полі НВЧ				
Солодкі снєки	15	70	110	28,5
Солоні снєки	16	72	107	26



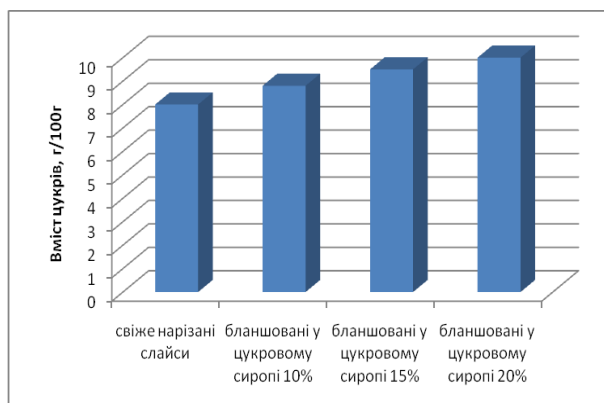
а



б



в



г

Рис. 2. Зміни фізико-хімічних характеристик напівфабрикатів із моркви після попереднього оброблення в розчинах цукру: а – вмісту сухих речовин; б – вмісту каротину; в- вмісту аскорбінової кислоти; г – вмісту цукрів

ратури навколишнього середовища +20°C. При цьому досліджували зміну консистенції, кольору, запаху, вміст вологи, смак після термічної обробки. Отримані результати дали змогу стверджувати, що протягом шести місяців зберігання морквяних снеків їхні якісні показники істотно не змінилися.

Висновки. Проведені дослідження широко розповсюджених сортів моркви дозволяють рекомендувати для переробки на снеки такі сорти, як Кардинал, Вітамінна, Шантане, Амстердам. Попереднє оброблення слайсів із моркви в цукровому сиропі концентрацією 15% та в сольовому роз-

чині концентрацією 7% дозволяє отримати високоякісні солодкі та солоні продукти, що можуть бути рекомендовані до споживання як додаткове джерело β-каротину в раціонах населення.

Використання сушіння в полі НВЧ та конвективним способом сушіння дозволяє отримати снеки з моркви високої якості за органолептичними та фізико-хімічними показниками, при невеликій тривалості процесу. Під час зберігання снеків, виготовлених зі моркви за запропонованою технологією, якісні показники істотно не змінюються протягом шести місяців за температури 20°C та відносній вологості повітря 75%.

Список літератури:

1. Калинина И.В., Руськина А.А. Современные подходы в технологии безопасной снековой продукции. *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2014. Вып. 3, том 2. С. 29–36.
2. Might bigger portions of healthier snack food help? / O.C. Werle, C. Dubelaar, N. Zlatevska, S.S. Holden *Food Quality and Preference* Volume 71. January 2019. P. 181–184.
3. Шапар, Р.О. Інноваційна технологія виробництва фруктово-овочевих чипсів / Р.О. Шапар, Ю.Ф.Снежкін, О.В. Гусарова. Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. Мін. освіти і науки України. Одеса: 2014. Вип. 45. Т. 2. С. 182–185.
4. Спосіб виробництва вітамінізованих сушених фруктів або овочів. Патент на корисну модель 113273 UA, A23L 2/02. / Г.М. Бандуренко, О.С. Бессараб, І.Ф. Малежик, Т.М. Левківська. № у 2016 06541; заявл. 15.06.2016 ; опубл. 25.01.2017, Бюл. № 2.
5. The study of features of control of technological process for receiving the apple snacks / I. Malezhik, I. Dubkovetskiy, H. Bandurenko, T. Levkivska, L. Strelchenko. *EUREKA: Life Sciences*. NO 6 (2016). P. 17–23.
6. Синха Н.К., Хью Н.Г. Настольная книга производителя и переработчика плодоовощной продукции. М. СПб.: Профессия. 2013. 896 с.
7. Мглинец А.И., Ловачева Г.Н., Алешина Л.М. Справочник технолога общественного питания. М.: Колос. 2000. 416 с.
8. Use of convective-thermoradiative fashion energy conclusion of the technology apple snack / I. Malezhik, I. Dubkovetskiy, H. Bandurenko, L. Strelchenk, T. Levkivska, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol 6, № 11 (84). P. 47–52.
9. Drying of carrots in microwave and halogen lamp-microwave combination ovens / G. Sumnu, E. Turabi, M. Oztop. *Food Science and Technology*. Volume 38, Issue 5, August 2005, P. 549–553.

Levkivska T.M., Benderska O.V., Pysarev M.G. PROSPECTS OF USING CARROTS IN THE PRODUCTION OF NATURAL SNACKS

Today, snacks are the most popular type of snack in the world because of their convenience and ease of consumption. They are designed for long shelf life, usually have attractive packaging and appearance.

Global trends in the development of the snack market indicate that natural snacks are displacing high-calorie and unhealthy snacks. Vegetable snacks – a new natural dessert product with high dietary and taste properties, which eliminates the presence of cholesterol, carcinogens, etc. in their composition.

The aim of the work is to study the technological and physico-chemical properties of modern varieties of carrots and to determine the optimal parameters of the process of production of natural carrot snacks.

For the study used carrot varieties Cardinal, Vitamin, Shantane, Amsterdam. Pre-prepared carrots were cut into slices and blanched.

When making sweet snacks – carrots were blanched in sugar syrup at a concentration of 10-20% for 3-5 minutes. Then the slices were treated with spices (cinnamon, vanilla, ginger) and sent for drying.

When making salty snacks – blanching was performed in a solution of table salt with a concentration of 7..10% for 3-5 minutes. The slides were then treated with spices (chili peppers, coriander, paprika, turmeric, nutmeg, etc.) and sent for drying.

Drying of processed carrot slices was performed by convective method – at a temperature of drying agent (air) 70 °C, speed – 6.0 m / s; and in the microwave field – at a heat flux of 300 W.

It is proved that pre-treatment of carrot slices in sugar syrup with a concentration of 15% and in salt solution with a concentration of 7% and subsequent drying to a moisture content of 10% in the microwave field, allows to obtain high quality sweet and savory products. The obtained natural carrot snacks can be recommended for consumption as an additional source of β-carotene in the diets of the population.

During storage of snacks made from carrots according to the proposed technology, the quality indicators do not change significantly for six months at a temperature of + 20 °C and a relative humidity of 75%.

Key words: carrots, drying, snacks, carotene, blanching.

УДК 664.73.633.111

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/11>**Любич В.В.**

Уманський національний університет садівництва

Желєзна В.В.

Уманський національний університет садівництва

Єремєєва О.А.

Уманський національний університет садівництва

Новак Л.Л.

Уманський національний університет садівництва

ВПЛИВ РЕЖИМІВ ПОМЕЛУ ЗБАГАЧЕНИХ КРУПОДУНСТОВИХ ПРОДУКТІВ НА ВИХІД БОРОШНА ПІД ЧАС СОРТОВОГО ПОМЕЛУ ПШЕНИЦІ

Статтю присвячено дослідженню режимів помелу збагачених круподунстових продуктів у вальцьовому верстаті 2-ї розмелювальної системи млина сортового помелу пшениці. На основі експериментальних даних отримано залежності виходу окремих класів проміжних продуктів подрібнення від добутку продуктів на досліджуваних системах.

Дослідженнями проведеними у виробничих умовах встановлено, що при зменшенні величини зазору між вальцями вальцьового верстату при подрібненні сходових продуктів з 1-ї розмелювальної системи на 2-ій розмелювальній системі відбувається зменшення виходу дрібної крупки та дунстів, а вихід борошна 1-го сорту збільшується на незначну величину.

Під час збільшення загального добутку борошна вищого сорту у вальцьовому верстаті з 5,3% до 35,8% вихід дрібної крупки зменшувався на 9,9% із 11,9% до 2,0% за криволінійною залежністю, вихід дунстів зменшувався на 22,3% із 53,9% до 31,6% за криволінійною залежністю. Вихід борошна вищого сорту збільшувався на 2,7% з 9,5% до 12,2%.

Підвищення загального добутку борошна вищого сорту з 28,5% до 61,7% на 2-й розмелювальній системі призвело до зниження виходу дрібної крупки на 5,2% з 6,0% до 0,8%, дунстів на 27,9% з 37,3% до 9,4%. Вихід борошна першого сорту суттєво не збільшився і коливався в межах від 9,0% до 11,0%.

Експериментально встановлено, що залежність виходу борошна у ентолейторі-дисембраторі ЕСМ-1,5 підкоряється лінійному закону в залежності від добутку борошна вищого сорту у вальцьовому верстаті 2-ї розмелювальної системи. Із збільшенням добутку борошна вищого сорту у вальцьовому верстаті з 5,3% до 31,0%, вихід борошна після ентолейтора-дисембратора ЕСМ-1,5 збільшується відповідно з 23,1% до 30,6%. Коефіцієнт кореляції дослідних даних становить 0,92, що свідчить про тісний зв'язок досліджуваних ознак.

Встановлено, що найбільшого добутку борошна на 2-й розмелювальній системі досягають за режимів подрібнення на вальцьовому верстаті – 35%. При цьому застосування ентолейтора-дисембратора ЕСМ-1,5 дозволяє збільшити загальний добуток борошна на 2-й розмелювальній системі до 62%.

Результати експериментальних досліджень описано математичними залежностями, що дозволяє використовувати їх для розрахунку кількісних балансів борошна.

Ключові слова: пшениця, борошно, режими помелу, вальцьовий верстат, ентолейтор-дисембратор.

Постановка проблеми. Дослідження вчених і фахівців, робота передових борошномельних підприємств заклали основу побудови сучасної багатостадійної технології переробки зерна в сортове борошно, яка характеризується поетапною побудовою, складними взаємозв'язками етапів і систем [1; 2].

Для підвищення ефективності виробництва і поліпшення кількісно-якісних показників готової продукції особливе значення надається дослідженню як окремих етапів, так і в цілому процесу помелу. Одним з основних етапів сортового помелу пшениці є процес крупотворення, від ведення якого залежить кількість і якість проміжних

продуктів, які обумовлюють вихід і якість готової продукції [3].

Відповідно до прийнятої структури сортів помелів пшениці перші три розмелювальні системи подрібнюють продукти першої якості. На цих системах утворюється найбільша кількість борошна високих сортів, тому дослідження режимів подрібнення цих систем має велике значення для отримання найбільшого виходу борошна вищого сорту. Режим роботи розмелювальних систем визначається добутком борошна вищого сорту.

Дослідженнями режимів подрібнення в драному процесі встановлено [4; 5], що існують режими подрібнення зерна та сходових продуктів драного процесу у вальцових верстатах при яких досягається найбільший вихід круподунстових продуктів, які в подальшому направляються на збагачення. Найбільший вихід круподунстових продуктів, які можна отримати в драному процесі дає можливість збільшити вихід борошна високих сортів, які отримують на перших трьох розмелювальних системах. Збагачені крупки і дунсти подаються на розмелювальні системи, де подрібнюються до розмірів частинок менше 130 мкм, що утворюють борошно найвищої якості. Тому постає питання ефективності режимів подрібнення збагачених круподунстових продуктів у вальцових верстатах розмелювальних систем з метою отримання найбільшого виходу борошна.

В Україні ТОВ «ОЛІС» розпочало серійне виробництво ентолейторів-дисмембраторів марки ЕСМ, які конструктивно відрізняються від типових ентолейторів РЗ-БЕР, тому використання нових ентолейторів-дисмембраторів ЕСМ-1,5 є перспективним, оскільки вони мають більшу технологічну ефективність подрібнення продуктів першої якості в борошно.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Отримані в драному процесі круподунстові продукти проходять процес збагачення і подаються в розмелювальний процес для максимального подрібнення їх в борошно.

Із впровадженням технологій помелу фірми BUNLER після вальцових верстатів застосовуються, для додаткового подрібнення та руйнування конгломератів частинок, ентолейтори РЗ-БЕР та деташери А1-ДБГ. Ентолейтори РЗ-БЕР використовуються в основному на перших трьох розмелювальних системах, які обробляють продукти помелу першої якості із низькою зольністю. Ентолейтори РЗ-БЕР являють собою різновид машин так званого дезінтеграторного типу, а деташери – машини ударно-стираючою дії [6, 7].

Дослідження вітчизняних та закордонних вчених [2–8] підтвердили доцільність додаткового подрібнення проміжних продуктів помелу на борошномельних заводах сортів помелу пшениці.

Розмелювальний процес менше досліджений, оскільки результати його роботи мають менший вплив на показники якості виходу борошна ніж драний процес.

Фірма «ОЛІС» розробила ентолейтори-дисмембратори ЕСМ-1,5 [9], які відрізняються від ентолейторів РЗ-БЕР інтенсивністю дії на подрібнюваний продукт. Аналогічні ентолейтори-дисмембратори виготовляє голандська компанія OTTEVANGER. Ентолейтори-дисмембратори є перспективними для використання у борошномельній промисловості за рахунок більш інтенсивної дії на проміжні продукти подрібнення зерна ніж типові ентолейтори РЗ-БЕР [10].

Формулювання цілей статті. Метою статті є підвищення конкурентоздатності продукції вітчизняних борошномельних підприємств за рахунок удосконалення технологічного процесу помелу зерна пшениці в борошно та зниження енерговитрат у процесі його виробництва.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження показників якості зерна та продуктів помелу проводили у виробничій лабораторії та в умовах борошномельного заводу продуктивністю 330 т/добу.

Під час проведення досліджень переробляли зерно пшениці з наступними показниками якості: натура зерна – 791 г/л, вологість зерна на I драній системі – 16,2%, скловидність – 38%, смітна домішка – 0,4%, зернова домішка – 2,3%.

Для дослідження системи «вальцовий верстат – ентолейтор-дисмембратор» було обрано перші три розмелювальні системи першої якості, на яких встановлюють ентолейтори-дисмембратори для максимального подрібнення збагачених продуктів у борошно.

Продукти подрібнення просівали на наборі сит № 27ПА-120, № 33/36ПА, № 41/43ПА та № 49/52ПА.

На перших трьох розмелювальних системах встановлені мікрошорохуваті вальці. Швидкість обертання роторів ентолейторів-дисмембраторів становила 50с^{-1} (3000 об/хв) і під час досліджень не змінювалася.

Виклад основного матеріалу. Основним продуктом подрібнення для 2-ї розмелювальної системи є сходові продукти, які направляються із 1-ї розмелювальної системи (суміш дрібної

крупки та дунстів). Можлива наявність борошна в сходових продуктах, які надходять у вальцовий верстат 2-ї розмелювальної системи за рахунок недосіву. Після подрібнення суміш складається із дрібної крупки, дунстів та борошна.

У результаті проведених досліджень встановлено, що при зменшенні величини зазору між вальцями вальцового верстату при подрібненні сходових продуктів з 1-ї розмелювальної системи на 2-ій розмелювальній системі відбувається зменшення виходу дрібної крупки та дунстів, а вихід борошна 1-го сорту збільшується на незначну величину (рис. 1).

Під час збільшення загального добутку борошна вищого сорту у вальцовому верстаті з 5,3% до 35,8% вихід дрібної крупки зменшувався на 9,9% із 11,9% до 2,0% за криволінійною залежністю, вихід дунстів зменшувався на 22,3% із 53,9% до 31,6% за криволінійною залежністю. Вихід борошна вищого сорту збільшувався на 2,7% з 9,5% до 12,2%. Порівняння отриманих даних вказує на те, що вміст дунстів у подрібненій суміші має значний вміст і формування борошна вищого сорту відбувається за рахунок подрібнення переважно дунстів і менше дрібної крупки. Приріст борошна першого сорту є незначним у порівнянні із виходом борошна вищого сорту.

Подрібнений продукт після вальців пневмотранспортом подається в ентолейтор-дисемб-

ратор ЕСМ-1,5, в якому додатково здійснюється подрібнення дрібної крупки та дунстів.

Під час збільшення загального добутку борошна вищого сорту у вальцовому верстаті після проходження суміші продуктів подрібнення через ентолейтор-дисембратор ЕСМ-1,5 спостерігається аналогічне зменшення виходу дрібної крупки та дунстів також за криволінійними залежностями, а вихід борошна першого сорту суттєво не змінюється (рис. 2).

Підвищення загального добутку борошна вищого сорту з 28,5% до 61,7% на 2-й розмелювальній системі призвело до зниження виходу дрібної крупки на 5,2% з 6,0% до 0,8%, дунстів на 27,9% з 37,3% до 9,4%. Вихід борошна першого сорту суттєво не збільшився і коливався в межах від 9,0% до 11,0%.

Із аналізу рис. 1 та 2 видно, що вальцовий верстат 2-ї розмелювальної системи може дати максимальний добуток борошна до 35%, в той же час додаткове подрібнення проміжних продуктів в ентолейторі- дисембраторі дозволяє підвищити загальний добуток борошна вищого сорту до 60%, що на 25% більше ніж при застосуванні тільки одного вальцового верстата.

Вихід продуктів подрібнення на 2-й розмелювальній системі в залежності від загального добутку борошна вищого сорту $B_{б.в.с}$ описується наступними рівняннями:

вихід дрібної крупки на 2-й розмелювальній системі:

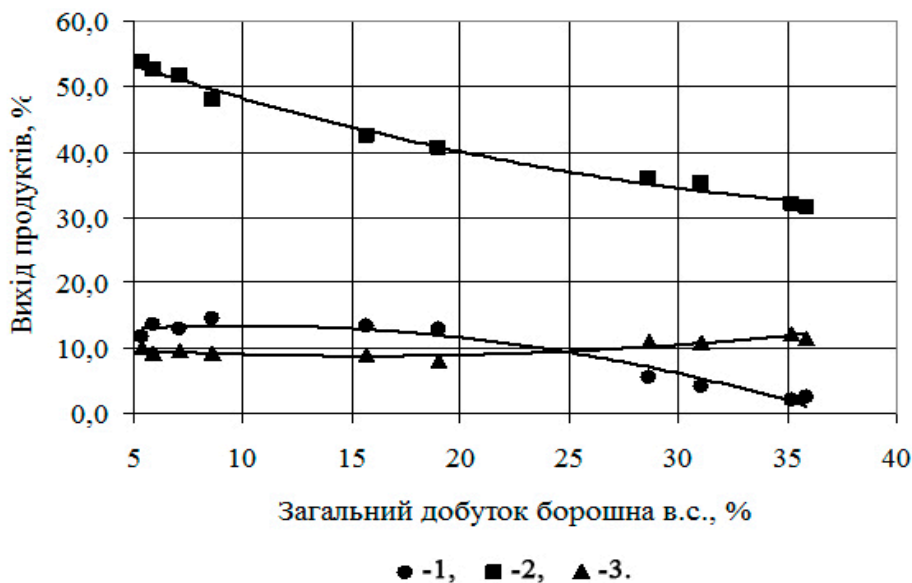


Рис. 1. Вихід сходових продуктів після подрібнення у вальцовому верстаті 2-ї розмелювальної системи з врахуванням недосіву: 1 – дрібна крупка, 2 – дунсти, 3 – борошно першого сорту

$$B_{др,кр} = -0,00291B_{б.в.с.}^2 + 0,104B_{б.в.с.} + 5,4 \quad (1)$$

де, $B_{др,кр}$ – вихід дрібної крупки,%; $B_{б.в.с.}$ – загальний добуток борошна вищого сорту на 2-й розмелювальній системі,%.

Коефіцієнт кореляції становить 0,98, стандартне відхилення 0,33%.

Вихід дунстів на 2-й розмелювальній системі:

$$B_d = 0,00918B_{б.в.с.}^2 - 1,659B_{б.в.с.} + 77,52 \quad (2)$$

де, B_d – вихід дунстів,%; $B_{б.в.с.}$ – загальний добуток борошна вищого сорту на 2-й розмелювальній системі,%.

Коефіцієнт кореляції становить 0,99, а стандартне відхилення 0,58%.

Вихід борошна 1-го сорту на 2-й розмелювальній системі:

$$B_{1с} = -0,004807B_{б.в.с.}^2 + 0,429B_{б.в.с.} + 0,88 \quad (3)$$

де, $B_{1с}$ – вихід борошна 1-го сорту,%; $B_{б.в.с.}$ – загальний добуток борошна вищого сорту на 2-й розмелювальній системі,%.

Коефіцієнт кореляції становить 0,81, а стандартне відхилення 0,42%.

Вальцовий верстат та ентолейтор-дисембратор ЕСМ-1,5 2-ї розмелювальної системи працюють як одна система, тому доцільно дослідити вплив подрібнення проміжних продуктів у вальцовому

верстаті на добуток борошна в ентолейторі-дисембраторі. Встановлено, що залежність виходу борошна у ентолейторі-дисембраторі ЕСМ-1,5 підкоряється лінійному закону в залежності від добутку борошна вищого сорту у вальцовому верстаті 2-ї розмелювальної системи. Із збільшенням добутку борошна вищого сорту у вальцовому верстаті з 5,3% до 31,0%, вихід борошна після ентолейтора-дисембратора ЕСМ-1,5 збільшується відповідно з 23,1% до 30,6% (рис. 3). Коефіцієнт кореляції дослідних даних становить 0,92, що свідчить про тісний зв'язок досліджуваних ознак.

Пояснити цю залежність можна тим, що вальцовий верстат 2-ї розмелювальної системи подрібнюючи проміжні продукти, які на нього подаються, створює мікротріщини в крупках і дунстах, порушує мікроструктуру частинок, знижуючи їх міцність, які потім руйнуються до дрібніших частинок по межі утворених тріщин при проходженні через ентолейтор-дисембратор ЕСМ-1,5. Для забезпечення найбільшого виходу борошна високих сортів можна рекомендувати максимально низькі режими подрібнення у вальцовому верстаті. Під час проведення виробничих досліджень досягнути умов при яких процес подрібнення буде супроводжуватися утворенням пластівців не вдалося.

Оптимального значення загального добутку борошна на 2-й розмелювальній системі встановити не вдалося, виходячи з умов фактичного виробництва можна рекомендувати режим подріб-

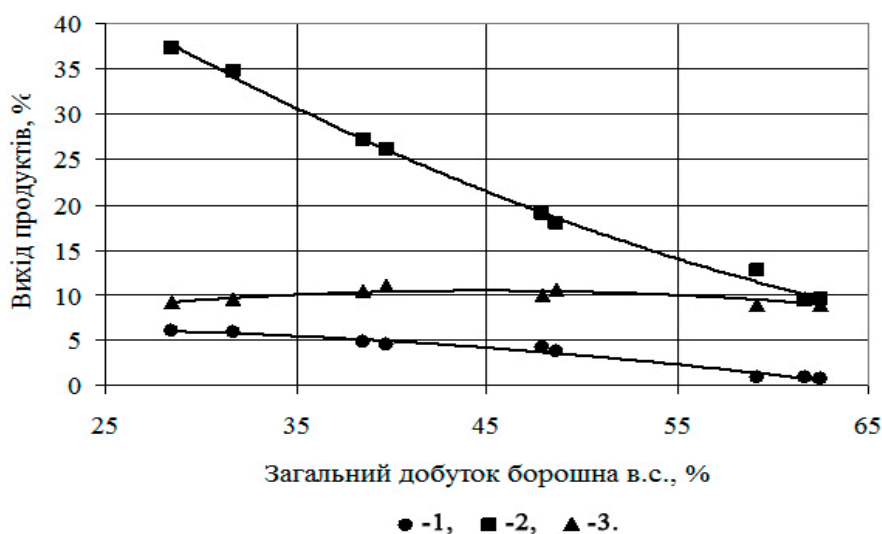


Рис. 2. Вихід сходових продуктів на 2 розмелювальній системі (вальцовий верстат + ентолейтор-дисембратор) з урахуванням недосіву: 1 – дрібна крупка, 2 – дунсти, 3 – борошно першого сорту

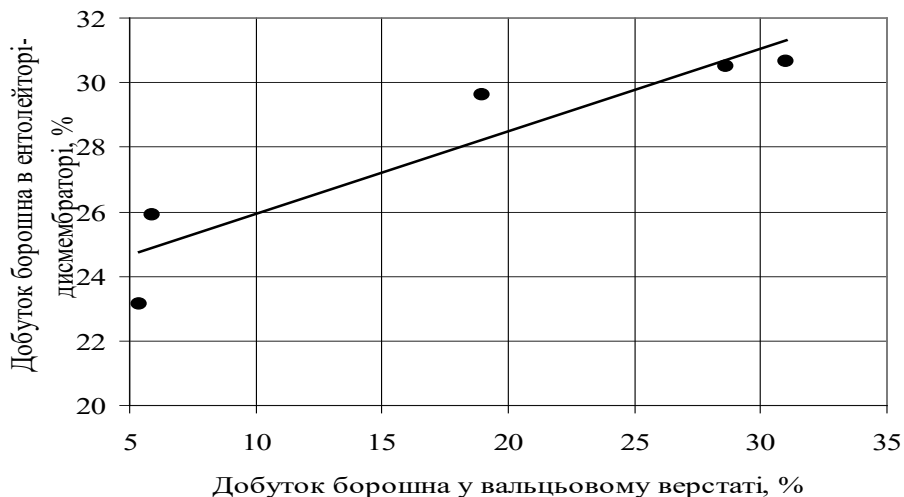


Рис. 3. Залежність виходу борошна вищого сорту в ентолейторі-дисембраторі від добутку борошна у вальцьовому верстаті 2-ї розмелювальної системи з врахуванням недосіву

нення у вальцьовому верстаті 2-ї розмелювальної системи, при якому досягається добуток борошна до 30,0%.

Дослідженнями встановлено, що на 2-й розмелювальній системі вальцьовий верстат може давати добуток борошна вищого сорту до 35%, а застосування ентолейторів-дисембраторів ЕСМ-1,5 збільшує добуток борошна вищого сорту до 62%.

Висновки. У результаті проведених досліджень визначено режими подрібнення та запропоновано математичні залежності добутку борошна та круподунстових продуктів першої розмелювальної системи із додатковим обладнанням ентолейтором-дисембратором ЕСМ-1,5. Най-

більшого добутку борошна на 2-й розмелювальній системі досягають за режимів подрібнення на вальцьовому верстаті – 35%. При цьому застосування ентолейтора-дисембратора ЕСМ-1,5 дозволяє збільшити загальний добуток борошна на 2-й розмелювальній системі до 62%.

Експериментально встановлено, що залежність між добутком борошна вищого сорту у вальцьовому верстаті розмелювальної системи та виходом борошна вищого сорту в ентолейторі-дисембраторі ЕСМ-1,5 має лінійну залежність. Результати експериментальних досліджень описано математичними залежностями, що дозволяє використовувати їх для розрахунку кількісних балансів борошна.

Список літератури:

1. Mateos-Salvador F., Sadhukhan J., Campbell G.M. Extending the normalised Kumaraswamy breakage function for roller milling of wheat flour stock to second break. *Powder Technology*, 237. 2013. P. 107–116.
2. Fistes A., Rakic D., Takaci A., Brdar M. Using the breakage matrix approach to define the optimal particle size distribution of the input material in a milling operation. *Chemical Engineering Science* 102, 2013. P. 346–353.
3. Швейцарские инновации для украинских зернопереработчиков. *Хранение и переработка зерна*. 2013. № 4. С. 45–48.
4. Mateos-Salvador F., Sadhukhan J., Campbell G. M. The normalised Kumaraswamy breakage function: A simple model for wheat roller milling. *Powder Technology*. 208. 2011. P. 144–157.
5. Campbell G. M., Sharp C., Wall K. and other. Modelling wheat breakage during roller milling using the double normalised. *Journal of Cereal Science*. 55. 2012. P. 415–425.
6. Fistes A., Rakic D., Takaci A., Brdar M. Solution of the breakage matrix reverse problem. *Powder Technology*. 268. 2014. P. 412–419.
7. Моргун В.О., Шутенко Є.І., Давидов Р.С. Залежність якості муки від режимів роботи систем крупотворення. *Зернові продукти і комбікорми*. 2009. № 1. С. 25–26.
8. Верещинский А.П. Шелушение пшеницы в технологии сортовых помолов. *Хранение и переработка зерна*. 2008. № 9. С. 52–55.

9. Жигунов Д.А., Давыдов Р.С. Энергетическая характеристика процесса первичного измельчения зерна. *Food science, engineering and technologies. Plovdiv*. 2008. P. 107–111.

10. Dexter J. E., Martin D. G. The effects of prebreak conditions on the milling performance of some Canadian wheats. *Journal of Cereal Science*. 1996. v. 4. № 4. P. 157–169.

Liubych V.V., Zheliezna V.V., Yeremeeva O.A., Novak L.L. INFLUENCE OF INVESTIGATION OF ENRICHED GRAIN DUNST PRODUCTS ON THE YIELD OF FLOUR OF VARIETAL WHEAT MILLING

The article is devoted to the study of milling regimes of enriched grain dust products in the roller machine of the second milling system of varietal wheat milling. On the basis of experimental data, extraction dependences of the individual classes of intermediate grinding products on the production on the studied systems are obtained.

Studies, conducted in processing conditions, have shown that by reducing the roll spacing of the roller machine when grinding, descending products from the first milling system on the second milling system there is a decrease in the extraction of middlings and dunsts, and the extraction of first grade flour slightly increases.

With an increase in the total production of high-grade flour in the roller machine from 5.3% to 35.8%, the extraction of middlings decreased by 9.9% from 11.9% to 2.0% by curvilinear dependence, the yield of dunsts decreased by 22.3% from 53.9% to 31.6% by curvilinear dependence. The extraction of high-grade flour increased by 2.7% from 9.5% to 12.2%.

The increase in high-grade flour total production from 28.5% to 61.7% on the second milling system led to a decrease in the extraction of middlings by 5.2% from 6.0% to 0.8%, dunsts by 27.9% from 37.3% to 9.4%. The extraction of first-grade flour did not increase significantly and ranged from 9.0% to 11.0%.

It has been experimentally established that the dependence of flour extraction in the ESM-1.5 entoleter-dismembrator obeys the linear law depending on high-grade flour production in the roller machine of the second milling system. With the increase in high-grade flour roduction in the roller machine from 5.3% to 31.0%, the extraction of flour after ESM-1.5 entoleter-dismembrator increases from 23.1% to 30.6%, respectively. The correlation coefficient of the experimental data is 0.92, which indicates a close relationship between the studied features.

It is established that the highest flour production on the second milling system is achieved by grinding modes on the roller machine – 35%. The use of ESM-1.5 entoleter-dismembrator allows to increase the total flour extraction on the second milling system up to 62%.

The results of experimental studies are described by mathematical dependences, which allows to use them to calculate flour quantitative balances.

Key words: wheat, flour, grinding modes, roller machine, entoleter-dismembrator.

УДК 664.045-5

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/12>**Сімахіна Г.О.**

Національний університет харчових технологій

Камінська С.В.

Національний університет харчових технологій

РИНОК ЗАМОРОЖЕНИХ ПЛОДОВО-ЯГІДНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ В УКРАЇНІ

На сьогодні ринок замороженої плодоовочевої продукції активно розвивається, і значну частку його становлять заморожені плоди та ягоди. Харчова й переробна галузі мають досить високий потенціал для зростання обсягів такого ринку. Розвинуті країни світу вже давно оцінили всі переваги низькотемпературних технологій перероблення та зберігання сільськогосподарської сировини: у США, наприклад, частка заморожених продуктів у загальній структурі споживання – до 70%, а в країнах близького зарубіжжя – 20%, і цей показник продовжує зростати. В Україні аналогічні показники набагато нижчі, і це створює передумови для розвитку й розширення ринку заморожених плодоовочевих напівфабрикатів, щоб досягти з часом рівня провідних країн світу. Водночас це й нагальна потреба: плоди та ягоди швидко псуються, тривале їх зберігання можливе лише в замороженому стані. Якість такої продукції практично відповідає рівню показників свіжої сировини, включно з органолептичними властивостями.

У статті на основі численного наукового матеріалу здійснено аналіз сучасного ринку заморожених плодів й овочів в Україні, з'ясовано основні причини відставання обсягів вітчизняного ринку замороженої продукції від ринків зарубіжних країн, обґрунтовано переваги низькотемпературних технологій консервування рослинної сировини, визначено основні чинники позитивної динаміки розвитку вітчизняного ринку й дано коротку характеристику основним українським виробникам заморожених плодів і ягід. Зроблено цілком об'єктивний висновок щодо перспектив розвитку такого ринку в Україні, виходячи зі сформованої стабільної бази сировини, в тому числі дикорослої, реальних переваг заморожування плодів і ягід перед іншими способами консервування, зростання культури харчування населення й пріоритету здорової їжі, а також широкої реклами для збільшення кола споживачів.

Ключові слова: ринок, заморожування, плоди та ягоди, інвестиції, сфера ресторанного харчування.

Постановка проблеми. Останнім часом на світовому ринку виробляється та споживається велика кількість замороженої плодово-ягідної й овочевої сировини. Лідерами в її споживанні є Велика Британія, Німеччина, Франція (понад 100 кг за рік на душу населення) [1]. В Україні ця частка поки що майже у 20 разів менша. На ринку замороженої плодоовочевої продукції в Україні у роздрібній торговельній мережі переважають заморожені фрукти й овочі виробництва польських фірм (Zgoda, Hortex та інші), що обумовлено високою конкурентоспроможністю продукції польського виробництва. Серед країн-постачальників також Франція, Німеччина, Молдова (2,5% від усього обсягу ввозу такої продукції), Італія (2,1%) [2].

Можна назвати кілька основних проблем, які уповільнюють розвиток галузі заморожених напівфабрикатів: відсутність достатньої кількості вітчизняного устаткування для шокового заморожування плодів й овочів; нестача кваліфікованих

фахівців, які розуміються на сучасних процесах заморожування, їхніх особливостях, здатних розвивати й засвоювати нові технології, орієнтовані на мінімізацію втрат цінних біологічно активних речовин (далі – БАР) під час заморожування, зберігання й дефростації біооб'єктів; складність залучення необхідних фінансових ресурсів для впровадження інновацій у виробництво; висока залежність формування ціни на заморожену продукцію від урожаю та попиту на неї. Дійсно, сезонний чинник сильно виражений. За оцінками експертів [3] у літні й осінні місяці рівень продаж знижується вдвічі порівняно з зимово-весняним періодом. Проте ці проблеми поступово розв'язуються, і ринок вітчизняної замороженої плодоовочевої продукції невпинно зростає.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз останніх публікацій за напрямом статті дає можливість з'ясувати як ті проблеми, що постали перед формуванням ринку заморожених рослинних напівфабрикатів, так і об'єктивні

передумови його розвитку, спонукаючи до розроблення та впровадження нових технологій, передусім низькотемпературних. Важливим чинником є можливість повноцінної заміни свіжих плодів і ягід замороженою високовітамінною продукцією в міжсезонний період. Виробників приваблює стабільний сировинний ринок, у тому числі завдяки дикорослій сировині, з прогнозованими обсягами заготівель і укладанням довгострокових контрактів за фіксованими цінами [4]. Важливого значення набувають інновації в технологіях заморожування плодово-ягідної сировини, які ґрунтуються на використанні широкого спектра кріопротекторів органічної та мінеральної природи [5], на вивченні та впровадженні способів заморожування ягід з ніжною та щільною покривною тканиною [6], розробленні раціональних методів дефростації заморожених напівфабрикатів із мінімальними втратами клітинного соку [6], створенні системи управління безпекою виробництва заморожених плодів і ягід на етапах життєвого циклу за принципами міжнародного стандарту НАССР [7] тощо. Це відкриває широкі перспективи для вітчизняних виробників замороженої продукції та дає підстави прогнозувати позитивну динаміку розвитку галузі.

Основними чинниками таких прогнозів вбачаються такі: постійне зростання культури харчування серед населення України й розуміння ролі компонентів харчових продуктів у забезпеченні нормального функціонування всіх органів і систем організму та, як наслідок, збільшення попиту на заморожені плоди та ягоди; висока якість заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів і можливість диференційованого підходу до їх виготовлення [8]; практично необмежені ресурси плодів і ягід, у тому числі із залученням дикорослої сировини, на території України дає можливість забезпечити будь-який споживчий попит на будь-який смак [9]; річне споживання високоякісних заморожених плодів і ягід необхідно підняти до європейського рівня, тобто збільшити у 10–15 разів (така тенденція має реальну основу: згідно з офіційними даними в Україні у 2016 р. було виготовлено 6352 т замороженої плодовоовочевої продукції, а у 2018 р. – уже 8912 т, тобто приріст становив 40% [10]); висока інвестиційна привабливість виробництва завдяки низьким цінам на сировину, попиту, що постійно зростає, на швидкозаморожену продукцію різноманітного асортименту, нові технології вакуумного пакування (що не поступається імпортованому) тощо; світовий тренд натуралізації харчових продуктів і харчових інгредієнтів-зба-

гачувачів відкриває широкі можливості використання заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів безпосередньо та як поліфункціональні збагачувачі різних харчових середовищ; реальна можливість знизити залежність вітчизняного ринку від засилля імпортованої продукції й посилити продовольчу безпеку у сфері виробництва оздоровчих продуктів [11].

Аналізу сучасного стану вітчизняного ринку замороженої плодовоовчевої продукції присвячено роботи В.І. Бойка, В.І. Власова, В.І. Криворучка, П.М. Макаренка, В.П. Рудя, П.Т. Саблука та інших відомих науковців. Проте з наведених вище матеріалів видно, що дослідження, вивчення й обґрунтування напрямів посилення конкурентних позицій вітчизняних виробників на ринку замороженої плодовоовчевої продукції в Україні залишаються недостатніми й потребують багатоаспектного підходу до виявлення наявних проблем і перспектив розвитку цієї надзвичайно важливої галузі харчової промисловості загалом та індустрії здорового харчування зокрема.

Постановка завдання. Мета роботи – здійснити огляд сучасної літератури з питання доцільності й необхідності інтенсивного розвитку українського ринку заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів як важливого чинника поліпшення здоров'я нації.

Виклад основного матеріалу. Про динаміку розвитку ринку заморожених напівфабрикатів свідчать такі цифри: у 2008 р. обсяг заморожених овочів і плодів зріс на 4 і 32% відповідно [12]. Це привернуло до ринку замороженої продукції увагу потужних компаній, тому у 2012 р. частка українського виробника склала вже 41% овочів і 40% плодів відповідно. Перевагу в ході конкуренції отримують компанії, які вкладають інвестиції не лише в якість продукту, а й в упаковку, в кінцевому варіанті – в його просування на ринок, тобто створюють бренд, якому довіряють споживачі [13]. Зростання попиту на швидкозаморожену плодово-ягідну продукцію в Україні сприяє розширенню асортименту. Наприклад, компанія «Ольвіта» нараховує понад 50 найменувань, майже половина з них – заморожені лісові ягоди, садові ягоди та фрукти [14].

Останні роки для ринку напівфабрикатів відзначалися активним ростом і розвитком, але поки говорити про повне його насичення рано. Підбиваючи підсумки роботи у 2018 р., оператори оцінили загальний обсяг ринку у 256 тис. т. Сегмент заморожених напівфабрикатів в Україні становить 16–17% у структурі продовольчого

ринку, однак він нижче показника США в 4 рази [15; 16]. Наведені факти свідчать про те, що останнім часом вітчизняний ринок замороженої плодової, ягідної й овочевої продукції перебуває в стадії інтенсивного розвитку. Ця тенденція пояснюється зростанням обсягів виробництва сировини, залученням до сфери харчових технологій дикорослих плодів і ягід, підвищенням рівня обізнаності населення в особливостях здорового харчування, основою якого є плодоовочеві культури, і позитивними змінами в уподобаннях споживачів, розширенням сфери готельно-ресторанного харчування з її потребою в якісних заморожених напівфабрикатах тощо.

Україна є експортером ягід. Таким чином, кон'юнктура зовнішніх споживчих ринків має вплив на ринок ягід в Україні. Головною тенденцією на європейському ринку є зростаючий попит на ягоди в північних країнах. Цікаво, що там віддають перевагу темним ягодам (смородина, лохина). Основна частина заморожених ягід відсилається до Польщі, ця країна разом з Італією є замовниками близько половини загального обсягу поставок. Серед інших споживачів також здебільшого представлені країни Європейського Союзу. Аналітики прогнозують у 2020–2021 рр. розвиток ринку, який формуватиметься відповідно до тенденцій експорту. Попит на ринках насамперед європейських країн стимулюватиме українські підприємства до збільшення випуску замороженої продукції [17].

Заморожують плоди та ягоди 15 компаній; лідерами за обсягами випуску стали ЗАТ «Фрау Марта», ТОВ «Краса», ТОВ «Арти», ТОВ «Грон» та ПП «Смілянська хлодня», які забезпечили 95% національного виробництва цієї продукції. Для прикладу: компанія «Смілянська хлодня», що на Черкащині, у 2017 р. випустила 5 тис. т замороженої продукції з ягід, овочів і фруктів, 90% з яких було експортовано до 15 країн Євросоюзу [18].

Абсолютним лідером стало підприємство ЗАТ «Фрау Марта» (Черкаси) з показником 5,9 тис. т (або 83% національного виробництва). «Фрау Марта» є спільним проєктом російських інвесторів і Європейського банку реконструкції та розвитку. Підприємство випускає заморожені овочі: зелений горошок, солодку кукурудзу, перець, цвітну капусту, броколі, цибулю. На експорт іде 95–97% продукції.

ТОВ «Краса» (Херсон) створено у 2002 р. Спеціалізується на заморожуванні ягід, кісточкових, баштанних культур. З 2005 р. реалізує продукцію під торговельною маркою «Дарус». ТОВ «Арти»

(Харків) виготовляє високоякісні свіжозаморожені суміші для перших і других страв, фруктові суміші. ТОВ «Грон» (Дніпро) засновано у 2004 р., цю компанію вважають експертом у виробництві й реалізації заморожених продуктів – ягід, фруктів, овочів у широкому асортименті, грибів.

Останнім часом набуває популярності продукція компанії «Сіріус-Агро» (с. Водяники, Звенигородського району, Черкаської області). Компанія спеціалізується на вирощуванні, фасуванні, заморожуванні плодів і ягід і їх реалізації. Загальна площа полів для вирощування становить 1100 га. У червні 2008 р. відкрито завод для шокового заморожування фруктів і ягід. Проєктна потужність виробничих ліній заморожування продукції становить 5500 т/рік. На сьогодні завод цієї компанії вважається одним із найкращих і найпотужніших у Європі. Його продукцію сертифіковано й підтверджено Центром стандартизації й метрології України.

Відомо, що доброякісну продукцію можна отримати лише з якісної сировини. З цієї точки зору доцільно зазначити, що компанія «Сіріус-Агро» має особливий підхід до вирощування фруктово-ягідної сировини. Передусім ця особливість полягає в тому, що під час вирощування використання інсектицидів і гербіцидів зведено до мінімуму, тому отримана сировина є екологічно чистою й безпечною для споживача. Науково обґрунтовано всі етапи технологічного ланцюжка: від збирання врожаю до зберігання готової продукції. Так, сировину з місця збирання на завод доправляють у мінімальний термін, перевезення триває не більш ніж 2 години, щоб ягоди й фрукти не втратили кондиції. На заводі сировину розміщують у камері попереднього охолодження, де вона зберігається за температури 5 °С. Особливістю технології на цьому заводі є шокове заморожування сировини. На сьогодні цей метод розглядають як інноваційний підхід у холодних технологіях. Сутність шокового заморожування полягає в тому, що процес відбувається протягом 15–20 хв за температури –35...–40 °С.

Усі зазначені компанії переконані, що виробництво, зберігання й реалізація ягід – дуже вигідний бізнес в Україні. З кожним роком у країні зростає попит на таку продукцію, а до зими стрибки цін на деякі ягоди можуть перевищувати вартість у 2–3 рази. Саме тому сьогодні дуже вигідно торгувати свіжозамороженими ягодами, наприклад малиною, смородиною, чорницею, журавлиною, полуницею, вишнею, черешнею, сливою та виноградом. Вони не лише добре продаються,

а й чудово зберігаються – за умови, що застосовується шокове заморожування ягід.

Українські виробники конкурують як із вітчизняними, так і з зарубіжними компаніями – польськими (торговельні марки Hortex, Hortino, Felco), угорськими (Felco, Globus), французькими (Bonduelle) і бельгійськими (Emborg, Dujardin). Причому вітчизняні виробники конкурують в основному за ціною, зарубіжні – за асортиментом, «екзотичними» сумішами й сталістю пропозиції. На сьогодні лише продукція польських фірм за низкою найменувань (вишні, черешні) зрівнялася з рівнем цін українських аналогів; інші закордонні марки демонструють ціни на 20...50% вищі.

За дизайном упаковки, якістю самих плодів і досконалістю технологій заморожування вітчизняні виробники практично зрівнялися зі своїми закордонними колегами. Також український виробник забезпечує наявність своїх продуктів у великих точках продажу. Віднедавна українські компанії опанували також випуск замороженої ягідної продукції, що ефективно конкурує із закордонною за ціною за такого ж рівня якості. До альтернативи можна віднести й заморожену солодку кукурудзу в качанах. Разом із тим згідно з визнанням українських операторів ринку ще не всі дистриб'ютори й гуртовики гарантують збереження температурного режиму в процесі транспортування продукції від виробника до роздрібного торговця. Та й у торговельних установах спостерігається невідповідність температурних режимів зберігання продукції, в результаті чого вона втрачає товарний вигляд і споживчі якості. За прогнозами споживчий ринок швидкозамороженої продукції зростатиме незначно (близько 10%), а загальний збільшиться до 7,0–7,5 тис. т. Сегмент швидкозамороженої плодово-ягідної продукції становить в Україні лише близько 5% загального ринку. Дослідники вважають, що ця продукція на ринку малопопулярна з тієї причини, що прак-

тично кожен господар успішно заморожує ягоди в домашньому холодильнику. Це дає змогу заощаджувати до 50% витрат – свіжі ягоди коштують у 1,5–2 рази менше, ніж заморожені.

На прикладі аналізу діяльності провідних підприємств «Смілянська хлодня», «Фрау Марта», «Грон», «Краса», «Арти» очевидним є те, що сьогодні в українській індустрії заморожених плодів і ягід на перший план виходить орієнтація на закордонні ринки. Експорт заморожених плодів з України за останні 5 років значно збільшився й становив, згідно зі статистичними даними, близько 3600 т. Серед критеріїв, що визначають вибір замороженої плодово-ягідної продукції покупцем, основними є популярність марки. Потім звертають увагу на ціну продукту та його смакові якості.

Висновки. Український ринок замороженої плодово-ягідної продукції, який донедавна був орієнтований в основному на імпортні вироби, невпинно зростає. В останні роки представники іноземного капіталу розглядають Україну не лише як об'єкт для експорту продукції, а й привабливого з точки зору інвестування виробника заморожених плодів і ягід. Заморожена плодово-ягідна продукція вигідно вирізняється з-поміж напівфабрикатів, консервованих іншими способами. Заморожені плоди та ягоди дозовані й фасовані, що дуже зручно для споживачів, торгівлі й ресторанного господарства. Для приготування страв витрати часу й праці мінімальні.

Маркетингові дослідження й вивчення потенційних можливостей реалізації заморожених плодово-ягідних напівфабрикатів свідчать про те, що попит на таку продукцію, яка за своїми якісними й органолептичними показниками майже не поступається свіжій сировині, постійно зростає.

Є всі підстави прогнозувати інтенсивний розвиток вітчизняного ринку плодово-ягідних напівфабрикатів, їх реалізацію як на вітчизняному, так і на світовому ринках.

Список літератури:

1. Аналіз світового ринку заморожених продуктів харчування за видом продукції та географічним розташуванням: тенденції та прогнози (2010–2018): звіт. URL: <http://www.ucca.org.ua/ua/information/news/21#> (дата звернення: 21.01.2019).
2. Karolefski J. What Are the Most Important Food Trends Today? URL: <http://www.cpgmatters.com/International0612.html> (дата звернення: 21.01.2019).
3. Лосев А. Формирующийся рынок замороженных овощей и ягод. *Продукты питания*. 2005. № 17. С. 17–21.
4. Заморозка овощей и фруктов. URL: <http://www.fabs.ru./produkcija/shokovaja-zamorozka.html> (дата звернення: 08.06.2019).
5. Сімахіна Г.О., Халасіна С.В. Перспективи використання кріопротекторів в інноваційних технологіях заморожування плодово-ягідної сировини. *Acta Universitatis Pontica Euxinus*. Спец. випуск. Т. 2. Варна, 2013. С. 141–144.

6. Сімахіна Г.О., Халапсіна С.В. Отримання заморожених напівфабрикатів дикорослих ягід зі щільною покривною тканиною. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*. 2016. № 3. С. 198–206.
7. Impact of cryoprotection on minimization of ascorbic acid losses in freezing of berries / G. Simakhinae et al. *Ukrainian Food Journal*. 2019. Vol. 8. № 2. P. 271–283.
8. Сімахіна Г.О., Камінська С.В., Науменко Р.Ю. Оцінка безпеки швидкозаморожених плодово-ягідних напівфабрикатів на основі принципів системи HACCP. *Discovery Science* : матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції, м. Карлові Вари, 17 травня 2019 р. 2019. С. 38–49.
9. Орлова Н.Я., Белінська С.О. Заморожені плодоовочеві продукти: проблеми формування асортименту : монографія. Київ : КНТЕУ, 2005. 336 с.
10. Сало І.А., Попова О.П. Розвиток українського ринку плодів і ягід в умовах глобалізації. *Садівництво. Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. 2019. Вип. 74. С. 160–170.
11. Мостовой Ю., Шубина Г. Рынок плодоовощной заморозки – взгляд специалистов. *Продукты и ингредиенты*. 2008. № 10. С. 64–68.
12. Руликівський В.П. Роль та місце продовольчої безпеки в системі забезпечення національної безпеки України. URL: <http://www.iet.ua> (дата звернення: 05.01.2019).
13. Ткачев А. Высокое качество – «визитная карточка» бренда. *Брутто*. 2013. № 58. С. 28–32.
14. Чертилін І., Богуславський Ю. Свіжі й заморожені овочі та фрукти – дві грані одного бізнесу компанії. URL: <http://www.fruit-inform.com/ru/marketing/experience/47752#.Uon3RdK8Avw>. (дата звернення: 18.01.2020).
15. Обзор рынка замороженных продуктов / Инвестиционная группа «Авантаж Капитал». URL: <http://www.avantazh-capital.com/> (дата звернення: 19.09.2019).
16. Шубина Г. Рынок замороженных полуфабрикатов: общая ситуация. *Продукты и ингредиенты*. 2012. № 3 (89). С. 38–40.
17. Заморожені ягоди – гарний бізнес. URL: <https://day.kyiv.ua/uk/article/ekonomika/zamorozheni-yagody-garnyu-biznes> (дата звернення: 22.07.2019).
18. «Смілянська хлодня» експортує 90% виробленої продукції. URL: <http://www.agrotimes.net/mir/smilyanska-hlodnya-eksportue-90-viroblenoji-produkciyi-> (дата звернення: 21.07.2019).

Simakhina G.O., Kaminska S.V. THE MARKET OF FROZEN FRUIT AND BERRY HALF PRODUCTS IN UKRAINE

Nowadays the market of frozen fruit and vegetable products is actively developing, and the main part in it belongs to frozen fruit and berries. Food and processing branches have sufficiently high potentials to gain the volumes of this market. The leading countries of the world have estimated all the advantages of low-temperature technologies to process and store the agricultural raw materials. For example, frozen products make up to 70 percents of general consumption rate in the USA; in addition, this figure in Europe makes up approximately 20 percents and continues to grow. On the other hand, these indices in Ukraine are far lower, and this becomes a precondition to develop and expand the market of frozen fruit and vegetable products in order to reach the level of the leading countries gradually. Along with that, this is an urgent problem because fruit and berries are perishable materials, hence they should be long stored only in the frozen state. The quality of such products practically corresponds to the level of fresh raw material indices, including their organoleptic properties.

The authors of the article used the numerous academic materials to analyze the up-to-date market of frozen fruit and berries in Ukraine; elucidated the main reasons of Ukrainian market's backlog from foreign countries; proved the advantages of low-temperature technologies of plant raw preservation; defined the main factors of positive dynamics in development of domestic market; briefly characterized the prominent Ukrainian producers of frozen fruit and berries.

The authors made the completely objective conclusion about the perspectives of development of such a market in Ukraine, regarding the formed stable base of plant raw materials, including those wild, the real advantages of freezing fruit and berries over the other ways of preservation, the increase of the nutritional culture among the population and the priorities of healthy food, and also the broad advertising campaigns to expand the circle of consumers.

Key words: market, freezing, fruit and berries, investments, restaurant food sphere.

Токар А.Ю.

Уманський національний університет садівництва

Харченко З.М.

Уманський національний університет садівництва

Матенчук Л.Ю.

Уманський національний університет садівництва

Войцехівський В.І.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

ОВОЧЕВО-ФРУКТОВІ ПЮРЕ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ЗА ЗАСТОСУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

У статті наведено результати дослідження з розроблення овочево-фруктових пюре з плодів гарбуза, моркви, аличі та волоських горіхів. Нові види пюре: гарбузово-аличеве з горіхами, морквяно-аличеве з горіхами та гарбузово-морквяно-аличеве з горіхами перевершують пюре з однойменних овочів за вмістом компонентів хімічного складу. Досліджено два варіанти рецептур, що відрізнялися між собою за кількістю доданого аличевого пюре. Зважаючи на органолептичну оцінку якості, надано перевагу рецептурі, за якою додається 70% овочевого пюре, 20% – аличевого, по 5% – горіхів і цукру. Зокрема купажовані пюре, виготовлені за такою рецептурою, містять сухих розчинних речовин 18,8...19,4%, цукрів – близько 12%; титрована кислотність – 0,7%, активна кислотність – 3,7 од. рН, що забезпечує вищу мікробіологічну стабільність. Нові види пюре також містять природні жири, багаті на ненасичені жирні кислоти й пектини. Купажовані пюре мають приємну кислинку, обумовлену вмістом натуральних органічних кислот, й отримали органолептичну оцінку якості 4,85...4,90 бала. Вміст аскорбінової кислоти в пюре гарбузово-аличевому з горіхами – 15,3 мг у 100 г, β -каротину – 14,1 мг у 100 г, у пюре морквяно-аличевому з горіхами та в пюре гарбузово-морквяно-аличевому з горіхами – відповідно 6,8, 15,4 й 11,6, 14,9. Такі пюре за вмістом β -каротину є функціональними продуктами та можуть бути використані як збагачувачі цим інгредієнтом для приготування різних харчових продуктів. За вмістом аскорбінової кислоти пюре, до рецептури яких входить гарбуз, можна вважати функціональними продуктами за цим інгредієнтом. Розроблені рецептури купажованих пюре забезпечують приготування продуктів з підвищеною біологічною цінністю, покращеними органолептичними й функціональними властивостями. Результати дослідження можна запропонувати для використання в молочній, хлібопекарній, консервній промисловості та в закладах ресторанного господарства.

Ключові слова: плоди гарбуза, моркви, аличі, волоського горіха, купажовані пюре, аскорбінова кислота, β -каротин, функціональні продукти, збагачувачі.

Постановка проблеми. Значна кількість (до 20–50%) овочевої та фруктової сировини втрачається на шляху від поля до споживача. Тому своєчасне перероблення дешевої рослинної сировини на конкурентоспроможні продукти за збереження природних біологічно активних речовин має актуальне значення у вирішенні Продовольчої програми в Україні. Спроби вирішення проблеми використання рослинної сировини у виробництві молочних, кулінарних, борошняних кондитерських виробів, напоїв і страв з метою підвищення біологічної цінності чи забезпечення їхніх функціональних властивостей простежуються в наукових працях В.С. Баранова, М.І. Пересічного,

С.М. Пересічної, З.В. Василенко, М.Ф. Кравченко, М.М. Калакури, І.В. Сирохмана, П.П. Пивоварова, Ф.В. Перцевого, В.А. Колтунова, Н.В. Притульської, Л.П. Малюк, Г.В. Дейниченко, М.І. Філя та інших українських і зарубіжних учених.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Здоров'я сучасної людини залежить від рівня й структури харчування, порушення яких виявляє непоправну, на декілька порядків вищу шкоду в порівнянні з екологічною забрудненістю. Структура харчування сучасної людини має серйозні порушення, зокрема надлишкове вживання тваринних жирів і дефіцит поліненасичених жирних кислот, повноцінних тваринних білків, мінеральних

елементів, вітамінів (С, Р, групи В, фолієвої кислоти, ретинолу, β -каротину). Споживання зазначених інгредієнтів нормується ВООЗ, щоденне їх надходження до організму людини є необхідним. Для покращення структури харчування в Україні актуальним є створення продуктів на основі овочів і фруктів з підвищеним вмістом харчових волокон, пектинів та інших нутрієнтів [1–3].

Аскорбінова кислота (вітамін С) – найбільш поширений у рослинному світі вітамін. В організмі людини діє як антиоксидант, бере участь у процесах тканинного дихання, у забезпеченні біосинтезу нуклеїнових кислот, білків та інших сполук, поліпшує засвоюваність заліза, бере участь у процесах кровотворення. Джерелом аскорбінової кислоти є овочі та фрукти. Фізіологічна потреба дорослої людини в аскорбіновій кислоті становить 90 мг на добу [4, с. 34–35]. За недостачі вітаміну А уражуються очі, шкіра й слизові оболонки органів дихання й шлунково-кишкового тракту стають сухими, спостерігається ороговіння епітелію, дерматити. Нестача вітаміну А є фактором ризику інфекційних захворювань і виникнення злоякісних новоутворень. Вітамінна активність β -каротину вдвічі нижча, він краще засвоюється в кишечнику з відвареної моркви, ніж із сирової. Фізіологічна потреба у β -каротині складає 5 мг на добу, але не більше 10 мг. Морква й гарбуз досить багаті β -каротином, вміст якого відповідно 9,0 та 1,5 мг на 100 г [4, с. 26–28]. За даними Т. Кравець [5] алича містить вітаміну С 3–18 мг/100 г, β -каротину – до 2,16 мг/100 г, плоди багаті на цукри (до 11%) й органічні кислоти (1,0–6,9%) [6]. Овочі та фрукти є джерелом пектинових речовин, що позитивно впливають на різні процеси в організмі людини: сприяють зниженню вмісту ліпідів, стимулюють життєдіяльність кишкової мікрофлори, є синергістами вітамінів (підсилюють їхню активність). Пектинові речовини ефективні в профілактиці атеросклерозу, вони нормалізують метаболізм холестерину. Добова потреба пектину – 2 г на добу [4, с. 96]. Морква, гарбуз й алича традиційно багатогранно застосовуються у виготовленні різних страв. Зокрема, з них готують салати, пюре, супи-пюре, смузі, солодкі соуси, напої, напівфабрикати [7, с. 233, 234, 247, 248; 8, с. 38, 72, 98].

Досить часто в рецептуру продуктів харчування з рослинної сировини вчені вводять ядра волоського горіха різного ступеня стиглості [9]. Дані про хімічний склад ядра горіхів досліджено В.С. Степановою [10, с. 105, 106]. Масова частка сухих речовин у горіхах складається з 63% жирів

і до 15,2% білків. Дослідження амінокислотного складу й підрахований амінокислотний скор свідчать, що білок ядра волоського горіха є повноцінним, а лімітуючою амінокислотою є лізин на рівні 51%. Ліпідна частина більш ніж на 80% складається з ненасичених жирних кислот, зокрема 53% – лінолева жирна кислота, а 12,7% – ліноленова жирна кислота; співвідношення жирних кислот ω -3 та ω -6 – на рівні 1:4. Ядра горіха мають високий вміст токоферолів (вітамін Е) з антиоксидантними властивостями та значний вміст калію, фосфору й магнію.

На сьогодні вже є розробки харчових продуктів нового покоління з використанням гарбузів чи моркви, різних фруктів і напівфабрикатів з них.

Зокрема О.А. Іваніщева [11] на основі наявних страв розробила страви «Каша гарбузова в'язка з пшоном та медом», «Суп-пюре з гарбуза та імбиру на кокосовому молоці», «Крем-суп з гарбуза з шротом насіння вівса». В.А. Гніцевич, Р.П. Никифоров, Н.А. Федотова, Н.В. Кравченко [12, с. 24, 25] зазначають, що пектинові речовини використовуються в технологіях структурованої продукції як харчова добавка драглеутворювальної дії. Тому вирішення проблеми забезпечення харчової галузі дешевими драглеутворювачами полягає у використанні різних видів овочевих і фруктових пюре. Вчені з Харкова розробили рецептури й технології нового покоління бісквітів і булочок, вітамінізованих натуральними каротиноїдними дрібнодисперсними добавками (замороженими або термообробленими) з моркви або гарбуза у вигляді пюре, отриманого без застосування синтетичних компонентів для оздоровчого харчування школярів і різних верств населення з метою імунопрофілактики [13]. На основі яблук (30%) з додаванням гарбуза, обліпихи й аронії чорної (по 20%), буряка (10%) розширено асортимент плодоовочевих паст, які можуть бути використані як згущувач і наповнювач, вітамінна добавка в таких галузях, як кондитерська, консервна, молочна, хлібопекарська, а також у закладах ресторанного господарства [14]. У процесі вдосконалення технології виробів із дріжджового тіста з використанням соку, пюре й вичавків із гарбуза та проведення мікробіологічних досліджень встановлено, що готові вироби характеризуються високою якістю, мікробіологічною стабільністю й рекомендуються до впровадження в заклади ресторанного господарства [15].

Водночас виготовлення овочево-фруктових пюре з вдалим поєднанням рослинної сировини ще недостатнє.

Постановка завдання. Метою статті є дослідження дешевої місцевої сировини й розроблення на її основі овочево-фруктових пюре підвищеної біологічної цінності. Було поставлено такі завдання:

- дослідити вміст компонентів хімічного складу плодів гарбуза, моркви, аличі та волоських горіхів, вирощених в умовах лісостепу України;
- приготувати пюре, визначити рецептури, що забезпечують найкращі органолептичні показники;
- дослідити зразки пюре й визначити вміст біологічно активних речовин.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для дослідження брали плоди гарбуза сорту Новинка, моркви сорту Вітамінна-6, аличі сорту Обільна, горіхи сорту Топорівський. Плоди гарбуза й моркви мили, очищали, інспектували, обполіскували, подрібнювали на шматочки розміром 5–10 мм, припускали за температури $98 \pm 2^\circ\text{C}$, 15–20 хв з додаванням 10–15% прокип'яченої води. Протирали через сито з нержавіючої сталі з діаметром отворів 0,75–0,80 мм.

Плоди аличі використовували цілі, спілі, здорові, не уражені хворобами й без ознак псування. Плоди сортували, ретельно мили питною водою, відривали плодоніжки та інспектували. Ножем розрізали плоди, витягали кісточку. Після видалення кісточок плоди подрібнювали за допомогою м'ясорубки й розварювали 10 хвилин за температури $98 \pm 2^\circ\text{C}$. Розварену масу протирали вручну через сито з нержавіючої сталі з діаметром отворів 0,75–0,80 мм. Підготовлене пюре розливали в лотки, заморожували й зберігали до використання за температури -18°C .

Ядра горіха сортували за якістю й подрібнювали до порошкоподібного стану.

Підготовлені компоненти змішували за рецептурами: овочево пюре з гарбуза, моркви чи гарбуза й моркви у співвідношенні 1:1 – 700 г,

пюре з аличі – 200 г, цукор білий і подрібнене ядро горіха по 50 г (I варіант); овочево пюре з гарбуза, моркви чи гарбуза й моркви у співвідношенні 1:1 – 750 г, пюре з аличі – 150 г, цукор білий і подрібнене ядро горіха по 50 г (II варіант). Разом 1000 г. Для забезпечення гомогенності застосовували сучасне інноваційне обладнання – блендер RESTO LINE EASYLINE BL020B з швидкістю обертання 28000 об/хв італійського виробництва.

Після змішування пюре проварювали за слабого кипіння та перемішування протягом 15 хвилин. За контроль брали відповідні однойменні овочеві пюре.

Під час дослідження показників якості сировини й готових пюре застосовували стандартні методи дослідження [16–21].

За вмістом сухих розчинних речовин (далі – СРР) переважають горіх й алича. Масова частка сухих розчинних речовин в аличі перевищує показник на 2,2%, а в гарбузах на 1% (див. табл. 1.)

Вміст цукрів у плодах аличі був вищим у 1,6 раза порівняно з їхнім вмістом у гарбузах і моркві. Вміст цукрів у складі СРР у плодах аличі найвищий (67,8%), що значно більше в порівнянні з морквою (48,6%) і гарбузом (45,4%).

Смак плодів залежить від наявності в них органічних кислот. За вмістом цього показника алича є беззаперечним лідером і посідає перше місце з-поміж досліджуваної сировини (табл. 1). Титрована кислотність (далі – ТК) плодів аличі в 13,5 раза більша порівняно з плодами моркви та ядром горіха і в 9,0 разів більша, ніж у плодів гарбуза.

На відміну від іншої рослинної сировини ядра горіха містили жир в кількості 58,6%.

Аскорбінова кислота (вітамін С) – один з найважливіших вітамінів, фізіологічне значення його для організму людини різноманітне [4, с. 34]. Плоди гарбуза вирізнялися найвищим вмістом аскорбінової кислоти (далі – АК) і переважали

Таблиця 1

Вміст компонентів хімічного складу в сировині

Сировина	Масова частка, %				Вміст, мг/100 г		Цукрово-кислотний індекс
	сухих розчинних речовин	цукрів	титрованої кислотності (в перерахунку на яблучну кислоту)	жирів	аскорбінової кислоти	β-каротину	
Алича	16,4	11,1	2,7		17,0	1,7	4,1
Морква	14,2	6,9	0,2		8,2	24,5	34,5
Гарбуз	15,4	7,0	0,3		23,7	22,9	23,3
Горіх	16,8	7,1	0,2	58,6	6,2	0,1	35,5
НІР ₀₅	0,2	0,02	0,02		0,1	0,1	0,2

плоди аличі в 1,4 раза, плоди гарбуза – у 2,9 раза, а ядра горіхів – у 3,8 раза.

Моркву й гарбуз цінять за антиоксидантні властивості, які пов'язують із вмістом таких компонентів, як β -каротин і АК [22, с. 34]. β -каротин завжди високо цінували, він в організмі людини здатний перетворюватися на вітамін А. Найвищий його вміст у плодах моркви, на 1,6 мг/100 г менше в плодах гарбуза, у 14,2 раза менше в плодах аличі, у 245 разів менше визначено в горіхах.

Аналіз цукрово-кислотного індексу (далі – ЦКІ) виявив, що показник найбільш сприятливий у плодів гарбуза, у плодів моркви й горіхів – високий, а у плодів аличі – занадто низький. Тому, для покращення органолептичної оцінки купажування дослідженої сировини доцільне.

Оцінюючи якість плодів гарбуза сорту Новинка за вмістом АК і β -каротину, можна сказати, що

вони вирізнялися високим вмістом цих нутрієнтів. Аналогічне можна сказати про плоди моркви сорту Вітамінна-6 за вмістом β -каротину.

Під час припускання, протирання овочів і припускання, протирання аличі та зберігання аличевого пюре спостерігалася зміна вмісту компонентів хімічного складу (табл. 2).

Зміну вмісту СРР, цукрів можна пояснити частковим руйнуванням чи розведенням водою під час припускання (табл. 1 і 2). Зниження вмісту АК під час виготовлення та зберігання в замороженому вигляді пюре з аличі – 7,6 %, виготовлення пюре з моркви – 29,3%, з гарбуза – 13,5%. Відповідно відсоток зниження вмісту β -каротину в пюре порівняно з його вмістом у плодах – 11,8; 4,9; 6,6.

Додавання цукру в купажовані пюре обумовило підвищення вмісту СРР і цукрів порівняно з однойменними, взятими за контроль (табл. 3).

Таблиця 2

Вміст компонентів хімічного складу в пюре-напівфабрикатах

Пюре:	Масова частка, %			Вміст мг/100 г		Цукрово-кислотний індекс
	сухих розчинних речовин	цукрів	титрованої кислотності (в перерахунку на яблучну кислоту)	аскорбінової кислоти	β -каротину	
Аличеве	16,2	10,9	2,7	15,7	1,5	4,2
Морквяне	13,9	6,6	0,2	5,8	23,3	33
Гарбузове	15,0	6,7	0,3	20,5	21,4	22,3
НІР ₀₅	0,2	0,2	0,03	0,3	0,6	0,02

Таблиця 3

Вміст компонентів хімічного складу в готових пюре

Назва пюре	Масова частка, %				Інші показники	
	СРР	цукрів	ТК*	жиру	активна кислотність, од. рН	ЦКІ
Пюре з гарбуза (контроль)	15,0	6,7	0,3	-	4,6	22,3
Пюре гарбузово-аличеве з горіхами (І варіант)	19,4	12,3	0,7	2,9	3,6	17,6
Пюре гарбузово-аличеве з горіхами (ІІ варіант)	19,5	12,0	0,6	2,9	3,9	20,0
Пюре з моркви (контроль)	13,9	6,6	0,2	-	4,7	33
Пюре морквяно-аличеве з горіхами (І варіант)	18,8	12,2	0,7	2,9	3,7	17,4
Пюре морквяно-аличеве з горіхами (ІІ варіант)	17,9	11,9	0,6	2,9	3,9	19,8
Пюре морквяно-гарбузове (контроль)	14,5	6,7	0,3		4,6	22,3
Пюре морквяно-гарбузово-аличеве з горіхами (І варіант)	19,2	12,0	0,7	2,9	3,7	17,1
Пюре морквяно-гарбузово-аличеве з горіхами (ІІ варіант)	19,0	12,0	0,6	2,9	3,9	20,0
НІР ₀₅	0,3	0,6	0,03		0,03	0,6

Примітка: * – у перерахунку на яблучну кислоту

Масова частка титрованої кислотності підвищилась у пюре, виготовлених за I варіантом (з додаванням 200 г аличевого пюре) до 0,7% та до 0,6% за II варіантом (з додаванням 150 г аличевого пюре).

Таке підвищення титрованої кислотності в I варіанті обумовило зниження активної кислотності відповідно до 3,6 од. рН у пюре гарбузово-аличевому, до 3,7 од. рН – у пюре морквяно-аличевому й морквяно-гарбузово-аличевому та в усіх купажованих пюре за II варіантом – до 3,9 од. рН. І це дуже важливо, бо купажовані пюре за рН < 3,9 будуть більш стабільними щодо мікроорганізмів. Оскільки в кислому середовищі мікроорганізми не лише погано розвиваються, але й погано переносять дію високих температур, швидко гинучи за нагрівання [23, с. 197].

Введення в рецептуру горіхів обумовило вміст жиру в купажованих пюре (табл. 3).

Цукрово-кислотний індекс у купажованих пюре, виготовлених за другим варіантом, був на оптимальному рівні, що відповідав гармонійному смаку. Але купажовані пюре, виготовлені за II варіантом, характеризувалися ЦКІ від 17,1 до 17,6. За органолептичною оцінкою однойменні овочеві пюре, взяті за контроль, отримали оцінку 4,05...4,28 бала. Купажовані пюре, виготовлені за II варіантом, – 4,35...4,45 бала. А от купажовані пюре, виготовлені за I варіантом вирізнялися збалансованістю та свіжістю й отримали оцінки 4,85...4,90 бала.

Вміст аскорбінової кислоти у купажованих пюре був вищим порівняно з контрольними варіантами (табл. 4). Як показали розрахунки, втрати АК в овочевих пюре, взятих за контроль, були в межах 17,2...34,1%, тоді як під час купажування й проварювання купажованих пюре – в межах 7,3...14,0%. Можна припустити, що зниження втрат обумовлено тим, що кисле середовище сприяло кращому збереженню АК.

Протилежний результат був отриманий стосовно β-каротину, вміст якого був вищим в однойменних овочевих пюре, взятих за контроль, порівняно з купажованими. Це можна пояснити значно нижчим вмістом β-каротину в аличевому пюре, ніж у гарбузовому чи морквяному. Можна також зробити висновок, що β-каротин менше втрачався порівняно з АК під час купажування й проварювання (табл. 4). Крім того, очевидно, кисле середовище не сприяло його кращому збереженню. Втрати β-каротину в овочевих пюре, взятих за контроль, були 4,3...6,4%, а у купажованих – 5,8...7,8%.

Всі варіанти виготовлених пюре за вмістом β-каротину є функціональними продуктами й можуть бути використані як збагачувачі цим інгредієнтом для приготування різних харчових продуктів. За вмістом АК пюре, до рецептури яких входить гарбуз, можна вважати функціональними продуктами за цим інгредієнтом. Оскільки харчовий продукт може бути віднесений до функціональних харчових продуктів, якщо вміст біозасвоюваного функціо-

Таблиця 4

Вміст АК і β-каротину в готових пюре та втрати нутрієнтів під час купажування й проварювання

Назва пюре	Вміст мг/100 г		Втрати, %	
	аскорбінової кислоти	β-каротину	аскорбінової кислоти	β-каротину
Пюре з гарбуза (контроль)	13,5	20,4	34,1	4,7
Пюре гарбузово-аличеве з горіхами (I варіант)	15,3	14,1	14,0	7,8
Пюре гарбузово-аличеве з горіхами (II варіант)	16,0	15,3	11,3	6,0
Пюре з моркви (контроль)	4,8	21,8	17,2	6,4
Пюре морквяно-аличеве з горіхами (I варіант)	6,8	15,4	9,5	7,3
Пюре морквяно-аличеве з горіхами (II варіант)	6,5	16,4	7,3	7,3
Пюре з моркви та гарбуза (контроль)	10,2	21,4	22,4	4,3
Пюре морквяно-гарбузово-аличеве з горіхами (I варіант)	11,6	14,9	8,3	6,6
Пюре морквяно-гарбузово-аличеве з горіхами (II варіант)	11,4	16,0	9,0	5,8
НІР ₀₅	0,3	0,06		

нального інгредієнта в ньому в межах від 10–50% середньої добової потреби [24, с. 40].

За результатами наших досліджень можна рекомендувати приготування овочево-фруктових пюре за такими рецептурами (г на 1000 г продукту): пюре з гарбуза, моркви чи моркви та гарбуза в рівних частинах – 700 г; пюре з аличі – 200 г; цукор білий і порошок з ядра волоського горіха – по 50 г.

Характеристика готових страв:

– зовнішній вигляд: однорідна протерта маса, без грудочок;

– колір: однорідний по всій масі, насичений оранжевий;

– консистенція: густа, однорідна, без грудочок і шматочків непротертих овочів і фруктів;

– запах і смак: смак приємний, властивий овочам після теплової обробки, з приємною кислинкою.

Висновки. В результаті досліджень встановлено, що розроблені рецептури купажованих пюре забезпечують приготування продуктів з підвищеною біологічною цінністю, покращеними органолептичними й функціональними властивостями.

Результати проведеного дослідження можна запропонувати для використання в молочній, хлібопекарній, консервній промисловості та в закладах ресторанного господарства.

Список літератури:

1. Смоляр В.І. Формула раціонального харчування. *Проблеми харчування*. 2013. № 1. С. 5–9.
2. Батурин А.К., Мендельсон Г.И. Питание и здоровье: проблемы XXI века. *Пищевая промышленность*. 2005. № 5. С. 105–107.
3. Кудряшов А.А. Пища XXI века и особенности ее создания. *Пищевая промышленность*. 1999. № 12. С. 48–50.
4. Капрельянц Л.В., Петросьянц А.П. Лікувально-профілактичні властивості харчових продуктів та основи дієтології. Одеса : Друк, 2011. С. 26–28, 34–35, 96.
5. Кравець Т. Комора вітамінів. Харчова і переробна промисловість. 1992. № 4. С. 7.
6. Смоляр В.И. Рациональное питание. Київ: Наукова думка, 1991. 368 с.
7. Стахмич Т.М., Пахолук О.М. Кулінарне мистецтво : підручник у двох книгах. Кн. 1: Технологія приготування їжі. Київ : Грамота, 2008. С. 233–234, 247–248.
8. Клопотенко С. Збірник рецептур страв для харчування дітей шкільного віку в організованих освітніх та оздоровчих закладах. Львів : Літопис, 2020. С. 38, 72, 98.
9. Тюрікова І.С., Пересічний М.І. Використання біологічно цінного волоського горіха / *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. 2015. № 1 (73). С. 27–37.
10. Степанова В.С. Розробка технологій напоїв і соусної продукції на основі горіхоплідної та насінневої сировини : дис. ... канд. тех. наук : 05.18.16. Одеса, 2018. С. 105–106.
11. Іваніщева О.А. Дослідження шляхів оптимізації нутрієнтного складу страв з гарбуза. *Молодий вчений*. 2019. № 4 (68). С. 192–195.
12. Технологія харчових продуктів із заданими властивостями на основі вторинної молочної та рослинної сировини : монографія / В.А. Гніцевич та ін. Донецьк : ДонНУЕТ, 2014. С. 24–25.
13. Нові бісквіти та хлібобулочні вироби, вітамінізовані натуральними коротиноїдними рослинними нанодобавками для оздоровчого харчування / Павлюк Р.Ю. та ін. *Збірник наукових праць Харківського державного університету харчування та торгівлі. Секція 1 «Нові технології продуктів харчування»*. Харків, ХДУХТ. 2016. С. 15–30.
14. Загорулько О.Є., Загорулько А.М., Гордієнко І.О. Розробка способу виробництва напівфабрикатів з плодовоовочевої сировини. *Нові технології і обладнання харчових виробництв* : матеріали Міжвузівського науково-практичного семінару, м. Полтава, 18 квітня 2019 р. Полтава : ПУЕТ, 2019. С. 7–8.
15. Бородай А.Б., Суткович Т.Ю. Дослідження впливу каротиновмісних збагачувачів на якість хліба. *Нові технології і обладнання харчових виробництв* : матеріали Міжвузівського науково-практичного семінару, м. Полтава, 18 квітня 2019 р. Полтава : ПУЕТ, 2019. С. 17–19.
16. ГОСТ 24556-89. Межгосударственный стандарт. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения витамина С. Москва : ИПК Издательство стандартов, 2003. 12 с.
17. ДСТУ 6045:2008. Метод визначання рН. Фрукти, овочі та продукти переробляння, консерви м'яси та м'ясо-рослинні. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 12 с.
18. ДСТУ 4305:2004. Фрукти, овочі та продукти їх переробляння. Метод визначення каротину. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2005. 18 с.
19. ДСТУ ISO 2173:2007 (ISO 2173: 2003, IDT). Визначення розчинних сухих речовин рефрактометричним методом. Продукти з фруктів та овочів. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 7 с.

20. ДСТУ 4954:2008. Методи визначення цукрів. Продукти перероблення фруктів та овочів. [Чинний від 2009-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 17 с.
21. ДСТУ 4957:2008. Методи визначення титрованої кислотності. Продукти перероблення фруктів та овочів. [Чинний від 2009-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2009. 10 с.
22. Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи. Москва : Авалон, 2003. С. 34.
23. Фізико-хімічні і біологічні основи консервного виробництва / Б.Л. Флауменбаум та ін. Одеса : Друк, 2006. С. 197.
24. Шендеров Б.А. Функциональное питание и его роль в профилактике метаболического синдрома. Москва: ДеЛи принт, 2008. С. 40.

Tokar A.Yu., Kharchenko Z.M., Matenchuk L.Yu., Voitsekhivskiy V.I. FUNCTIONAL FRUIT AND VEGETABLE PUREES UNDER MOBERN EQUIPMENT APPLICATION

The article deals with the results of a study on the development of fruit and vegetable purees from pumpkin, carrots, cherry plums and walnuts. Such new types of purees as pumpkin-cherry plum puree with nuts, carrot-cherry plum puree with nuts and pumpkin-cherry carrot-plum puree with nuts predominate over the single vegetable purees under their chemical composition. Two variants of formulas were studied, which differed in the amount of added cherry plum puree. Due to the organoleptic quality evaluation, preference is given to the formula consisting of 70% vegetable puree, 20% cherry plum puree, 5% nuts and sugar. In particular, multi-fruit purees made according to this formula contain 18.8...19.4 %, of dry soluble substances, about 12% sugar, 0.7% of titrated acidity and have an active acidity of 3.7 pH units, which provides higher microbiological stability. New types of puree also contain natural fats rich in unsaturated fatty acids and pectins. Multi-fruit purees have a pleasant slightly sour taste due to natural organic acids and received an organoleptic quality evaluation of 4.85...4.90 points. The content of ascorbic acid in pumpkin-cherry plum puree with nuts is 15.3 mg per 100 g, β -carotene – 14.1 mg per 100 g; in carrot-cherry plum puree with nuts and in pumpkin-carrot-cherry plum puree with nuts – 6.8, 15.4 and 11.6, 14.9 respectively. Such purees are functional products according to the β -carotene content and can be used as the enriching agents of this ingredient for the preparation of various foods. According to the ascorbic acid content such purees, which formula includes pumpkin, can be considered functional products under this ingredient. The developed recipes for multi-fruit purees provide the preparation of foodstuffs with high biological value, improved organoleptic and functional properties. The results of this study can be offered for use in the dairy industry, baking industry, food canning industry industry and restaurants.

Key words: *pumpkin, carrot, cherry plum, walnuts, multi-fruit puree, ascorbic acid, β -carotene, functional products, enriching agents.*

Шанар Р.О.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Сорокова Н.М.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

Гусарова О.В.

Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України

РЕСУРСО- Й ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ПЕРЕРОБЛЕННІ ТЕРМОЛАБІЛЬНИХ РОСЛИННИХ МАТЕРІАЛІВ НА СУШЕНІ ПРОДУКТИ

У статті проаналізовано актуальність і перспективність перероблення термолабільних рослинних матеріалів на сушені продукти як одного з альтернативних варіантів свіжим фруктам й овочам. Відзначено, що сушіння, як метод консервування, характеризується високою енергоємністю й підвищеними вимогами до якості й безпечності кінцевого продукту. Представлено узагальнення кінетичних закономірностей вологообміну у вигляді температурних кривих, кривих сушіння та швидкості сушіння. Показано, що процес видалення вологи відбувається в періоді падаючої швидкості впродовж усього зневоднення. Обґрунтовано енергозберігаючі ступеневі режими сушіння термолабільних фруктів і овочів, відповідно до яких температура матеріалу впродовж зневоднення не перевищує гранично допустиму величину й забезпечує високий ступінь збереження природних компонентів, інтенсифікацію тепломагнітних процесів, скорочення енерговитрат до 25%. Представлено екологічно безпечну теплотехнологію перероблення фруктів й овочів на сухофрукти, чипси, фруктово-овочеві порошки. Для сушіння використовують створені конвективні зонні сушильні установки тунельного та стрічкового типу, а також теплонасосні, з низькими витратами теплоти. Завдяки автономності теплових зон, інтенсивність теплового потоку на матеріал розподіляється відповідно до ступеневого режиму. Підкреслено, що сушіння термолабільних матеріалів здійснюється в середовищі чистого гарячого повітря без використання інертних і хімічно синтезованих речовин.

Контроль якісних показників проводять на кожному етапі виробництва. Гарантовано дотримання режимних тепловолісних параметрів й екологічної чистоти технологічного процесу. Надано напрями використання сушених продуктів. Промислове перероблення фруктів і овочів сприятиме збільшенню натуральних екологічно чистих сушених продуктів на національному й міжнародному ринках.

Ключові слова: термолабільні рослинні матеріали, ступеневе зневоднення, енергозберігаючі режими, інтенсифікація процесу, сушені продукти.

Постановка проблеми. Одним з найважливіших чинників, що впливає на стан здоров'я людей, є харчування. Забезпечення населення високоякісними біологічно повноцінними продуктами має велике медичне, продовольче, економічне значення. Невід'ємною складовою частиною харчування й незамінним джерелом нативних вітамінів, амінокислот, мікроелементів, легкозасвоюваних вуглеводів, органічних кислот, фітонцидів, біологічно активних й інших речовин є фрукти і овочі. Альтернативним варіантом свіжим фруктам й овочам у зимово-весняний період року є перероблення врожаю на соки, пюре, пасти, джеми, заморожені та сушені продукти. Сегмент сушених фруктів й овочів представлений сухофруктами,

чипсами, порошкоподібною формою. Вони мають певні переваги порівняно з іншими методами консервування: по-перше, малі транспортні витрати й невеликі площі складських приміщень, по-друге, тривалий термін зберігання й доступність споживачеві цілорічно; водночас розширюється географія ринків реалізації сушених продуктів, у тому числі й міжнародних [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз науково-технічних джерел свідчить, що у світі питома вага процесів сушіння в сумарному енергобалансі й обсяг продукції, що зневоднюється, постійно збільшуються. В умовах зростання вимог до якості кінцевого продукту й економічності процесу сушіння для забезпечення

збереження цінних нативних складових термолабільних рослинних матеріалів під час зневоднення технології, методи та сушильні установки постійно вдосконалюють й оновлюють сучасними засобами керування процесом, контролю виробництва та пристроями для автоматизації [1; 3].

Світове споживання сухофруктів, які є продуктом здорового харчування, стабільно зростає. Незважаючи на те, що Україна має сприятливі кліматичні умови та величезний потенціал вирощування сільськогосподарських культур, на вітчизняному ринку присутні сушені продукти майже з двадцяти країн світу [4], і лише незначна частина (до 15%) представлена власними виробниками. Якщо проаналізувати ситуацію на прикладі яблук, то, за даними Інвестиційного центру Продовольчої й сільськогосподарської організації ООН (ФАО), Україна, яка має суттєвий надлишок яблук на внутрішньому ринку, практично не виробляє, а отже, і не експортує сушеної продукції, тоді як, наприклад, чилійські аграрії, які є найбільшими світовими експортерами, заробляють 32 млн доларів США на рік за рахунок експорту сушених яблук [5]. У зв'язку з цим розвиток перероблення фруктів і овочів є актуальним і перспективним для забезпечення власних потреб і експортування.

З огляду на сучасний стан енергетичної галузі нашої країни й високу енергоємність термічних процесів, пошук резервів, за рахунок яких можна досягти збільшення обсягу сушеної продукції та зниження енерговитрат на її сушіння, є важливим для практичної реалізації концепції розвитку аграрного сектору [2; 6]. Для раціонального використання природних ресурсів шляхом сушіння є всі передумови: висока врожайність фруктових і овочевих культур, енергоефективні технології й сушильне обладнання, зокрема розроблені Інститутом технічної теплофізики Національної академії наук України (далі – Інститут).

Постановка завдання. Враховуючи доцільність впровадження сучасних технологій перероблення фруктів і овочів на сушені продукти, узагальнюючи результати власних теоретичних й експериментальних досліджень, обґрунтувати енергоефективні режими конвективного сушіння й ресурсоенергозберігаючу, екологічно безпечну теплотехнологію виробництва, надати напрями використання сушених продуктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Ефективність процесу сушіння об'єднує три складові частини: інтенсивність, економічність,

якість. За зневоднення фруктів і овочів вимоги до кінцевого продукту посилюються його безпечністю під час вживання й подальшого використання в харчових продуктах. Сушіння – складний і енергоємний процес, який визначається тісним взаємозв'язком тепломасообмінних закономірностей і технологічних властивостей об'єктів зневоднення [7; 8].

Є низка методів скорочення енерговитрат процесу сушіння. Під час зневоднення високовологих фруктів і овочів, що мають складну колоїдну капілярно-пористу структуру, процес ускладнюється наявністю термолабільних складових – вуглеводів, пектинових і каротинових речовин, органічних кислот, вітамінів, мікроелементів, біологічно активних сполук тощо. Під час сушіння змінюються фізичні, біохімічні, структурно-механічні та інші природні властивості об'єктів зневоднення, відбувається перетворення складових інгредієнтів, у тому числі й негативні. Характер і глибина змін нерозривно пов'язані з тепловим впливом на їхню природну систему та значною мірою залежить від величини гранично допустимої температури й тривалості процесу. Звідси витікає, що кінетика нагрівання під час зневоднення термолабільних фруктів і овочів є більш важливою за кінетику видалення вологи. Під час визначення допустимої температури необхідно враховувати ще й час перебування матеріалу в середовищі певної температури [1; 9].

Узагальнюючи результати експериментальних досліджень на підставі розробленої математичної моделі, визначено оптимальні параметри зневоднення, відповідно до яких температура матеріалу не перевищує максимально допустиму величину та забезпечує збереження цінних компонентів. Уникнення перевищення температури матеріалу понад гранично допустиме значення забезпечується таким чином:

- сушінням в режимах конвективного ступеневого зневоднення;
- сушінням конденсаційним способом з використанням теплового насоса;
- сушінням в режимі конвективно-конденсаційного зневоднення;
- поєднанням ІК і конденсаційного сушіння [10].

Використання наведених способів дає змогу заощадити теплові витрати (від 10 до 25%).

Приклад одного зі способів шляхом використання ступеневих режимів конвективного зневоднення у вигляді кривих кінетики сушіння,

швидкості сушіння (а) й температурних кривих (б) надано на рис. 1. Аналіз графічного матеріалу показує, що характер кривих властивий колоїдним капілярно-пористим матеріалам. Процес видалення вологи в зазначеному діапазоні параметрів проведення процесу відбувається в періоді спадної швидкості сушіння.

Для порівняльного аналізу наведено криві сушіння, одержані в режимі одноступеневого зневоднення за 110°C (крива 1).

Температура сушильного агента 110°C набагато вища за допустиме значення. Такий режим обрано для того, щоб максимально розширити температурний діапазон експериментальних досліджень. Як видно з температурних кривих, в міру видалення вологи, після досягнення зневоднювальним матеріалом поточної вологості від $W^c = 580$ до 500% температура починає стрімко зростати, наближаючись до безпечної межі, починається потемніння зразків, особливо з боку набігаючого потоку теплоносія, температура матеріалу перевищує граничний рівень, що унеможливило його використання. Проте застосування такої температури у випадку ступеневого зневоднення на початковому етапі (криві 2 і 3 відповідно) позитивно впливає на кінетику вологообміну, інтенсифікуючи процес і скорочуючи його тривалість.

Під час зневоднення за ступеневими режимами на початку процесу температура сушильного агента дорівнює 110°C і забезпечує інтенсивне випаровування вологи без погіршення якості зневоднюваної сировини. Через 15 хв температуру теплоносія знижують до 90°C (крива 2), а ще через 20 хв – до 70°C і підтримують на такому рівні до кінця сушіння. За іншим режимом температура теплоносія впродовж 20 хв дорівнює 110°C, далі, безперервно контролюючи температуру матеріалу, знижують до 70°C (крива 3). Режими процесу корегують залежно від виду сировини, ступеня її стиглості, форми, типу сушильного обладнання й навантаження на сушильну поверхню.

Аналіз графічних кривих доводить, що температура матеріалу впродовж сушіння за ступеневими режимами не перевищує гранично допустиму величину. Завдяки підтримуванню температури матеріалу на безпечному рівні виключаються негативні структурно-деформаційні перетворення, перегрівання матеріалу

та руйнування термолабільних речовин зневоднюваних фруктів й овочів. Проведення сушіння у такий спосіб сприяє скороченню тривалості зневоднення, інтенсифікації процесу та зниженню енерговитрат до 25% [1; 11].

За результатами теоретичних досліджень з урахуванням установлених режимів розроблено універсальну ресурсоенергозберігаючу, екологічно безпечну теплотехнологію перероблення фруктів й овочів на сушену продукцію, що здійснюється за трьома напрямками: одержання продуктів з рівноважною з навколишнім середовищем вологістю $W_{\text{рівн.}} = 13...22\%$ (сухофрукти), продуктів з низькою залишковою вологістю $W_s \leq 8\%$ (чипси), фруктово-овочевих порошоків. Для сушіння використовують створені зонні конвективні сушильні установки тунельного та стрічкового типу, а також теплонасосні, що характеризуються низькими витратами теплоти. Завдяки автономності теплових зон, інтенсивність теплового потоку на матеріал розподіляється відповідно до ступеневого режиму. Зневоднення проводять у середовищі чистого гарячого повітря без оброблення інертними й хімічно синтезованими речовинами.

На відміну від наявних аналогів, до технологічних процесів яких включено внесення смакових інгредієнтів, ароматизаторів, консервантів здебільшого штучного походження (підсолоджувачі, есенції, лимонна кислота, прянощі тощо) [12–14], за технологією Інституту не передбачено застосування додаткових смакових компонентів, що забезпечує природність і натуральність сушеним продуктам. Поєднання натуральності, функціональності, мікробіологічної чистоти характеризує їхню високу безпечність. Контроль якісних показників проводять на кожному етапі виробництва, гарантуючи дотримання режимних

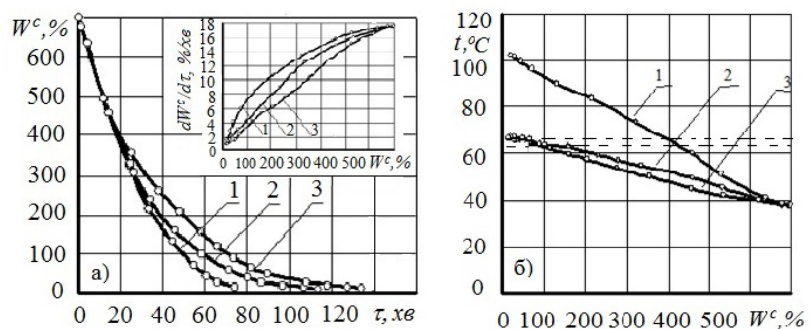


Рис. 1. Кінетичні криві вологообміну в режимі ступеневого сушіння: а) криві сушіння $W^c = f(\tau)$; криві швидкості сушіння $dW^c/d\tau = f(W^c)$; б) температурні криві $W^c = f(t)$. $V = 1 \text{ м/с}$; $d = 10 \text{ г/кг}$ сухого повітря; $g = 6,3 \text{ кг/м}^2$: 1 – 110°C; 2 – 110...90...70°C; 3 – 110...70°C

тепловологісних параметрів й екологічної чистоти технологічного процесу (рис. 2).

Сухофрукти й чипси з фруктів, як продукти здорового харчування, використовують для приготування напоїв, узварів або вживають як самостійні продукти. Коло споживачів представлено ресторанными, освітніми, туристичними, спортивними та іншими закладами. Фруктово-овочеві порошки додають у молочні, кондитерські, борошняні вироби, збагачуючи їх природними складовими, які є альтернативою штучним барвникам, наповнювачам, смаковим компонентам,

що нерідко використовують у виготовленні харчових продуктів (рис. 3) [1; 15].

Порошкоподібна форма розширює сферу використання і, незважаючи на необхідність додаткового технологічного обладнання й додаткових енерговитрат, має попит. З огляду на те що по закінченню сушіння температура матеріалу дорівнює 55...65 °С, для уникнення термопластичності та забезпечення якісного подрібнення й фракціонування висушені продукти детермопластифікують (охладжують). Дослідженнями встановлено, що коли потрібно одержати дрібно-

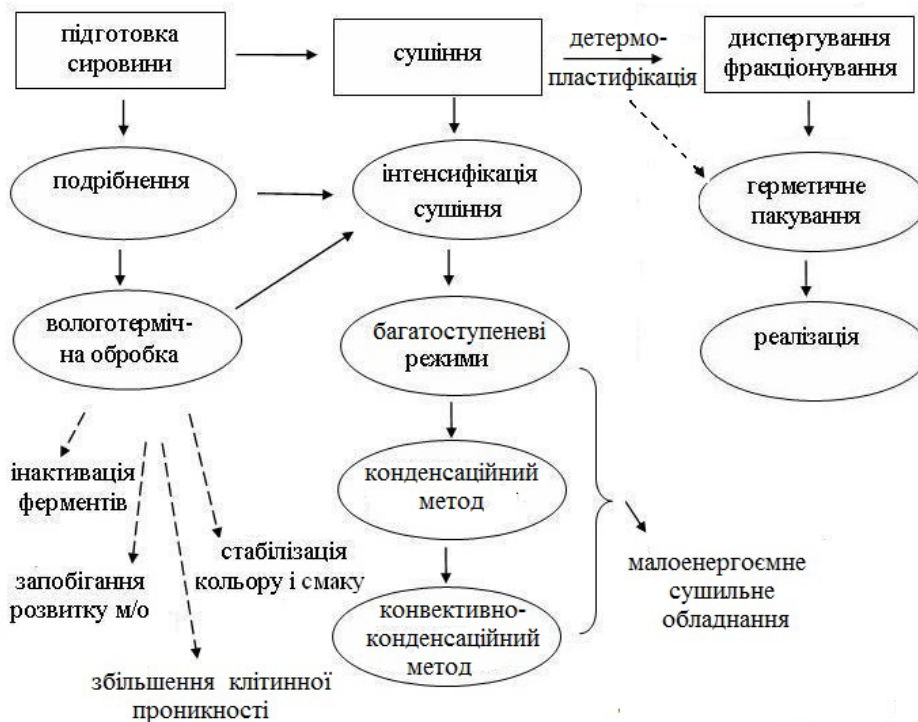


Рис. 2. Забезпечення якісних показників під час перероблення

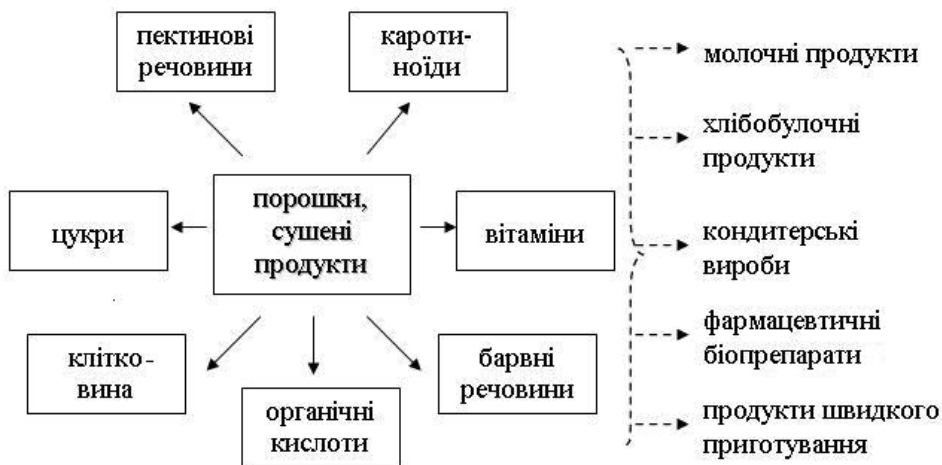


Рис. 3. Напрями використання сушених фруктово-овочевих продуктів

дисперсний порошок з фруктів, які мають високий вміст цукру, зокрема з абрикосів, динь, груш тощо, то температурний режим детермопластифікації, диспергування та фракціонування (порівняно з іншими фруктами та овочами, наприклад яблуками, картоплею, буряками, гарбузами) знижується в бік низьких температур і це призводить до суттєвого зростання енергетичної складової частини всього технологічного процесу, а отже, і собівартості, що не завжди виправдовується матеріально. Крім того, для забезпечення стабільності органолептичних показників порошоків зберігати їх необхідно за температури не вище 0°C. Тому сушіння вказаних фруктів економічно доцільніше здійснювати до рівноважної з навколишнім середовищем вологості й реалізовувати як сухофрукти.

Висновки. Базуючись на результатах теоретичних й експериментальних досліджень, обґрунто-

вано енергоефективні ступеневі режими сушіння термолабільних фруктів й овочів. За цими режимами температура матеріалу впродовж зневоднення не перевищує гранично допустиму величину й забезпечує високий ступінь збереження природного складу сировини, інтенсифікацію тепломаасобмінних процесів, скорочення енерговитрат до 25%. Представлено ресурсоенергозберігаючу, екологічно безпечну теплотехнологію перероблення фруктів й овочів, наведено напрями використання сушеної фруктово-овочевої продукції.

Промислове перероблення фруктів й овочів сприятиме збереженню природних ресурсів, раціональному використанню вирощеного врожаю, збільшенню вітчизняних конкурентоспроможних натуральних, екологічно чистих сушених продуктів для реалізації на національному й міжнародному ринках.

Список літератури:

1. Снежкін Ю.Ф., Шапар Р.О. Тепломаасобмінні технології переробки пектиновмісної сировини. Київ : Сік Груп Україна, 2018. 228 с. ISBN 978–617–7457–69–4.
2. Дьякова Ю.В., Орлова Н.Я. С-вітамінність баклажанових снєків. *Товари і ринки*. 2014. № 1. С. 75–83.
3. Kudra T. Energy Performance of Convective Dryer. *Drying Technology*. 2012. Vol. 30. Issue 11–12. P. 1190–1198. doi.org/10.1080/07373937.2012.690803.
4. Дешево і корисно: як заробляти на сушеній плодово-ягідній продукції. *Агроновости України*. URL: <http://agro-yug.com.ua/archives/20377> (дата звернення: 15.08.2019).
5. Україна могла б непогано заробляти на експорті сушених яблук. *Бізнес-цензор*. URL: <https://www.seeds.org.ua/ukra%D1%97na-mogla-b-nepogano-zaroblyati-na-eksporti-sushenix-yabluk/> (дата звернення: 12.07.2019).
6. Про схвалення Концепції Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2022 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1437-2015-%D1%80> (дата звернення: 22.10.2019).
7. Флауменбаум Б.Л., Танчев С.С., Гришин М.А. Основы консервирования пищевых продуктов. Москва : Агропромиздат, 1986. 494 с.
8. Лыков А.В. Теория сушки. Москва : Энергия, 1968. 470 с.
9. Снежкин Ю.Ф., Шапарь Р.А. Анализ факторов повышения эффективности процесса сушки термолабильных материалов. *Промышленная теплотехника*. 2009. Т. 31. № 7. С.110–112.
10. Розробка технології виробництва нових форм сушених продуктів / Ю.Ф. Снежкін та ін. *Промышленная теплотехника*. 2015. Т. 37. № 6. С. 18–26. doi.org/10.31472/ihe.6.2015.04.
11. Переробка плодовоовочевої сировини на сушену продукцію / Ю.Ф. Снежкін та ін. *Наукові доповіді НАУ*. 2006. № 2 (3). URL: <http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Naukovi-dopovidi-NAU/2006-2/snezhkin.pdf>.
12. A method of preparing apple chips : пат. WO/2010/090620 Китай : МПК A23B 7/005 (2006.01), A23B 7/02 (2006.01), A23L 1/212 (2006.01) ; appl. 04.02.2009; pub. 12.08.2010. International application № PCT/US2009/000740.
13. Method for preparing dehydrated apple : пат. KR 1020150051298 Корея : МПК A23L 1/212, A23L 3/40 ; appl. 02.11.2013 ; pub. 12.05.2015. International application № 1020130132592.
14. Способ производства пищевого продукта из свеклы : пат. 2484668 Российская Федерация : МПК9 A23L 1/214. № 2012136364/10 ; заявл. 27.08.2012 ; опубл. 20.06.2013, Бюл. № 17. 4 с.
15. Досвід використання натуральних порошоків з рослинної сировини у молочних продуктах / Ю.Ф. Снежкін та ін. *Промышленная теплотехника*. 2002. Т. 24. № 4. С. 57–59.

Shapar R.O., Sorokova N.M., Husarova O.V. RESOURCES AND ENERGY SAVINGS IN THE PROCESSING OF THERMOLABILE PLANT MATERIALS FOR THE DRIED PRODUCTS

The article analyzes the relevance and promising of processing thermolabile plant materials into dried foods, as one of the alternative options for fresh fruits and vegetables. It is noted that drying, as a method of conservation, is characterized by high energy intensity and increased requirements for the quality and safety of the final product. The generalization of the kinetic patterns of moisture exchange by temperature curves, drying

curves and drying rate are presented. The generalization of kinetic regularities of moisture exchange in the form of temperature curves, drying curves and drying speed are presented. The article shows that the process of moisture removal takes place during a period of falling velocity throughout the dehydration. Energy-saving step modes of drying thermally labile fruits and vegetables are substantiated. According to the developed modes, the material temperature during dehydration does not exceed the maximum value and provides a high degree of conservation of natural components, intensification of heat and mass transfer processes, reduction of energy consumption of the process up to 25%. Ecologically safe heat technology of processing fruits and vegetables into dried fruits, chips, fruit and vegetable powders is presented. For drying are using the created convective zone drying installations of the tunnel and tape type and also heat pump with low heat consumption. Due to the autonomy of the thermal zones, the heat flux intensity of the material is distributed according to the step mode. It was emphasized that the drying of thermolabile materials is carried out in an environment of pure hot air without the use of inert and chemically synthesized substances. Quality control is carried out at each stage of production. The observance of mode thermal and humidity parameters and ecological purity of the technological process are guaranteed. Directions for using dried products are provided. The industrial processing of fruits and vegetables will help to increase natural organic dried products in national and international markets.

Key words: *thermolabile plant materials, step dehydration, energy-saving modes, intensification of process, dried products.*

ТРАНСПОРТ

УДК 625.71

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/15>**Арсеньєва Н.О.**

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ КРИТЕРІЇВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ КЛАСИФІКАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Автомобільні дороги загального користування є невід’ємним складником єдиної транспортної системи України, їх стан впливає, зокрема, на якість перевезення вантажів і пасажирів, рівень цін, ступінь зайнятості населення й темпи розвитку економіки держави.

Важливим чинником, що визначає соціально-економічний розвиток та економічну безпеку країни, є транспорт, зокрема його інфраструктура, стабільне й ефективне функціонування якого є необхідною умовою успішної взаємодії секторів економіки, підвищення добробуту населення, забезпечення обороноздатності й захисту економічних інтересів держави. Сьогодні галузь транспорту загалом задовольняє потреби української економіки та населення в перевезеннях, проте дорожнє господарство є недостатньо розвиненим, що стає одним із головних бар’єрів на шляху відновлення економічної активності й виведення економіки України на траєкторію сталого зростання. Тому дослідження сучасного стану й тенденцій проектування дорожньої мережі України, а також факторів, що найбільшою мірою вплинули на її формування, є важливим етапом наукового обґрунтування ефективної моделі її відновлення та модернізації.

У статті розглянуто питання актуальності й визначення основних критеріїв функціональної класифікації для автомобільних доріг України. Відмінною особливістю автомобільних доріг порівняно з будь-якими іншими транспортними комунікаціями є виконання автомобільною дорогою двох основних функцій – функції забезпечення транспортного руху, або мобільності, і функції доступу до початкових і кінцевих точок руху.

Проектування будь-якої дороги в складі дорожньої мережі має виконуватися з урахуванням її місця в ієрархії функціональної мережі автомобільних доріг і враховувати зміни наявних транспортних зв’язків на інших дорогах у зв’язку з будівництвом нової автодороги. Дороги повинні проектуватися для конкретних функцій, які зазвичай відображають характер і відстань поїздки, інтенсивність руху й бажану швидкість поїздки; кожен елемент функціональної ієрархії дорожньої мережі повинен виконувати функцію дороги так, щоб збирати транспортні потоки для наступного більш високого рівня.

Ключові слова: класифікація автомобільних доріг, функціональна класифікація автомобільних доріг, норми на проектування автомобільних доріг, категорія дороги, мережа автомобільних доріг.

Постановка проблеми. Натепер термін «функціональна класифікація» в нормативних документах України на проектування автомобільних доріг відсутній. Функціональна класифікація практично не застосовується, хоча за кордоном вона введена ще в 50–60 роках минулого століття. Функціональна класифікація автомобільних доріг виникла у зв’язку з розвитком дорожньої мережі та її плануванням. Швидке зростання інтенсивності руху вимагало врахування складу й умов руху під час проектування основних параметрів доріг. Особлива увага при цьому приділялася питанню землекористування. Так як розвиток дорожньої мережі України був

не таким стрімким, як за кордоном, то й питання про функціональну класифікацію автомобільних доріг виник тільки з підвищенням рівня автомобілізації. Відповідно, уперше функціональна класифікація з’явилася в нормах на проектування вулично-дорожньої мережі ще в кінці 80-х років у нормах СРСР.

Важливим елементом функціональної класифікації доріг є визначення критеріїв класифікації проектування доріг, які повинні ґрунтуватися на характері функціональних зв’язків і їх місці в транспортному процесі. Функціональна класифікація доріг діє в нормах на проектування в більшості розвинених країн світу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Автомобільні дороги загального користування є складником Єдиної транспортної системи України й задовольняють потреби суспільства в автомобільних, пасажирських і вантажних перевезеннях. В Україні проектування та класифікація автомобільних доріг регламентується ДБН В.2.3-4:2015 Споруди транспорту. Автомобільні дороги [1] і Законом України «Про автомобільні дороги» [2]. Досліджень і публікацій, які присвячені питанням функціональної класифікації автомобільних доріг України, практично немає.

Питанням удосконалення норм проектування та класифікації автомобільних доріг у Росії й Білорусії займаються Скворцов О.В., Дев'ятов М.М., Вілкова І.М., Лагерев Р.Ю., Лагерев С.Ю. У роботах цих фахівців визначені концепція та принципи функціональної класифікації доріг, надана методологічна основа й принципи вдосконалення норм на проектування автомобільних доріг на базі функціональної класифікації. На жаль, сучасні закордонні публікації не включають такі дослідження, у зв'язку з тим що там уже вирішено питання функціональної класифікації [3; 4; 5].

Постановка завдання. Метою роботи є визначення критеріїв класифікації доріг, що проектуються, які повинні ґрунтуватися на характері функціональних зв'язків і їх місці в транспортному процесі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Як показує досвід європейських країн, проектування безпечних автомобільних доріг включає класифікацію доріг і встановлення меж швидкості руху відповідно до функції дороги, а також поділ, де це можливо, моторизованого руху від немоторизованого. Ефективне проектування – це раціональне розташування доріг, зниження швидкості на певних ділянках, забезпечення рівномірності руху, використання засобів безпеки руху й упрощення аудиту безпеки руху.

Аналіз закордонних нормативних документів [6; 7; 8; 9] дає змогу запропонувати як головний критерій функціональний підхід до класифікації експлуатованих доріг з метою модернізації норм проектування.

Скориставшись принципами системного аналізу (принцип кінцевої мети, єдності, зв'язності, модульності й ієрархії мети й завдань), визначимо принципівий підхід до обґрунтування системи функціональних якостей автомобільних доріг, відповідно до якої роль автомобільних доріг визначається в різноманітності їх функцій [10]. Під час конкретизації ролі залежно від різнома-

нітності функцій прилеглих до дороги території можна виділити дві галузі, які, з одного боку, мають суперечливі функціональні властивості, а з іншого – накладаються один на одного: це транспортна роль і роль доріг як місць громадського користування. Суперечливість полягає в різній оцінці їх призначення безпосередніми активними користувачами доріг і пасивними користувачами – тими, хто проживає в зоні їх впливу на навколишнє середовище, але водночас із негативним впливом користується й благами близького розташування транспортних артерій. У свою чергу, суперечлива роль доріг породжує різноманіття їх безпосередніх функцій і споживчих якостей, необхідних для їх оцінювання, і вимагає детального опрацювання.

Для поділу мережі доріг на класи, варто розробити концепцію функціональної ієрархії, у рамках якої дороги відповідають певним загальним цілям, нормам і рівням зовнішнього впливу. На основі такої ієрархії можна будувати відповідну систему споживчих якостей, необхідних для обґрунтування модернізації та проектування автомобільних доріг або їх окремих ділянок. Такий підхід дає змогу також урахувати відповідний рівень фінансування доріг різних категорій. Як основні споживчі функції пропонується виділити три основні: з'єднання, освоєння й зупинки.

З'єднання – функціональне призначення дороги, означає забезпечення транспортних зв'язків великих регіонів, великих і малих населених пунктів, внутрішньоміських районів.

Освоєння (під'їзди) – функціональне призначення доріг – збирати транспортні потоки тих доріг, які виконують (під'їзні дороги) сполучні функції, їх роль пов'язана з освоєнням вантажоутворюючої території.

Зупинки – функціональне призначення доріг – під'їзди безпосередньо до вантажоутворюючих точок. У таких місцях спостерігається значна кількість транспортних засобів, які зупиняються (торговий, громадський, особистий, службовий транспорт, сміттєзбиральні машини тощо). Тут виконується велика кількість маневрів, пов'язаних із зупинками, стоянками, зрушенням із місця.

Припустимо, якщо дорога має як провідну функцію з'єднання населених пунктів, то роль під час її проектування буде приділятися швидкості й безпеці руху транспортного потоку. Якщо ж дорога має функцію освоєння будь-яких територій, то перевага надається зручності й безпеці руху транспортних потоків і пішоходів, а також зручності роботи й проживання на прилеглих

територіях. Виходячи із цього, пропонуємо змінити принциповий підхід до визначення категорій дороги передусім у бік задоволення споживчих властивостей дороги, які диктуються її провідною функцією, а також характером прилеглої до дороги території (забудована, незабудована, планується для (освоєння) забудови) і значенням дороги з погляду виконання сполучних функцій у мережі автомобільних доріг.

Безумовно, окремі категорії доріг не можуть виконувати в чистому вигляді одну з функцій – відбувається накладення функцій у різному обсязі.

Гармонізація норм України з міжнародними нормами з класифікації наведена на рисунку 1.

Українські норми можуть бути гармонізовані з вимогами міжнародних норм із класифікації автомобільних доріг так:

- адміністративна класифікація доріг – поділ доріг за адміністративною належністю;
- клас автомобільної дороги – класифікація автомобільних доріг залежно від умов проїзду по них і доступу на них транспортних засобів;
- технічна класифікація автомобільних доріг – зарахування автомобільних доріг до категорій залежно від транспортно-експлуатаційних характеристик і споживчих властивостей;
- функціональна класифікація автомобільних доріг – процес, за якого вулиці й дороги поділяються на функціональні класи або системи залежно від характеру зв'язків, які вони обслуговують;

- функціональна система доріг – угруповання доріг за характером зв'язків, які вони обслуговують;
- функціональний клас автомобільної дороги – елемент функціональної системи в ієрархії дорожньої мережі, що забезпечує певний характер транспортних зв'язків.

Функціональна класифікація автомобільних доріг призначена для з'єднання районів тяжіння транспортних потоків (населені пункти, школи, торгові площі тощо) з мережею автомобільних доріг загального користування з формуванням ефективних і раціональних транспортних потоків. Метою функціональної класифікації є планування розвитку дорожньої мережі, визначення відповідної адміністративної належності, а також керівництва для розроблення стандартів для проектування різних типів доріг. Функціональна класифікація доріг, як правило, повинна формуватися як для наявного становища, так і на розрахунковий перспективний рік. Під час розроблення класифікації на перспективу варто враховувати особливості розвитку дорожньої мережі у взаємодії з розвитком інших видів транспорту, перспектив використання земель, прогнозів і зміни чисельності населення й рівня автомобілізації.

Мережа автомобільних доріг повинна складатися із системи взаємопов'язаних автомобільних доріг, кожна з яких має виконувати певну транспортну функцію:

- забезпечення поїздок різної протяжності, у тому числі на далекі відстані;



Рис. 1. Гармонізація норм України згідно з вимогами міжнародних норм із класифікації

– забезпечення під'їзду до прилеглих територій (кінцевої точки маршруту);

– перерозподіл транспортних потоків між автомобільними дорогами.

Відмінною особливістю автомобільних доріг порівняно з будь-якими іншими транспортними комунікаціями є виконання автомобільною дорогою двох основних функцій – функції забезпечення транспортного руху, або мобільності, і функцію доступу до початкових і кінцевих точок руху. Проектування будь-якої дороги в складі дорожньої мережі має виконуватися з урахуванням її місця в ієрархії функціональної мережі автомобільних доріг і зміни наявних транспортних зв'язків на інших дорогах, у зв'язку з будівництвом нової автодороги. Двома основними поняттями в класифікації мереж автомобільних доріг і вулиць є доступність і рухливість.

Необхідність же в транспортному зв'язку або в обслуговуванні виникає з потреб у вдосконаленні руху на певних напрямках у дорожньо-транспортній мережі. У результаті формування цього зв'язку планується й визначається категорія дороги центральними або регіональними органами управління дорогами разом із центральною та регіональними адміністраціями з урахуванням спільних інтересів.

Функціональна класифікація автомобільних доріг базується на таких основних принципах:

– дорога розглядається не як окрема транспортна споруда, а як один із елементів дорожньої мережі, що виконує конкретну транспортну функцію;

– будь-яка автомобільна дорога виконує дві основні функції – функція забезпечення руху транспортного потоку й функція доступу до початкових і кінцевих точок руху;

– функціональна класифікація визначає, яку роль кожна конкретна дорога відіграє в забезпеченні поїздок по мережі автодоріг;

– функціональна класифікація дороги визначається на стадії планування мережі.

Дороги повинні проектуватися для конкретних функцій, які зазвичай відбивають характер і відстань поїздки, інтенсивність руху й бажану швидкість поїздки; кожен елемент функціональної ієрархії дорожньої мережі повинен виконувати функцію дороги такою, що збирає транспортні потоки для наступного більш високого рівня у випадках, коли потрібний проміжний

збір транспорту для задоволення потреб наступної, більш високої за рівнем дороги. Залежно від характеру обслуговуваних транспортних зв'язків, ролі й місця в складі дорожньої мережі, доступу до земельних володінь, дальності поїздки й рівня обслуговування користувача автомобільні дороги групуються за функціональними класами.

На етапі визначення категорії дороги основою має бути її народногосподарська потреба й функціональна значимість, а не інтенсивність руху.

Для поділу мережі доріг на класи варто керуватися принципами функціональної ієрархії, у рамках якої дороги відповідають певним загальним цілям, нормам і рівням зовнішнього впливу. На основі такої ієрархії можна будувати відповідну систему споживчих якостей, необхідних для обґрунтування модернізації та проектування автомобільних доріг або їх окремих ділянок.

До критеріїв функціональної класифікації автомобільних доріг можна зарахувати:

– характер перевезень: транзитні перевезення; місцеві перевезення й перерозподіл транспортних потоків по мережі автомобільних доріг;

– рівень ієрархії автомобільної дороги в складі мережі автомобільних доріг, що залежить від ролі, яку відіграє автомобільна дорога в загальному транспортному процесі;

– функції автомобільних доріг – мобільність і доступність, їх рівень і співвідношення в забезпеченні перевезень по дорогах.

Комбінація цих критеріїв у різних співвідношеннях і різної їх вагомості дає змогу визначати необхідні за умовами вимог перевезення основні транспортно-експлуатаційні характеристики дороги, що створює індивідуальний опис і характеристику дороги як основу функціональної класифікації.

Висновки. Аналізуючи проблеми розвитку вітчизняної дорожньої мережі, установили відсутність їх комплексного дослідження. У результаті аналізу й ранжування функціональної значимості забезпечення транспортних зв'язків на мережі доріг з'ясовано, що необхідно модернізувати наявну класифікацію автомобільних доріг згідно з їх функціональним призначенням. Сам підхід до встановлення функціональної класифікації досить складний і реалізується на практиці не тільки за допомогою норм активів, а й за допомогою відповідної методичної бази.

Список літератури:

1. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. Київ, 2015. 91 с.

2. Про автомобільні дороги : Закон України. *Відомості Верховної Ради України (ВВР)*. 2005. № 51. Ст. 556.
3. Скворцов О.В. О функциональной классификации дорог. *Автомобильные дороги*. 2015. № 6. С. 34–38.
4. Девятов М.М. О новом подходе к классификации автомобильных дорог. *Вестник ВолгГАСА. Серия «Стр-во и архит.»*. 2002. Вып. 2 (5). С. 209–215.
5. Лагереv Р.Ю., Лагереv С.Ю. К вопросу соблюдения функционального назначения автомобильных дорог и методы повышения эффективности их функционирования. *Вестник ИрГТУ*. 2015. № 5 (100). С. 113–118.
6. ТКП 45-3.03-19-2006 (02250). Автомобильные дороги. Нормы проектирования. Минск, 2006. 68 с.
7. Road Classification System. Summary Document / Toronto Transportation Services. Toronto, August 2013. 34 p.
8. Assessing the Feasibility of a National Road Classification. Report to ICSM on National Road Classification Developments / Intergovernmental Committee on Surveying and Mapping. October 2006. 42 p.
9. Guidance on Road Classification and the Primary Route Network / Department for Transport. January 2012. 26 p.
10. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ: учебное пособие. Киев : МАУП, 2003. 368 с.

Arsenieva N.O. THE MAIN CRITERIA JUSTIFICATION OF FUNCTIONAL CLASSIFICATION OF ROADS

Public roads are an integral component of the unified transport system of Ukraine, their status is affected, in particular, on the quality of the carriage of goods and passengers, the price level, the level of employment and the pace of development of the economy of the state.

An important determinant of socio-economic development and economic security of the country is transport, in particular, its infrastructure, the efficient and stable functioning of which is necessary condition for successful interaction between sectors of the economy, the welfare of the population, the defence and protection of the economic interests of the state. Today the industry of transport in General meets the needs of the Ukrainian economy and population in transportation, but road infrastructure is underdeveloped, which is one of the main barriers to economic activity and the withdrawal of the Ukrainian economy on a sustainable growth path. Therefore, the study of the current status and trends in the design of the road network of Ukraine, as well as the factors that most contributed to its formation, is an important stage of scientific substantiation of effective model of recovery and modernization.

The article considers the issues of relevance and the definition of the main criteria of functional classification of highways in Ukraine. A distinctive feature of roads in comparison with any other transport communications is the implementation of a road the two main functions of providing traffic or mobility and access functions of the initial and final points of movement.

The design of any road within the road network should be performed taking into account its place in the hierarchy of functional road network and to consider changes to existing transport links on other roads, in connection with the construction of a new road. Roads should be designed for specific functions, which usually reflect the nature and journey distance, traffic intensity, and the desired speed of travel; each element of the functional hierarchy of the road network needs to perform the function of the road in such a way to collect traffic flows for the next higher level.

Key words: *classification of highways, functional classification of highways, norms for design of highways, category of road, network of highways.*

Биковець Н.П.

Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»

Кірсанова В.В.

Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»

Черкас О.А.

Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»

НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ ДЛЯ ВНУТРІШНІХ ВОДНИХ ШЛЯХІВ: ТЕНДЕНЦІЯ ЗМІНИ РІВНЯ ВОДИ РІЧКИ ДУНАЙ

Результати вимірів за останні кілька десятиків років чітко відображають підвищення температури на нашій планеті, причиною якого вважається парниковий ефект. Процес глобального потепління незворотній, його можна лише уповільнити, якщо утримати середньорічне підвищення температури на рівні 1,5°C. Про це свідчать дані багатьох досліджень, проведених всесвітніми організаціями зі збереження навколишнього середовища. Глобальне потепління істотно впливає на клімат Землі, і ця дія буде лише посилюватися, незалежно від того до якої міри вдасться скоротити викиди парникових газів. Тепліший клімат призведе до посилення екстремальних явищ: коливальності температури, злив, повеней, а також підвищення рівня моря, що, у свою чергу, відобразиться на динаміці внутрішніх водних шляхів (ВВШ) річок.

Визначено, що, за прогнозами експертів, після 2050 року для ВВШ р. Дунай найбільш вірогідними наслідками потепління будуть зниження рівня стоку влітку та збільшення стоку взимку. Зміна рівня води в річці впливає на величину транспортних витрат. Так, у посушливі роки порівняно з «дощовитими» роками, збільшення сукупних транспортних витрат може становити 6–7%. Необхідно врахувати, що використання внутрішнього водного транспорту стає практично неможливим при рівні води нижче за 1,6 м. У статті простежується тенденція до зменшення водного стоку р. Дунай. Проведений аналіз температури повітря в м. Ізмаїлі Одеської області за останні 50 років підтвердив підвищення середньорічної температури більше ніж на 1,5°C. Стрімке зростання температури почалося з 1997 року: середньорічна температура повітря не опускалася нижче позначки в 10°C. Проте кількість опадів у цьому регіоні залишається майже незмінною.

Динаміка зміни клімату призведе до неминучих наслідків, що потребує проведення низки адаптаційних заходів для належного функціонування ВВШ. Найбільш перспективними вважаються заходи з упровадження плоскодонних корпусів, модернізації дрібних суден для постійної експлуатації й із формування караванів.

Ключові слова: зміна клімату, рівень води, внутрішні водні шляхи, адаптаційні заходи.

Постановка проблеми. Сучасна динаміка кліматичної системи чітко фіксує явище довгострокової тенденції щодо підвищення середньорічної температури повітря. Відчутні зміни більш складнішого характеру в атмосферних опадах. Згідно з прогнозами, у майбутньому ці тенденції збережуться або навіть посиляться. Серед побічних наслідків зростання температури найбільш негативним є значне підвищення середнього рівня моря. За період із 1860-х років показник рівня став вищий приблизно на 0,2 м. Та, на жаль, цей процес неухильно прискорюється. Щодо прогнозів, то Міжурядовою групою експертів зі зміни

клімату (The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)) проведено дослідження, у результаті яких виявлені такі наслідки глобального потепління: до кінця XXI століття температура повітря підвищиться на 1,5–3,7°C (залежно від сценарію) [1]. Таке зростання температури може призвести до подальшого істотного підвищення рівня моря від 0,26 м до 0,82 м. Деякі дослідження приводять ще більш високі цифри. Крім підвищення рівня моря, зміни кліматичних умов призведуть до коливання частоти, інтенсивності, тривалості й часу виникнення екстремальних погодних і кліматичних явищ, таких як урагани, штормове нага-

няння води, повені, посухи та аномальна жара. Серед перелічених тенденцій однією з найбільш виражених є зростання частоти й інтенсивності злив. Подібна тенденція збережеться й надалі, за прогнозами ІРСС, до 2100 року інтенсивні зливи дощі залежно від географічного положення району випадатимуть кожні 4–15 років. У свою чергу, інтенсивні зливи призведуть до розливів річок особливо в Центральній і Східній Європі та в Центральній Азії. Такі явища, як аномальна жара та посуха, будуть частішати й посилюватися.

Збільшення в атмосфері концентрації парникових газів (далі – ПГ), які здатні поглинати теплове випромінювання, відбиване земною поверхнею, й тим самим посилювати акумуляцію тепла, є головною причиною глобального потепління. Кількість ПГ в атмосфері неухильно зростає. Процес глобального потепління може прискоритися за рахунок позитивного зворотного зв'язку, а саме: у результаті явищ, що викликані зміною клімату й температури, що, у свою чергу, призводять до подальшого підвищення температури. Отже, згідно зі Спеціальною доповіддю ІРСС, опублікованою в жовтні 2018 року, головним завданням світового суспільства є утримання глобального потепління на рівні 1,5°C [2]. У доповіді висвітлюються та порівнюються наслідки від глобального потепління на 1,5°C із 2°C й більше. Отже, необхідно впроваджувати перехідні процеси в різних сферах: енергетичних, промислових, земельних, будівельних, транспортних, міських. Ці дії передують виникненню багатьох проблем: так, на внутрішніх водних шляхах (далі – ВВШ) можливі такі проблеми, як призупинення судноплавства, замулювання, зміна морфології річок, ушкодження берегів і протишвартових споруд. Відмічається підвищена чутливість цієї галузі інфраструктури до наслідків зміни клімату. Перерахуємо основні з них: 1) підвищення рівня моря призведе до скорочення масштабів днопоглиблювальних робіт, модернізації причалів, мостових переходів; 2) неможливість швартови та скупчення суден є наслідком штормового нагання, вітрів; 3) результатом посилення опадів є замулювання, розширення днопоглиблювальних робіт; 4) з іншого боку, зменшення опадів призводить до обмеження внутрішнього судноплавства. Отже, порушення найбільш важливих ланок внутрішніх транспортних мереж може зробити порт непридатним до функціонування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Через зниження рівня води в періоди аномальної жари можуть серйозно постраждати ВВШ. Хоча,

згідно з прогнозами до 2050 року, транспортні можливості ВВШ Європи через зміну клімату істотно не скоротяться, проте в другій половині XXI століття через зменшення стоку річок можуть виникнути серйозні проблеми [3–4]. Це може призвести до скорочення періоду навігації, зменшення вантажопідйомності, зростання витрат на паливо (т/км) і збільшення випадків посадки суден на мілину.

За фінансової підтримки Міністерства екології, стійкого розвитку та енергетики Франції у 2013 році розпочато науково-дослідний проєкт під назвою «GEPET-Eau» (Gestion Efficace Prédictive ET adaptative de la ressource en Eau des voies navigables dans un contexte de changement climatique) [5]. Цей проєкт спрямовано на допомогу в досягненні цілей Національного плану адаптації до зміни клімату, що стосуються розвитку транспорту. Цей підхід передбачає моделювання водних шляхів, яке дає змогу прогнозувати рівень води та проводити адаптаційні заходи. Загалом ідеться про можливість управляти водними ресурсами різних водозбірних басейнів. Проєкт переслідує дві мети: по-перше, забезпечити збереження визначеного рівня води для більш інтенсивного використання мережі ВВШ як альтернативи наземному транспорту; по-друге, підвищити ефективність управління водними ресурсами.

Оцінювання дії зміни клімату на внутрішній водний транспорт (далі – ВВТ), а також на потенційні адаптаційні заходи також проведено в рамках проєкту «ECCONET» [6]. Основне завдання ECCONET полягало в тому, щоб координувати зусилля так, щоб результати були правильними, надійними, з достатньою мірою визначеності й передусім ясними та зрозумілими для політиків, зацікавлених сторін, галузей і широкої громадськості. Проєкт являє собою цільове дослідження, присвячене вивченню коридору Рейн-Майн-Дунай (РМД), з приділенням основної уваги проблемі зниження рівня води. Установлено, що середньорічні втрати від зниження рівня води в річках становили близько 28 млн. євро, а у 2003 році, коли рівень води був екстремально низьким, вони досягли 91 млн. євро [7]. На основі різних кліматичних моделей підготовлені прогнози, результати яких не відображають істотних наслідків від зниження рівня води в коридорі РМД до 2050 року, проте у Верхньому Дунаї ця проблема може дещо загостритися. За оцінками цього дослідження, у посушливі роки порівняно з «дощовитими» роками збільшення сукупних транспортних витрат може становити на 6–7% [8].

Науковцями щойно представлених проектів рекомендовано можливі заходи адаптації до наслідків зміни клімату. Першим кроком у цьому напрямі разом із відповідними політичними заходами є проведення чітко орієнтованих досліджень чинників уразливості, емпіричних досліджень та оцінок прогнозованих ризиків і пов'язаних із ними витрат.

Розгляд заходів адаптації для ВВШ з технічного боку виявив залежність останніх від гідрології ріки та її динаміки. Прогнози, наприклад, відносно більш засушливого літа та більш вологої зими вказують на вірогідність помітних наслідків для ВВШ особливо після 2050 року [3]. Такі наслідки пов'язані зі зниженням рівня стоку влітку (наприклад, у середній течії Рейну, каналі РМД і верхній течії Дунаю) та збільшенням стоку взимку. Проте прогнозують і деякі позитивні наслідки, одні з них пов'язані з можливим зменшенням льодового покриву, інші – зі збільшенням тривалості періодів підвищення рівня води і стоку в річках: у цьому разі зростуть не лише екологічні чинники, а й з'явиться тенденція до використання суден із більшою вантажомісткістю.

Зміна рівня води в річках безпосередньо пов'язана з транспортними витратами. Так, у разі зменшення рівня води з 4 до 2 метрів транспортні витрати на 1 т/км збільшуються приблизно втричі. При рівні води нижче за 1,6 м використання ВВТ стає практично неможливим [3]. Отже, у рамках цього сектора основна увага приділяється питанням інфраструктури та автономності транспортного господарства.

Постановка завдання. Метою статті є визначення наслідків впливу глобального потепління на ефективність роботи мережі ВВТ річки Дунай через зміни рівню води, а також потенційних заходів щодо адаптації ВВТ до зміни клімату.

Виклад основного матеріалу дослідження.

З метою забезпечення захисту ВВТ від наслідків глобального потепління міжнародна співпраця країн-учасниць має бути ширшою порівняно з іншими видами транспорту, оскільки дія кліматичних чинників на річки неминуче зміщується вниз за течією. Тому європейський проект «ECCONET» має на меті об'єднати експертні знання 10 партнерів із 5 країн Європи щодо поточних/майбутніх природних умов (наприклад, метеорології, гідрології) інфраструктури, експлуатації, обслуговування та економічної діяльності для оцінювання дії зміни клімату на європейську транспортну мережу й особливо на мережу ВВШ річок Рейн і Дунай [6]. У таблиці 1 зазначено вплив зміни клімату на основні ВВШ в країнах Європейського Союзу (ЄС) [9].

Дунай – це друга за протяжністю річка в Європі довжиною 2860 км. Дунай протікає по території десяти держав: Німеччини, Австрії, Словаччини, Угорщини, Хорватії, Сербії, Болгарії, Румунії, України, Молдови – і впадає в Чорне море, утворюючи болотисту дельту на кордоні Румунії та України. Дунай і його прибережна територія є найбільшою судноплавною артерією, тому коливання рівня води на окремих ділянках Дунаю дуже відчутне для море-господарського комплексу. Ці коливання залежать від таких гідрометеорологічних факторів: кількості опадів, величини снігового покриву, характеру погоди в період танення снігу, режиму вітрів тощо. Водночас значний вплив на коливання рівнів чинять такі чинники, як подовжній ухил водної поверхні, форма русла, інтенсивність руслових деформацій, наявність шлюзів, льодові явища тощо.

Незважаючи на складний загалом режим рівнів, на Дунаї чітко простежуються періоди

Таблиця 1

Визначення характеру впливу зміни клімату на ВВШ

Явище	Проміжок часу	Характер впливу на ділянках:		
		середня течія Рейну	канал РМД	верхня течія Дунаю
Мінімальний стік	1950–2005 рр.	Позитивний	---	Позитивний
	2050 р.	---	Невідомий	Негативний
	2090–2100 рр.	Негативний	Негативний	Негативний
Максимальний стік	1950–2005 рр.	---	---	---
	2050 р.	Негативний	---	---
	2090–2100 рр.	Негативний	---	Невідомий
Наявність льоду	1950–2005 рр.	Позитивний	Позитивний	Позитивний
	2050 р.	---	Позитивний	Позитивний
	2090–2100 рр.	---	Позитивний	Позитивний
Видимість	1950–2005 рр.	Позитивний	Позитивний	Позитивний
	2050 р.	Невідомий	Невідомий	Невідомий
	2090–2100 рр.	Невідомий	Невідомий	Невідомий

повені, межені й зимовий період. На Верхньому Дунаї найвищі рівні спостерігаються на початку літа (червень), найнижчі – взимку (грудень-лютий). На ділянці Середнього Дунаю до впадіння великих припливів (Драви, Тиси й особливо Сави) режим рівнів зберігається близьким до Верхнього Дунаю, проте амплітуда коливань рівнів дещо зглажена. На Нижньому Дунаї найвищі рівні спостерігаються в період весняної повені (квітень-травень) та найнижчі – восени (вересень-жовтень) [10]. У таблиці 2 представлені рівні води р. Дунай за основними водовимірювальними постами.

Треба зазначити, що для періоду з 2004 по 2013 рр. зафіксована тенденція до зменшення водного стоку в середньому на 0,41 км³/рік [11]. Для української частини р. Дунай чітко відображена картина зниження рівня води згідно з даними з посту Рені басейну Дунаю за період з 2013 по 2020 рр. (рис. 1) [12].

Зміна клімату – одна з найбільших загроз добробуту людства та природи по всьому світі. Дунай не виняток. За останні 20 років природні лиха стають усе частішими. Найвищі рівні води в Дунаї зафіксовані протягом останнього десятиліття. Так, у червні 2013 року рівень води

Таблиця 2

Характерні показники рівнів води р. Дунай за основними водовимірювальними постами

Водовимірювальний пост	Відстань від гирла	Характерний рівень води, см		
		Найнижчий	Найвищий	середній багатолітній
Регенсбург (Німеччина)	2376	47	656	226
Хофкирхен (Німеччина)	2257	174	698	307
Лінц (Австрія)	2135	30	962	253
Вена (Австрія)	1929	12	861	283
Братислава (Словенія)	1869	106	984	350
Будапешт (Угорщина)	1646	51	845	315
Мохач (Угорщина)	1447	82	984	429
Бездан (Сербія)	1425	-77	776	264
Богоєво (Сербія)	1367	-30	817	300
Турну-Северин (Румунія)	931	-76	843	314
Лом (Болгарія)	743	38	914	430
Русе (Болгарія)	496	-19	888	386
Олтениця (Румунія)	430	-110	784	292
Силістра (Болгарія)	375	-106	822	358
Хиршова (Румунія)	252	-93	727	296
Ізмаїл (Україна)	93	-30	420	170
Тулча (Румунія)	72	-45	477	182

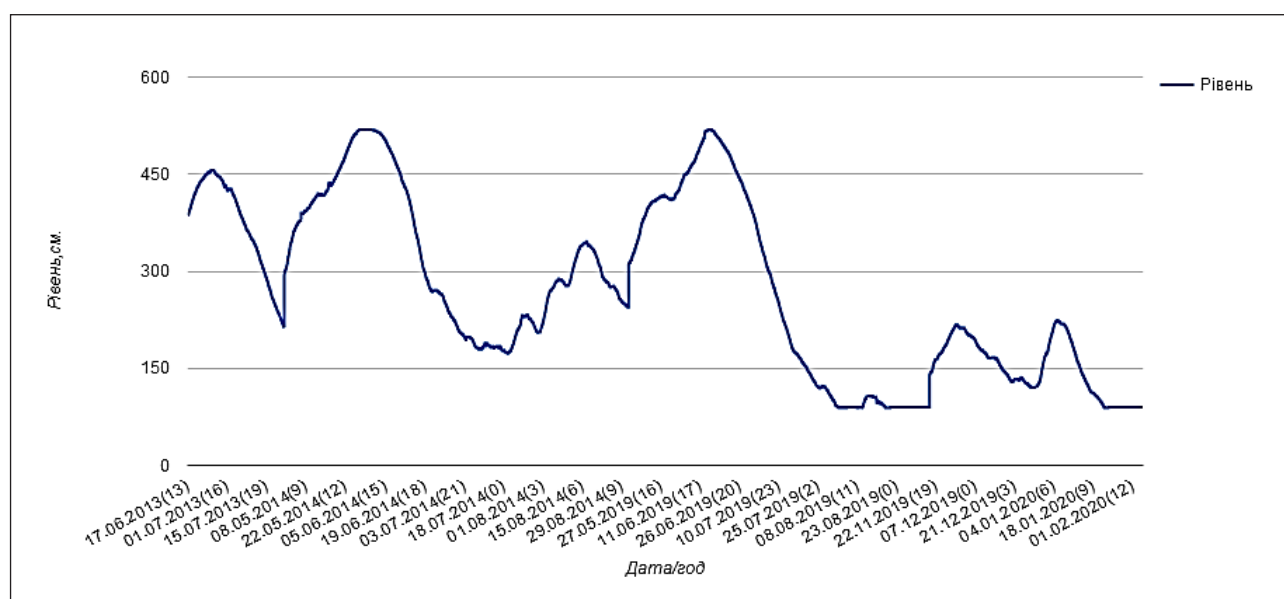


Рис. 1. Графік рівнів води (пост Рені басейну Дунаю)

в р. Дунай досяг найвищої позначки за останні 500 років. Річки Ельба, Рейн і їх притоки також вийшли з берегів, тому величезні території центральної Європи виявилися затоплені [13].

Згідно з прогнозом IPCC, середня температура повітря до 2050 року підвищиться на 1–1,5°C. Це призведе до збільшення числа спекотних днів і скорочення снігового періоду. Прогнозується зменшення стоку Дунаю всього лише на 5%, при цьому маленькі річки втратять 5–25% води, особливо влітку.

Аналіз даних температури повітря за останні 50 років у м. Ізмаїлі Одеської області (місце роз-

ташування метеорологічної станції в Ізмаїлі – широта 45,37; довгота 28,85 і висота над рівнем моря 30 м) уже чітко відображує підвищення середньорічної температури на 1,5°C за проміжок часу з 1970 по 2019 рр. [14] (рис. 2).

З аналізу оброблених даних випливає таке: з 1997 року середньорічна температура повітря не опускалась нижче позначки в 10°C, вона, навпаки, стрімко почала підвищуватися. Значення показника знаходяться в межах від найнижчої температури в 10,8°C (2003 рік) до найвищої – у 13,2°C (2019 рік). Через зростання температури

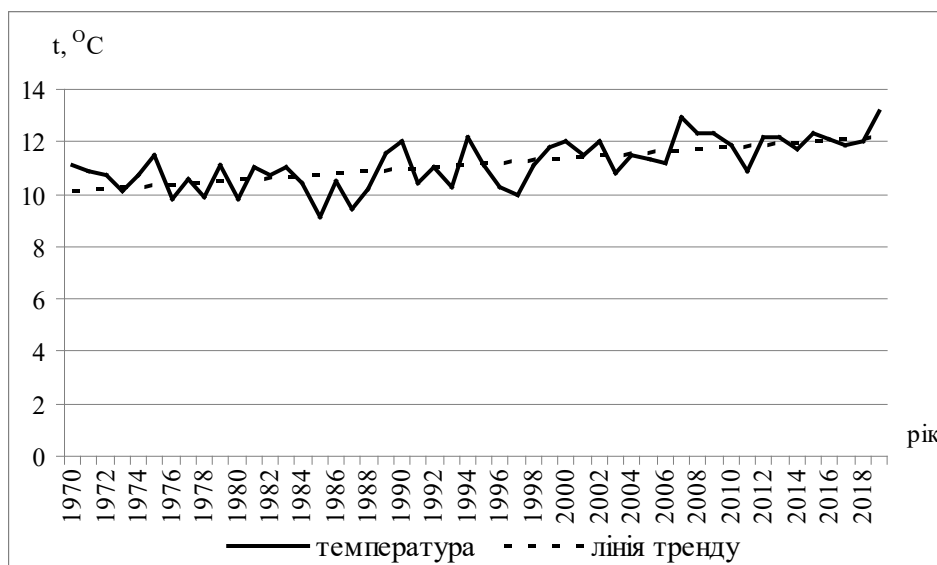


Рис. 2. Середньорічна температура повітря в м. Ізмаїлі з 1970 по 2019 рр.

Таблиця 3

Заходи з адаптації флоту та їх попередня оцінка

№	Заходи	Основний ефект	Попередня оцінка
Ia	Легка конструкція	Зниження власної ваги, що забезпечить зменшення осадки судна	Необхідні додаткові дослідження з метою пошуку технічних рішень
Iб	Регульовані судна тунельного типу	Суднопластво на обмілілих ділянках	У поєднанні з Ia
Iв	Плоскодонні корпуси	Зменшення осадки з 1,7 до 1,4 м	Перспективний підхід, особливо стосовно технології використання буксирів-штовхачів
IIa	Невеликі судна замість великих суден	Невеликі судна менш чуттєві до зміни рівнів води	Іде у розріз з очікуваним результатом
IIб	Модернізація нових суден для постійної (безперервної) експлуатації	Підвищення продуктивності	Перспективний підхід
IIв	Каравани суден	Перерозподіл вантажу	Перспективний підхід завдяки ефекту масштабу
IIIa	Стратегічний союз між ВВШ та іншими видами транспорту	Співпраця з представниками інших видів транспорту	Реалізація ускладнюється через обмежену пропускну здатність залізничних шляхів і високу вартість



Рис. 3. Середньорічна кількість опадів у м. Ізмаїлі з 1970 по 2019 рр.

повітря прогнозується підвищення температури води на 2°C.

Рівень води в річках та озерах безпосередньо залежить від кількості опадів у цьому регіоні. На рис. 3 представлена середньорічна кількість опадів за проміжок часу з 1970 по 2019 рр. Судячи з лінії тренду, можемо сказати, що кількість опадів залишається майже незмінною [15].

Але якщо розглянути окремо по місяцях динаміку опадів протягом зазначеного періоду, то перед нами постає чітка картина або зростання кількості опадів, які призводять до паводків і підтоплень, або зменшення, наслідком чого є посухи.

Зниження рівня води через посухи призводить до таких наслідків: погіршення умов навігації, збільшення числа аварійних ситуацій (посадка на мілину), збільшення витрати палива з розрахунку на т/км, а також низької швидкості течії та інтенсивного замулювання. З іншого боку, підвищення рівня води або повені можуть бути причинами короткочасного призупинення судноплавства, зміни морфології річок, характеру донних відкладень у руслі, утворення берегових відкладень та ушкодження доріг уздовж водних шляхів, берегів і протипаводкових конструкцій. Та, нарешті, утворення льоду на ВВШ також може призводити до призупинення судноплавства, створювати проблеми під час експлуатації шлюзів і викликати ушкодження навігаційних знаків [9].

Динаміка зміни клімату призведе до неминучих наслідків, готовність до яких обов'язкова. Пропонується впроваджувати такі заходи: з боку адаптації флоту ВВШ – це впровадження легких конструкцій, регульованих суден тунель-

ного типу, плоскодонних корпусів; з боку інфраструктури – проведення днопоглиблювальних робіт, проектування водних шляхів. У зв'язку з тенденцією зміни рівня води необхідно підвищити ефективність прогнозування та реагування, а також налаштувати співпрацю з представниками інших видів транспорту. За результатами проведених первинних досліджень виявлено, що найбільш перспективними вважаються заходи з упровадження плоскодонних корпусів, модернізації дрібних суден для постійної експлуатації й формування караванів (таблиця 3) [9].

Ураховуючи проблеми, пов'язані зі зміною рівня води, науковці Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія» (ДІ НУ «ОМА») розглядають питання щодо вжиття заходів для проектування річкових суден, які мають відповідати зазначеним вимогам. Проектними рішеннями є:

- самохідне річкове судно-суховантаж із секцією-приставкою;
- варіант баржевозу-площадки з обмеженою осадкою;
- судно-баржевіз для ВВШ річка-море-річка;
- полегшені понтон-площадки для подолання з вантажем кам'янистих перекатів у період межені.

Розроблення конкретних проектних рішень з оновлення річкового й морського транспорту України – це реальна можливість відновити конкурентоздатну галузь перевезення вантажів водним транспортом.

Висновки. З огляду на прогнози Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, основний вплив глобального потепління на ВВТ буде відчутний

з 2050 року. Головним чином наслідки будуть пов'язані зі зниженням рівня води в річці влітку та суттєвим збільшенням узимку. Запропоновані адаптаційні заходи передусім пов'язані з адаптацією річкового флоту, з моніторингом і реабілітацією донної морфології річки або каналів. Через кліматичні зміни деградація русла річки триватиме прискореними темпами, тому бездіяльність

щодо морфологічних змін ВВШ може призвести до пошуку нових заходів з адаптації морфології річкового русла. Очікуване збільшення амплітуди коливань рівнів води, що прогнозується особливо після 2050 року, може стати джерелом проблем, вирішення яких потребуватиме комплексного планування водних шляхів, відповідних інвестицій, технічного обслуговування та управління.

Список літератури:

1. Изменение климата. URL: <https://www.un.org/ru/sections/issues-depth/climate-change/index.html> (дата звернення: 08.05.2020).
2. Глобальное потепление на 1,5°C: Резюме для политиков. Межправительственная группа экспертов по изменению климата. 2019. 26 с. URL: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=9958 (дата звернення: 08.05.2020).
3. Siedl N. Waterway infrastructure adaptation. Presentation at the UNECE. *International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change* (Greece, Alexandroupoulos, 24–26 June 2012). URL: http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/09_Ms_Siedl.pdf (дата звернення: 15.05.2020).
4. Европейская экономическая комиссия организации объединенных наций. Последствия изменения климата для международных транспортных сетей и адаптация к ним. URL: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp5/publications/climate_change_2014r.pdf (дата звернення: 15.05.2020).
5. Duviella E. Gestion Efficente Prédictive ET adaptative de la ressource en Eau des voies navigables dans un contexte de changement climatique (GEPET-Eau). URL: http://www.gip-ecofor.org/doc/drupal/gicc/RI_GEPETEUAU_EDuviella.pdf (дата звернення: 12.05.2020).
6. ECCONET. Effects of climate change on inland waterway networks. URL: <https://climate-adapt.eea.europa.eu/knowledge/adaptation-information/research-projects/econnet> (дата звернення: 17.05.2020).
7. Jonkeren O., Rietveld P. and Ommeren J van. Climate change and inland waterway transport: Welfare effects of low water levels on the river Rhine. *Journal of Transport Economics and Policy*. 2007. V. 41 (3). P. 387–411.
8. European Environmental Agency (EEA). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2012. *An indicator-based report* (Copenhagen, Denmark, 2012) 300 p. (ISBN 978-92-9213-346-7). URL: <http://www.eea.europa.eu/publications/climate-impacts-and-vulnerability-2012> (дата звернення: 17.05.2020).
9. Heyndrickx C., Breemers T. Climate change and adaptation to inland waterways. Presentation at the UNECE. *International Conference on Adaptation of Transport Networks to Climate Change* (Greece, Alexandroupoulos, 24–26 June 2012). URL: (http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2012/wp5/11_Mr_Heyndrickx.pdf) (дата звернення: 15.05.2020).
10. Режим уровней и расхода воды. URL: <http://www.danube-river.info> (дата звернення: 02.05.2020).
11. Оценка влияния стока реки Дунай на отдельные гидрологические характеристики северо-западной части Черного моря в 2004–2013 гг. / Е.И. Газетов, О.Р. Андрианова, В.И. Мединец, Р.Р. Белевич, В.Н. Морозов. *Вісник ОНУ. Серія «Географічні та геологічні науки»*. 2015. Т. 20. Вип. 4. С. 22–34.
12. Український гідрометеорологічний центр. Автоматичні гідрологічні станції. URL: <http://hydro.meteo.gov.ua/#graph> (дата звернення: 04.05.2020).
13. Повінь у Європі. Рівень води у Дунаї досяг найвищої позначки за останні 500 років. URL: <https://tyzhden.ua/Gallery/81582> (дата звернення: 28.04.2020).
14. Средние месячные и годовые температуры воздуха в Измаиле. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/33889.htm> (дата звернення: 28.04.2020).
15. Месячные и годовые суммы выпавших осадков в Измаиле. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/history/33889_2.htm (дата звернення: 29.04.2020).

Bykovets N.P., Kirsanova V.V., Cherkas O.A. CONSEQUENCES OF GLOBAL WARMING FOR INLAND WATERWAYS: THE TREND OF CHANGING THE WATER LEVEL OF THE DANUBE RIVER

The results of measurements over the past few decades clearly reflect the temperature increase on our planet, which is caused by the greenhouse effect. The process of global warming is irreversible, it can only be slowed down if the average annual temperature rise is kept at 1.5°C. This is evidenced by the data of many researches conducted by world environmental organizations. Global warming significantly affects the Earth's climate, and this action will only intensify, regardless of the extent to which it is possible to reduce greenhouse gas emissions. A warm climate will lead to increased extreme events: fluctuations of

temperature, rainfalls, floods, as well as rising sea levels, which in turn will affect the dynamics of inland waterways (IW) of rivers.

It is determined that according to experts' forecasts, after 2050, the most probable consequences of global warming for the Danube river will be the decrease in summer and the increase in winter. River breathing affects the amount of transport costs. Thus, in dry years, compared to the "rainy" years, the increase in total transport costs can be 6–7%. It should be noted that the use of inland water transport becomes practically impossible at a water level below 1.6 m. The article deals with a tendency of decrease of the Danube River. The analysis of air temperature in Izmail, Odessa region for the last 50 years confirmed an increase in average annual temperature by more than 1.5°C. The rapid rise in temperature began in 1997 – the average annual air temperature did not fall below 10°C. However, rainfall in the region remains almost unchanged.

The dynamics of climate change will lead to inevitable consequences, which requires a number of adaptation measures for the proper functioning of the IW. The most promising measures are the introduction of flat-bottomed hulls, modernization of small vessels for permanent operation and the formation of caravans.

Key words: *climate change, water level, inland waterways, adaptation measures.*

Кисельов В.Б.

Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського

Доля В.К.

Одеський національний морський університет

Доля О.Є.

Харківський національний університет радіоелектроніки

ОСОБЛИВОСТІ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ПАСАЖИРСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ У МІСЬКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

У роботі розглянуто питання дослідження ефективності функціонування маршрутів міського транспорту. Установлено, що функціонування маршрутів міського пасажирського транспорту відбувається в неізольованому середовищі, яке впливає на систему з моменту її утворення й може призвести до розбіжності між розрахунковою та фактичною ефективністю функціонування системи. Унаслідок аналізу показників функціонування маршруту перевезень пасажирів установлено, що середовище функціонування маршрутів впливає на їх ефективність комплексно, тому має враховуватися взаємний вплив одного фактора на інші. Оцінювання ефективності функціонування варто проводити для всієї системи маршрутів, а не в межах окремо розглядуваної підсистеми.

Унаслідок аналізу розвитку наукової думки щодо проблемного питання, яке розглядається в роботі, з'ясовано, що наявні методи оцінювання ефективності маршрутів міського пасажирського транспорту неповною мірою враховують імовірнісні характеристики перевізного процесу, що впливають на результуючі показники функціонування маршрутів.

Як об'єкт дослідження розглянуто процес функціонування маршрутів міського пасажирського транспорту, а предметом були закономірності впливу параметрів маршрутів міського пасажирського транспорту на їх ефективність. Проведені дослідження спрямовані на досягнення такої мети: проведення оцінювання ефективності маршрутів міського пасажирського транспорту з урахуванням стохастичності складників параметрів їх функціонування. Для досягнення визначеної мети в роботі передбачено вирішення таких завдань: визначити закономірності формування параметрів ефективності міських пасажирських перевезень; розробити алгоритм розрахування параметрів оцінювання ефективності міських пасажирських перевезень; установити закономірності змінювання показників оцінювання ефективності міських пасажирських перевезень.

Ключові слова: транспортна система, маршрут міського пасажирського транспорту, ефективність перевезень, стахастичність перевізного процесу, обсяг перевезень, період окупності.

Постановка проблеми. Проблематика розрахунків показників функціонування міських пасажирських транспортних систем полягає в нестабільності середовища функціонування таких систем і стохастичності параметрів, які використовуються для розв'язання відповідних завдань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання управління процесами виробництва загалом і на окремих етапах є актуальним і розглядається сучасними науковцями в різних галузях виробництва. Процеси прийняття рішень у системі управління проектами знаходяться в середовищі невизначеності, що пов'язано з відсутністю повної інформації, суб'єктивними

факторами та впливом факторів випадковості. Прогнозування впливів настання факторів невизначеності є неможливим навіть на рівні вірогідності.

Тобто невизначеність можна описати як відсутність повної інформації про середовище на період часу функціонування проекту, що впливає на неможливість достовірного планування витрат на функціонування проекту в періоді часу й наявність часу функціонування проекту, розрахунок якого має містити вірогідний складник [1–3].

Невизначеність супроводжується зв'язкою й із ризиками щодо реалізації проекту. При цьому ризик є чисельно прогнозованою характеристи-

кою, яка характеризує вірогідність зміни впливу середовища на показники проекту

З наведеного ризик – це подія, яка може настати з визначеною вірогідністю в умовах наявної невизначеності. Наслідки такої події-ризик є зміни показників функціонування проекту в кращий або гірший бік, а також призвести до ситуації незмінності показників [4–8].

Також розглянуто можливості щодо оцінювання ризику, визначення обсягів беззбитковості й оцінювання математичного очікування ступеня ризику [5–7]:

$$K_6 = \frac{B_o - B_6}{B_6} \times 100, \quad (1)$$

де K_6 – кромка безпеки; B_o – обсяг очікуваної реалізації; B_6 – обсяг беззбиткової реалізації;

$$T_i = \frac{C}{\Pi_i - P_i} \times d_i, \quad (2)$$

де T_i – точка беззбитковості i -го виробу; C – умовно-постійні витрати; Π_i – вартість i -го виробу; P_i – змінні витрати на виробництво i -го виробу; d_i – частка i -го виробу в загальному доході;

$$T_i = \frac{C}{\sum_{i=1}^n (\Pi_i - P_i)} \times d_i, \quad (3)$$

де $T_i \sum_{i=1}^n (\Pi_i - P_i) \times d_i$ – середня валова маржа за одиницю продукції (P);

$$ME(X) = \sum_{i=1}^n P_i X_i, \quad (4)$$

де $ME(X)$ – математичне очікування результату; P_i – вірогідність кожного з результатів; X_i – розмір результатів.

У системі міського пасажирського транспорту й інвестиційних проектах щодо міського пасажирського транспорту об'єми прогнозованих перевезень пасажирів і часовий розподіл цього об'єму є базою для прийняття низки першочергових рішень. Так, саме від об'єму пасажирів і його розподілу залежить показник кількості транспортних засобів, тип транспортних засобів і їх розклад руху.

У свою чергу, кількісні та якісні характеристики щодо транспортних засобів впливають на трудовий і фінансовий ресурси.

У разі розгляду наявних маршрутів науковцями запропоновано проводити обстеження для встановлення обсягів перевезень пасажирів.

Методи обстеження пасажиропотоків із залученням обліковців поділяються на такі [5–9]: табличний метод, талонний метод, таблично-опитувальний метод, візуальні методи.

Ця група методів потребує значних трудових витрат, не дає можливості одержання матриці кореспонденцій для міста загалом, а тільки для конкретного маршруту.

Автоматизовані методи обстеження пасажиропотоків поділяються на дві групи. Перша група методів ґрунтується на підрахунку пасажирів, які входять у салон і виходять із нього на кожному зупинному пункті, – метод «контактної сходинки», фотоелементний спосіб розмикання електричних ланцюгів. Друга група методів ґрунтуються на вимірюванні ваги пасажира в салоні – тензометрія, оптичні прилади, механічні датчики [11–13].

Недоліки цієї групи методів полягають у похибці вимірювань, у періоди «пік» пасажири входять і виходять групами, і відсутності інформації про пасажирообмін.

Анкетні методи обстеження переміщень включають такі групи [8; 9; 11]:

- анкетні методи опитування населення;
- анкетні методи одержання інтегральної інформації.

Ці методи дають змогу визначити несформовані шляхи руху громадян, їхні потреби, виходячи з об'єктивної інформації утворення й закінчення поїздки.

Зазначені методи обстеження пасажиропотоків обираються залежно від мети дослідження, часу обробки отриманої інформації й проведення обстеження, переліку параметрів, що необхідно визначити, і трудомісткості методу.

Усі описані методи не дають можливості отримання повністю достовірної інформації щодо об'ємів перевезення пасажирів. Це зумовлює настання ситуації невизначеності, яка й призводить до можливого настання таких змін середовища, що спричиняють зміни планованого стану керованої системи.

З огляду на наявні методи встановлення кількісних показників об'ємів перевезень, встановлено підстави виникнення ризиків, які можливі в провадженні інвестиційного проекту для наявного маршруту.

Водночас маємо методики прогнозування об'ємів перевезення пасажирів на запланованому до введення в експлуатацію маршруті.

Закономірний розподіл пасажиропотоків між видами транспорту і їх маршрутами свідчить, що ймовірність вибору пасажиром способу

пересування залежить від співвідношень середніх і конкретних параметрів тривалості й умов поїздки [13–15]:

$$P_{ijk} = f\left(\frac{\tau_{ijk}}{\bar{\tau}_{ij}}; \frac{\gamma_{ijk}}{\bar{\gamma}_{ij}}; \frac{T_{ijk}}{\bar{T}_{ij}}\right), \quad (5)$$

де P_{ijk} – імовірність поїздки з i в j на маршруті k ; τ_{ijk} – відповідно час поїздки між пунктами i в j на маршруті k ; γ_{ijk} – коефіцієнт використання пасажиромісткості на маршруті k під час пересування з i в j ; T_{ijk} – сплата за проїзд під час пересування з i в j на маршруті k ; $\bar{\tau}_{ij}$, $\bar{\gamma}_{ij}$, \bar{T}_{ij} – середні параметри часу поїздки між пунктами i та j на маршруті k , коефіцієнт використання пасажиромісткості на маршруті k під час пересування з i в j ; $\bar{\gamma}_{ij}$ – середнє значення коефіцієнта використання пасажиромісткості на маршруті k під час пересування з i в j ; \bar{T}_{ij} – середня значення сплати за проїзд під час пересування з i в j на маршруті k .

Базуючись на відомому наведеному науковому підході, можемо стверджувати, що співвідношення вибору способу пересування між МПТ і власним автомобільним транспортом може мати вигляд [13–15]:

$$P_{ijМПТ} = f\left(\frac{\tau_{ija}}{\bar{\tau}_{ijМПТ}}; \frac{P_{zija}}{\bar{P}_{zijМПТ}}; \frac{B_{ija}}{B_{ijМПТ}}\right), \quad (6)$$

де τ_{ija} – час пересування з i в j на власному автомобілі; P_{zija} – рівень зручності пересування з i в j на власному автомобілі; B_{ija} – зведені витрати пасажирів (водія, власника автомобіля) під час пересування з i в j на власному автомобілі; $\bar{\tau}_{ijМПТ}$ – час пересування того ж пасажирів з i в j на МПТ; $\bar{P}_{zijМПТ}$ – рівень зручності з i в j під час пересування на МПТ; $B_{ijМПТ}$ – витрати пасажирів під час пересування на МПТ з i в j .

Наведене свідчить, що громадянин з урахуванням теорії великих чисел має схильність до того чи іншого способу пересування залежно від співвідношення наведених параметрів.

Можливості в прогнозуванні об'ємів перевезень пасажирів дають змогу проведення розрахунків кількості транспортних засобів. За результатами опрацювання сучасних методик із розрахунку потрібної кількості транспортних засобів для обслуговування маршруту встановлено, що кількість транспортних засобів є залеж-

ною від об'ємів перевезень, а самі об'єми перевезень устанавлюються за допомогою методів, які припускають існування вірогідності зміни об'ємів перевезень як у більший, так і в менший бік у кількісному відображенні [13–15].

Постановка завдання. Завданням дослідження є визначення методу розрахунку параметрів міських пасажирських транспортних систем із урахуванням їх стохастичного характеру.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для врахування стохастичності перевізного процесу доцільно враховувати такі відхилення шляхом розподілу i -го обсягу перевезень за період часу t :

$$\phi_i = \frac{Q_i}{Q_{cct}}, \quad (7)$$

де Q_i – i -ий обсяг перевезень за період часу t , пас.; Q_{cct} – середній обсяг перевезень, розрахований за детермінованими моделями, пас.

Причому, за нормальним законом, i -ий обсяг перевезень не повинен виходити за межі $\pm 3\sigma$:

$$Q_i = Q_{cct} \pm 3\sigma. \quad (8)$$

Так як усі розглянуті вище витрати залежать від пробігу на маршруті, то, відповідно, першим елементом, що буде враховувати стохастичність перевізного процесу, стане пробіг:

$$L_{ci} = \frac{2l_m \cdot N_{pt} \cdot Q_i}{Q_{cct}}, \quad (9)$$

де l_m – довжина маршруту, км; N_{pt} – кількість рейсів, виконаних за період часу t .

Так як наведені вище залежності є складниками загальних витрат і мають стохастичний характер, то, відповідно, вони будуть впливати на процес формування бюджету витрат проекту.

Висновки. Для врахування стохастичності параметрів проектів міських пасажирських перевезень уведено розподіл обсягу перевезень за нормальним законом, що враховується під час розрахунку відповідних видів витрат.

Використовуючи запропоновані зміни в розрахунку процесів управління вартістю проектів, розробили алгоритм розрахунку параметрів проектів міських пасажирських перевезень.

Список літератури:

1. Балашов А.И., Рогова Е.М., Тихонова М.В. Управление проектами: учебник для бакалавров / под ред. Е.М. Роговой. Москва : Юрай, 2013. 383 с.
2. Ципес Г.Л., Товб А.С. Менеджмент проектов в практике современной компании. Москва : Олимп-Бизнес, 2006. 29.

3. Королькова Е.М. К68 Риск-менеджмент: управление проектными рисками : учебное пособие для студентов экономических специальностей. Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. 160 с.
4. Покровский А.К. Риск-менеджмент на предприятиях промышленности и транспорта : учебное пособие. Москва : КНОРУС, 2014. 160 с.
5. Бугрова С.М., Гук Н.М. Риск-менеджмент : учебное пособие / Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. Кемерово, 2005. 132 с.
6. Поляков Р.К. Развитие рискменеджмента в предпринимательстве: концептуальный подход. *Менеджмент в России и за рубежом*. 2008. № 1. С. 60–65.
7. Свиткин М.З. Формирование системы менеджмента риска компании. *Методы менеджмента качества*. 2010. № 2. С. 3–37.
8. Стрижакова Е.М., Стрижаков Д.Л. Внедрение интегрального управления рисками на промышленном предприятии. *Менеджмент в России и за рубежом*. 2006. № 3. С. 112–117.
9. Мазур И.И., Шапиро В.Д., Ольдерогге Н.Г. М12 Управление проектами : учебное пособие / под общ. ред. И.И. Мазура. 2-е изд. Москва : Омега-Л, 2004. 664 с.
10. Доля В.К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок в крупнейших городах : автореф. дисс. ... докт. техн. наук : 05.22.01 «Эксплуатация автомобильного транспорта». Москва, 1993. 42 с.
11. Доля В.К. Пасажи́рські перевезення : підручник. Харків : Форт, 2011. 504 с.
12. Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спирин И.В. Оптимизация городских автобусных перевозок. Москва : Транспорт, 1985. 102 с.
13. Спирин И.В. Городские автобусные перевозки : справочник. Москва : Транспорт, 1991. 237 с.
14. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. Харьков : Основа, 1992. 144 с.
15. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок. Москва : Высшая школа, 1980. 535 с.

Kyselov V.B., Dolya V.K., Dolia O.Ye. PECULIARITIES OF METHODS OF MANAGEMENT OF PROJECTS AT PASSENGERS TRANSPORTS SYSTEMS IN A CITY ENVIRONMENT

In the article, the effectiveness of the functioning of urban passenger transport routes is considered. It is established that the functioning of urban passenger transport routes takes place in a non-isolated environment, affects the system from the time it was created, and can lead to a discrepancy between the calculated and actual system performance. As a result of the analysis of the performance indicators of the passenger transportation route, it is revealed that the environment of the functioning of routes affects their effectiveness in a complex manner. As a result, the mutual influence of one factor on the other should be taken into account. The performance evaluation should be carried out for the entire route system, and not within the separately considered subsystem.

As an analysis result of the development of scientific thought on the problematic issue that is being considered in the article, it is established that the existing methods for evaluating the efficiency of urban passenger transport routes do not fully take into account the probabilistic characteristics of the transportation process that affect the resulting performance of the routes.

Functioning of urban passenger transport routes is considered as the object of research, and the subject of research is the regularities of the influence of urban passenger transport routes parameters on their efficiency. The carried out researches are directed on achievement of the following aim – carrying out of an estimation of efficiency of city passenger transport routes taking into account stochastics of parameters of their functioning. To achieve this aim, the following tasks have been solved in the work: to determine the regularities in the formation of parameters for the efficiency of urban passenger transport; the algorithm of calculation of efficiency estimation parameters of city passenger transportations is developed; the patterns of change in the indicators of the efficiency of urban passenger traffic are revealed.

Key words: transport system, urban passenger transport route, traffic efficiency, transportation process stagnancy, traffic volume, payback period.

Мигаль В.П.

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Сілевич В.Ю.

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Мигаль Г. В.

Національний аерокосмічний університет імені М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

ІНТЕГРАЛЬНА ДІАГНОСТИКА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ШУМОВИХ СИГНАЛІВ

Сьогодні актуальним є розроблення систем он-лайн оцінки функціонального стану транспортних систем (ТС) (автомобільного двигуна, реактивного двигуна і т.п.) для он-лайн ідентифікації порушень. Зокрема, вібраційні та звукові сигнали, що випромінюються механічними системами поршневого двигуна, є джерелами інформації, які можуть слугувати для визначення його стану. Однак існують проблеми з різноманіттям, неоднозначністю, нелінійністю, багаторозмірністю інформаційних потоків від динамічних систем, які обмежують можливості інформаційних технологій. Одним із шляхів подолання цих проблем є візуалізація даних із застосуванням методів комп'ютерної когнітивної графіки. Показано, що виявити індивідуальні особливості структури сигналів різної природи дозволяє їх представлення у вигляді 3D-моделей в просторі динамічних подій. Найбільш перспективною є параметрична візуалізація шумового акустичного сигналу транспортних засобів, яку можна здійснити за допомогою міждисциплінарного підходу до виявлення індивідуальності функціонування складних систем. В основі підходу – параметричне представлення інформаційного сигналу об'єкта (електричного сигналу, звуку, шуму тощо) у просторі ймовірних динамічних подій. На прикладі трансформації шуму сенсорів транспортних засобів, а також шуму поршневих двигунів із диференціацією за режимом роботи і задіяних допоміжних агрегатах в топологічну 3D-модель показані особливості візуалізації у параметричному просторі ймовірних динамічних подій цифрового шумового сигналу автомобільного двигуна. Показано, що обробка та візуалізація акустичного сигналу за допомогою перетворення у топологічну 3D-модель відкриває нові можливості створення методів дистанційного моніторингу механічних систем із можливістю аналізу стану і ресурсу об'єкта, що випромінює звук, і раннього виявлення потенційних відмов.

Ключові слова: двигун внутрішнього згоряння, транспортна система, шум, інтелектуальні системи, дистанційна діагностика, дефекти двигуна, сигнатури, параметричний простір, просторово-часова структура сигналу.

Постановка проблеми. Нові стандарти безпеки зумовили зростання складності всіх елементів автомобілів, що призвело до різкого збільшення джерел інформації для забезпечення їх надійності (сенсорів різної природи). Посилення вимог до їх надійності та безпечної експлуатації потребує пошуку нових можливостей контролю людино-машинної взаємодії. Зокрема, використати унікальний біосенсор, яким є слух людини. Адже він давно використовується в медицині, матеріалознавстві і інших областях техніки.

Сьогодні актуальною є розробка інтелектуальних систем оцінювання функціонального стану елементів транспортних систем (ТС) (автомобільного двигуна, реактивного двигуна і т.п.) для їх он-лайн моніторингу. Однак різноманіття джерел інформації різної природи і призначення (сенсорів, датчиків і т.п.), а також контролерів обмежує можливості оптимальної експлуатації ТС. Ключова проблема – у збільшенні різноманіття інформаційних потоків від елементів динамічних систем, а також їх нелінійність, багато розмірність і неоднозначність. Усе це обмежує можливості

інформаційних технологій. Однак шуми різної природи, що випромінюються різними елементами механічних систем (поршневого двигуна, коробки і т.п.), притаманні всім джерелам інформації. Тому вони можуть слугувати джерелами інформації під час визначення функціонального стану елементів ТС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зазначимо, що аналіз акустичної емісії, який породжує робота механізмів і агрегатів механічних систем, досить широко використовується для діагностики дефектів різної природи. Ординарні можливості способу визначення несправностей за допомогою конкретних датчиків (температури, тиску, положення частин агрегатів, що обертаються та ін.), які встановлено на двигуні автомобіля та його агрегатах, зводяться до аналізу інформації про параметри роботи агрегатів і систем. Серед них можна виокремити найбільш значущі:

- вихід із ладу механізму привода газорозподільної системи за допомогою датчиків Холла, що встановлено на колінчастому і розподільному валі;
- засмічення повітряного фільтра або розгерметизація повітропроводів двигуна за допомогою датчика визначення величини розрідження задросельного простору (тільки для бензинових двигунів);
- пошкодження роботи системи охолодження за допомогою датчика температури двигуна;
- пошкодження змащувальної системи двигуна за допомогою датчика тиску мастила.

Інформація про несправність з'являється або в результаті обробки сигналів датчиків і порівнянні її з певною базовою величиною або в разі відсутності сигналу з датчика. У більшій кількості випадків вихід із ладу агрегату відбувається поступово. Як приклад можна привести процес розтягування металевого ланцюга привода газорозподільного механізму: спочатку, при невеликому розтягненні, під час запуску двигуна, відбуваються коливання ненапруженого ланцюга, що супроводжується появою шумового акустичного сигналу певної тональності. Коли масляна система набирає необхідний тиск, ланцюг натягується і шум зникає. Під час подальшого його розтягування тривалість сигналу збільшується і нарешті відбувається проковзування зуба зіркицепу і асинхронність обертання колінчастого і розподільного валу призводить до виходу з ладу системи газорозподілення. Аналіз акустичного сигналу роботи двигуна можна використовувати для визначення стану авіаційного повітряно-реактивного двигуна для попередження відмов у його роботі. Наприклад, у роботі [1] за допомогою

аналізу звукового сигналу під час роботи повітряно-реактивного двигуна проводилися дослідження із вивчення нестабільності горіння, вібрацій та термоакустичних коливань для отримання механізму відмов агрегатів. Зокрема, в роботі [2, с. 291–299] велися дослідження механізму виходу з ладу кулькового підшипника. Кореляційний аналіз результатів проведених досліджень дозволив встановити залежність між ступенем деградації підшипника і шумом його роботи.

Вивченню шуму агрегатів системи охолодження і змащування двигуна приділяється значно більше уваги. Зношення крильчатки відцентрового насоса супроводжується підвищенням шуму в роботі двигуна [3, с. 509–514], і, таким чином, за допомогою аналізу акустичної емісії можна чітко виявити ступінь деградації крильчатки. Таким же чином в роботі [4] відстежується зміна шуму двигуна при різних умовах змащення циліндропоршневої групи. Для аналізу шуму використовувався віконне перетворення Фур'є. Порівняння результатів обробки акустичного сигналу двигуна за допомогою перетворення Фур'є або вейвлетами було зроблено в роботі [5, с. 1807–1826]. Головним висновком роботи було те, що перетворення сигналу базовими функціями (вейвлетами або гармонічним сигналом) не показує енергетичну складову сигналу, що досліджується.

У роботі [6, с. 295–298] проводилися експериментальні дослідження шуму поршневого двигуна з метою виявлення його несправностей. Під час проведення експериментів оброблялися сигнали нормально працюючого двигуна на різних швидкостях обертання і з різною кількістю працюючих циліндрів. У фокусі дослідження лежало порівняння максимальних амплітуд звукових сигналів.

У статті [7, с. 1005–1009] проводився аналіз звуку двигуна з метою виявлення його несправностей. Експеримент проводився для бензинового двигуна в трьох станах: робота циліндрів із перебоями на холостому ході, робота з пропусками запалювання і робота двигуна без відбору потужності. Під час оброблення сигналу враховувалися наступні параметри: основна частота звуку, частотний спектр, енергія звукової хвилі, швидкість переходу через нуль. Для обробки використовувалися методи математичної статистики, які дали прийнятний результат для розрізнення різних режимів роботи двигуна.

Однак методи інтегрального перетворення (вейвлет та Фур'є аналіз) не дозволяють отримати інформацію про зміну величин швидкості та прискорення амплітуди сигналу, які проявляють

себе при порушеннях роботи механічних систем. Проведення диференціювання сигналу із визначенням першої та другої похідної дозволяє отримати якісну і кількісну характеристику роботи механічної системи, яка несе інформацію про стан механізму, що досліджується [8, с. 170–175; 9, с. 354–358]. Використання зазначених засобів на додаток до штатної системи діагностування несправностей двигуна, можливості якої обмежені використанням цільових датчиків системи моніторингу, може значно розширити можливості оцінювання стану для механічних систем і вивести її на новий якісний рівень з можливістю поглибленого аналізу роботи двигуна. Зовнішні та внутрішні чинники впливають на циклічні процеси в складних ТС. Взаємозв'язки між ними знаходять своє відображення в динамічній структурі інформаційних сигналів різної природи (електричного сигналу, звуку, шуму тощо). У ній поряд з періодичними складовими співіснують і хаотичні, що обумовлює нестационарність сигналів. При цьому характер взаємозв'язку хаотичних і періодичних складових обумовлює як індивідуальні особливості динаміки кожного циклу, так і статистичні особливості їх сукупності. Вони взаємопов'язані, і тому складні системи (організм людини, двигун, сенсор тощо) як об'єкт дослідження є нелінійною динамічною системою.

Для онлайн-ідентифікації функціонального стану елементів ТС перевагу мають шумові компоненти сигналів різної природи, які мають набагато більшу інформативність, ніж інші. Шум має випадковий та фрактальний характер, відповідно, методи його аналізу використовують статистичні характеристики, що дозволяє характеризувати стійкі порушення в роботі механізмів. Також це дає можливість виявити тонкі приховані закономірності в роботі механізму, що дозволяє забезпечити ранню ідентифікацію негативних змін у роботі.

Постановка завдання. Таким чином, метою роботи є створення методу визначення механічних дефектів за шумовими параметрами об'єкта. Це може допомогти визначати відмінності в роботі поршневого двигуна, наприклад, ще до його виходу з ладу, або допомагати здійснювати моніторинг роботи досліджуваного агрегату з метою формування інформації про ресурс агрегату, нештатної його роботи і т.п. Завданням роботи було дослідження звуку поршневого двигуна та його агрегатів за допомогою диференціювання акустичного сигналу його роботи.

Виклад основного матеріалу дослідження. Найбільш перспективною є параметрична

візуалізація шумового сигналу ДС, яку можна здійснити за допомогою міждисциплінарного підходу до виявлення індивідуальності функціонування складних систем [9, с. 354–358; 10, с. 387–391, 11, с. 2–3]. В основі підходу – параметричне представлення інформаційного сигналу об'єкта (електричного сигналу, звуку, шуму тощо) у просторі ймовірних динамічних подій. У ньому індивідуальні характеристичні ознаки структури будь-якого інформаційного сигналу проявляються під час перетворення його в топологічну 3D-модель, яка є замкнутою траєкторією простору динамічних подій. Така геометризація інформаційного потоку супроводжується просторово-часовою декомпозицією на упорядковані та взаємопов'язані складові. Геометрично вони відрізняються крутизною чи кривизною, а фізично – швидкістю чи прискоренням динамічних подій [9, с. 354–358; 10, с. 387–391; 11, с. 2; 12, с. 134–144]. Просторово-часова впорядкованість складових найбільше проявляється в ортогональних проекціях траєкторії, конфігурації яких є індивідуальними графічними образами-сигнатурами джерела інформації 1-го і 2-го порядків. Вони є природними паттернами просторово-часової структури сигналу, що надає можливість їх порівнювати та швидко ідентифікувати зміну стану об'єкта [11, с. 2-3; 12, с. 134–144].

Об'єкт дослідження. Поршневі двигун внутрішнього згоряння (ПДВЗ), в процесі своєї роботи є джерелом різних звукових коливань, які випромінюються починаючи від руху газів (впуск повітря і випуск відпрацьованих газів), механічної взаємодії зубчастих і кулачкових механізмів і закінчуючи шумом додаткових агрегатів двигуна (вентилятор охолодження, насос високого тиску і т. і.). Також за звуком підвіски автомобіля під час їзди досвідчені механіки можуть визначити не тільки характер несправності, але і конкретне місце установки дефектного агрегату. Оскільки ПДВЗ є пристроєм з великою кількістю підсистем, то робота кожної такої системи буде супроводжуватися генерацією звуку певної тональності частоти і фази. Оскільки швидкість поширення звуку має певну величину, що залежить від середовища, в якій вона поширюється, то також можна визначити, при наявності звукових сенсорів встановлених в чотирьох різних точках, джерело сигналу. Створення методу визначення механічних несправностей об'єкта за звуковою картиною допоможе визначити відмінності в роботі поршневого двигуна ще до виходу агрегату з ладу або допомагати діагностичній системі здійснювати моніторинг роботи звукогенеруючого агрегату з

метою формування інформації про його ресурс, позаштатну роботу і т. і.

Дослідження акустичного сигналу двигуна.

Диференціювання акустичного сигналу із отриманням першої та другої похідної дозволяє отримати інформацію про швидкість та прискорення амплітуди сигналу. Так, у просторі «стан – швидкість – прискорення» кожен динамічний подій можна відобразити точкою з координатами $X(t)$, $dX(t)/dt$, $d^2X(t)/dt^2$. Причинно-наслідково пов'язані між собою події утворюють в просторі «стан-швидкість-прискорення» замкнену траєкторію [9, с. 354–358; 10, с. 387–391; 11, с. 2–3; 12, с. 134–144].

Застосування чисельного диференціювання відцифрованих сигналів має місце при обробці аналітичної інформації. Перша похідна сигналу характеризує швидкість зміни амплітуди щодо зміни абсциси, тобто осі часу, яка інтерпретується як нахил дотичної лінії сигналу в кожній точці. Друга похідна є похідною від першої і являє собою міру кривизни лінії сигналу, або швидкість зміни кута нахилу дотичної сигналу в кожній точці кривої.

Для отримання інформації про відхилення від нормальної роботи механічної системи необхідно мати еталонний звук працюючого двигуна і дефектний. Запис звуку проводився на мікрофон з діапазоном частот сприйняття 60–18000 Гц, із частотою дискретизації 44100 Гц в форматі WAV. Подальша обробка звуку та побудова графічних картин проводилася в додатку Matlab.

Так, у першому випадку (див. рис. 1) розглядається поршневий трициліндровий бензиновий двигун із нормально працюючими системами (рис. 1, а) і такий же двигун, але у якого є пошкодження, що викликають зміни звуку роботи двигуна – тріщина в випускному колекторі (рис. 1, б). На рисунку 1 в координатах $y - dy/dt$ представлено результати обробки запису звукового сигналу поршневого двигуна внутрішнього згоряння, які відображають статичні і динамічні параметри системи з особливостями циклу. Як видно з отриманих зображень, зміна сигналу призвела не тільки до зміни масштабу картини, а й до трансформації вигляду геометричної фігури, утвореною безліччю аналізованих точок. Також на рисунку проявляються артефакти у вигляді групи точок зліва від основного скупчення вздовж осі стану.

На зміну характеристик звукового сигналу впливають також режими роботи двигуна, його стан і робота додаткових агрегатів. Розглянемо особливості акустичного стану на 4-х циліндровому двигуні, коли всі агрегати нормально працюють, а відмова є в одній із підсистем двигуна – системі запалювання. Так, на рис. 2 показано діаграму стану нормально працюючого 4-х циліндрового двигуна, нагрітого до робочої температури в координатах $dy/dt - d^2y/dt^2$ (рис. 2, а), та діаграма стану 4-х циліндрового ДВЗ з однією відключеною свічкою запалювання (рис. 2, б) і з двома відключеними свічками запалювання (рис. 2, в).

До несправностей роботи двигуна можуть приводити відмови в роботі певних агрегатів і систем.

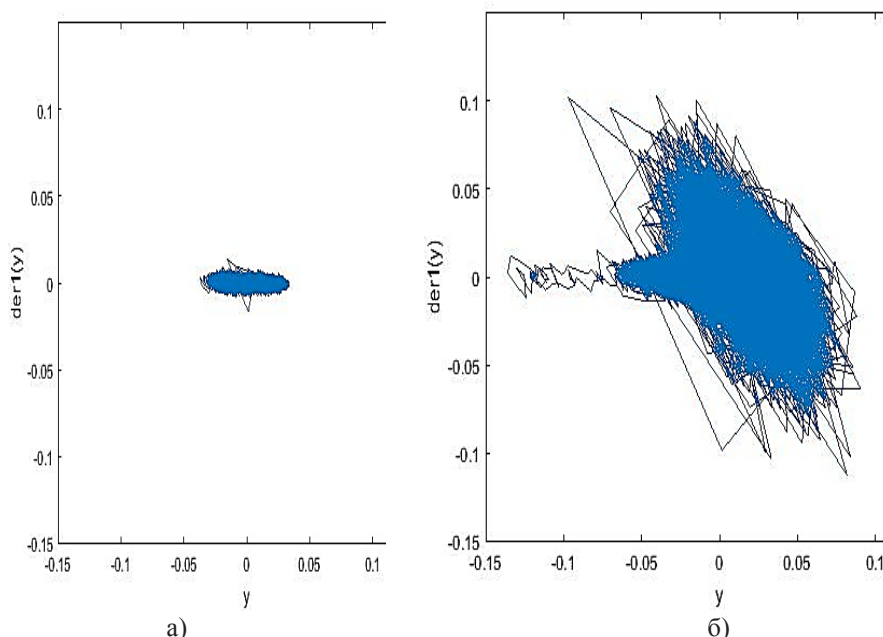


Рис. 1. Подання акустичного шуму 3-х циліндрового ПДВЗ з нормально працюючими агрегатами (а) та з дефектом у випускному колекторі (б) в координатах $y - dy/dt$

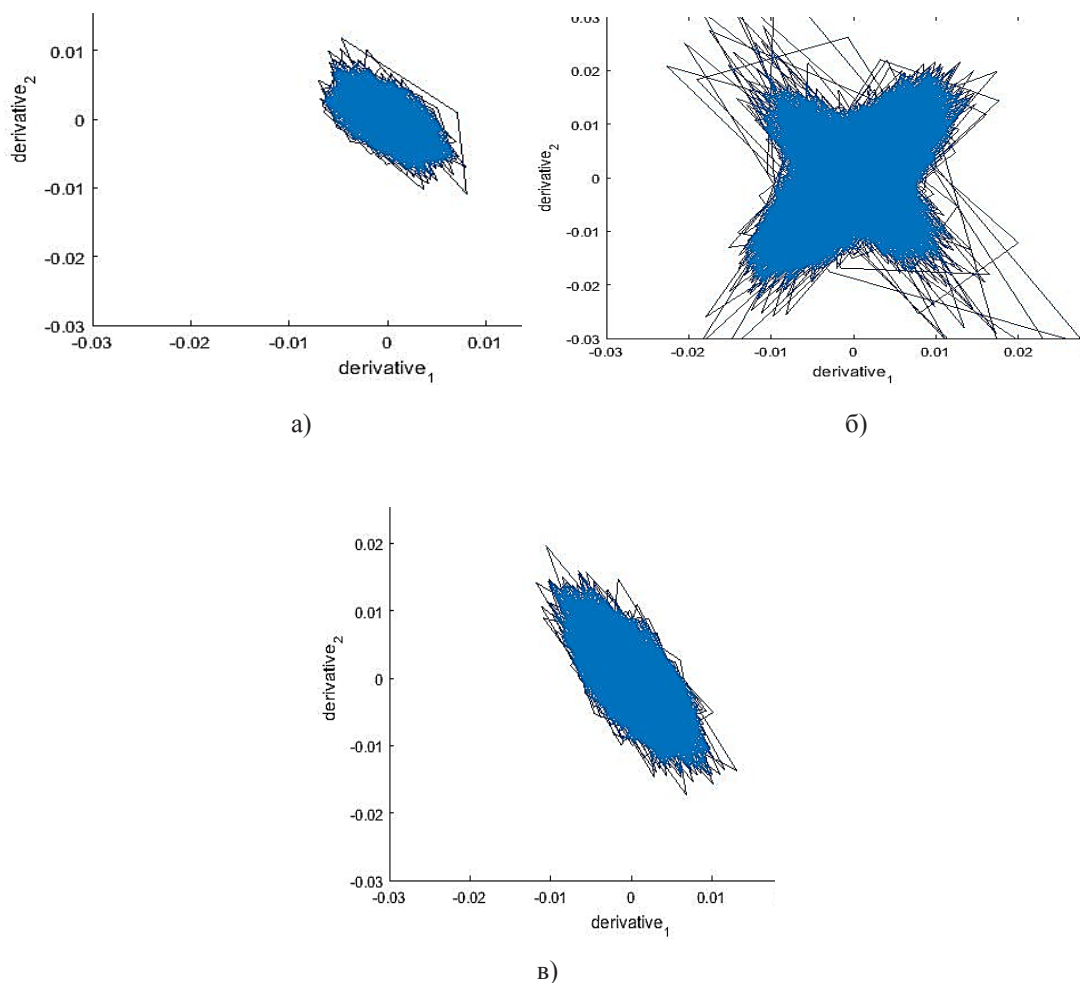


Рис. 2. Подання акустичного шуму 4-х циліндрового бездефектного ДВЗ (а), ДВЗ з однією відключеною свічкою запалювання (б) та ДВЗ, що працює на двох із чотирьох свічок запалювання (в) в координатах $dy/dt - d^2y/dt^2$

Робота механічних систем супроводжується генерацією звукових коливань певної тональності, частоти, амплітуди і фази, і якщо порушується режим роботи додаткового пристрою, або агрегат перестав працювати взагалі, це, безумовно, викличе зміни першої і другої похідної в загальному шумі двигуна.

Відключення свічки запалювання не дозволяє паливо-повітряної суміші в циліндрі згоріти і, отже, поршень не може здійснити робочий хід під час розширення вихлопних газів. Із рисунків видно, що, окрім зміни масштабу картини по всіх осях, яке можна віднести до кількісної характеристики, відбувається і зміна форми фігури, що відноситься до якісної характеристики.

Робота додаткових пристроїв також супроводжується генерацією акустичних сигналів, зміну яких можна відстежити на загальній звуковій картині. На рис. 3 показана нормальна робота 4-х циліндрового ДВЗ (а) і робота двигуна з відключеним приводом компресора кондиціонера, гідро-

підсилювача керма, помпи системи охолодження і генератора (б) в координатах $y - d^2y/dt^2$.

Під час детального розгляду видно, що в порівнянні із базовим шумом зміни торкнулися масштабу фігури вздовж осі абсцис і з'явилися артефакти справа від основної маси точок. Окрім того, на рисунку значно збільшилася кількість випадкових точок навколо основної фігури. Зміни також торкнулися і положення фігури – на рисунку (а) вісь симетрії вздовж фігури має певний кут нахилу відносно горизонтальної осі, а на рисунку (б) кут нахилу горизонтальної осі симетрії фігури не відстежується.

Висновки. Обробка та параметрична візуалізація акустичного сигналу за допомогою його перетворення у 3D-топологічну модель відкриває можливості створення методу дистанційного моніторингу механічних систем з можливістю раннього виявлення функціонального стану агрегатів, збоїв у їх функціонуванні та прогнозування ресурсу елементів механічної системи.

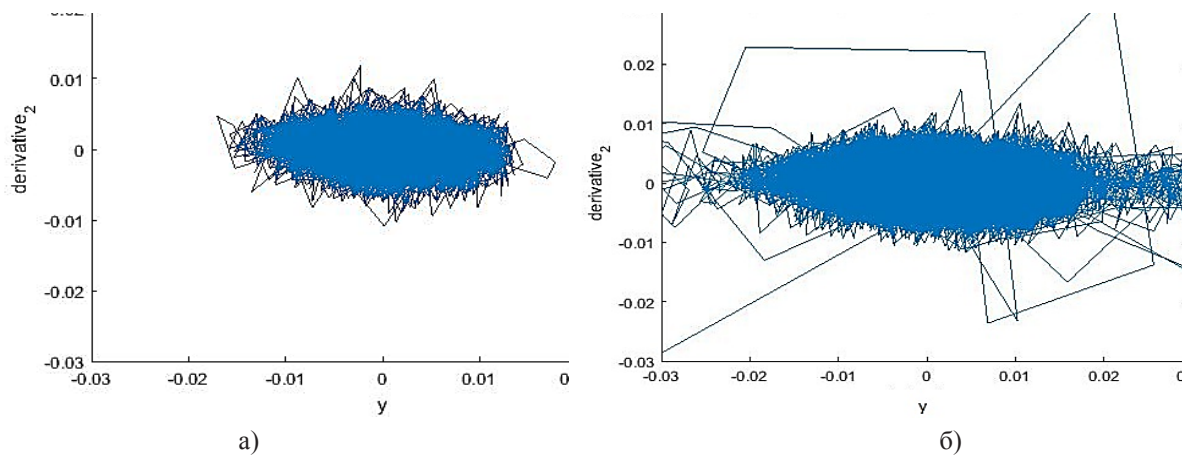


Рис. 3. Подання шуму двигунів у координатах $y - d^2y/dt^2$

Створення інформаційної системи на базі смартфонів для онлайн-діагностики функціонального стану двигуна дозволяє значно спростити експлуатацію автомобіля користувачу-непрофесіоналу, забезпечити дистанційний моніторинг та своєчасне виявлення несправностей автомобіля.

Наведена обробка шумових сигналів функціонуючої механічної системи дає передумову до створення методу дистанційної діагностики елементів ТС з можливістю визначення: збоїв у функціонуванні об'єктів, що генерують звук; стану агрегатів і систем; ресурсу елементів механічної системи; наявності дефектів і механічних пошкоджень деталей і агрегатів. Крім того, особливе значення це може мати для аналізу екологічного (шумового і хімічного) впливу ДВЗ на

навколишнє середовище, адже, наприклад, під час використання неякісного пального або некоректної роботи паливної системи або системи запалювання відбувається погіршення умов згоряння паливо-повітряної суміші, в результаті чого зміниться звук роботи двигуна, що обов'язково стане поміченим такою системою звукового аналізування. Отже, система оцінювання якості моніторингових показників на додаток до штатної системи діагностики несправностей двигуна, можливості якої обмежені використанням цільових датчиків, може значно розширити діагностичні можливості для механічної системи і вивести її на новий якісний рівень із можливістю поглибленого безперервного аналізу стану двигуна.

Список літератури:

1. Keshav Sharma, Armaan Aditya, G.Srinivas. Material failure analysis and engine combustion instabilities of both air and non-air breathing engines/ *Materialstoday:Proceedings*, 2019. DOI: 10.1016/j.matpr.2019.10.105.
2. Hyunseok Oh, Michael H.Azarian, Carlos Morillo, Michael Pecht, Edward Rhem. Failure mechanisms of ball bearings under lightly loaded, non-accelerated usage conditions. *Tribology International*, 2015. № 81, pp. 291–299. DOI: 10.1016/j.triboint.2014.09.014.
3. Alsadak Daraz, Samir Alabied, Fengshou Gu, Andrew D. Ball . Modulation Signal Bispectrum Analysis of Acoustic Signals for the Impeller Wear Detection of Centrifugal Pumps. *25th International Conference on Automation and Computing (ICAC)*, 2019, pp. 509–514. DOI:10.23919/ICoNAC.2019.8895023.
4. Nasha Wei, James Xi Gu, Fengshou Gu, Zhi Chen, Guoxing Li, Tie Wang, Andrew D. Ball. An Investigation into the Acoustic Emissions of Internal Combustion Engines with Modelling and Wavelet Package Analysis for Monitoring Lubrication Conditions. *Energies*, № 12(4)-640, 2019. DOI:10.3390/en12040640.
5. Ghaderi, H., Kabiri, P. Automobile engine condition monitoring using sound emission. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, № 25, 2017. pp.1807–1826. DOI: 10.3906/elk-1605-77.
6. Wail, M. Adaileh. Engine Fault Diagnosis Using Acoustic Signals. *Progress in Environmental Protection and Processing of Resource*, 2013. pp. 295–298. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.295-298.2013.
7. Chomphan, S., Kingrattanaset, Th. An analysis of sound for fault engine. *American Journal of Applied Sciences*, 2014. № 11(6), pp. 1005–1009. DOI: 10.3844/ajassp.2014.1005.1009.
8. Сілевич В.Ю. Аналіз стану поршневого двигуна та його агрегатів за акустичним сигналом їх роботи. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського*, 2019. № 30(69). № 6. С. 170–175. DOI: 10.32838/2663-5941/2019.6-2/30.

9. Мигаль В.П., Мигаль Г.В. Киберфизический подход к исследованию функционирования динамических систем. *Электротехнические и компьютерные системы*, 2016. № 22(98). С. 354–358.
10. Mygal V.P., But A.V., Mygal G.V., Klimenko I.A.. An interdisciplinary approach to study individuality in biological and physical systems functioning. *Scientific Reports, Nature Publishing Group*, 2016, № 6. P. 387–391. DOI: 10.1038/srep29512.
11. Mygal V.P., Mygal G.V. Visualization of Signal Structure Showing Element Functioning in Complex Dynamic Systems – Cognitive Aspects. *Journal of nano- and electronic physics*, 2019. Vol. 11, No 2, 02013. P. 1–4. DOI: 10.21272/jnep.11(2).02013.
12. Mygal V, Mygal G. Problems of Digitized Information Flow Analysis: Cognitive Aspects. *Information & Security: An International Journal*. 2019. 43. № 2, pp. 134-144. DOI: 10.11610/isij.4312.

Mygal V.P., Silevytch V.Yu., Mygal G.V. INTEGRATED DIAGNOSTICS OF THE FUNCTIONAL STATE OF THE ELEMENTS OF TRANSPORT SYSTEMS BASED ON VISUALIZATION OF THE NOISE SIGNAL

Today, it is urgent to develop systems for on-line assessment of the functional state of transport systems (automobile engine, jet engine, etc.) for quick and timely identification of violations. In particular, vibration and sound signals emitted by mechanical systems of a reciprocating engine are sources of information that can serve to determine its state. However, there are problems with diversity, ambiguity, nonlinearity, multidimensionality of information flows from dynamic systems that limit the capabilities of information technologies. One way to overcome these problems is to visualize data using computer cognitive graphics techniques. It is shown that the individual characteristics of the structure of signals of various nature can be identified by their representation in the form of 3D models in the space of dynamic events. The most promising is the parametric visualization of the noise signal of transport systems. It can be implemented using an interdisciplinary approach to identify the individual functioning of complex systems. The approach is based on the parametric representation of the information signal of an object (electrical signal, sound, noise, etc.) in the space of probable dynamic events. By the example of transformation of the noise of the sensors of transport systems, as well as the noise of various engines into a topological 3D model, the visualization features of the possible dynamic events of the digital noise signal of a car engine are shown in the parametric space. It is shown that processing and visualization of an acoustic signal by converting to a 3D topological model opens up new possibilities for creating methods for remote monitoring of mechanical systems with the possibility of early detection of potential failures.

Key words: internal combustion engine, noise, intelligent systems, remote diagnostics, engine defects, signatures, parametric space, spatio-temporal signal structure.

Острроверх О.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ В АВТОМОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ

Компресори кліматичних установок – це нагнітачі витиснювального типу, для змащення яких використовується спеціальне холодоильне масло, половина якого залишається в компресорі, а решта розподіляється по всьому контуру холодоагенту. На вході компресор всмоктує через випарник холодоильний газоподібний холодоагент із низьким тиском і далі нагнітає його в контур високого тиску. Газоподібний стан холодоагенту «технічно необхідний» для компресора, оскільки рідкий холодоагент можна стиснути, що призвело б до руйнування компресора. У зв'язку з тим, що в сучасних автомобілях застосовуються нерегульовані компресори, які не володіють великим терміном служби, як модернізація пропонується застосування аксіально-поршневого компресора з обертовим похилим диском. Обертання його приводного валу за допомогою похилого диска перетворюється на зворотно-поступальний рух поршнів у циліндрах. Залежно від конструктивного виконання може бути від 3 до 10 поршнів, які рухаються паралельно з приводним валом. Кожному поршню відповідає впускний клапан, який відкривається відповідно до такту роботи компресора. Кліматична установка розраховується на максимальну частоту обертання компресора. Продуктивність компресора визначається швидкістю обертання колінчастого валу, що становить від 0 до 6000 об./хв.

У ході дослідження аксіально-поршневого компресора був виконаний розрахунок міцності полого поршня, застосовуваного в запропонованому компресорі з похилою шайбою, за допомогою програмного середовища КОМПАС 3D V16. Як розрахункова програма застосовано систему АРМ FEM («Автоматичне Проектування Машин»), яка являє собою інтегрований в КОМПАС-3D інструмент для підготовки і подальшого кінцево-елементного аналізу тривимірної твердотільної моделі. Матеріал застосований при розрахунку сталь та алюміній.

Підведені підсумки за розрахунковими даними поршня зі сплаву алюмінію і сталі. Одним з переваг алюмінієвого поршня є зменшена у два рази маса, що тягне за собою зменшення інерційних мас. За міцності обидва поршня знаходяться в межах допустимих норм, але у сталі коефіцієнт запасу по міцності практично в два рази вище. У результаті ми отримуємо два різних поршня придатних для застосування в аксіально-поршковому компресорі із похилою шайбою в системі кондиціонування автомобіля.

Ключові слова: автомобіль, кліматична установка, аксіально-поршковий компресор, поршень.

Постановка проблеми. Автомобільний кондиціонер являє собою досить складну систему, вимогливу до технічного обслуговування і профілактичних робіт. Основна функція кондиціонерів – обробка внутрішнього повітря в салоні, оскільки кондиціонери лише забезпечують комфортну для людини температуру, а саме охолодження або обігрів повітря.

Основним робочим вузлом автомобільної кліматичної системи служить компресор – пристрій, що перекачує холодоагент і нагнітає тиск, достатній для конденсації газу. Незважаючи на високу надійність агрегату, поломки трапляються і з ним. Якщо прийшли в непридатність внутрішні елементи конструкції, з економічної точки зору доцільно відмовитися від відновлення компресора і встановити в систему новий пристрій, що доволі дороге задоволення для власника транспортного засобу [9].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Наслідком несвоечасної або неграмотно проведеної профілактики стає вихід з ладу компресора кондиціонера. Про те, що компресор починає виходити з ладу, свідчать характерні гуркіт і виття, що лунає при його роботі. Існує думка, що лікувати цю недугу треба банальною дозаправкою маслом. Але на практиці це тільки відтягне сумний фінал і ускладнить завдання щодо усунення причини, що викликала поломку. Крім того, експлуатуючи компресор з явно вираженою несправністю, власник провокує лавиноподібне засмічення системи продуктами його зносу. В результаті, коли буде прийнято розумне рішення звернутися в сервіс і відремонтувати злочасний вузол, ви з подивом дізнаєтеся, що його вже доведеться міняти в зборі і, крім того, необхідно промивати систему [1–3; 9].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є дослідження застосування аксіально-поршневого

компресора з обертовим похилим диском в системі кондиціонування автомобіля.

Виклад основного матеріалу. У сучасних легкових автомобілях застосування кондиціонування повітря є обов'язковою умовою. Для цього в автомобілі передбачена компресійна холодильна установка. Холодоагент циркулює в закритому контурі і постійно переходить з рідкого стану в газоподібний і навпаки. Холодоагент піддається стиску в газоподібному стані, конденсується шляхом відведення тепла, і випаровується при зменшенні тиску в умовах підведення тепла (рис. 1).

Принцип роботи і схема кліматичної установки представлена на (рис. 2). Компресор всмоктує холодний, газоподібний холодоагент при

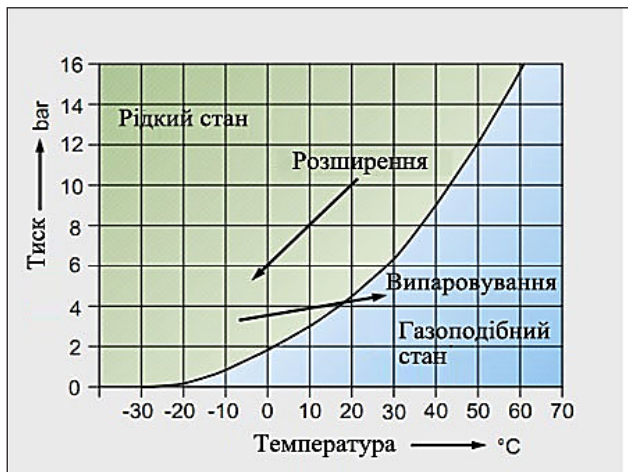


Рис. 1. Крива тиску пара в системі кондиціонування

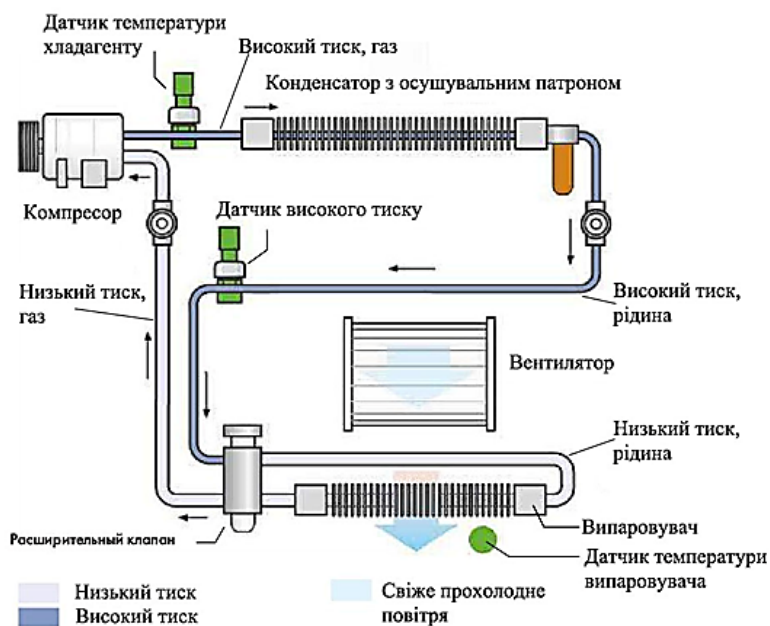


Рис. 2. Схема роботи кліматичної установки

низькому тиску, холодоагент стискується в компресорі і при цьому нагрівається. Він закачується в контур високого тиску, і на цій фазі холодоагент в газоподібному стані під високим тиском і при високій температурі, потрапляє по короткій гілці в конденсатор (дефлегматор). Стиснутий гарячий газ в конденсаторі віддає тепло під впливом набігаючого потоку повітря при русі автомобіля і працюючому вентиляторі [1-7].

Далі в рідкому стані проходить через дросель або розширювальний клапан. Там холодоагент розпорошується в випарник, при цьому відбувається падіння тиску (перехід на сторону низького тиску) в цій фазі холодоагент знаходиться в пароподібному стані під невисоким тиском і має невелику температуру. У випарнику розпилений холодоагент повертається в стан термодинамічної рівноваги і випаровується. Необхідна для цього теплота випаровування відводиться від свіжого повітря, що проходить через ламелі випарника, і повітря при цьому охолоджується, в салоні автомобіля стає прохолодніше. На цьому етапі холодоагент в пароподібному стані під невисоким тиском і має невелику температуру. Нижче на (рис. 3) зображені контури з розширювальним клапаном і дроселем. Далі знову газоподібний холодоагент з випарника засмоктується компресором для відновлення холодильного циклу.

За допомогою розширювального клапана відбувається регулювання потоку холодоагенту, до випарника в залежності від температури парів холодоагенту на виході з випарника:

- якщо підвищується температура холодоагенту, що виходить із випарника, то тоді холодоагент розширюється в термостаті. Потік холодоагенту через кульовий клапан до випарника збільшується;

- якщо знижується температура холодоагенту, що виходить із випарника, то тоді обсяг холодоагенту в термостаті зменшується. Потік холодоагенту через кульовий клапан до випарника зменшується.

На кліматичних установках із дросельним регулюванням замість ресивера для рідкого холодоагенту на боці високого тиску є ресивер-колектор на стороні низького тиску. Він служить в якості збірки і як захист для компресора (від гідродудару). Усі інші пристрої ідентичні пристроїв контуру з розширювальним клапаном.

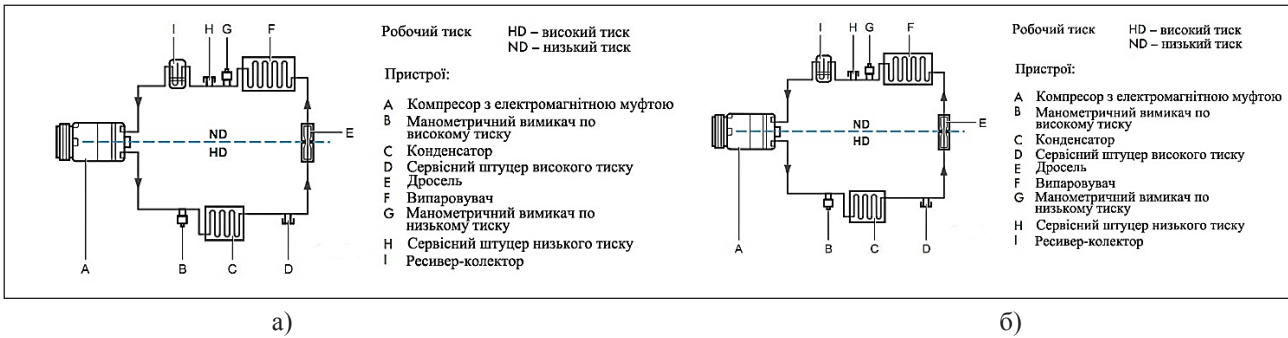


Рис. 3. Контур холодоагенту: а) з дроселем; б) з розширювальним клапаном

Пристрій кліматичної установки. Компресори кліматичних установок є нагнітачі витиснювального типу (рис. 4), для змащення яких використовується спеціальне холодильне масло, половина якого залишається в компресорі, а решта розподіляється по всьому контуру холодоагенту. На вході компресор всмоктує через випарник холодильний газоподібний холодоагент з низьким тиском, і далі нагнітає його в контур високого тиску.

Газоподібний стан холодоагенту «технічно необхідно» для компресора, оскільки рідкий холодоагент можна стиснути, що призвело б до руйнування компресора.

У зв'язку з тим, що в сучасних автомобілях застосовуються нерегульовані компресори, що не володіють великим терміном служби [9]. Як модернізація пропонується застосування аксіально-поршневого компресора з обертовим похилим диском (рис. 5).

Обертання приводного валу за допомогою похилого диска перетворюється в зворотно-поступальний рух поршнів в циліндрах. Залежно від конструктивного виконання може бити від 3 до 10 поршнів, які рухаються паралельно приводного валу. Кожному поршню відповідає впускний клапан. Клапан відкривається відповідно до тактом роботи компресора.

Кліматична установка розраховується на максимальну частоту обертання компресора. Продуктивність компресора визначається швидкістю обертання колінчастого валу, він становить від 0 до 6000 об/хв.

Щоб було можливим узгодити роботу компресора зі швидкістю двигуна, температурою зовнішнього повітря і температурою повітря в салоні – коротше кажучи, з потребою в хладопродуктивності – були розроблені компресори регульованою продуктивності із змінним робочим об'ємом. Це досягається зміною нахилу диска, що обертається.

У компресорах з постійним робочим об'ємом узгодження з потребою в хладопродуктивності відбувається шляхом періодичного включення і виключення компресора за допомогою електромагнітної муфти.

Електромагнітна муфта (рис. 6) здійснює силовий зв'язок між компресором і працюючим двигуном. Муфта складається з: пасових шківів з підшипником; пружного диска з маточиною; електромагнітної котушки.

Маточина підпружиненого диска жорстко монтується на приводний вал компресора. Ремінний шків може обертатися на підшипнику, закріпленому на корпусі компресора біля виходу валу. Електромагнітна котушка жорстко з'єднана з корпусом компресора. Між підпружиненим диском і ремінним шківом є зазор «А».

Двигун автомобіля через полікліновий ремінь приводить в рух ремінний шків (показана стрілка). Шків при вимкненому кліматичної установці вільно обертається.

Коли компресор включається, до електромагнітної котушки підводиться напруга, виникає



Рис. 4. Автомобільний компресор

магнітне силове поле. Під впливом цього поля підпружинений диск, зсувається до обертається ремінному шківу (зазор «А» обраний) і утворює силову зв'язок між ремінним шківом і приводним валом компресора. Компресор починає обертатися і працює до тих пір, поки не буде відключене живлення електромагнітної котушки. Під дією пружин підпружинений диск відходить

від пасових шківів, і ремінний шків знову обертається вільно, без зв'язку з приводним валом компресора.

Масло застосовується для компресорів. Для змащення всіх рухомих частин в кліматичній установці застосовується спеціальне масло – холодильне масло, яке вільне від забруднюючих частинок; сірки, воску і вологи.

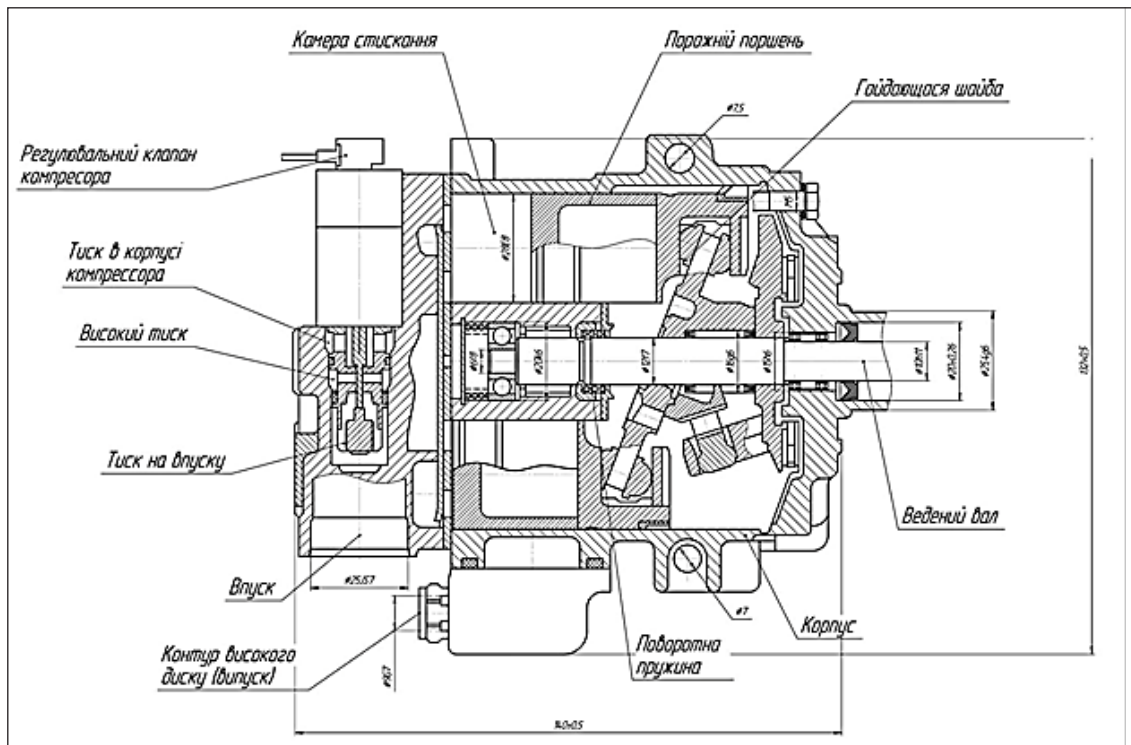


Рис. 5. Аксиально-поршневий компресор з похилою шайбою

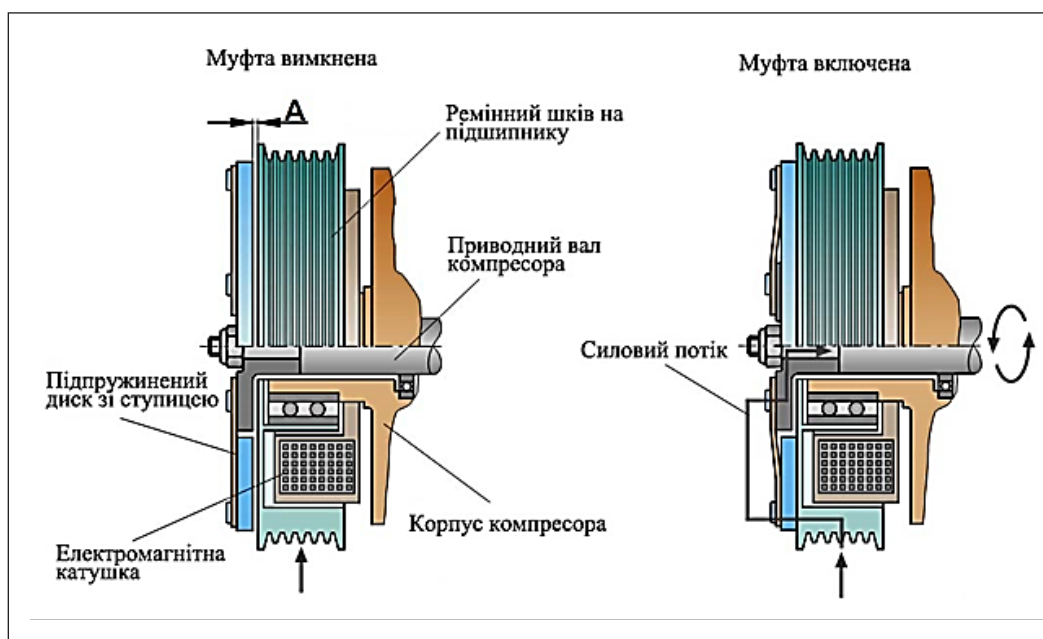


Рис. 6. Електромагнітна муфта

Таке масло має бути нейтральним по відношенню до холодоагенту, оскільки він підмішується до холодоагенту і разом з останнім переміщується по контуру холодоагенту; при цьому не повинно бути агресивного впливу на ущільнення.

Не можна використовувати ніяке інше масло, інакше це неодмінно призведе до плакування міддю, закоксування і утворення відкладень. Наслідком цього є передчасний знос і руйнування рухомих частин.

Для контурів із холодоагентом R134a використовується спеціальне синтетичне масло. Це масло призначене для застосування тільки з цим холодоагентом.

Наприклад, синтетичне масло вітчизняного виробництва ХАДО Refrigeration Oil 100, яке розроблено спеціально для автомобільних кондиціонерів працюють з холодоагентом R-134a. Це холодильне масло також підходить тільки для певної конструкції компресора. Холодильне масло для R134a, має позначення PAG (Poly-Alkylen-Glykol), до його властивостями належить: високий ступінь розчинності в холодоагенті; хороші змащувальні якості; не містить кислот; велика гігроскопічність (добре вбирає воду); не змішується з іншими маслами. Під час використання необхідно брати до уваги: не слід використовувати цю олію в старих кліматичних установках з холодоагентом R12, оскільки воно з останнім несумісне.

Далі в ході дослідження був виконаний розрахунок міцності пологого поршня (рис. 7), застосовуваного в запропонованому аксіально-поршневому компресорі з похилою шайбою, за допомогою вбудованої бібліотеки APM FEM в КОМПАС-3D [8].

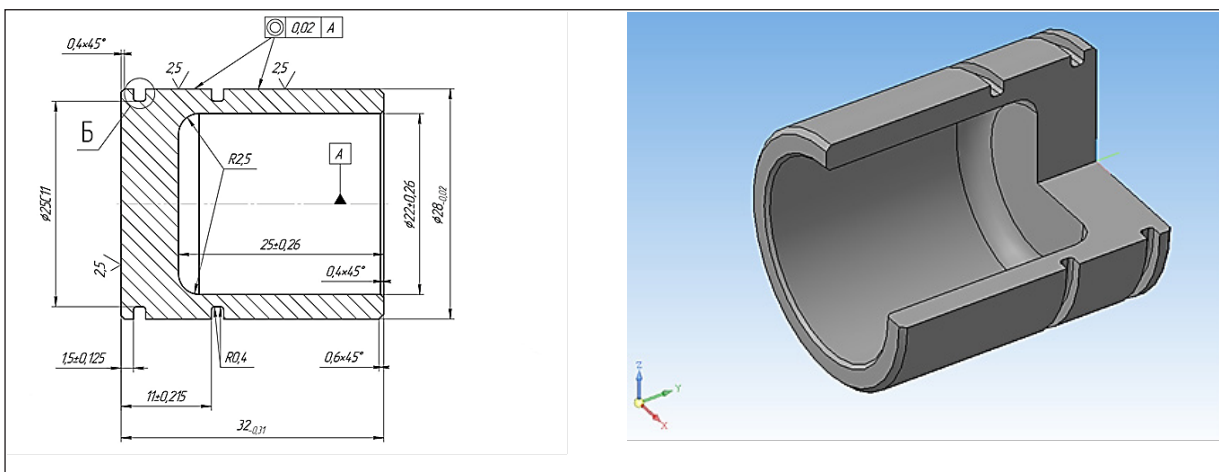
В якості матеріалу використовується сталь 30ХГСА ГОСТ 4543-71, характеристики якої представлені в (табл. 1). Оскільки часто в автомобільних компресорах застосовуються алюмінієві сплави, був проведений аналіз сумісності з холодоагентами. Як показали дослідження, проведені фірмою «Du Pont», більшість із застосовуваних конструкційних металів, таких, як сталь, чавун, бронза, мідь, олово, свинець і алюміній, добре працюють з холодоагентами фірм SUVA за нормальних умов експлуатації.

Таблиця 1

Характеристики сталі

Найменування	Показники
Межа плинності, МПа	235
Модуль пружності нормальний, МПа	200000
Коефіцієнт Пуассона	0,3
Щільність, кг/м ³	7800
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, 1/С	0,000012
Теплопровідність, Вт/(м·С)	55
Межа міцності при стисненні, МПа	410
Межа витривалості при розтягуванні, МПа	209
Межа витривалості при крученні, МПа	139

Далі створено кінцево-елементну сітку, (рис. 8), параметри (табл. 2). Сітка має 39738 кінцевих елементів і 8885 вузлів, які забезпечують високу точність в подальших розрахунках. Оскільки поршень порожнистий фіксація була виконана у нижній кромці (рис. 9), з додатком навантаження до торцевої робочої поверхні поршня в 0,5 Н/мм² і впливом температури в 40°С.



а)

б)

Рис. 7. Поршень: а) креслення; б) 3-D модель

Таблиця 2

Параметри і результати розбиття

Найменування	Показники
Максимальна довжина сторони елемента, мм	1,25
Максимальний коефіцієнт згущення на поверхні	1
Коефіцієнт розрідження в обсязі	1
Кількість кінцевих елементів	39738
Кількість вузлів	8885

Аналіз статичного розрахунку показує, що в нижній частині кромки поршня виникає максимальна напруга рівне 92 МПа (рис. 10), і результати зведені в (табл. 4).

Таблиця 3

Інерційні характеристики моделі

Найменування	Показники
Маса моделі, кг	0,080282
Центр тяжіння моделі, м	(-0; -0,012695; 0)
Моменти інерції моделі відносно центру мас, кг·м ²	(0,000005; 0,000002; 0,000005)
Реактивний момент відносно центру мас, Н·м	(0,044054; -0,00442; -0,013675)
Сумарна реакція опор, Н	(-1,02; 28583,2; -2,18)
Абсолютне значення реакції, Н	28583,239042
Абсолютне значення моменту, Н·м	0,046339

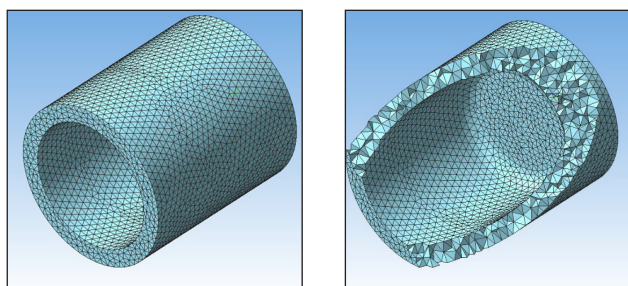


Рис. 8. Кінцево-елементна сітка поршня

Таблиця 4

Результати статичного розрахунку

Найменування	Мінімальне значення	Максимальне значення
Еквівалентне напруження по Мізесу	0,22	92

Виконано розрахунок лінійного переміщення (рис. 11 а). (табл. 5), максимальне значення якого знаходиться в межах норми. Проведено розрахунок коефіцієнта запасу по текучості (рис. 11 б), дані (табл. 6), а також коефіцієнта запасу по міцності (рис. 11 в), (табл. 7).

Таблиця 5

Сумарне лінійне переміщення

Найменування	Мінімальне значення	Максимальне значення
Сумарне лінійне переміщення	0	0,008624

Таблиця 6

Результати коефіцієнта запасу за текучістю

Найменування	Мінімальне значення	Максимальне значення
Коефіцієнт запасу по текучості	2,530643	938,753575

З отриманих вище результатів мінімальний коефіцієнт запасу за плинністю становить 2,53,

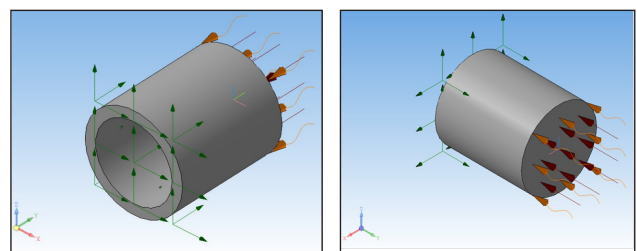


Рис. 9. Навантаження і закріплення деталі

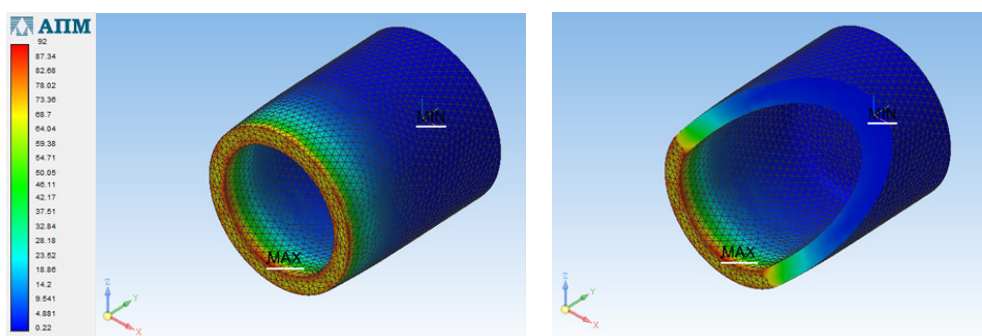


Рис. 10. Аналіз напружень

а по міцності 4,415, що є хорошим результатом забезпечує хороші показники міцності.

Таблиця 7

Коефіцієнт запасу за міцністю

Найменування	Мінімальне значення	Максимальне значення
Коефіцієнт запасу по міцності	4,415	100

Також було виконано розрахунок власних коливань, приведена 5-а форма, (рис. 11 г), (табл. 8).

Таблиця 8

Результати розрахунку власних частот

N	Частота, рад/сек	Частота, Гц
1	67830,035975	10795,485516
2	67847,829394	10798,317426
3	137322,039668	21855,481409
4	180746,91442	28766,764878
5	233730,276531	37199,32886
6	233907,711485	37227,56851
7	234740,257661	37360,072349
8	234827,242403	37373,916401

У результаті виконаного розрахунку поршень, виконаний зі сталі, повністю відповідає всім нормам і може бути використаний в аксіально-поршневому компресорі з регульованою похилою шайбою.

В якості порівняльної характеристики було зроблено розрахунок поршня із застосуванням сплаву АЛ8 ГОСТ 1583-93.

Створення кінцево-елементної сітки виконано аналогічним способом, як і фіксування, і додаток ідентичних навантажень. Інерційні характеристики наведені в (табл. 9).

Таблиця 9

Інерційні характеристики моделі зі сплаву АЛ8

Найменування	Значення
Маса моделі, кг	0,028099
Центр тяжіння моделі, м	(-0; -0,012695; 0)
Моменти інерції моделі відносно центру мас, кг·м ²	(0,000002; 0,00007; 0,000002)
Реактивний момент відносно центру мас, Н·м	(0,032536; -0,003894; -0,009558)
Сумарна реакція опор, Н	(-0,79; 25048,76; -1,41)
Абсолютне значення реакції, Н	25048,767864
Абсолютне значення моменту, Н·м	0,034133

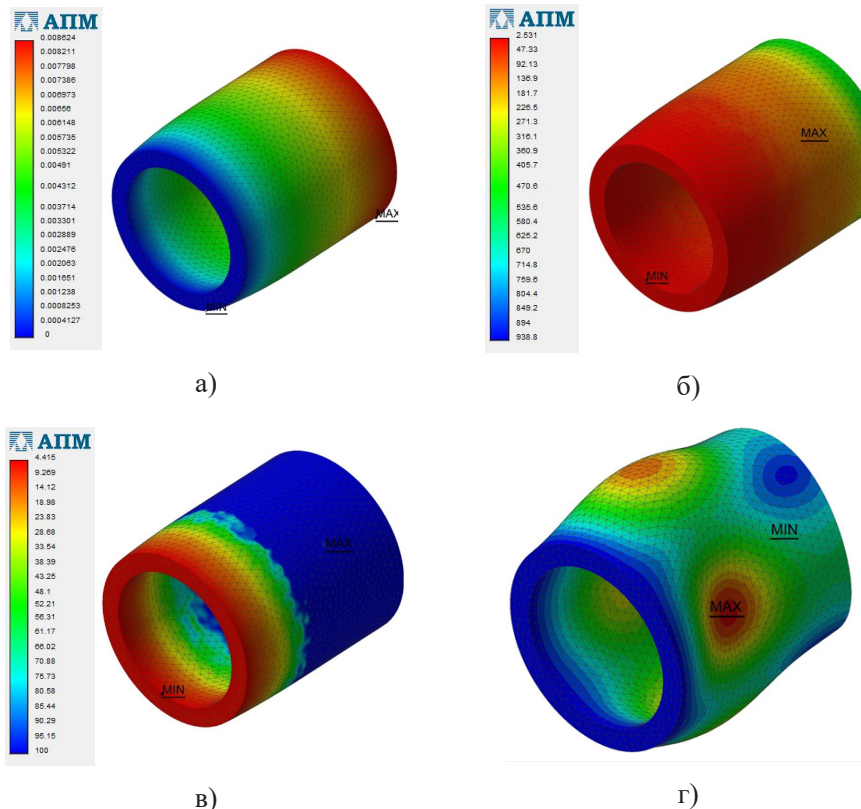


Рис. 11 Розрахунок поршня зі сталі: а) результати лінійного переміщення; б) коефіцієнт запасу по текучості; в) коефіцієнт запасу по міцності; г) 5-а форма власних коливань

Проведений статичний аналіз також показує, що в нижній частині кромки поршня виникає максимальне напруження але воно менше і дорівнює 65,52 МПа (рис. 12), результати в (табл. 10).

Таблиця 10

Результати статичного розрахунку		
Найменування	Мінімальне значення	Максимальне значення
Еквівалентне напруження по Мізесу	0,262536	65,516205

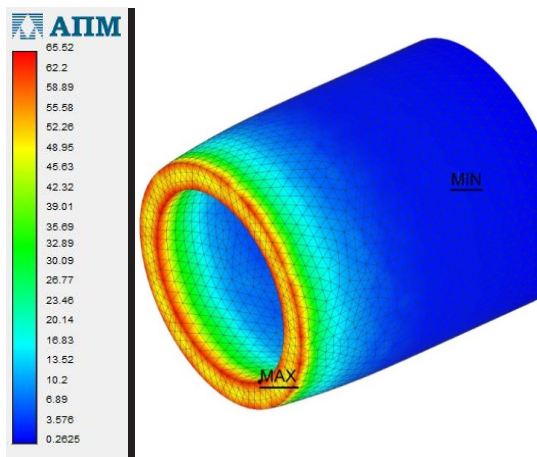


Рис. 12. Аналіз напруг сплаву АЛ8

Розрахунок лінійного переміщення (рис. 13 а), (табл. 11), в порівнянні зі сталевим поршнем збільшилася вудва рази, і дорівнює 0,017 мм.

Таблиця 11

Сумарне лінійне переміщення

Найменування	Мінімальне значення	Максимальне значення
Сумарне лінійне переміщення	0	0,017256

Виконаний розрахунок коефіцієнта запасу по плинності (рис. 13 б) і отримані дані (табл. 12), вказує, що мінімальне значення змінилося незначно, дорівнює 2,75.

Таблиця 12

Результати коефіцієнта запасу по текучості

Найменування	Мінімальне значення	Максимальне значення
Коефіцієнт запасу по текучості	2,747876	716,222242

Розрахунок коефіцієнта запасу по міцності (рис. 13 в), (табл. 13) виявляється, менше майже в два рази, дорівнює 2,52, хоча і знаходиться в межах норми, і забезпечує достатні показники міцності.

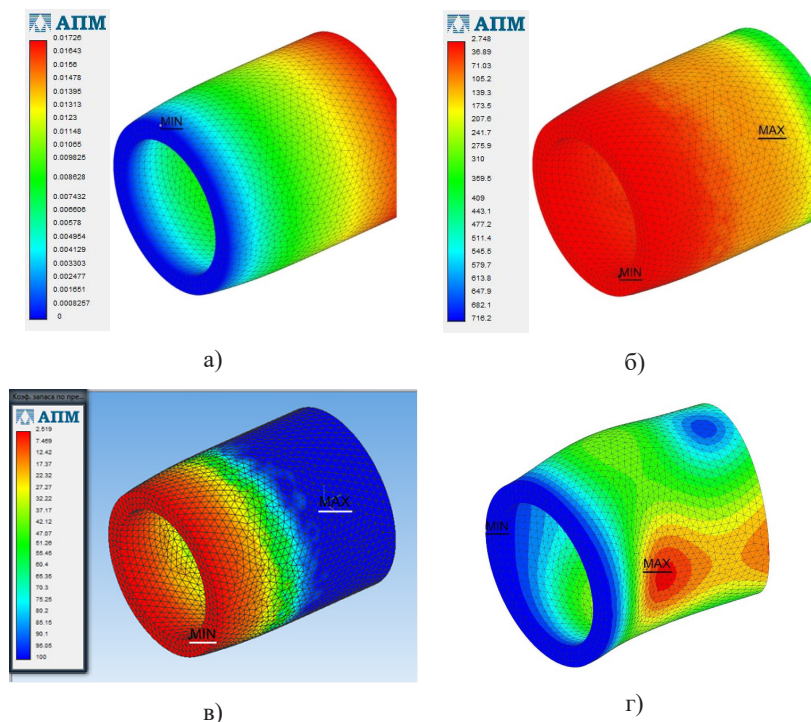


Рис. 13. Розрахунок поршня з АЛ8: а) результати лінійного переміщення; б) коефіцієнт запасу за текучістю; в) коефіцієнт запасу за міцністю; г) 5-а форма власних коливань

Таблиця 13

Коефіцієнт запасу з міцності

Найменування	Мінімальне значення	Максимальне значення
Коефіцієнт запасу по міцності	2,518886	100

Також було виконано розрахунок власних коливань, приведена 5-а форма, (рис. 13 г, табл. 14).

Таблиця 14

Результати розрахунку власних частот

N	Частота, рад/сек	Частота, Гц
1	67664,213138	10769,093991
2	67680,176348	10771,634615
3	135277,051883	21530,011494
4	181072,36603	28818,562111
5	234262,026829	37283,959548
6	234438,254447	37312,007045
7	234825,380962	37373,620144
8	235231,118029	37438,195203

Висновки. Однією з переваг алюмінієвого поршня є зменшена у два рази маса, що тягне за собою зменшення інерційних мас. За міцністю обидва поршня знаходяться в межах допустимих норм, але у сталі коефіцієнт запасу по міцності практично в два рази вище 4,4 проти 2,5. У результаті ми отримуємо два різних поршня придатних для застосування в аксіально-поршневному компресорі з похилою шайбою, що дозволить нам виконати ремонті роботи під час виходу зі строю компресору, а не його заміну в цілому, як під час застосування нерегульованого компресора. Також ід час застосування запропонованого компресора с системі кондиціювання непотрібен такий елемент, як дросель, тому що захист від гідроудару забезпечує сам компресор.

Отже, використання аксіально-поршневих компресорів із похилою шайбою в автомобільних системах кондиціювання є перспективним напрямом.

Список літератури:

1. Ананьев В.А, Седых И.В. Холодильное оборудование для современных центральных кондиционеров. Расчеты и методы підбора : учеб. пособие Москва : Евроклимат, 2001. 96 с.
2. Ананьев В.А., Балуева Л.Н., Гальперин А.Д. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. Москва : Евроклимат, 2001. 416 с. 3-е издание
3. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники. Москва, 1984. 508 с.
4. Коляда В.В. Кондиционеры. Принципы работы, монтаж, установка, эксплуатация. Рекомендации по ремонту. Москва, 2002. 240 с.
5. Кругляк И.Н. Бытовые холодильники (устройство и ремонт) : учеб. пособие. Москва : Легкая индустрия, 1974. 205 с.
6. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача : учеб. пособие для вузов. Москва : Высш.школа, 1980. 469 с.
7. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники : учебник. Москва : Легкая и пищевая промышленность, 1984. 520 с.
8. APM FEM Система прочностного анализа для КОМПАС-3D. URL : <http://www.apm.ru>.
9. Кашкаров А.П. Автомобильные кондиционеры. Установка, обслуживание, ремонт. Москва : ДМК Пресс, 2012. 112 с.

Ostroverkh O.O. RESEARCH OF THE USE OF AXIAL PISTON COMPRESSORS IN AUTOMOTIVE AIR CONDITIONING SYSTEMS

Air conditioning compressors are displacement superchargers. For their lubrication, special refrigeration oil is used, half of which remains in the compressor and the rest is distributed throughout the refrigerant circuit. At the inlet, the compressor sucks gaseous refrigerant with low pressure through the evaporator and then pushes it into the high pressure circuit. The gaseous state of the refrigerant is "technically necessary" for the compressor, as the liquid refrigerant can be compressed, which can cause the destruction of the compressor. Due to the fact that modern automobiles use unregulated compressors, which do not have a long service life, an axial piston compressor with an inclined rotating disc is used as an upgrade. The rotation of its drive shaft by means of an inclined disk is converted into reciprocating motion of the pistons of the cylinders. Depending on the design, there can be from 3 to 10 pistons that move in parallel with the drive shaft. Each piston corresponds to an inlet valve, which opens according to the compressor duty cycle. The air conditioning system is designed for the maximum speed of the compressor. The performance of the compressor is determined by the speed of rotation of the crankshaft, which is from 0 to 6000 rpm.

During the study of the axial piston compressor, the strength of the hollow piston used in the proposed compressor with an angled washer has been calculated using the software environment COMPASS 3D V16.

The APM FEM system (“Automated Machine Design”) is used as a calculation program, which is a tool for preparation and subsequent finite element of a three-dimensional solid model integrated in KOMPAS-3D. Aluminium and steel have been used as materials in the calculation.

The results according to the calculated data of the piston made of aluminium and steel alloy are summarized. One of the advantages of the aluminium piston is a halved mass, which entails a reduction in inertial masses. In terms of strength, both pistons are within acceptable limits but when using steel, the coefficient of strength is almost twice as high. As a result, we get two different pistons suitable for use in the axial piston compressor with an angled washer in the automotive air conditioning system.

Key words: *automobile, installation, axial piston compressor, piston.*

Фоменко Г.Р.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ТРАНСПОРТНІ ПОТОКИ ТА ЇХНІЙ ВПЛИВ НА РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ МІСЬКИХ МАГІСТРАЛЕЙ

У статті розглянуто питання впливу транспортних потоків на погіршення стану навколишнього середовища в містах. Зростання обсягів автотранспортних перевезень обумовлено потребами економічного розвитку країн. Підвищення інтенсивності руху транспортних потоків у містах значно погіршує стан навколишнього середовища територій, прилеглих до магістральних вулиць міст. Особливості формування руху транспортних потоків у містах залежать від чинних планувальних схем. Не менш важливим є розміщення функціональних зон і структура вулично-дорожньої мережі. На кількість викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище значно впливає склад транспортних потоків, досконалість конструкцій автомобілів, їхній технічний стан, а також вид палива й особливо його якість.

Рух транспортних потоків супроводжується великою кількістю викидів токсичних речовин. Забудова міських територій має багато особливостей, пов'язаних із вулично-дорожньою мережею. Різноманітна міська забудова впливає на процес розсіювання забруднюючих речовин від автотранспортних потоків. Параметри вулиць у межах «червоних ліній», особливості розміщення будівель, а також їхня висота й довжина, ширина відстаней між ними визначають умови обтікання повітряними потоками та ступінь розсіювання вихлопних газів. Суттєво впливає на розподіл повітряних потоків аерація вулиць. Міські вулиці – це неорганізоване джерело викидів відпрацьованих газів автомобілів. За відповідних метеорологічних умов на магістральних вулицях концентрація шкідливих сполук у повітрі збільшується й може сягати небезпечних показників.

Рівень забруднення повітряного середовища в районах міських магістральних вулиць і прилеглих до них територій залежить від інтенсивності руху та складу транспортних потоків, ширини й рельєфу вулиць, швидкості вітру, вологості та інших чинників. Міські вулиці є одним з основних джерел забруднення приміагістральних територій. Шкідливі речовини, які містяться у відпрацьованих газах транспортних засобів, негативно впливають на людину й можуть бути причиною виникнення й розвитку значної кількості захворювань. Найбільші концентрації забруднюючих речовин виділяються за холодного режиму роботи автотранспорту й короточасних зупинок.

Дослідження рівня забруднення викидами від транспортних потоків були проведені на ділянках магістральних вулиць Московський проспект, вулиця Полтавський шлях, на перетині вулиці Академіка Павлова й Салтівське шосе в місті Харкові. Виконані натурні дослідження складу транспортних потоків, інтенсивності та швидкості руху. Визначено рівні забруднення викидами оксиду вуглецю експериментальним і розрахунковим методами. Проведено порівняльний аналіз результатів досліджень, які дали змогу встановити значне перевищення показників гранично допустимої концентрації (далі – ГДК) (максимально разової) оксиду вуглецю на досліджених ділянках.

Ключові слова: транспортний потік, шкідливі викиди, рівень забруднення, магістральні вулиці, повітряне середовище.

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку суспільства супроводжується постійним зростанням кількості транспортних засобів. Збільшення рівня автомобілізації сприяє економічному розвитку країн, але негативним наслідком цього процесу є значне погіршення стану навколишнього середовища. На жаль, людство не може існувати без автомобільного транспорту, який є одним з основних видів транспортних засобів і, безумовно, частиною побуту людей. Збільшення кількості автомобілів на вулицях міст призводить до утворення заторів, неефективної витрати паль-

ного, збільшення шкідливих викидів із вихлопними газами, зростання шуму. Найвищий рівень забруднення атмосферного повітря спостерігається в містах. Концентрація шкідливих речовин у повітрі внаслідок викидів від автотранспорту в багатьох містах світу перевищує їхні гранично допустимі концентрації, і наша країна не є винятком. Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище – це одна з актуальних проблем, яка потребує невідкладного вирішення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На території міст важливим структурним елементом

є вулично-дорожня мережа. Формування руху транспортних потоків у містах визначається особливостями планувальних схем і функціональної структури [1; 2; 3; 4]. У процесі руху транспортних потоків магістралями й вулицями міста рівень викидів шкідливих речовин в атмосферу залежить від комплексу факторів, серед яких:

- склад транспортного потоку, технічний стан і ступінь зносу транспортних засобів;
- інтенсивність руху й щільність потоків;
- швидкість руху;
- пропускна здатність;
- наявність ділянок розгону й гальмування;
- стан дорожніх покриттів;
- особливості зміни рельєфу місцевості.

Значно впливає на кількість шкідливих викидів склад автотранспорту, досконалість конструкції автомобілів, їхній технічний стан і, безумовно, якість і вид палива, яке використовується [2; 5; 6]. Під час руху транспортних потоків в атмосферу надходить значна кількість токсичних речовин. В умовах міської забудови розсіювання забруднюючих речовин ускладнюється. Ширина вулиць у межах «червоних ліній», особливості забудови, такі як висота й довжина будівель, ширина відстаней між ними, визначають умови обтікання їх повітряними потоками та ступінь розсіювання вихлопних газів. Істотно впливає на розподіл повітряних потоків аерація вулиць [7; 8; 9]. Загалом кожна міська вулиця – це неорганізоване джерело викидів відпрацьованих газів автомобілів. За відповідних метеорологічних умов на магістральних вулицях концентрація шкідливих сполук у повітрі значно збільшується й може досягати небезпечних показників. Забруднення природного середовища густонаселених міських територій чинить негативний вплив на здоров'я людей [10; 11; 12].

Постановка завдання. Метою наукової статті є оцінка впливу транспортних потоків і рівня забруднення навколишнього середовища на магістральних вулицях міста.

Виклад основного матеріалу дослідження. Зі зростанням інтенсивності руху автотранспорту в містах утворюються широкі зони порушення санітарно-гігієнічних вимог до якості навколишнього середовища. Небезпечність викидів автотранспорту полягає в таких чинниках:

- викид шкідливих речовин відбувається безпосередньо в приземний шар на рівні дихання людей;
- викиди мають місце на територіях з великою щільністю постійного проживання й тимчасового перебування людей;

– відпрацьовані гази автотранспорту являють собою багатокомпонентну суміш.

У повітряне середовище з викидами надходить понад двісті хімічних сполук, наприклад оксиди вуглецю (CO) (далі – CO), оксиди азоту (NO і NO₂), вуглеводні (C_nH_m), діоксид сірки (SO₂), а також канцерогенні речовини – сажа, альдегіди, бенз(а)пірен. Відпрацьовані гази автомобілів за впливом на організм людини підрозділяються на токсичні (оксид вуглецю, оксид азоту, оксиди сірки, вуглеводні, альдегіди, свинцеві сполуки), канцерогенні (бенз(а)пірен, трихлорметан, дихлорметан, бензол, формальдегід) і подразнювальної дії (оксиди сірки, вуглеводні) [2; 7]. Ступінь впливу цих компонентів на організм людини визначається концентрацією їх у повітрі, а також тривалістю дії. Необхідно зазначити, що найбільша концентрація забруднюючих речовин утворюється за роботи автотранспорту на холостому ходу, а також під час короткочасних зупинок [1; 9; 10]. Міські магістралі – це найбільш стабільні структурні складові частини міського планування, вони значно впливають на функції прилеглих до них територій і є одним з основних джерел забруднення приміагістральних територій, сполучною ланкою з центральною частиною міста, а також з вулицями загальноміського значення. Забруднення повітряного середовища в районах міських магістралей і прилеглих територій залежить від інтенсивності руху автомобілів, ширини й рельєфу вулиці, швидкості вітру, складу транспортних потоків й інших факторів. Але якими б не були ці фактори, забруднення повітря в межах міста є постійно й воно негативно впливає на кожного мешканця міста [11; 12; 13].

Дослідження рівня забруднення викидами від транспортних потоків було проведено на ділянках магістральних вулиць Московський проспект, вулиця Полтавський шлях і на перетині вулиці Академіка Павлова й Салтівське шосе у місті Харкові. Вулиця Московський проспект починається в центрі міста й має протяжність понад 18 км. Вулиця Полтавський шлях також починається в центрі міста, а завершується на перетині з автомобільними дорогами М-03 й Е-40 у напрямку Полтави та Києва. Протяжність вулиці Полтавський шлях становить 7,65 км. На магістральних вулицях, що прийняті для досліджень, виділено ділянки, які розділено на три частини. Кожна з ділянок має свої особливості.

Формування транспортних потоків на магістральних вулицях обумовлено злиттям потоків, які примикають із міжнародних трас, шляхів паса-

жирських перевезень районного й міжміського значення. У напрямку центральної частини міста значно зростає щільність транспортних потоків. Крім автотранспортних потоків, на магістральних вулицях розміщені колії електротранспорту, які впливають на організацію руху. Ділянки, які прийняті для досліджень по вулиці Московський проспект, розташовані в частині, що наближена до центру міста. На вулиці Полтавський шлях ділянки розміщені в зоні в'їзду в місто, а саме кінцевої станції метро й залізничного вокзалу.

Для визначення викидів забруднюючих речовин від транспортних потоків було виконано натурні обстеження потоків на певних ділянках магістральних вулиць міста. Дослідження складу транспортних потоків й інтенсивності руху проведено в робочі й вихідні дні в години пік. Аналіз складу й інтенсивності руху автотранспорту досліджуваними міськими магістралями показав, що основний внесок у сумарну інтенсивність руху роблять легкові автомобілі (70–75 %); внесок вантажного транспорту становить 20–24 %, а пасажирського – 5–6 % в робочі дні тижня.

У вихідні дні зростає частка легкового транспорту (85–90 %), вантажного знижується до 5–9 %, а пасажирського залишається в тих самих межах (5–6 %). Показники швидкості змінюються на різних ділянках у межах 20–58 км/год у робочі дні, а у вихідні дні швидкість становить 37–60 км/год.

Забруднюючою речовиною від автомобільного транспорту, яка переважає в повітрі, є оксиди вуглецю (СО). Зміна показників швидкості транспортних потоків на ділянках перегонів, перехресть супроводжується викидами шкідливих речовин. На перехрестях, за роботи двигуна на холостому ходу, гальмування, концентрація СО може зростати у 2–4 рази. Внаслідок несприятливих умов руху в центральній частині міста спостерігається значне збільшення кількості викидів шкідливих речовин. На ділянках із щільною висотною забудовою й недостатньою аерацією території середня тривалість присутності СО в повітряному середовищі може бути місяць і більше.

Таблиця 1

Показники інтенсивності руху й кількості викидів СО на ділянках вулиці Московський проспект

Ділянка спостережень	Інтенсивність руху транспортного потоку, авт./год		Розрахунковий рівень забруднення СО, мг/м ³	Рівень викидів СО, мг/м ³ за результатами вимірів	Перевищення ГДК _{МР} за СО
	прямий	зворотний			
Велозаводський міст – пров. Конюшинний	2422	2662	13,9	15,3	<u>2,8</u> 3,1
вул. Юріївська – пл. захисників України	1447	1328	9,1	8,5	<u>1,8</u> 1,7
пл. Небесної Сотні – вул. Б. Хмельницького	992	1042	12,8	13,6	<u>2,6</u> 2,7
вул. Академіка Павлова – вул. Салтівське шосе	1589	1693	15,0	14,8	<u>3,0</u> 2,9

Таблиця 2

Показники інтенсивності руху й кількості викидів СО на ділянках вулиці Полтавський шлях

Ділянка спостережень	Інтенсивність руху транспортного потоку, авт./год		Розрахунковий рівень забруднення СО, мг/м ³	Рівень викидів СО (мг/м ³) за результатами вимірів	Перевищення ГДК _{МР} за СО
	прямий	зворотний			
вул. Полтавський шлях – вул. Холодногірська – вул. Дудинської	2035	1866	16,0	15,1	<u>3,2</u> 3,0
вул. Полтавський шлях – вул. Петра Болбочана	1669	1483	13,9	14,6	<u>2,8</u> 2,9
вул. Полтавський шлях – вул. Євгена Котляра	1877	1608	19,9	19,5	<u>4,0</u> 3,9

Для проведення замірів рівнів забруднення викидами СО було використано точки на досліджуваних ділянках, де визначалися показники інтенсивності руху транспортних потоків. Для досліджень застосовано метод із використанням газовизначальника ГХ-4. Заміри викидів проводилися в осінній період в робочі дні тижня в години пік. Погодні умови під час дослідів відрізнялися незначно: температура повітря становила $t = 16\text{--}18$ °С; вологість змінювалася в межах $W = 55\text{--}62\%$; швидкість вітру $V = 6\text{--}8$ м/с; атмосферний тиск $p = 745\text{--}750$ мм рт. ст. Концентрація викидів СО визначалася в приземному шарі в зоні бордюру. Гранично допустима концентрація СО в атмосфері населених міст становить 5 мг/м³. На прийнятих для досліджень ділянках також виконані розрахунки рівнів забруднення викидами СО за методикою, розробленою у Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті (ХНАДУ) доцентом А.Л. Шаповаловим. У розрахунках було враховано комплекс показників, як-от інтенсивність і швидкість руху транспортних потоків; вологість повітря; швидкість вітру; рельєф ділянок; щільність забудови й озеленення; аерація; позовжній ухил. За результатами розрахунків побудовані лінійні графіки.

Результати, отримані під час замірів і розрахунків щодо кількості забруднюючих викидів СО, представлені в таблицях 1, 2.

Порівняльний аналіз результатів досліджень свідчить, що на всіх ділянках магістральних вулиць має місце перевищення показників гранично допустимих концентрацій СО. Необхідно відзначити, що результати рівнів забруднення, отримані за розрахунками й показниками замірів на визначених ділянках, мають незначні відхилення. Під час розгляду лінійних графіків для

дослідних ділянок можна помітити зміну рівнів забруднення СО, що обумовлено зміною геометричних параметрів на ділянках досліджуваних вулиць, розміщенням перехресть, зеленими зонами скверів, а також наявністю припаркованих автомобілів. Зміни рівнів забруднення значною мірою залежать від складу транспортного потоку й транспортної розв'язки. На ділянках вулиці Московський проспект перевищення ГДК_{МР} становить $1,8\text{--}3,0$ рази. Найбільший показник перевищення ГДК_{МР} викидів СО (у 4 рази) спостерігається на перехресті вулиць Полтавський шлях і Євгена Котляра. Це обумовлено ускладненням умов руху на перехресті, під'їздом до території залізничного вокзалу й утворенням заторових ситуацій.

Висновки. Зниження рівня забруднення викидами від автомобільного транспорту є однією з важливих проблем поліпшення навколишнього середовища в містах. Кількість шкідливих речовин, яка надходить в атмосферу у складі відпрацьованих газів, залежать від технічного стану автотранспортного засобу та його двигуна. Зниження токсичності вихлопних газів двигуна можна досягти підвищенням якості палива, очищенням відпрацьованих газів, удосконаленням елементів конструкції автомобіля. Використання систем електроніки на автомобілях сприятиме зниженню у $1,5\text{--}2,0$ рази токсичності відпрацьованих газів. Ефективним може бути використання палива з поліпшеними екологічними характеристиками, а також удосконалення систем експлуатації й екологічного контролю автомобілів. Необхідно підвищити вимоги до технічного контролю автомобілів, переводити транспортні засоби на використання альтернативних джерел енергії, вводити в експлуатацію гібридні автомобілі й електромобілі.

Список літератури:

1. Каніло П.М., Бей І.С., Ровенський О.І. Автомобіль та навколишнє середовище : навчальний посібник. Харків : Прапор, 2000. 304 с.
2. Павлова Е.И. Экология транспорта : учебник для вузов. Москва : Транспорт, 2013. 248 с.
3. Экологическая безопасность транспортных потоков / А.Б. Дьяков и др. ; под. ред. А.Б. Дьякова. Москва : Транспорт, 1989, 340 с.
4. Air quality in Europe – 2014. *European Environment Agency Report. European Union.* 2014. № 5. 82 p.
5. Шаповалов А.Л. Оцінка якості життя населення регіонів України. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.* Харків. 2010. Вип. 48. С. 135–139.
6. Вітрищак С.В. Забруднення атмосферного повітря викидами автотранспорту – реальна небезпека нації. *Young Scientist.* 2014. № 3 (06). С. 125–126.
7. Волков В.С., Тарасова Е.В. Мониторинг городской окружающей среды с учетом деятельности автотранспорта. *Современные проблемы науки и образования.* 2014. № 2. С. 20–24.
8. Балакшин В.В., Сидоренко В.Ф. Трансформация воздушного потока при обтекании жилых зданий на городских улицах. *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета.* 2016. Вып. 46 (63). Ч. 2. С. 4–18.

9. Луканин В.Н., Буслаев А.П., Яшина М.В. Автотранспортные потоки и окружающая среда. Москва : Высшая школа, 2001. 295 с.
10. Германова Т.В. Загрязнение атмосферы автомобильным транспортом: на основе анализа транспортной системы города. *Известия вузов. Серия «Строительство»*. 2006. № 7. С. 66–71.
11. Русакова Т.И. Исследование загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта в «уличных каньонах» города. Наука и прогресс транспорта. *Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта*. 2015. № 1 (55), С. 23–35.
12. Зенченко В.А. Оценка параметров окружающей среды и основных транспортных потоков, определяющих ситуацию на улично-дорожной сети. *Современные наукоемкие технологии*. 2012. № 2. С. 52–59.
13. Барина Л.Д., Забалканская Л.Э. Пути снижения негативного воздействия транспортного комплекса на городскую среду. *Транспорт : Наука. Техника. Управление*. 2012. № 2. С. 14–18.

Fomenko H.R. TRANSPORT FLOWS AND THEIR IMPACT ON THE LEVEL POLLUTION OF URBAN HIGHWAYS

The article considers the impact of traffic flows on the deterioration of the environment in cities. The growth of road transport is due to the needs of economic development. Increasing the intensity of traffic flows in cities significantly worsens the state of the environment of the areas adjacent to the main streets of cities. Peculiarities of traffic flow formation in cities depend on existing planning schemes. No less important is the location of functional areas and the structure of the road network. Significant influence on the amount of emissions of harmful substances into the environment has the composition of traffic flows, the perfection of car designs, their technical condition, as well as the type of fuel and especially its quality.

The movement of traffic flows is accompanied by a significant amount of emissions of toxic substances. Urban development has many features related to the road network. Diverse urban development significantly affects the process of dispersal of pollutants from traffic flows. The parameters of the streets within the “red lines”, the location of buildings, as well as their height and length, the width of the distances between them determine the conditions of air flow and the degree of scattering of exhaust gases. Street aeration has a significant impact and distribution of air flows. City streets are an unorganized source of exhaust emissions from cars. Under appropriate meteorological conditions on the main streets, the concentration of harmful compounds in the air increases and can reach dangerous levels.

Air pollution in the areas of urban main streets and adjacent areas depends on the intensity of traffic and the composition of traffic flows, the width and relief of the streets, wind speed, humidity and other factors. City streets are one of the main sources of pollution in highways. Harmful substances that are present in the exhaust gases of vehicles have a wide range of negative effects on humans and can cause the emergence and development of a significant number of diseases. The highest concentrations of pollutants are emitted at idle mode of operation of vehicles and at short stops.

Studies of the level of pollution by emissions from traffic flows were conducted on sections of the main streets Moskovsky Avenue, st. Poltava Shlyah Street the street. Akademika Pavlova and Saltivske highway in the city of Kharkiv. Field studies of the composition of traffic flows, intensity and speed of traffic were performed. Levels of pollution by carbon monoxide emissions are determined by experimental and calculated methods. A comparative analysis of the results of studies was conducted, which allowed to establish a significant excess of the maximum concentration of carbon monoxide in the studied areas.

Key words: traffic flow, harmful emissions, pollution level, main streets, air environment.

БУДІВНИЦТВО

УДК 624.012.45

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/21>

Азізов Т.Н.

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

Орлова О.М.

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

ЖОРСТКІСТЬ І МІЦНІСТЬ ПРИ КРУЧЕННІ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ДВОТАВРОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ НОРМАЛЬНИМИ ТРІЩИНАМИ

У статті наведено методику визначення нагельних сил у поздовжній арматурі залізобетонного елемента з нормальними тріщинами при дії крутних моментів. Показано, що нагельна сила має два складники в горизонтальній і вертикальній площинах. Ці нагельні сили визначаються з умови спільності деформацій у місці умовного розсічення поздовжньої арматури. Приведена система рівнянь для визначення нагельних сил у поздовжній арматурі в місті, де розташована нормальна тріщина. На відміну від раніше запропонованої авторами методики, ця методика дає змогу більш точно визначати нагельні сили в поздовжній арматурі. Крім того, розроблена методика дає змогу визначати нагельні сили за наявності декількох стрижнів поздовжньої арматури. Після визначення нагельних сил жорсткість і міцність при крученні визначається за наведеною в статті методикою. При цьому форма поперечного перерізу не впливає на принцип визначення нагельної сили, жорсткості й міцності при крученні залізобетонного елемента з нормальними тріщинами. Показано, що натепер під час реального проектування залізобетонних конструкцій (у тому числі під час використання відомих у всьому світі програм типу Ansys, Lira тощо) не враховується факт істотного впливу нормальних тріщин на зміну крутильних жорсткостей і міцності залізобетонних елементів. З розробленої методики видно, що на жорсткість при крученні залізобетонного елемента з нормальними тріщинами впливає діаметр поздовжньої арматури, розміри поперечного перерізу, висота нормальної тріщини, відстань між тріщинами, а також характеристики матеріалів. Крім того, у статті наведено спростування здавна наявної думки, що міцність залізобетонного елемента при крученні практично не залежить від кількості поздовжньої арматури. Показано, що за наявності нормальних тріщин вплив поздовжньої арматури на крутильну жорсткість і міцність істотний. Цей факт, на погляд авторів, повинен бути врахований під час проведення практичних розрахунків несучих систем залізобетонних будівель і споруд.

Ключові слова: крутильна жорсткість, залізобетонні елементи, нормальні тріщини, нагельна сила, умова сумісності деформацій, поздовжня арматура.

Постановка проблеми. Важливість визначення жорсткості при крученні залізобетонних елементів із тріщинами вказана в роботах [6–8]. Однак у цих працях розглядаються елементи з просторовими (спіральними) тріщинами. Експериментальними дослідженнями встановлено [11], що жорсткість і міцність при крученні залізобетонних елементів прямокутного перерізу суттєво залежить також від наявності в них не тільки просторових, а й нормальних тріщин. Однак сьогодні під час реального проектування не враховується зміна крутильних жорсткостей стрижневих залізобетонних елементів у результаті утворення нормальних тріщин. Це стосується й загально-

відомих програмних комплексів типу Ansys, Abacus, Lira. Цей факт пов'язаний передусім із недостатнім вивченням питання визначення жорсткості й міцності при крученні залізобетонного елемента з нормальними тріщинами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що важливим завданням розрахунку жорсткості й міцності при крученні залізобетонних елементів з нормальними тріщинами є визначення взаємного переміщення блоків залізобетонного елемента, відокремлених нормальною тріщиною, а також визначення нагельної сили в поздовжній арматурі [2–5]. Для визначення взаємного зсуву берегів нормальної тріщини в залізобетонному

елементі з поздовжньою арматурою в роботах [3; 4] запропоновано спочатку розсікти поздовжню арматуру й визначити взаємний зсув берегів нормальної тріщини в елементі з розсіченою арматурою. Це завдання можна вирішувати різними способами. До цих способів належить наближений метод, коли стрижень умовно розтинають поздовжніми перерізами на кілька стрижнів (смуг) і складаються умови спільності деформацій по площині розтину [4; 11]. У роботах [2; 3] запропоновано апроксимаційний метод визначення переміщення берегів нормальної тріщини. При цьому на основі чисельного моделювання об'ємними скінченими елементами в будь-якому програмному комплексі (Ansys, Abacus, Lira тощо) отримують функції залежності переміщення від висоти нормальної тріщини, геометричних параметрів перерізу елемента. У роботі [5] запропоновано спосіб визначення шуканого переміщення берегів нормальної тріщини за допомогою рішення задачі про рівновагу пружного паралелепіпеда, завантаженого дотичними силами в торцях. При цьому запропоновано використовувати рішення М.М. Філоненко-Бородича [13]. Наближене рішення задачі визначення взаємного зсуву берегів нормальної тріщини стрижневого залізобетонного елемента з урахуванням нелінійних властивостей розглядалися в роботі [1].

Однак, яким би не було рішення задачі визначення взаємного зсуву берегів нормальної тріщини з умовно розсіченою арматурою, наступним важливим етапом є визначення нагельної сили в поздовжній арматурі. Після визначення нагельної сили визначаються й жорсткість залізобетонного елемента з нормальною тріщиною, і його міцність. Причому й міцність, і жорсткість істотно залежать від цієї нагельної сили, яка, у свою чергу, залежить від діаметра поздовжньої арматури, міцності й деформаційних характеристик бетону.

Отже, від правильності визначення нагельної сили в поздовжній арматурі істотно залежить і точність визначення жорсткості та міцності залізобетонного елемента з нормальними тріщинами при крученні. Це завдання для одиночного поздовжнього стрижня вирішене в роботах [2–4]. Однак за наявності декількох поздовжніх стрижнів (що використовується на практиці в більшості випадків) у поздовжніх стрижнях арматури виникають два складники нагельних сил (горизонтальний і вертикальний), що має бути враховано в розрахунках.

Постановка завдання. З огляду на вищезазначене, метою статті є розроблення методики

визначення нагельних сил у поздовжній арматурі з урахуванням складників у двох взаємно перпендикулярних напрямках, а також розроблення методики визначення жорсткості та міцності елементів з нормальними тріщинами при крученні.

Виклад основного матеріалу дослідження.

На рис. 1 показана схема стрижневого елемента прямокутного перерізу з нормальною тріщиною (сутність розрахунку для елементів будь-якого іншого поперечного перерізу не відрізняється). Один торець стрижня жорстко закріплений, а до другого торця прикладено крутний момент M_t . Довжина блоків стрижня l_{cre} , що дорівнює відстані між нормальними тріщинами.

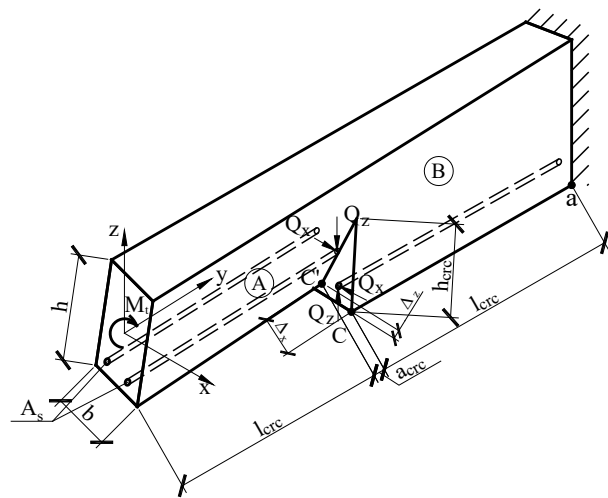


Рис. 1. Схема переміщень у перерізі з нормальною тріщиною і зусиль у поздовжній арматурі елемента, на який діє крутний момент

У результаті дії крутного моменту блок А повертається більше блоку В й у місці розташування нормальної тріщини з'являється зсув блоку А відносно блоку В. Це зсув Δ_x по осі X і зсув Δ_z по осі Z. На відміну від ранніх робіт авторів [2–4], де враховувався тільки зсув по осі X, тут враховується зсув блоків і по осі X, і по осі Z. Справа в тому, що при малій ширині перетину (або ребра для таврового перетину) переміщення по осі X є домінуючим. Однак у загальному випадку особливо при більшій ширині перерізу впливом переміщення по осі Z нехтувати не варто. Крім того, за наявності двох і більше стрижнів поздовжньої арматури так само важливим є врахування обох складників переміщень.

Нехай після розтину арматури визначено взаємний зсув Δ_x і Δ_z точок C і C' будь-яким способом, описаним вище (див. рис. 1). Далі складанням умови спільності деформацій у місцях розтину арматурних стержнів варто отримати

систему рівнянь для визначення нагельних сил у всіх стрижнях поздовжньої арматури. Розглянемо, наприклад, коли в перерізі знаходиться два стержні поздовжньої арматури (рис. 2).

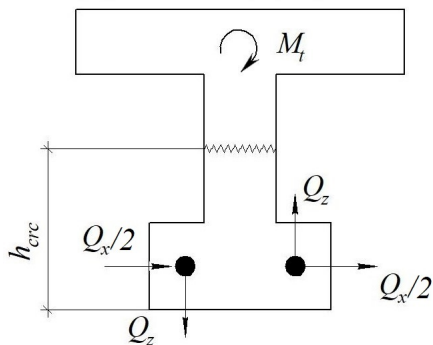


Рис. 2. Схема нагельних сил у поздовжній арматурі елемента двотаврового перерізу

Очевидно, що умовою спільності деформацій буде умова рівності нулю взаємного зміщення в точках розтину поздовжньої арматури зі сторони блоку А (див. рис. 1) і блоку В. Ця умова аналогічна умові відсутності переміщень у місці зайвої опори під час розрахунку статично не визначених систем методом сил. З огляду на симетрію на рис. 2, можна записати ці умови як систему рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \Delta_x^{M_t} - Q_x \delta_{xx} - Q_z \delta_{xz} - 2\Delta_{loc}^x &= 0 \\ \Delta_z^{M_t} - Q_x \delta_{zx} - Q_z \delta_{zz} - 2\Delta_{loc}^z &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

У системі (1) прийнято позначення: δ_{xx} – взаємне зміщення берегів тріщини в напрямку дії сили Q_x від крутіння одиничними силами $Q_x=1$; δ_{xz} – взаємне зміщення берегів тріщини в напрямку дії сили Q_x від крутіння одиничними силами $Q_z=1$; δ_{zz} – взаємне зміщення берегів тріщини в напрямку дії сили Q_z від крутіння одиничними силами $Q_z=1$; δ_{zx} – взаємне зміщення берегів тріщини в напрямку дії сили Q_z від крутіння одиничними силами $Q_x=1$; $\varphi_x^{M_t}$, $\varphi_z^{M_t}$ – взаємне зміщення берегів тріщини від крутіння зовнішнім моментом M_t в напрямку дії відповідно сили Q_x і Q_z ; φ_{loc}^x , φ_{loc}^z – переміщення від місцевої деформації в місці розташування арматури, відповідно, від сил Q_x і Q_z .

Варто зазначити, що величини δ_{xx} , δ_{zz} , δ_{zx} , δ_{xz} , $\varphi_x^{M_t}$, $\varphi_z^{M_t}$ є величинами саме взаємного зміщення берегів тріщини, на відміну від коефіцієнтів канонічних рівнянь методу сил, які виражають переміщення певної точки, хоча природа їх однакова.

Величину Δ_{loc} краще визначати за емпіричними даними, наведеними в нормативних документах, наприклад, за [10]. Це пов'язано з фактом, що моделювання навіть за допомогою об'ємних скінчених

елементів не дає результату, близького до реальності, тому що арматура в масиві бетону в реальних умовах змінює бетон під своєю поверхнею, а під час комп'ютерного моделювання скінчені елементи, розташовані з боку, протилежного напрямку нагельної сили, також чинять опір переміщенню. Величина Δ_{loc} , згідно з [10], визначається за формулою:

$$\Delta_{loc} = 1000 \frac{Q^2}{d^3 E_c^2} + \frac{Q}{d \cdot E_c} \quad (2)$$

де d та E_c – відповідно, діаметр арматурного стержня й модуль деформацій бетону; нагельна сила Q підставляється, відповідно, Q_x або Q_z .

Тут варто зазначити, що під час визначення φ_{loc}^x замість Q у виразі (2) слід підставити величину $Q_x/2$, а при визначення φ_{loc}^z – величину Q_z . Це пов'язано з тим, що величина Q_x однаково розподіляється між поздовжньою арматурою зліва і справа (див. рис. 2).

Підставляючи (2) в (1) з урахуванням зробленої вище примітки з приводу підстановки Q_x і Q_z , отримаємо систему двох квадратних рівнянь для визначення величин невідомих нагельних сил Q_x і Q_z в арматурі:

$$\left. \begin{aligned} Q_x^2 A + Q_x B + Q_z C &= \Delta_x^{M_t} \\ Q_z^2 F + Q_z D + Q_x G &= \Delta_z^{M_t} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

де позначено:

$$\begin{aligned} A &= \frac{500}{d^3 E_c^2}; \quad B = \frac{1}{d \cdot E_c} + \delta_{xx}; \quad C = \delta_{xz}; \\ F &= \frac{2000}{d^3 E_c^2}; \quad D = \frac{2}{d \cdot E_c} + \delta_{zz}; \quad G = \delta_{zx}. \end{aligned} \quad (4)$$

Величини δ_{xx} , δ_{zz} , δ_{zx} , δ_{xz} , $\varphi_x^{M_t}$, $\varphi_z^{M_t}$ визначаються з рішення задачі взаємного зміщення берегів тріщини з розсіченою арматурою, яка вирішується різними способами [2–4], описаними вище.

Після визначення нагельних сил жорсткість залізобетонного елемента з нормальною тріщиною визначиться з виразу:

$$B_{erc} = \frac{\Delta_{bl}}{\Delta_{bl} + \Delta} B_t \quad (5)$$

де φ_{bl} – переміщення грані цілого (без тріщин) блоку стрижня, відокремленого нормальною тріщиною від крутіння. Воно визначається за відомими формулами опору матеріалів; B_t – крутильна жорсткість суцільного стержня без тріщин; Δ – повне переміщення в тріщині, яке дорівнює:

$$\Delta = 2 \cdot \Delta_{loc} \quad (6)$$

де \varnothing_{loc} визначається за (2), але тепер уже відома величина Q (точніше, її складники Q_x і Q_z). У формулі (6) величина Δ_{loc} множиться на 2, тому що переміщення в тріщині складаються з двох сторін нормальної тріщини.

Розглянемо тепер методику визначення міцності при крученні елемента двотаврового перерізу з нормальною тріщиною. Експериментальними дослідженнями Н.М. Срібняк встановлено [10], що міцність залізобетонного елемента прямокутного перерізу з нормальною тріщиною при крученні істотно нижча міцності елемента без тріщин, якщо елемент армований тільки поздовжньою арматурою.

Відомо, що двотавровий елемент проектується так, що в граничному стані висота стиснутої від згину зони дорівнює товщині верхньої полки, тому для розрахунку міцності при крученні двотаврового елемента з нормальною тріщиною припустимо, що нормальна тріщина дійшла до нижньої грані верхньої полки двотавра. Тоді схема зусиль при крученні буде виглядати так, як показано на рис. 3. На рис. 3 заштрихована частина – стиснута від згину зона (зона бетону без тріщин). Зовнішній крутний момент сприймається частково крутним моментом M_V , який сприймає стиснута від згину зона, і моментом M_Q , який сприймає пара сил Q_b та Q , тобто:

$$M_t = M_V + M_Q. \quad (7)$$

Момент пари сил Q_b та Q дорівнює (рис. 3):

$$M_Q = Q \cdot Z_s, \quad (8)$$

де величина $Q = Q_x$ визначається за методикою, наведеною вище.

Схема руйнування може бути у двох варіантах:

1 варіант – руйнування від зрізу стиснутої зони бетону в результаті дії сили Q_b (див. рис. 3);

2 варіант – руйнування верхньої полки в результаті дії крутного моменту M_V , який сприймається цією ділянкою.

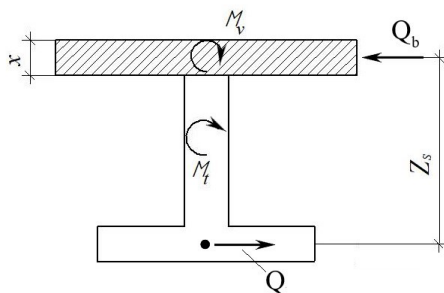


Рис. 3. Схема зусиль, що діють у нормальному перетині при крученні елемента двотаврового перерізу

Перша умова запишеться у вигляді:

$$Q_b = \frac{M_t}{Z_s} \leq f_{sh} b_f \cdot x, \quad (9)$$

де b_f – ширина верхньої полки; f_{sh} – розрахунковий опір бетону зрізу; M_t – зовнішній крутний момент; Z_s – відстань від центра ваги арматури до центру ваги верхньої полки (див. рис. 3).

Розрахунок за формулою (9) іде в запас міцності, тому що насправді пара сил сприймає не весь зовнішній крутний момент, а тільки його частину (див. формулу 7). Тому основною умовою міцності буде друга умова, яка запишеться у вигляді:

$$M_V \leq [M_V], \quad (10)$$

де $[M_V]$ – граничний крутний момент, що сприймається бетоном верхньої полки двотавру. Величину $[M_V]$ рекомендується визначати з умови обмеження максимальних розтягуючих напружень, визначених за відомими формулами опору матеріалів для прямокутного перерізу, наприклад, за [12]:

$$\tau_{max} = \frac{M_V}{\alpha \cdot b \cdot x^2}, \quad (11)$$

де α – коефіцієнт, що залежить від співвідношення довгої сторони прямокутника до короткої, що приводиться в довідниках з опору матеріалів; b , x – відповідно, більша й менша сторони прямокутника.

Тоді умова міцності запишеться у вигляді:

$$\frac{M_V}{\alpha \cdot b \cdot x^2} \leq f_{sh}. \quad (12)$$

Розрахунки за наведеною методикою, а також експериментальні дослідження [11] показують, що міцність при крученні залізобетонного елемента з нормальною тріщиною істотно залежить від перерізу поздовжньої арматури, а також від глибини нормальної тріщини h_{cre} . Цей факт спростовує сталу думку [9], що міцність залізобетонного елемента при крученні практично не залежить від перерізу поздовжньої арматури. Аналізуючи наведені формули з визначення нагельної сили, жорсткості й міцності при крученні залізобетонних елементів з нормальними тріщинами, можемо легко бачити, що жорсткість і міцність елемента суттєво залежить від кількості поздовжньої арматури, її діаметру, а також фізико-механічних характеристик бетону. Крім того,

жорсткість і міцність залежить від висоти нормальної тріщини h_{cr} , форми поперечного перерізу, відстані між тріщинами, тому що складники формул (3) залежать від цих факторів.

Висновки. При крученні елемента з нормальними тріщинами опір крутному моменту чинить поздовжня арматура й частина бетонного перерізу без тріщин. Для визначення міцності та жорсткості при крученні елемента з нормальною тріщиною варто спочатку розсікти поздовжню арматуру в перерізі з тріщиною, а потім визначити взаємний зсув берегів тріщини. Після визначення взаємного зсуву берегів тріщини варто визначити складники Q_x та Q_z нагельної сили в поздовжній арматурі за допомогою системи рівнянь (3). Знаючи величину нагельної сили, варто визначити крутильну жорсткість елемента з нормальними тріщинами за формулою (5), а також міцність елемента з нормальними тріщинами при крученні за формулами (9) і (12).

Наведена в роботі методика визначення нагельних сил у поздовжній арматурі, жорсткості й міцності при крученні залізобетонних елементів з нормальними тріщинами дає змогу більш точно проектувати залізобетонні конструкції, в елементах яких з'являються нормальні тріщини та які сприймають не тільки згинальні, а й крутні моменти.

Дослідження показують, що міцність залізобетонних елементів при крученні залежить від перерізу поздовжньої арматури в разі наявності нормальних тріщин, що спростовує здавна наявну думку, що поздовжня арматура не впливає на міцність при крученні. Наведені факти, на погляд авторів, повинні бути враховані під час проведення практичних розрахунків несучих систем залізобетонних будівель і споруд.

Перспективою досліджень є експериментальна перевірка розробленої методики розрахунку.

Список літератури:

1. Azizov T., Kochkarev D., Galinska T. Reinforced Concrete Rod Elements Stiffness Considering Concrete Nonlinear Properties. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2020.
2. Azizov T., Jurkowska N. The Problem of Considering of the Torsional Stiffness of Reinforced Concrete Elements While Designing Statically Indeterminate Systems. *Engineering Studies*. Taylor & Francis 2018. Issue 3 (2). Vol. 10. P. 453–466.
3. Azizov T., Jurkowska N., Kochkarev D. Basis Of Calculation On Torsion For Reinforced Concrete Structures With Normal Cracks. *Concrete Innovations In Materials, Design And Structures*. Fib Symposium. 2019. Cracow 27–29 May. Book of Abstracts. S. 489–490.
4. Азизов Т.Н. Определение крутильной жесткости железобетонных элементов с трещинами. *Дороги і мости* : збірник наукових праць. Київ : ДерждорНДІ, 2007. Вип. 7. Том 1. С. 3–8.
5. Азизов Т.Н. НДС балки прямоугольного сечения при приложении крутящего момента в части сечения. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса : ОДАБА, 2008. Вип. 30. С. 3–8.
6. Дроздов П.Ф. Конструирование и расчёт несущих систем многоэтажных зданий и их элементов. Москва : Стройиздат, 1977. 223 с.
7. Карпенко Н.И. Общие модели механики железобетона. Москва : Стройиздат, 1996. 416 с.
8. Карпенко Н.И. Теория деформирования железобетона с трещинами. Москва : Стройиздат, 1976. 208 с.
9. Коуэн Г.Дж. Кручение в обычном и предварительно напряжённом железобетоне / пер. с англ. Москва : Изд-во литературы по строительству, 1972. 104 с.
10. Рекомендации по проектированию стальных закладных деталей для железобетонных конструкций / НИИЖБ. Москва : Стройиздат, 1984. 87 с.
11. Срібняк Н.М. Крутильна жорсткість залізобетонних елементів перекриттів з нормальними тріщинами : автореф. дис. канд. техн. наук : 05.23.01 / Одеська державна академія будівництва та архітектури. Одеса, 2009. 23 с.
12. Тимошенко С.П. Теория упругости. Москва : ОНТИ, 1934. 451 с.
13. Филоненко-Бородич М.М. Задача о равновесии упругого параллелепипеда при заданных нагрузках на его гранях. *Прикладная математика и механика*. Москва, 1951. Т. 15. Вып. 2. С. 137–148.

Azizov T.N., Orlova O.M. RIGIDITY AND STRENGTH OF TENSION OF REINFORCED CONCRETE I- ELEMENTS WITH NORMAL CRACKS

The method of determining the torque forces in the longitudinal reinforcement of reinforced concrete element with normal cracks under the action of torques is presented. It is shown that the pitch force has two components in the horizontal and vertical planes. These acceleration forces are determined by the condition of joint deformation in the conditional section of the longitudinal reinforcement. A system of equations for determining the torque forces in the longitudinal reinforcement in the city where the normal crack is located is

presented. Unlike previously proposed method by the authors, this technique allows more accurately determine the torque forces in the longitudinal reinforcement. In addition, the developed method allows to determine the torque forces in the presence of several rods of the longitudinal reinforcement. After determining the torque forces, the torsional stiffness and tensile strength is determined by the method described in the article. The cross-sectional shape does not affect the principle of determining the tensile strength, rigidity and torsional strength of a reinforced concrete element with normal cracks. It is shown that to date, the actual design of reinforced concrete structures (including the use of known worldwide programs such as Ansys, Lira, etc.) does not take into account the fact that the influence of normal cracks on the change of torsional rigidity and strength of reinforced concrete elements. The developed technique shows that the torsional strength of reinforced concrete element with normal cracks is affected by the diameter of the longitudinal reinforcement, the cross-sectional dimensions, the height of the normal crack, the distance between the cracks, as well as the characteristics of the materials. In addition, the article refutes the long-held view that the strength of a reinforced concrete element when torsion is practically independent of the number of longitudinal reinforcement. It is shown that in the presence of normal cracks, the effect of longitudinal reinforcement on torsional stiffness and strength is significant. According to the authors, this fact should be taken into account when conducting practical calculations of load-bearing systems of reinforced concrete buildings and structures.

Key words: *torsional stiffness, reinforced concrete elements, normal cracks, torque force, deformation compatibility condition, longitudinal reinforcement.*

Gomon S.S.

National University of Water and Environmental Engineering

Pilipaka L.M.

National University of Water and Environmental Engineering

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE GLUED WOOD STRENGTH AND DEFORMATION PROPERTIES UNDER THE HARD TEST MODE

A detailed review of domestic and foreign scientists works on this issue has been carried out. The modern testing equipment of domestic and foreign production is analyzed. A technique has been developed for experimental studies of glued wood of deciduous (birch, alder, ash) and coniferous (larch, pine, spruce) species with the one-time short-term load along the fibers under the hard test conditions on modern servo-hydraulic testing machines.

For the first time, purposeful experimental studies of glued wood prisms of structural dimensions of all studied wood species with uniaxial short-term load along the fibers were carried out under the hard test mode (by the increase in the movements of the testing machine). Based on the results of experimental studies, complete diagrams of the deformation of coniferous and deciduous species of glued wood from the beginning of loading to their complete destruction, as well as complete diagrams with a limit at the point of ultimate deformations, are constructed. It is proved that glued wood works on ascending and descending branches. Experimentally established the actual work and stress-strain state of glued wood under uniaxial load along the fibers under the hard test mode (by the increase in the displacements of the testing machine plate). The critical deformations of all investigated coniferous and deciduous species of glued wood, as well as the corresponding maximum stresses were established. The initial elastic moduli of glued wood and the transverse moduli of deformation are determined. It has been established that the strength of glued wood of all studied species is on average 15–25% higher than of solid, and the critical deformations remain almost unchanged.

In the future, it is necessary to develop a methodology for calculating bent and compressed wooden structures, taking into account the full deformation diagram of solid and glued wood.

It is indicated that in the future it is necessary to conduct experimental studies of glued wood elements that will be impregnated with various kinds of chemical elements (monomers or oligomers) in order to strengthen such materials.

Key words: *glued wood, strength, deformability, critical deformations, stresses, full deformation diagram.*

Problem statement. One of the most promising materials and structures in various industries, in particular in industrial and civil engineering (floors, windows, doors, various components and parts, floors and coatings of buildings, structures, etc.), road construction (bridges, floorings, piles, sleepers, platforms), shipbuilding; the furniture industry, is solid, glued and modified wood of various species and it will remain for many years. Some species of wood, mostly coniferous (pine, spruce, larch, yew, fir), are used in construction in supporting structures of buildings and structures, bridge structures, etc., while others are deciduous (birch, ash, alder, oak etc.) are used for finishing works, carpentry, floors and in other industries for various purposes.

Wood is a natural anisotropic, resiliently plastic material. The internal structure of the wood is complex enough so that it is possible to single out the basic patterns without resorting to assumptions

of various kinds. The strength and deformability of wood depends on many factors and influences. Such factors include humidity, age, imperfections, damage, wood performance under various types of load.

Some of the above factors can be eliminated using glued wood. The use of glued wood in the construction of buildings and structures is justified by high technical and technological indicators of its properties as a structural material. Due to the dispersion and removal of defects of whole wood in the volume of the layered macrostructure of glued wood, its quality is improved and strength is increased.

Nowadays, progress in various sectors of the economy allows us to test various materials and designs using modern equipment. Therefore, there was a need to determine the physico-mechanical characteristics of materials and structures with even greater accuracy and reliability until the materials reach critical and ultimate deformations, that is, to complete destruction. In

recent years, servo-hydraulic and electromechanical presses have been developed and manufactured, and modern computer programs have been developed for them, which make it possible to test and determine most of the basic physical and mechanical properties from the beginning of material (structure) work to destruction. This means that there is the possibility of constructing real diagrams of the mechanical state (with a decreasing branch) from experimental studies. This is an urgent and promising task for researchers to use in further modern calculations building structures and various elements and parts used in other sectors of the economy. The construction and description of such deformation diagrams will make it possible to more widely and fully disclose the stress-strain state of various types of glued wood and their real work on various types of load.

Analysis of recent research and publications. A limited number of works of domestic scientists are devoted to the study of the physicomaterial properties of glued pine wood for compression along the fibers [1; 2]. We conducted such studies, modifying glued pine wood with silor [3; 4]. Most of these studies relate to the operation of glued wood under the soft test mode, that is, under the increase in loads. Therefore, after such tests on obsolete presses, we can build stress-strain diagrams “ σ - u ” only to a certain point, which is much lower than the level of critical strains. This is usually associated with obsolete testing machines and related equipment for taking readings (deformations).

In recent years, electromechanical presses and servo-hydraulic testing machines have appeared, which allow testing samples with simultaneous reading of counts to failure using modern computer equipment. This allows you to build complete diagrams of σ - u on the ascending and descending branches.

Experimental studies of solid pine wood samples of structural dimensions with uniaxial short-term load under the hard test conditions were carried out several years ago by Tuturin S.V. [5], Varenik K.A. [6]. We have conducted such studies on other species of deciduous (birch, alder, ash) and coniferous (larch, pine, spruce) wood species [7–9].

Therefore, experimental and theoretical studies of coniferous and deciduous species of glued wood for compression along the fibers in the hard test mode is an urgent task.

Statement of the problem. The purpose of the work is to conduct experimental studies of coniferous (larch, pine, spruce) and deciduous (birch, alder, ash) glued wood species for longitudinal compression under the strict test conditions. As well as the

construction of complete diagrams of material deformation and determination of critical deformations, as well as the corresponding maximum stresses; establishment of the initial modulus of elasticity and cross modules.

The methodology of experimental research.

For experimental studies, the following species of glued wood were selected: coniferous – larch, pine, spruce; deciduous – birch, alder, ash. Samples were made from trees that were grown in different regions of Ukraine, in particular pine, spruce, alder – in the forests of the Rivne region; birch, ash – Volyn region; larch – Ivano-Frankivsk region. Trees were picked around the age of 60. After the cut, the trees were transported to the enterprises of the wood-working industry and were divided into logs, then cut into bars. Drying of wood blanks was carried out in special hanging chambers with a standard humidity of 12%. After the bars reached standard humidity, they were sawn into boards. Then the boards were glued using resorcinol glue and sawn into samples with a cross section of 30x30x120 mm (Fig. 1). All wood species were free from flaws and damage.

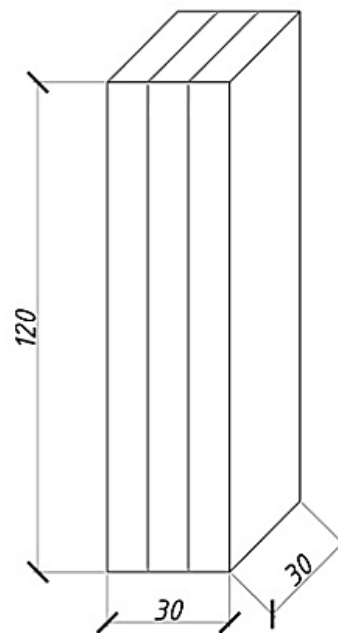


Fig. 1. The geometric dimensions of the sample

Experimental studies were carried out on a STM-100 servo-hydraulic testing machine [10,11] (Fig. 2) under the hard test mode (according to the increase of displacements of the testing machine press). The interface with the software is shown in Fig. 2. The maximum load of the testing machine is 10 tons.

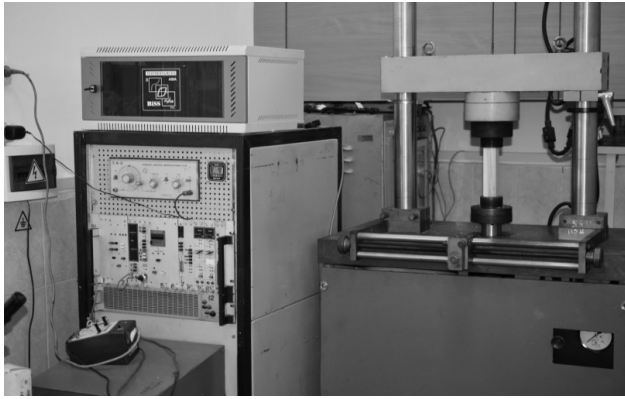


Fig. 2. Servo-hydraulic testing machine STM-100

The loading of samples was carried out and controlled using a computer and appropriate software. When testing samples, the computer interface shows the loading speed, loads with the appropriate press movement, the time of the test of the sample and other parameters (Fig. 3).

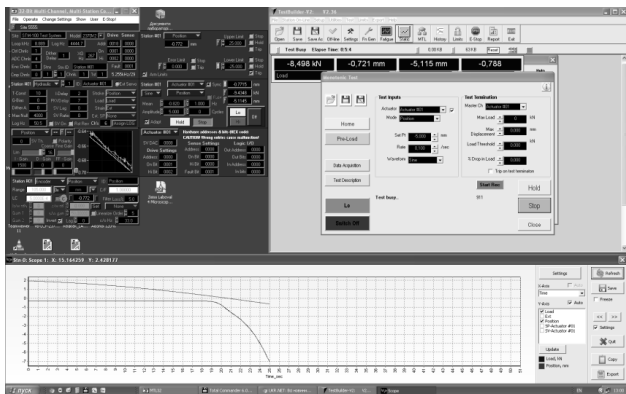


Fig. 3. Software interface

Test results. After testing the samples, the diagrams of deformation of glued wood “ σ - u ” of coniferous (larch, pine, spruce) and deciduous (birch, alder, ash) wood species were constructed (Fig. 4, 5). Also, complete diagrams of deformation of glued wood with constraints at the points of ultimate deformations were constructed (Fig. 6, 7).

After a detailed analysis of the diagrams, it was found that the glued wood of all the studied species has ascending and descending branches. Also for the first time experimentally established critical deformations of glued wood and the corresponding maximum stresses.

It has been established that the strength of glued wood of all the studied species is on average 15–25% higher than solid [7–9], and the critical deformations remain almost unchanged.

According to the methods [2], diagrams «E- η » were constructed (cross modulus – stress level) of coniferous and deciduous species of glued wood (Fig. 8, 9).

The initial elastic moduli of all studied glued wood species and cross deformation moduli were determined. It was revealed that the initial elastic moduli of glued wood are larger than of solid wood.

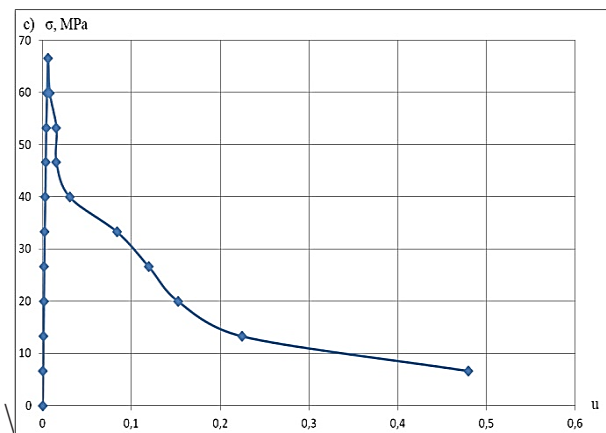
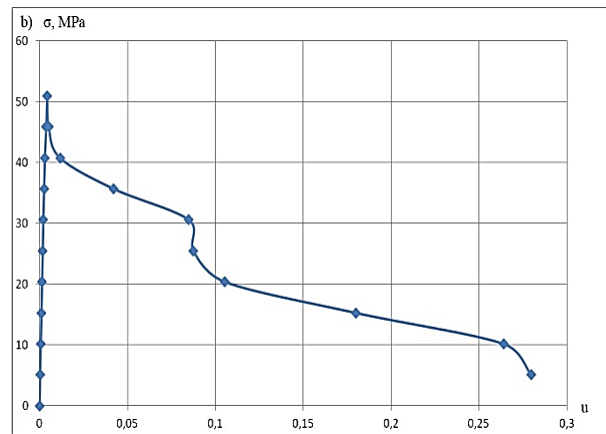
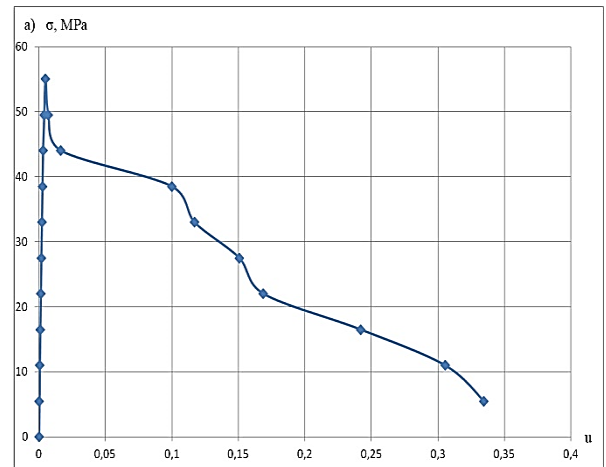


Fig. 4. Complete diagrams of deformation of glued hardwood on compression along the fibers: a) birch; b) alder; c) ash

Conclusions. 1) For the first time, experimental studies of deciduous (birch, alder, ash) and coniferous (larch, pine, spruce) glued wood species with uniaxial

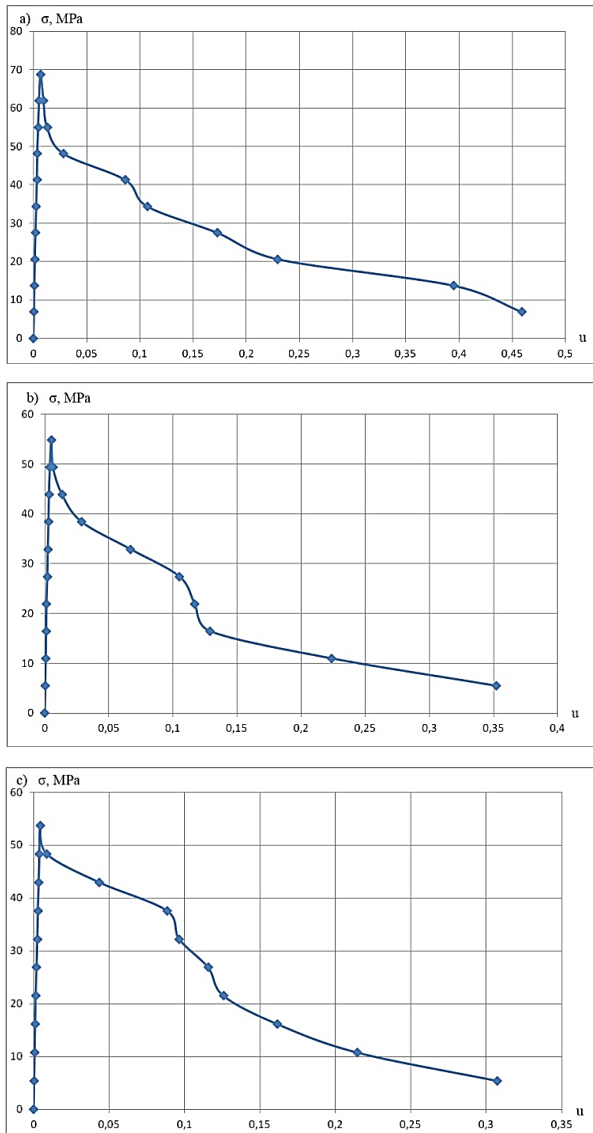


Fig. 5. Complete diagrams of deformation of glued softwood on compression along the fibers: a) larch; b) pine; c) spruce

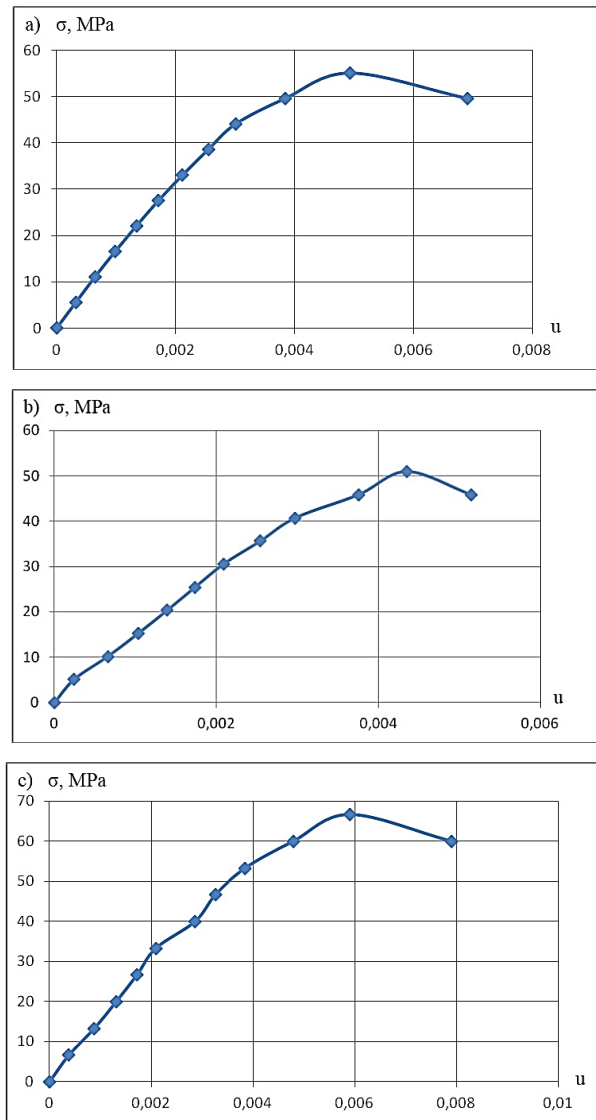


Fig. 6. Complete diagrams of deformation of glued hardwood on compression along the fibers with a restriction at the point of ultimate deformation: a) birch; b) alder; c) ash

short-term load along the fibers under the hard test mode were undertaken (by the increase in the testing machine movements).

2) Critical deformations and corresponding maximum stresses of all studied glued wood species were determined for the first time;

3) It has been established that the strength of glued wood of all the studied species is on average 15–25% higher than of solid, and the critical deformations remain almost unchanged;

4) It was revealed that the initial elastic moduli of glued wood are larger than of solid wood.

References:

1. Sasovs'kyi T.A. Napruzhenno-deformovanyy stan balok iz kleyenoyi derevyny za diyi malotsyklovykh navantazhen': dys. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Rivne, 2016. 209 s.
2. Gomon S.S, Polishchuk M.V. Eksperymental'no-statystychni doslidzhennya zalezhnostey dlya tsil'noyi ta kleyenoyi derevyny. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Zb. nauk. prats?. Rivne: Vyd-vo NUVHP, 2018. Vyp 35. S. 60–67.

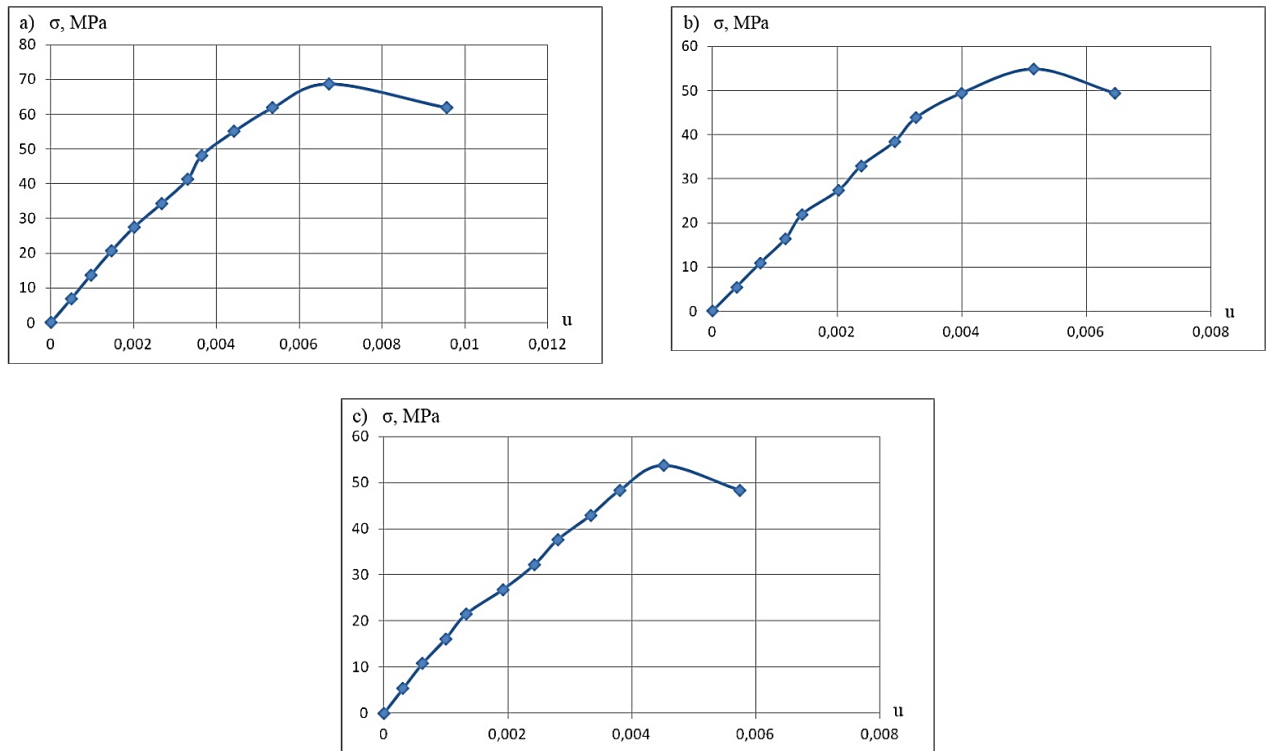


Fig. 7. Complete diagrams of deformation of glued softwood on compression along the fibers with a restriction at the point of ultimate deformation: a) larch; b) pine; c) spruce

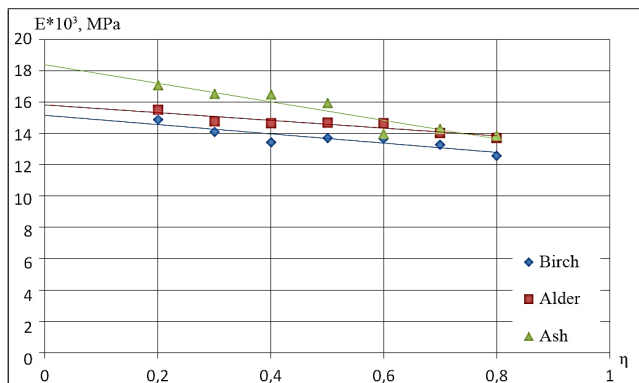


Fig. 8. Diagrams E – η (cross modulus – stress level) of glued hardwood under uniaxial compression along the fibers

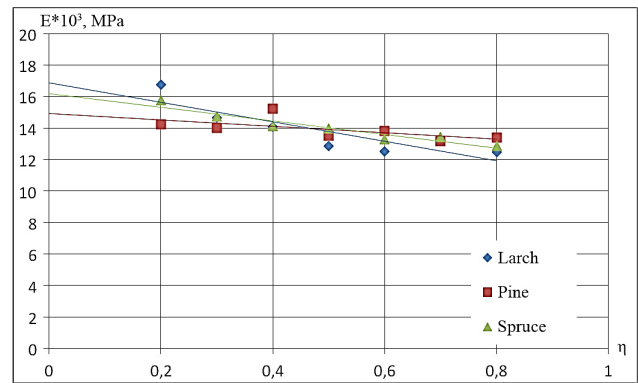


Fig. 9. Diagrams E – η (cross modulus – stress level) of glued softwood under uniaxial compression along the fibers

3. Gomon S.S., Gomon S.S., Zinchuk A.V. Doslidzhennya modyfikovanoyi sylorom kleyenoyi derevyny na stysku z vykorystannyyam volokon. Vseukrayins'kyi naukovo-tekhnichnyy zhurnal "Visti Donets'koho hirnychoho instytutu". Pokrovs'k: DVNZ «Donents'kyi NTU», 2017. № 1(40). S. 134–138.

4. Gomon S.S., Gomon S.S. Zinchuk A.V. Deformatyvnist' modyfikovanoyi sylorom kleyevoyi derevyny dlya roboty na styli z vykorystannyyam volokon. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Rivne : NUVHP, 2017. S. 111–117.

5. Tuturin S.V. Mekhanicheskaya prochnost' drevesiny: dis. ... dokt. tekhn. nauk: 01.02.04. Moskva, 2005. 318 s.

6. Varenik K. A. Raschet tsentral'no-szhatikh derevyannykh elementov s uchetom polzuchesti: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.01. Novgorod Velikiy : NGU im. Yaroslava Mudrogo, 2015. 167 s.

7. Gomon S.S., Gomon P.S. Pobudova diysnykh diahram mekhanichnoho stanu derevyny « σ - u » sutsil'noho pererizu yalyny ta berezy za zhorstkoho rezhymu vyprobuvan'. Resursoekonomni materialy, konstruktsiyi, budivli ta sporudy. Zb. nauk. prats'. Rivne: Vyd-vo NUVHP, 2020. Vyp 38. S. 321–330.

8. Gomon S.S., Sal'chuk V.L., Savchuk V.L., Vereshko O.V. Eksperymental'ni doslidzhennya derevyny standartnoyi volohosti za zhorstkoho rezhymu vyprobuvan'. Problemy intehrovanooho rozvytku mist: mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiya uchenykh ta studentiv, m. Luts'k, 29-31 sichnya 2020 r. Luts'k: LNTU, 2020. S. 18–20.

9. Yasniy P.V., Gomon S.S. Osoblyvosti pobudovy povnoyi diahramy deformuvannya derevyny yasena za zhorstkoho rezhymu navantazhennya. Materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi «Fundamental'ni ta prykladni problemy suchasnykh tekhnolohiy», m. Ternopil', 14-15 travnya 2020 r. Ternopil' : TNTU, 2020. S. 52.

10. Yasniy P.V. Plastychno deformovani materialy: vtoma i trishchynotryvkist': monohrafiya. L'viv : Svit, 1998. 292 s.

11. Yasniy P. V. et al. Microcrack initiation and growth in heat-resistant 15Kh2MFA steel under cyclic deformation // Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct. Blackwell Science Ltd, 2005. Vol. 28, № 4. P. 391–397.

Гомон С.С., Піліпака Л.М. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНІСНИХ ТА ДЕФОРМАТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КЛЕЄНОЇ ДЕРЕВИНИ ЗА ЖОРСТКОГО РЕЖИМУ ВИПРОБУВАНЬ

Проведено детальний аналіз літературних джерел вітчизняних та закордонних вчених із даної проблематики. Проаналізовано сучасне випробувальне обладнання вітчизняного та закордонного виробництва. Розроблено методіку експериментальних досліджень клеєної деревини листяних (береза, вільха, ясен) та хвойних (модрина, сосна, ялина) порід одноразовим короточасним навантаженням вздовж волокон за жорсткого режиму випробувань на сучасних сервогідравлічних випробувальних машинах.

Вперше проведено цілеспрямовані експериментальні дослідження призм клеєної деревини конструкційних розмірів всіх досліджуваних порід клеєної деревини одновісним короточасним навантаженням вздовж волокон за жорсткого режиму випробувань (за приростом переміщень випробувальної машини). За результатами експериментальних досліджень побудовано повні діаграми деформування хвойних та листяних порід клеєної деревини від початку навантаження до його повного руйнування, а також повні діаграми з обмеженням в точці граничних деформацій. Обґрунтовано, що клеєна деревина працює на висхідній та спадній вітках. Експериментальним шляхом встановлено дійсну роботу та напружено-деформований стан клеєної деревини за одновісного навантаження вздовж волокон за жорсткого режиму випробувань (за приростом переміщень плити випробувальної машини). Встановлено критичні деформації всіх досліджуваних хвойних та листяних порід клеєної деревини, а також відповідні максимальні напруження. Визначено початкові модулі пружності клеєної деревини та січні модулі деформацій. Встановлено, що міцність клеєної деревини всіх досліджуваних порід в середньому на 15-25% більша ніж суцільної, а критичні деформації при цьому залишаються практично незмінними.

У подальшому необхідно розробити методіку розрахунку згинальних та стиснутих дерев'яних конструкцій з урахуванням повної діаграми деформування суцільної та клеєної деревини.

Вказано на те, що в майбутньому необхідно провести експериментальні дослідження клеєної деревини, які будуть просочені різного роду хімічними елементами (мономерами чи олігомерами), для зміцнення таких матеріалів.

Ключові слова: клеєна деревина, міцність, деформативність, критичні деформації, напруження, повна діаграма деформування.

Самченко Р.В.

Запорізький національний університет

Юхименко А.І.

Запорізький національний університет

Ільїн С.В.

Запорізький національний університет

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ОСІДАНЬ ФУНДАМЕНТІВ ЗА ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА ЖОРСТКОСТІ ОСНОВИ В ПРОЦЕСІ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БУДІВЕЛЬ, СПОРУД

Є велика кількість деформованих будівель, споруд, які збільшуються постійно через вплив різних чинників природного та техногенного характерів. Здебільшого наслідком цих впливів є деформації основ фундаментів і, відповідно, будівель загалом. Деформації будівель відбуваються в різних проявах, але найчастіше у вигляді нахилів, які є результатом нерівномірних осідань фундаментів. Розроблений метод вирівнювання нахилених об'єктів перфоруванням шарів основ обмеженої товщини безпосередньо під фундаментом шляхом буріння горизонтальних свердловин змінних параметрів. При цьому відбувається зміна жорсткості основи. Таким чином, цей метод ліквідації деформованого стану – кренів, базується на управлінні жорсткістю основ.

Жорсткість основ є одним із основних параметрів, що визначають напружено-деформований стан будівель, споруд. Коефіцієнт жорсткості якої-небудь ділянки поверхні основи являє собою зусилля, яке необхідно докласти до одиниці поверхні для її переміщення на відстань, рівну одиниці. Для визначення коефіцієнта жорсткості необхідно знати розміри деформації поверхні основи, викликані дією зовнішніх навантажень на неї від фундаменту.

Під дією ваги споруди та додаткової технологічної процедури зволоження ціликів ґрунту свердловини деформуються, трансформуючись із круглої форми в еліпсоподібну. Перфорований шар піддається деформації стиску, і фундамент осідає відповідно до змінних розрахункових параметрів горизонтальних свердловин.

Для реалізації розробленого методу відновлення деформованого стану пошкоджених будівель, споруд управлінням жорсткістю основ висвітлений спосіб визначення осідань фундаментів під час перфорації шару основи під фундаментом бурінням горизонтальних свердловин.

Цим методом успішно ліквідований деформований стан понад 60 об'єктів різного призначення: будівлі 3–14 поверхові, висотні споруди, у тому числі димові труби висотою 50–100 м без відселення людей, без затримки діяльності об'єктів, без додаткового збільшення деформованого стану. На кожному об'єкті вирівнювання супроводжувалось моніторингом геодезичними способами та автоматизованою системою контролю.

Ключові слова: деформації будівель, відновлення деформованого стану, жорсткість основ, осідання фундаментів, параметри перфорації.

Постановка проблеми. Відновлення деформованого стану будівель, споруд є визначальним питанням у процесі підтримки будівельного фонду в належному стані, адже деформації будівельних об'єктів є передвісником їх аварійного стану. До того ж деформації будівель, споруд є надто поширеним фактом, який фактично знекровлює будівельний фонд будь-якої країни. Особливо це стосується України, де через фінансовий стан капітальне будівництво звелось до мінімальних обсягів. Тому відновлення деформо-

ваних об'єктів має бути державним пріоритетом, але державні органи не завжди належним чином опікуються цим питанням. Крім того, вирішення цього питання повинно відбуватися за допомогою адекватних технологічних інноваційних рішень.

Розробка прогресивних технологій усунення деформованих станів будівель, споруд повинна відповідати інноваційному рівню одночасно з розробкою передових технологій капітального будівництва. При цьому з урахуванням вищезазначеного відновлювальні технології, поряд

з питаннями відповідності вимог техно-економічного характеру, мають бути соціально спрямованими. Адже через старіння житлового фонду житлові будівлі зазнають суттєвих деформацій. Зазвичай через відсутність переселенського житлового фонду в Україні відновлювальні технології мають забезпечувати ліквідацію деформованого стану без відселення мешканців з житлових будинків. Навіть за наявності такого фонду тимчасове переселення є морально-психологічним потрясінням. Окрім того, відновлювальні технології мають забезпечувати безперебійну роботу виробничих об'єктів або мінімальне призупинення їх діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У зв'язку із вельми поширеною ситуацією деформацій будівель, споруд, які приносять суттєві збитки різного характеру і в різних сферах життєдіяльності, цій проблемі приділяється серйозне ставлення. Розроблені різні підходи технологій, якими намагаються якщо не усунути деформований стан, то хоча би зменшити його негативний вплив.

Здебільшого деформації будівель відбуваються внаслідок деформації основ фундаментів через деградацію властивостей ґрунтів під впливом різних чинників, зазвичай техногенних. Тому є різні технології зміцнення ґрунтів – цементація, силікатизація, термічне укріплення. На їх основі розроблені різні технології укріплення основ фундаментів. Найбільш ефективною технологією вважається армування основ різними способами [1, с. 215]. Їх впровадження в капітальне будівництво сприяє суттєвому зменшенню деформацій будівель. Але більшість способів поліпшення властивостей ґрунтів та технологій укріплення основ, хоча і зменшують кількість деформацій будівель, однак уже виниклих деформацій вони не усувають, а можуть лише сприяти їх стабілізації. Тому є велика потреба в розробці технологій для ліквідації деформованого стану будівельних об'єктів.

Враховуючи, що деформації будівель відбуваються в різних проявах, то і технології з їх ліквідації розроблені для різних способів. Одним із поширених і небезпечних видів деформацій є крени.

Є декілька способів ліквідації наднормативних кренів димових труб [2, с. 102; 3, с. 53; 4, с. 114]: підтрубка стовбуру труби; одностороння пригрузка фундаментів; одностороннє замочування ґрунтів основи; піддомкращування та інші. Але такі технології володіють різними недоліками, які пов'язані із технікою безпеки, недостатньою

ефективністю через докладання суттєвих зосереджених зусиль до конструкцій об'єктів труб тощо.

Найбільш дослідженим та впровадженим методом усунення нахилів будівельних об'єктів, у тому числі димових труб, є часткове видалення ґрунту в основі з-під менш осілої частини фундаментів. Цей метод може застосовуватись у будь-яких ґрунтових умовах без докладання до конструкції труби зосереджених зусиль. Об'єктом впливу є не конструкція труби, а ґрунти основи. Відомі технології видалення надлишкового ґрунту похилими свердловинами [5, с. 13; 6, с. 36; 7, с. 38].

Технологія усунення нахилів будівель, споруд похилими свердловинами має декілька недоліків. По-перше, недостатня керованість, по-друге, значно збільшується об'єм бурових робіт тощо. Тому запропоновано видалення надлишкового ґрунту здійснювати горизонтальними свердловинами змінних параметрів [8, с. 2].

Ліквідація деформованого стану будівель, споруд різних конструктивних схем частковим видаленням ґрунту основи з-під фундаменту, у тому числі за допомогою технології буріння горизонтальних свердловин, базується на принципі зміни жорсткості основи. Нами розроблений метод ліквідації деформованого стану будівельних об'єктів будь-яких видів – прогину, вигину, крену, кручень, управлінням зміни жорсткості основи фундаментів [9, с. 3]. Для реалізації вказаного методу необхідно розробити методику визначення технологічних параметрів.

Мета статті полягає у розробці методики визначення технологічних параметрів у процесі зміни жорсткості основи фундаментів під час усунення деформованого стану будівельних об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Жорсткість основ є одним із основних параметрів, що визначають напружено-деформований стан будівель, споруд. Коефіцієнт жорсткості якої-небудь ділянки поверхні основи являє собою зусилля, яке необхідно докласти до одиниці поверхні для її переміщення на відстань, рівну одиниці [10, с. 43]. Для визначення коефіцієнта жорсткості необхідно знати розміри деформації поверхні основи, викликаної дією зовнішніх навантажень на неї від фундаменту. В разі вертикального навантаження від будівлі коефіцієнт жорсткості визначають за формулою:

$$k = P/S, \quad (1)$$

де: P – середній тиск під подошвою фундаменту; S – осідання основи від тиску P.

Середній тиск під подошвою фундаменту деформованих будівель P визначається із проєк-

тної документації на будівлю як частка від ділення навантаження на фундамент на його площу. Задача з визначення коефіцієнта жорсткості основи в загальному вигляді зводиться до знаходження осідань S у точках під подошвою фундаменту на розрахункових вертикалях, що перетинають усі нашарування, лінзи, різні можливі включення, тобто складники частини геологічного розрізу. Повна осадка в загальному вигляді трактується як сума пружної і пластичної частин

$$S = S_{el} + S_{pl}, \quad (2)$$

де S – повна осадка від зовнішньої загрузки, що визначається в межах товщі основи, що стискається; S_{el} – пружна її частина; S_{pl} – пластична частина.

Пружні осадки основи визначаються методом пошарового підсумування за формулою:

$$S_{el} = \beta \sum_{i=1}^n \sigma_{zp,i} \cdot h_i / E_{el,i}, \quad (3)$$

де $\beta = 0,8$; $\sigma_{zp,i}$ – додаткове вертикальне напруження в i -му шарі від загрузок, які передаються системою фундаментів; h_i – товща i -го шару; $E_{el,i}$ – модуль пружних деформацій i -го шару ґрунту. Пластичні осадки визначаються по формулі:

$$S_{pl} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{sl,i} h_i, \quad (4)$$

де: $\varepsilon_{sl,i}$ – відносна просадочність i -то шару від загрузок, які передаються на цей шар за існуючого рівня побутового тиску.

Окрім указаних осадок, у задачах з відновлення деформованих будівель, тобто в технологічних задачах, враховуються так звані додаткові осадки S_d , визвані технологічними прийомами – перфоруванням ґрунтів, замочуванням та ін., які суттєво зменшують модуль деформації ґрунтів.

Враховуючи вище наведене, вираз (1) – коефіцієнт жорсткості основи буде мати такий загальний вигляд (5)

$$K = P / (S_{el} + S_{pl} + S_d), \quad (5)$$

Під час визначення коефіцієнта жорсткості основи приймаємо слідуочу гіпотезу. В нашому разі під час розробки методу ліквідації деформованого стану будівель шляхом управління жорсткістю основи бурінням під фундаментами горизонтальних свердловин змінних параметрів та методики визначення технологічних параметрів по реалізації розроблених технологій необхідно мати на увазі таке. Оскільки перфорацію ґрунтів основи

бурінням горизонтальних свердловин виконують у шарі ґрунту безпосередньо під фундаментом, тобто практично на початку стисливої зони, а перфоруємий шар має обмежену товщину, то на коефіцієнт жорсткості впливають технологічні осідання, які суттєво більші ніж складники пружних і пластичних осідань, тобто $S_{el} + S_{pl} \ll S_d$. Тому задача практично зводиться до визначення технологічних осідань S_d .

На рис. 1 показана ілюстрація вищенаведених міркувань, де показаний приклад технологічної схеми усунення деформованого стану будівлі у вигляді крену керуванням жорсткості основи. На практиці величина стисливої зони H_c суттєво більша ніж товщина шару перфорації під фундаментом h , тобто $H_c \gg h$, тому коефіцієнт жорсткості k (5) практично залежить від технологічних осідань S_d .

Залежно від жорсткості будівлі споруди по-різному реагують на нерівномірні деформації основ i , відповідно, осідання фундаментів i , як наслідок, піддаються різним видам деформацій – кренам, вигинам, прогинам та іншим. Наприклад, жорсткі будівлі – монолітні, крупнозбірні на суцільних плитних фундаментах, шахтні копри, ємнісні споруди та інші, за нерівномірних осідань зазнають нахилів без викривлення фундаментів, тобто нерівномірно осідають як жорсткі штампи. Тоді як гнучкі будівлі кінцевої жорсткості, наприклад, цегляні на стрічкових збірних фундаментах, за нерівномірних осідань сумісно із верхньою будовою піддаються деформаціям у вигляді прогинів, вигинів тощо, тобто фундаменти піддаються викривленню.

Поряд із розробкою інноваційних технологічних рішень з усунення деформованого стану будівель, споруд, важливим моментом має бути розробка методики визначення технологічних параметрів з реалізації цих рішень. Нами запропоновані методики розрахунків технологічних параметрів з усунення деформацій кренів, прогинів, вигинів будівель, споруд як жорстких, так і гнучких об'єктів.

Методика розрахунків параметрів усунення деформованого стану жорстких будівель (кренів) показана в роботі [11, с. 323]. Розрахунки параметрів усунення деформованого стану гнучких будівельних об'єктів базуються на даних статистичної обробки експериментальних досліджень [12, с. 226].

На схемі (а) рис. 1 умовно показана шарувата товща основи будівлі. Під впливом навантаження будівлі сформована стислива зона розміром H_c із початковою, рівномірно розподіленою жорсткістю K_0 . Під впливом різних чинників жорсткість основи змінюється K_0 (схема б) із максимальним та мінімальними значеннями K_2 і K_1 ,

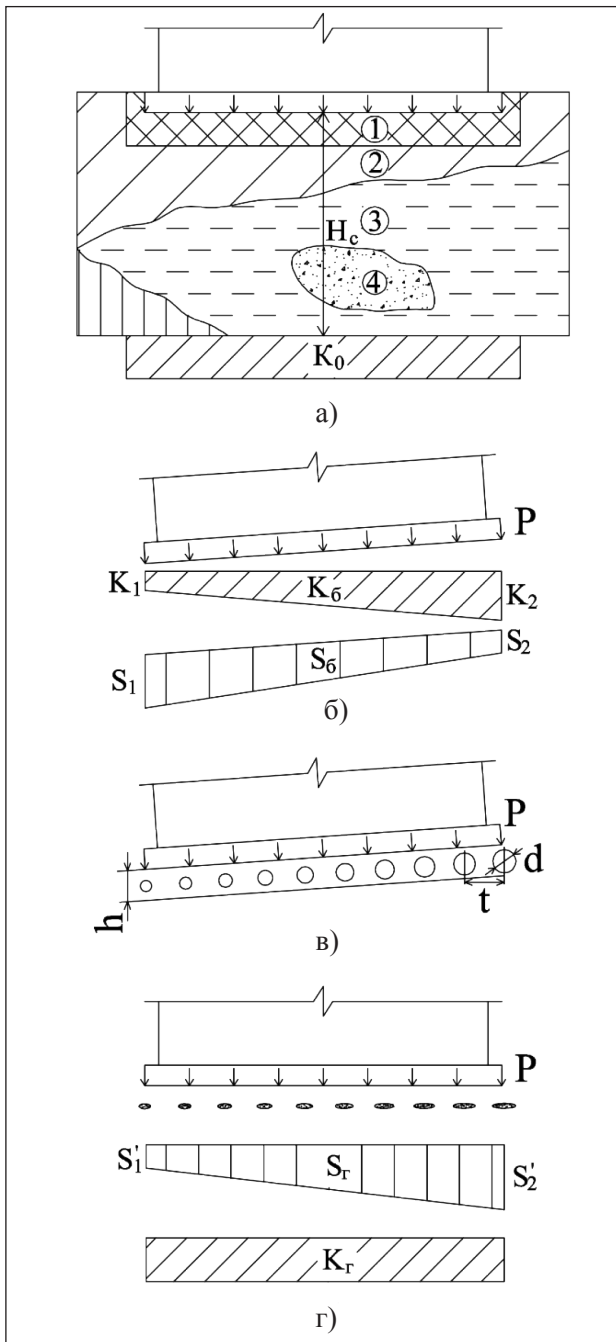


Рис. 1. Технологічна схема процесу усунення деформованого стану будівлі керуванням зміни жорсткості основи: а) шарувата товща основи і початкове положення епюри коефіцієнта жорсткості основи будівлі K_0 ; б) нерівномірні осідання фундаменту внаслідок зміни жорсткості основи; в) вплив на жорсткість основи нерівномірною перфорацією шару ґрунту під фундаментом; г) вирівнювання жорсткості основи внаслідок нівелювання деформацій шару ґрунту під фундаментом;

$H_{c.m}$ – величина стисливої зони основи; h – товщина перфорованого шару основи; K_0 – початкова епюра жорсткості основи; S_6 – епюра нерівномірних осідань фундаменту; S_1, S_2 – максимальні та мінімальні осідання фундаменту; S_1', S_2' – епюра осідань після перфорації шару основи; K_0 – початкове положення епюри жорсткості основи; $K_Г$ – нівельована епюра жорсткості

внаслідок чого виникають нерівномірні осідання фундаменту S_1 та S_2 і як наслідок, будівля зазнає крену. Для вирівнювання нахиленої будівлі нами запропоновано змінити жорсткість основи перфорацією шару під фундаментом товщиною h бурінням горизонтальних свердловин змінних параметрів – діаметрів d і кроків t (схема в). Внаслідок буріння горизонтальних свердловин змінних параметрів і додаткової технологічної операції зволоження ґрунтів навколо свердловин, під дією тиску фундаменту P цілики ґрунту, досягаючи межі міцності, руйнуються, заповнюючи порожнини свердловин. Зруйнований та зволожений ґрунт ущільнюється під тиском P , перфорований шар ґрунту стискається відповідно до розрахункових параметрів горизонтальних свердловин із відповідною зміною епюри осідань S (схема г) і нівелюванням коефіцієнта жорсткості K , вирівнюючи його. Такі зміни коефіцієнта жорсткості K і епюри технологічних осідань S відповідно до зміни параметрів перфорації шару основи дають позитивний результат – об'єкт повертається в проектне положення, деформація усувається.

Цим методом успішно ліквідований деформований стан понад 60 об'єктів різного призначення: будівлі 3–14 поверхові, висотні споруди, у тому числі димові труби висотою 50–100 м без відселення людей, без затримки діяльності об'єктів, без додаткового збільшення деформованого стану. На кожному об'єкті вирівнювання супроводжувалось моніторингом геодезичними способами та автоматизованою системою контролю [13, с. 4].

Висновки. Усунення деформованого стану будівель, споруд у вигляді кренів, прогинів, вигинів тощо запропоновано виконувати шляхом управління жорсткістю основ шляхом нерівномірної перфорації шару основи під фундаментом бурінням горизонтальних свердловин змінних параметрів.

Під час ліквідації деформованого стану об'єктів параметри зміни епюри осідань фундаменту адекватні зміні жорсткості основи, тому під час визначення технологічних параметрів усунення деформованого стану завдання зводиться до визначення технологічних осідань фундаментів.

Враховуючи, що деформації жорстких будівель і будівель кінцевої жорсткості по-різному реагують на деформації основ, відповідно, фундаменти жорстких будівель осідають за прямолінійною закономірністю, тобто без викривлення, тоді як фундаменти будівель кінцевої жорсткості викривляються, слідує деформаціям основ, тому методи визначення параметрів усунення деформованого стану цих видів об'єктів мають розроблятися окремо.

Список літератури:

1. Друкований М.Ф., Матвеев С.В., Корчевський Б.Б. Армвані основи будівель та споруд : монографія. Вінниця, 2006. 235 с.
2. Вараница А.В. О кренах кирпичных дымовых труб. *Вісник ДонГАСА «Будівельні конструкції»*. 2001. Вип. 5 (30). С. 101–102.
3. Мавроди Ф.И., Саенко В.Г. Способ устранения крена дымовой трубы. *Научно-технический сборник «Современные проблемы строительства»*. Донецк : ООО «Лебедь», 1997. С. 53–54.
4. Криворотов А.П., Лубячин А.В. К вопросу о выравнивании кренов высотных зданий и сооружений на плитных фундаментах. *Известия вузов. Строительство*. Москва, 2005. № 2. С. 113–116.
5. Косаренко Г.И., Казначеевский П.А., Яроцкий Г.Д. Крены зданий и методы их выправления в порядке обслуживания. *Строительство и архитектура Узбекистана*. 1980. № 12. С. 11–14.
6. Косаренко Г.И., Яроцкий Г.Д. Устойчивость неконсолидированных оснований, сложенных слабыми подстилающими грунтами. *Фундаментостроение в сложных грунтовых условиях*. Алма-Ата, 1977. С. 32–37.
7. Шишко Г.Ф. Устранение кренов силосных корпусов элеваторов способом выбуривания грунтов. *Фундаментостроение в сложных грунтовых условиях*. Алма-Ата : Будівельник, 1987. С. 35–40.
8. Спосіб вирівнювання будівель, споруд: пат. 65455А Україна : МПК Е 02Д 35/00. №2003109485 ; заявл. 21.10.2003, опубл. 15.03.2004, Бюл. № 3. 12 с.
9. Спосіб усунення деформацій будівель, споруд: пат. 95510 Україна : МПК Е02D 3/12 (2006.01). №201407845 ; заявл. 11.07.14, опубл. 25.12.14, Бюл. № 24. 3 с.
10. Клепиков С.Н. Общее решение для балок и плит на упругом искривленном основании переменной жесткости. *Исследования по основаниям, фундаментам механике грунтов*. Киев : Будівельник, 1969. С. 37–47.
11. Самченко Р.В. Методика розрахунку параметрів вирівнювання нахилених будівель. *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. Полтава : ПолтНТУ, 2013. Вип. 3(38) Т. 1. С. 321–327.
12. Шокарев В.С., Степура И.В., Самченко Р.В. Управление жесткостью основания при ликвидации кренов зданий и сооружений. *Труды международного семинара по механике грунтов, фундаментостроению и транспортным сооружениям*. Самарканд, 2002. С. 224–229.
13. Електромагнітна вимірювально-інформаційна система неруйнівного контролю параметрів напружено-деформованого стану конструкцій і споруд: пат. 75876 Україна: МПК G01N27/90, G01M19/00. №2002054241; заявл. 23.09.02, опубл. 15.06.06, Бюл. № 6. 20 с.

Samchenko R.V., Yukhymenko A.I., Ilyin S.V. DEFINING THE PARAMETERS WHEN CHANGING THE SUBSIDENCE OF THE FOUNDATION STIFFNESS BASES DURING RECOVERY OF DEFORMED BUILDINGS, STRUCTURES

There is a large number of deformed buildings, structures that are constantly increasing due to the influence of various factors of natural and man-made nature. In most cases, the consequence of these effects is the deformation of the foundations and, accordingly, buildings in general. Deformations of buildings occur in various manifestations, but most often in the form of slopes, which are the result of uneven subsidence of the foundations. A method of leveling inclined objects by perforating layers of foundations of limited thickness directly under the foundation by drilling horizontal wells of variable parameters has been developed. At the same time there is a change of rigidity of a basis. Thus, this method of eliminating the deformed state - rolls is based on the control of the rigidity of the foundations.

The rigidity of the foundations is one of the main parameters that determine the stress-strain state of buildings and structures. The stiffness of any part of the surface of the base is the force that must be applied to a unit of surface to move it at a distance equal to one. To determine the stiffness coefficient, it is necessary to know the size of the deformation of the surface of the base caused by the action of external loads on it from the foundation.

Under the action of the weight of the structure and the additional technological procedure of moistening the soil pillars, the wells are deformed, transforming from a round shape into an elliptical shape. The perforated layer is subjected to compression deformation and the foundation settles in accordance with the variable design parameters of horizontal wells.

To implement the developed method of restoring the deformed condition of damaged buildings, structures by controlling the rigidity of the foundations, the method of determining the subsidence of the foundations during perforation of the foundation layer under the foundation by drilling horizontal wells is highlighted.

This method has successfully eliminated the deformed condition of more than 60 objects for various purposes: buildings 3–14 storeys, high-rise buildings, including chimneys 50–100 m high without relocation of people, without delay of activity of objects, without additional increase of the deformed condition. At each object, the alignment was accompanied by geodetic monitoring and an automated control system.

Key words: *deformations of buildings, restoration of the deformed condition, rigidity of bases, subsidence of the bases, perforation parameters.*

УДК 656.072.132
DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/24>

Симонов С.І.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Соловійов Г.І.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Усліста В.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

Лищенко О.П.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ПОКРАЩЕННЯ КОЛОРИСТИКИ МІСЬКИХ БУДИНКІВ НА ПРИКЛАДІ ВУЛИЦІ ПРОСПЕКТ ГВАРДІЙСЬКИЙ У МІСТІ СЕВЕРОДОНЕЦЬК

У статті зроблено постановку проблеми в загальному вигляді стосовно того, що для більшості міст пострадянського простору характерна типова забудова житлових кварталів, фасади будинків яких не вирізнялися вишуканістю в плані кольорів. Також відзначено, що для індустріальних міст Донбасу характерна сірість фасадів, які, зношені з часом, спричиняють зневіру й депресію в жителів міста, особливо в осінньо-зимовий період, значно знижуючи фізичну активність людини. Зроблено аналіз останніх досліджень і публікацій, для того щоб дати визначення терміна «кологістика», визначити проблему колірної гармонії міст, визначити важливість кольору в архітектурі й будівництві та впливу різних колірних відтінків на людину. Була сформульована основа цілі статті, а саме проведення візуального дослідження й аналіз ситуації з колірною гамою в Северодонецьку на прикладі вулиці проспект Гвардійський, яка є центральною й найбільшою вулицею цього міста, що тепер є столицею Луганської області. Також у статті було зроблено візуальне дослідження колористичного середовища проспекту Гвардійський міста Северодонецьк, виявлено різні проблеми, також наведено результати аналізу колірної гама зазначеного проспекту. Після того як було розглянуто сучасну ситуацію з колірною гамою на цьому проспекті, були виділені актуальні проблеми й запропоновані різні актуальні рекомендації для покращення колористики міста. Був зроблений висновок, що в Северодонецьку не приділяється належна увага зовнішньому вигляду міста, і вулиці міста, навіть центральні, у досить занедбаному стані. Для того щоб розв'язати проблему гармонізації та впорядкування колористичного вирішення проспекту Гвардійський, необхідно створити сприятливу, гармонійну обстановку в місті для поліпшення якості життя городян. Актуальність статті полягає в тому, що сучасні проблеми загальної урбанізації впливають на зміну візуального середовища, що своєю чергою суперечить можливостям зору людини й формуванню комфортного простору життєдіяльності.

Ключові слова: колористична гармонія, колір, міське середовище, інтегрування, сприйняття кольорів.

Постановка проблеми. Колір відіграє дуже важливу роль у сприйнятті людиною міського середовища. Для більшості міст пострадянського простору характерна типова забудова житлових кварталів, фасади будинків яких не вирізнялися вишуканістю в колірному плані. Для індустріальних міст Донбасу характерна створена індустріальними методами монохромна архітектура, що обумовлює сірість фасадів житлових будинків, які, занепавши з часом, спричиняють зневіру й депресію в жителів міста, особливо в осінньо-зимовий період, що значно знижує їхню фізичну активність. Незважаючи на те що Северодонецьк – відносно молоде місто, оскільки основна його

збудова велася у 1960–80 рр., зараз він має ті ж самі проблеми, що й інші міста Донбасу та більшість міст України, де переважно для фарбування фасадів будинків застосовують асфальтно-сірий, темно-сірий і синьо-сірий кольори й такого ж кольору утеплювачі для утеплення квартир. В результаті й без того непоказні фасади з часом старіють, стають непривітними, мають похмурий вигляд. Зазначимо, що колір будівель також впливає на рівень освітленості вулиць: чим менша ширина вулиць і більша поверховість забудови, тим більший цей вплив, що позначається на емоційно-образній характеристиці забудови. Вулиці, заповнені сірими фасадами будівель, за низького

рівня освітленості видаються тьмяними й смутними, а використання жовтих і білих кольорів в оформленні фасадів надають їм «сонячності» навіть у похмурі дні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для початку дамо визначення терміна «колористика». Колористика – наука про колір, що охоплює знання про природу кольору, основних, складених і додаткових кольорів, про основні характеристики кольору, колірні контрасти, змішані кольори й колірні гармонії, колірну мову й колірну культуру [1, с. 5].

Питання колірної гармонії міст уже порушили в Дніпрі, де вважають, що ХХІ століття – час інновацій і прогресу, але попри це урбанізація чинить і негативний вплив: з'являються об'єкти містобудування, які не завжди гармонійні та співмасштабні один одному, колористично не пов'язані з елементами навколишнього середовища, внаслідок чого колірний образ міста формується безладно. Водночас руйнується цілісність його сприйняття, з'являється певна роздрібненість в архітектоніці міського середовища. На сьогодні відсутній комплексний погляд на проблеми, пов'язані з колористичною гармонією міського середовища. Саме питанню колористики будівлі слід приділяти першочергову увагу під час вирішення оформлення її зовнішнього вигляду, адже саме методи й засоби колористики сприяють чіткому й скоординованому проектуванню міського середовища [2, с. 15]. Питання колористики порушили в різних містах пострадянських країн, наприклад у Волгограді, де відзначили, що колір фасаду будівлі грає дуже важливу роль в сприйнятті людиною навколишнього архітектурного середовища. Завдяки кольорам можна підкреслити ідею й функціональне призначення будь-якої будівлі, її форму [3, с. 202].

Важливість кольору в архітектурі будівель неодноразово відзначалася діячами науки й мистецтва. Колір є одним із потужних чинників, що формують комфортне візуальне середовище, й однією з найважливіших характеристик більшої частини творів мистецтва. Сучасними вченими-психологами встановлено факт прямого впливу кольору на психологічний стан людини, її самопочуття, працездатність і активність, а також вегетативну нервову систему, яка відповідає за діяльність внутрішніх органів. Крім того, завдяки використанню широкої колірної гами можна збагатити візуальне середовище та сповнити його зоровими елементами й потрібною інформацією [4, с. 27].

Слід зазначити, що колір завжди впливав на людину, адже людина живе у світі кольорів і сприймає цей світ за допомогою кольору. Одні

кольори приваблюють, збуджують, активізують нас; інші, навпаки, заспокоюють, гальмують. Завдяки правильному використанню кольору в повсякденному житті можна домогтися успіху, підвищити працездатність, змінити настрій.

Шляхом багаторічних життєвих спостережень і спеціальних досліджень психологів і фізіологів було встановлено, як ті чи інші кольори, колірні відтінки впливають на людину. Червоний колір збудливий, активний, він підвищує кров'яний тиск, прискорює ритм дихання, активізує всі функції організму, на короткий час збільшує м'язову напругу. Червоний колір традиційно пов'язується зі святами й веселощами. Але зловживати червоним кольором не варто, він може спричинити роздратування й виснаження нервової системи. Помаранчевий колір тонізує, привертає увагу, тому його часто використовують у рекламі. М'які відтінки помаранчевого кольору сприятливо впливають на працездатність. Жовтий колір оцінюють як колір товариськості й веселощів, він найменше втомлює, є фізіологічно оптимальним, стимулює зір, сприятливий для розумової діяльності. Зелений колір заспокоює й полегшує стан у разі невралгії й мігрені, знижує кров'яний тиск, на тривалий час підвищує рухово-мускульну працездатність. Блакитний колір заспокоює, знижує м'язове напруження та кров'яний тиск, уповільнює ритм дихання, освіжає, знижує апетит, позитивно впливає на здоров'я людини. Встановлено, що у випадку тривалої одноманітної роботи блакитний колір підвищує працездатність. Синій колір сприяє гальмуванню функцій фізіологічних систем людини. За тривалого впливу синього кольору фаза заспокоєння може перейти у фазу гноблення. Фіолетовий колір негативно діє на нервову систему, він часто сприймається як важкий, таємничий. У деяких культурах цей колір символізує мудрість, зрілість, вищий розум. Тривалий вплив фіолетового кольору може викликати меланхолію. Білий колір зазвичай асоціюється з чистотою, неміцністю, новизною, спокоєм і невинністю, але у випадку надлишку білого створюється відчуття стерильності, лікарняної атмосфери. Сірий – класичний нейтральний колір, помірно консервативний, традиційний і говорить про інтелігентність. Сірий колір може видатися старим, нудним і нецікавим. Але в поєднанні з іншими нейтральними або яскравими кольорами сірий виглядає сильним, енергійним, вишуканим і красивим. Чорний колір традиційно асоціюється з елегантністю, вишуканістю. Він може сприйматися як колір ночі та смерті, чорної магії, неза-

конних дій (чорний ринок), знедоленої людини (чорний список). Через свою практичність часто використовується в одязі [5, с. 25].

Постановка завдання. Основною метою статті є дослідження й аналіз ситуації з колірною гамою житлових будинків Северодонецька на прикладі вулиці проспект Гвардійський, розгляд наявних проблем і визначення рекомендацій для їх вирішення. Проспект Гвардійський був обраний як центральна й найбільша вулиця міста, яке тепер є центром Луганської області.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо ситуацію з колірною гамою житлових будинків на найдовшій вулиці Северодонецька – проспекті Гвардійському.

У процесі візуального дослідження колористичного середовища житлових будинків на проспекті Гвардійському міста Северодонецька були виявлені такі проблеми:

- відсутність цілісної колірної гармонії;
- відсутність колірних контактів з природним оточенням;
- фасади будівель поступово втрачають колірну палітру, тим самим руйнуючи міський пейзаж;

- хаотичне розміщення зовнішньої реклами та вивісок;

- малі архітектурні форми не гармоніюють з колірною гамою фасадів будівель.

Все це заважає об'єктивному сприйняттю кольорової гами вулиці міста, що відбивається на психоемоційному стані його жителів, а також створює неправильне сприйняття колірної єдності в архітектурі. Щоб уникнути колірного нагромадження, естетичного безладу, вибір кольору повинен ґрунтуватися на принципах колористичної гармонії, яка включає в себе розділ знань про колірну культуру й колірні переваги.

Можна зробити кілька рекомендацій щодо поліпшення колірної палітри житлових будинків на проспекті Гвардійському, для чого потрібно:

- зважати на закони колірної гармонії;
- під час створення колористичної карти застосовувати принцип «від загального до конкретного»;
- привести фасади будівель до єдиної кольорової гами;
- створити єдиний стиль для малих архітектурних форм, які гармонійно зливатимуться з колірною гамою фасадів будівель;



Рис. 1. Проспект Гвардійський



Рис. 2. Проспект Гвардійський



Рис. 3. Проспект Гвардійський



Рис. 4. Проспект Гвардійський

- використовувати досвід минулого, примножуючи культурне багатство Северодонецька;
- застосовувати місцеві матеріали, віддаючи перевагу відтінкам, які гармоніюють з навколишнім середовищем;
- враховувати побажання й переваги жителів міста, для чого проводити опитування;
- необхідно законодавчо врегулювати хаотичне утеплення квартир, щоб вони не псували зовнішній вигляд міста і гармоніювали з фасадом будівлі;
- необхідно не допускати хаотичне розташування й величезну кількість реклами в центральній частині міста;
- подумати про введення нових колоритів, щоб освіжити міський пейзаж.

Висновки. З вищесказаного можна зробити висновок, що в Северодонецьку не приділяється належна увага зовнішньому вигляду міста. Вулиці міста, навіть центральні, у досить занедбаному стані, утеплення квартир відбувається хаотично, повністю руйнуючи кольорову гаму житлового будинку та міста. Зanedбаний вигляд будівель в центральній частині міста не викликає довіри в потенційних інвесторів, не приваблює в місто

туристів. Також однією з проблем є те, що до теперішнього моменту колористичне середовище Северодонецька та інших українських міст набуло хаотичного характеру завдяки безсистемному зведенню рекламних конструкцій та об'єктів торгівлі.

Для того щоб розв'язати проблему гармонізації й упорядкування колористичного вирішення проспекту Гвардійського й інших вулиць міста, необхідно створити сприятливу, гармонійну обстановку в місті для поліпшення якості життя городян. Кольори будівель повинні викликати позитивні емоції й утворювати єдину колірну рівновагу, а не діяти розрізнено, викликаючи зневіру й депресію. Колір активно й багатопланово бере участь в нашому житті й чинить сильний вплив на свого глядача, тому необхідно грамотно його використовувати у своїй творчій діяльності для підвищення художньої цінності архітектурного вигляду міста в цілому й так само для підвищення фізичного та психічного здоров'я його мешканців.

Таким чином, розуміння проблеми колористики житлових будинків сучасних міст і, як наслідок, формування рекомендацій щодо вирішення цієї проблеми – актуальне завдання на сьогодні.

Список літератури:

1. Єфімов А. Колористика міста. Москва : Стройиздат, 1990. 272 с.
2. Герцман Е.А., Саньков П.М. Колірна гармонія міста як проблема містобудування (на прикладі центру міста Дніпропетровська). *Студентський науковий форум – 2016* : матеріали VIII Міжнародної студентської електронної конференції [Електронний ресурс] URL: <https://scienceforum.ru/2016/article/2016022787> (дата звернення 22.11.2019).
3. Иванова Н.В., Минаева К.В., Минаева А.М. Формирование цвето-композиционных решений жилых домов города Волгограда. *Международный журнал гуманитарных и естественных наук*. 2018. № 5-1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-tsveto-kompozitsionnyh-resheniy-zhilyh-domov-goroda-volgograda> (дата обращения: 19.03.2020).
4. Педхем, Ч. Сприйняття Світу і Кольори / Ч. Педхем, Ж. Сондерс. Москва : Наука, 1978. 272 с.
5. М. Купер, А. Метьюз. Мова кольору. Москва : Ексмо, 2002. 114 с.

Simonov S.I., Solovyov G.I., Yslista V.A., Lischenko O.P. IMPROVEMENT OF COLORISTIC URBAN HOUSES ON THE EXAMPLE OF THE PROSPECT OF THE GVARDEYSKI OF SEVERODONETSK

This article deals with the problem in general, that most cities in the post-Soviet space are characterized by typical residential areas, the facades of which did not differ in any refinement in color, and that the industrial cities of Donbas look similar with gray facades, which decayed over time, cause despair and depression in the city, especially in the autumn-winter period, significantly reducing physical activity. An analysis of recent research and publications has been conducted to define the term coloristics, to identify the problem of color harmony of cities, to determine the importance of color in architecture and construction, and the impact of different color shades on people. The basis of the purpose of the article was formulated, namely to conduct a visual study and analysis of the situation with the color scheme in Severodonetsk on the example of Prospekt Gvardiysky Avenue which is the central and largest street of this city, which is currently the capital of Luhansk region. The article also made a visual study of the color environment of Gvardiysky Avenue in Severodonetsk, where various problems were identified, and an analysis of the color scheme of this prospectus was given. After considering the current situation with the color scheme on this avenue, current issues were identified and various and current recommendations were proposed to improve the color scheme of the city. It was concluded

that in Severodonetsk, a due attention is not paid to the appearance of the city and the city streets, even the central ones, are in a rather dilapidated condition. In order to solve the existing problem of harmonization and streamlining the color scheme of Gvardiysky Avenue, it is necessary to create a favorable, harmonious situation in the city to improve the quality of life of citizens. The relevance of the article is that modern problems of general urbanization are beginning to affect the change of the visual environment, which in turn negatively affects the possibilities of human vision and the formation of a comfortable living space.

Key words: *coloristic harmony, color, urban environment, integration, color perception.*

УДК 624.012.45:624.042.2;
DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/25>

Срібняк Н.М.

Сумський національний аграрний університет

Циганенко Л.А.

Сумський національний аграрний університет

Циганенко Г.М.

Сумський національний аграрний університет

Івченко В.Д.

Сумський національний аграрний університет

СПІЛЬНА РОБОТА ПЛИТ У ЯЧЕЙЦІ ПЕРЕКРИТТЯ

Залізобетонні конструкції перекриттів і покриттів становлять майже 20% вартості всієї будівлі. Ці конструкції є досить матеріаломісткими й працемісткими, оскільки на них припадає близько 30–40% бетону й сталі, що використовуються для зведення будівлі. Перекриття мають функції розмежування й утримування навантаження, але крім того вони є горизонтальними діафрагмами жорсткості будівлі. Також перекриття перерозподіляють зусилля від горизонтального вітрового навантаження між вертикальними елементами будівлі й нівелюють напруження, що виникають від неточності монтажу.

Тому проектування конструкцій перекриттів повинно базуватися на експериментально-теоретичних дослідженнях дійсних умов їхньої роботи та взаємодії в складі будівель і споруд та розробці на цій основі вдосконалених методів розрахунку, що враховують їхню просторову роботу.

Моделювання дійсних умов роботи конструкцій забезпечується створенням розрахункової схеми, яка враховує спільну роботу всіх елементів будівлі чи споруди. Метод кінцевих елементів, який реалізується в багатьох сучасних програмних комплексах, дає змогу більш точно моделювати розрахункові схеми конструкцій і враховувати їх сумісну роботу. В статті розглянуто та змодельовано декілька умов, за яких відбувається перерозподіл внутрішніх зусиль і напружень. Установлено, що зусилля в окремих плитах змінюються значно у випадку завантаження окремої плити локальним навантаженням чи мініумов спирання на стіни однієї з плит ячейки перекриття. Окрім зміни та перерозподілу моментів вигину значною мірою збільшуються крутні моменти в окремих елементах ячейки за зміни умов спирання ячейки перекриття.

Наявність і величина моментів кручення за традиційного проектування не враховується. В роботі доведено факт спільної роботи збірних плит перекриття, що з'єднані між собою швом замоноличення й анкерними елементами в ячейці перекриття. Врахування спільної роботи дає змогу більш точно визначити зусилля в елементах ячейки, а значить, раціональніше проектувати ці елементи.

Ключові слова: *плита, перекриття, напруження, зусилля, шпонка.*

Постановка проблеми. У складі будівель перекриття й покриття виконують важливі функції: несуть вертикальні навантаження; беруть участь у забезпеченні просторової жорсткості будівлі, виконуючи функції горизонтальних діафрагм жорсткості та перерозподіляючи між вертикальними елементами зусилля від вітрового навантаження й неточності монтажу. Одночасно елементи перекриття й покриття є огорожувальними конструкціями; слугують для пропуску інженерних комунікацій, технологічного обладнання й підвішування підйимально-транспортних механізмів. Перекриття й покриття, особливо великопрольотні, є

матеріаломісткими й трудомісткими елементами, на які припадає близько 30–40% бетону й сталі, що йдуть на зведення будівлі. Тому проектування конструкцій перекриттів повинно базуватися на експериментально-теоретичних дослідженнях дійсних умов їхньої роботи та взаємодії в складі будівель і споруд та розробці на цій основі вдосконалених методів розрахунку, що враховують їхню просторову роботу. У зв'язку з викладеним дослідження просторової роботи перекриттів, що має на меті уточнення напружено-деформованого стану й більш економічне їх проектування, є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [1] зазначено, що розрахунку просторової роботи ребристих, суцільних і пустотних систем присвячено безліч робіт учених різних країн [2–8]. Розрахунки збірних і монолітних перекриттів з урахуванням просторової роботи в основному базуються на розрізанні на окремі балки та складанні умов спільності деформацій суміжних елементів. Невідомі внутрішні зусилля представляються в основному у вигляді рядів Фур'є. Є точні рішення з використанням диференціальних рівнянь [3; 9; 10], засновані на методі В.З. Власова. Методи інженерних розрахунків розроблені Б.В. Карабановим [11], однак і вони не передбачають варіантного проектування з урахуванням різного розташування навантажень з метою попереднього підбору арматури для подальшого точного розрахунку з урахуванням тріщиноутворення, дефектів та інших чинників.

Найпростішим у реалізації на сьогодні є метод кінцевих елементів, що реалізується в багатьох програмних комплексах. Цей метод належить до числових методів розрахунку [12; 13] та дає змогу здійснювати статичний розрахунок будівельних конструкцій з урахуванням багатьох факторів, тобто створювати розрахункову модель, умови роботи якої максимально наближені до реальних.

Постановка завдання. Метою роботи є отримання підтвердження спільної роботи збірних багатопорожнистих плит у ячійці перекриття за допомогою числового експерименту, вико-

наного за допомогою програмного комплексу (далі – ПК) Ліра-САПР. Числовий експеримент складався з декількох задач, які могли б наочно продемонструвати перерозподіл деформацій і напружень між плитними елементами. Перша модель дослідження являла собою кінцевоелементну модель ячійки з плит, завантажену рівномірно розподіленим по площі навантаженням. Надалі порівнювалися й аналізувалися зміни напружено-деформованого стану цієї моделі за впливу різних факторів.

Такими факторами були: наявність локального завантаження однієї з плит перегородкою; спирання крайньої плити на стіни з трьох боків, часткове руйнування (вихід із ладу) однієї з плит ячійки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розглянемо ячійку перекриття, яка складається з чотирьох збірних залізобетонних плит завширшки 1500 мм і прольотом 3880 мм. Спирання плит за короткими сторонами на стіни прийнято шарнірним, тобто плити працюють під навантаженням за балковою схемою.

Просторова модель перекриття (далі – «вихідна схема») показана на рис. 1.

Розміри плит 1500 × 3880 × 220 мм марки ПК 39.15-8 серії 1-141-1 за ГОСТ 9561-91. Схема змодельована пластинчатими кінцевими елементами № 22 типу «плита». Наявність порожнин плити врахуємо призначенням пластинчатому елементу ортотропних властивостей, тобто приймаємо

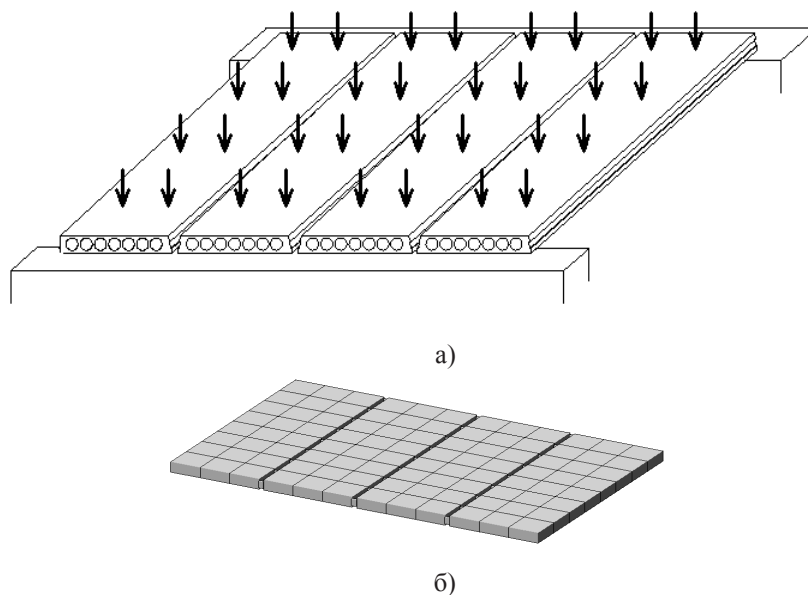


Рис. 1. Схема ячійки зі збірних багатопорожнистих плит перекриття завантажена рівномірно розподіленим по площі навантаженням «вихідна модель» – а; просторова модель ячійки в ПК Ліра-САПР – б

різну жорсткість за двома напрямками плити. Реальний поперечний переріз багатопорожнистої плити замінено на приведений двотавровий переріз. Обчислено модулі пружності для приведених поперечного й поздовжнього перерізів за рис. 2, б, в: $E_{x_red} = 691200 \text{ кН/м}^2$ та $E_{y_red} = 7611000 \text{ кН/м}^2$. Спільна робота плит в ячійці перекриття забезпечується завдяки замоноличуванню бокових шпонок, що розташовані по довгих сторонах плит та завдяки влаштуванню анкерування плит між собою та зі стінами, що несуть, та на які спираються плити. В розрахунковій схемі таке конструктивне вирішення може бути представлене у двох варіантах: за допомогою застосування функції «об'єднання переміщень вузлів» та введенням до розрахункової схеми вздовж довгих сторін плит стрижнів із шарнірами на кінцях. Порівняльний аналіз зусиль показав, що ці два способи апроксимації поздовжніх швів між плитами є рівнозначними. Оберемо другий спосіб завдання швів між плитами, тобто застосуємо опцію «об'єднання переміщень суміжних вузлів по вертикалі».

Ячейка завантажена рівномірно розподіленим навантаженням $6,4 \text{ кН/м}^2$, яке складається з власної ваги конструкції та корисного навантаження.

Як було розглянуто вище, розглянемо три варіанти, які доводять, що відбувається перерозподіл внутрішніх зусиль та напружень в окремих плитах ячейки:

- крайня плита спирається довгою стороною на стіну (рис. 2, а);
- на другу з лівого боку ячейки плиту спирається перегородка; (рис. 2, б);
- в наслідок руйнування жорсткість другої з лівого боку плити понижена (рис. 2, в).

Епюри ізополів напружень по M_x та M_y для рівномірно завантаженої ячейки наведено на рис. 3. Так, з рис. 3 видно, що розподіл внутрішніх напружень є симетричним і рівномірним.

На рис. 4 наведено ізополі напружень по M_x (кНм/м) і порівняльні графіки погонних моментів M_x , що діють у перетині плит, ортогональному до осі X. Графіки побудовані для вихідної схеми за рис. 1, а та для схеми за рис. 2, а.

На рис. 5 наведено графіки напружень від крутних моментів M_{xy} і поперечної сили Q_x для вихідної схеми за рис. 1, а та для схеми за рис. 2, а.

Для нежорсткої перегородки більша частина її ваги (60%) приймається розподіленою по довжині перегородки (на ділянках між прорізами), а 40% – у вигляді зосереджених сил [14]. Отже, завантажимо посередині другу від лівого краю ячейки плиту вздовж довгої її сторони (рис. 2, б і рис. 6)

точковими силами $P=0,75 \text{ т}$, що прикладені на відстані $L/12 = 3,88/12 = 0,32 \text{ м}$, змодельовавши таким чином 40% ваги перегородки на плиту. Інші 60% ваги перегородки за допомогою опції «навантаження-штамп» в ПК Ліра-САПР змодельуємо лінійно розподіленим навантаженням інтенсивністю $q=0,53 \text{ т/м}$ з кроком триангуляції $0,1 \text{ м}$.

На рис. 7 наведено порівняльні графіки погонних моментів M_x , що діють у перетині плит, ортогональному до осі X. Графіки побудовані для вихідної схеми за рис. 1, а та для схеми за рис. 2, б.

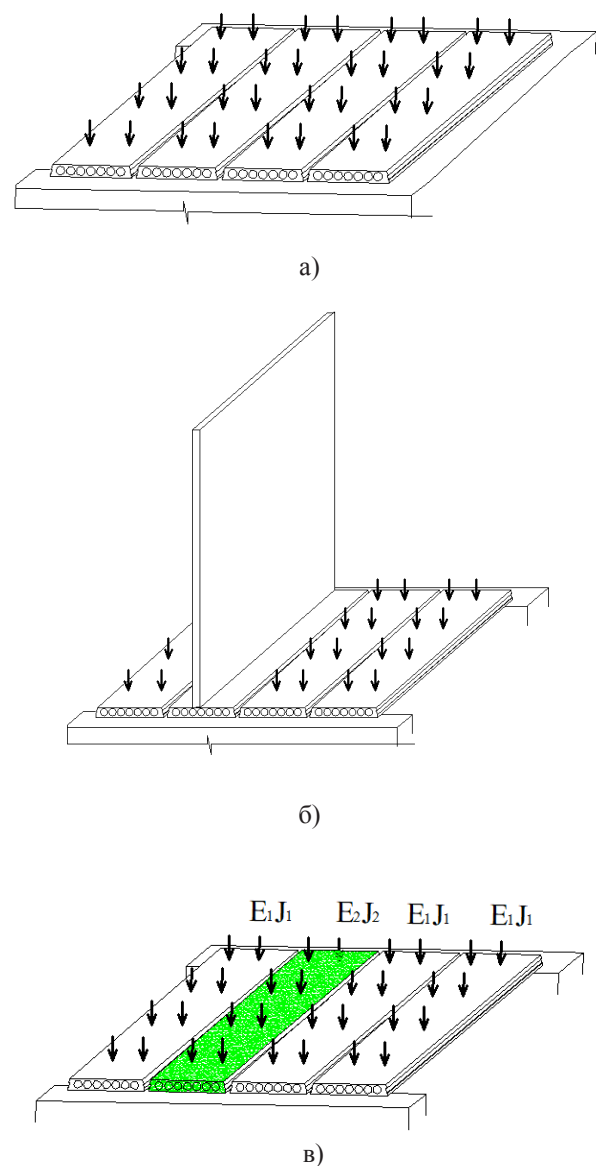


Рис. 2. Фактори, які виявляють спільну роботу плит у складі ячейки перекриття: крайня плита спирається довгою стороною на стіну – а; завантаження локальним навантаженням – б; за виключення з роботи однієї з плит ячейки – в

На рис. 8 наведено графік зміни моменту вигину M_x для моделі ячейки з плит, у яких з роботи «виключено» одну з плит (рис. 2, в). Моменти кручення M_{xy} та поперечна сила Q_x залишилися без змін, тому графіки зміни цих зусиль наводити не будемо.

Аналіз числових досліджень. Виконані числові дослідження показують суттєву зміну напру-

жено-деформованого стану перекриття за врахування сумісної роботи плит.

У разі спирання поздовжньою стороною на стіну однієї з плит слід відзначити такий характер зміни внутрішніх зусиль: момент вигину M_x і поперечна сила Q_x суттєво зменшилися, але у 2,67 раза збільшився крутний момент M_{xy} . Наявність і величина моментів кручення за традиційного проектування

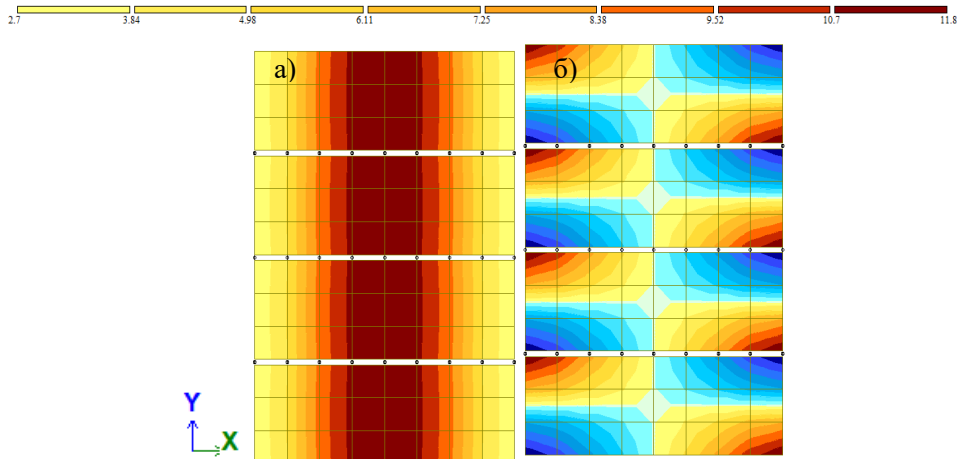


Рис. 3. Ізополя напружень від моментів вигину: по M_x – а; по M_y – б

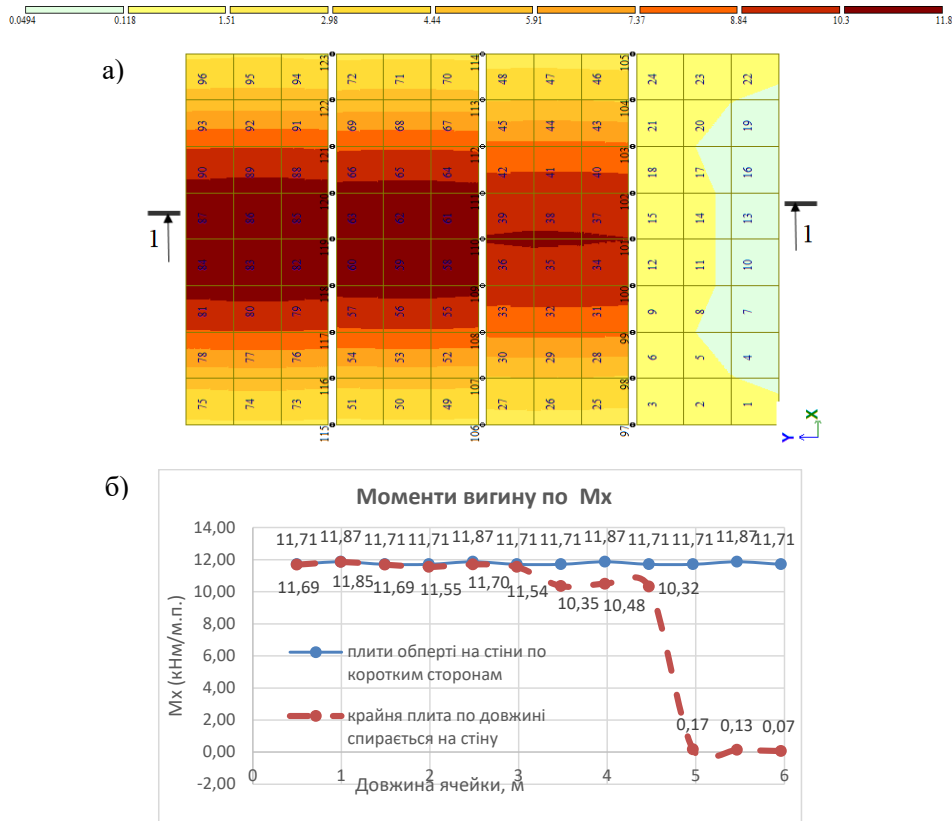
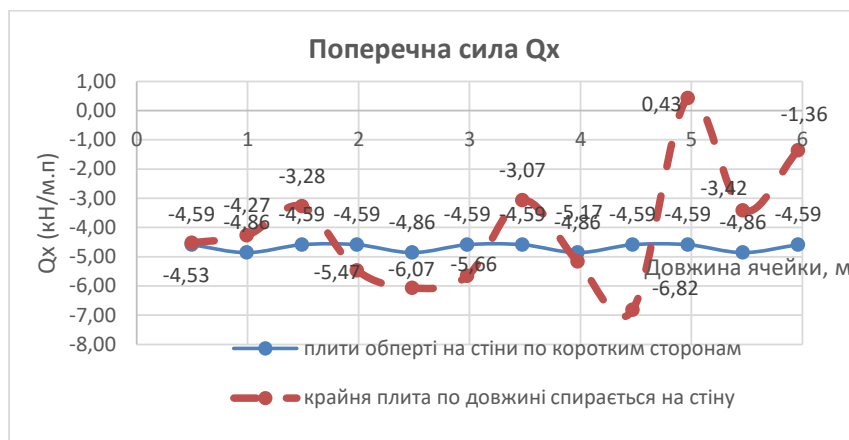


Рис. 4. Ізополя напружень по M_x – а; графіки моментів M_x для вихідної схеми за рис. 1, а та для схеми за рис. 2, а



а)



б)

Рис. 5. Графіки погонних зусиль від моментів M_{xy} – а; від поперечних сил Q_x – б та Q_y – в для вихідної схеми за рис. 1, а та схеми за рис. 2, а

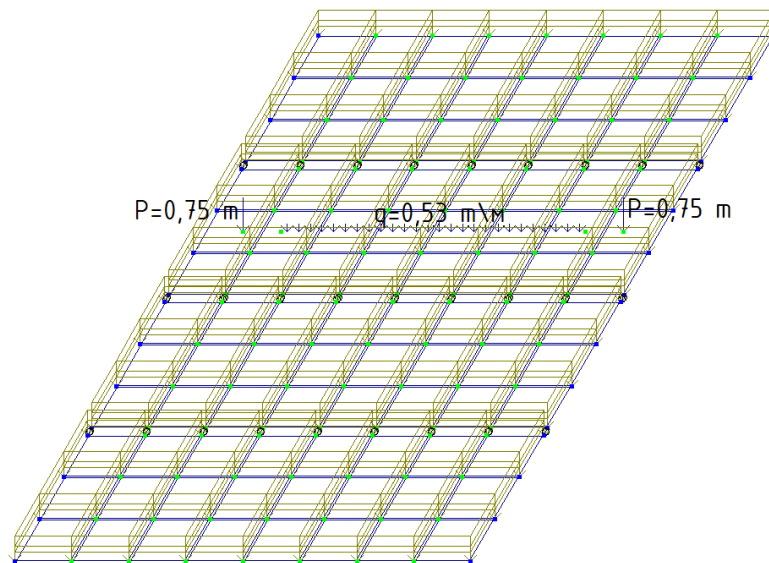


Рис. 6. Моделювання навантаження від перегородки на другу з лівого боку плити; загальний вигляд навантаженої ячейки з чотирьох плит погонних моментів M_x , що діють у перетині плит, ортогональному до осі X. Графіки побудовані для вихідної схеми за рис. 1, а та для схеми за рис. 2, а

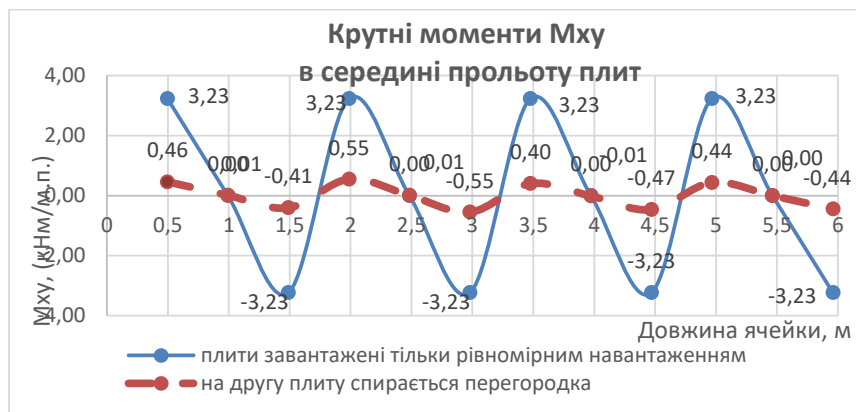
не враховується, що суперечить реальній картині напружено-деформованого стану перекриття.

Аналіз другої моделі показує, що, навпаки, моменти вигину M_x мають тенденцію до збіль-

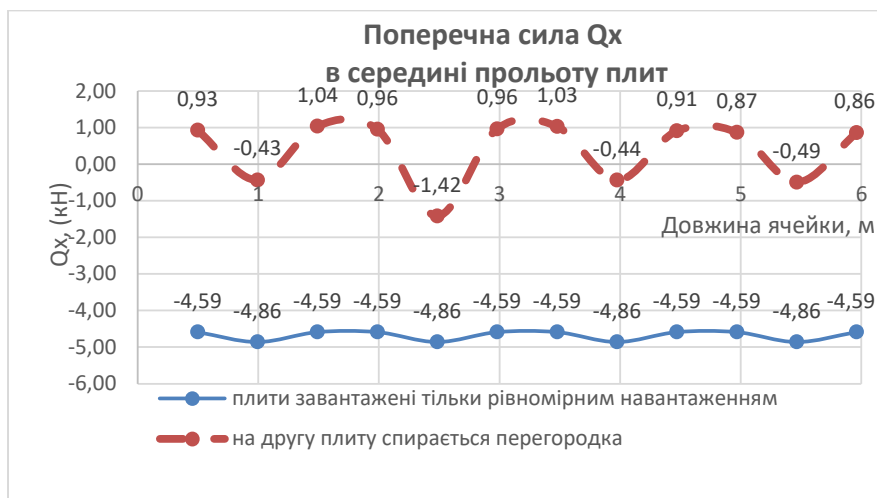
шення в усіх плитах ділянки. В усіх плитах, окрім завантаженої локально, вони збільшилися рівномірно й на однакову величину. У плиті, на яку прикладено локальне навантаження, відбувається



а)



б)



в)

Рис. 7. Графіки погонних зусиль від моментів M_x – а; від крутних моментів M_{xy} – б; поперечних сил Q_x – в для вихідної схеми за рис. 1, а та для схеми за рис. 2, б

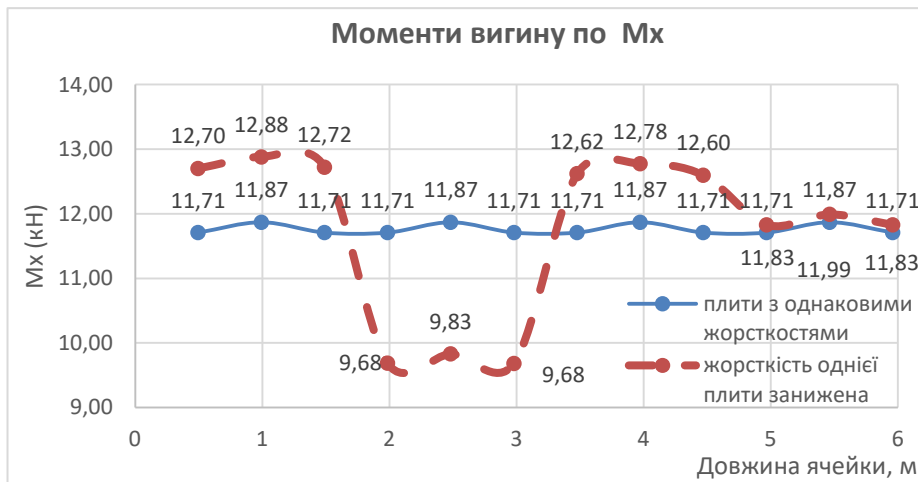


Рис. 8. Графіки зміни зусиль для ячійки з плит, де друга зліва плита виключена з роботи під навантаженням: від M_x – а; від M_x – б; від Q_y – в

стрибок моменту M_x . Моменти кручення M_{xy} зменшилися в 5,7 раза лише в середині прольоту кожної з плит ячійки (рис. 7, б); в приопорних зонах M_{xy} залишилися без зміни в порівнянні з рівномірно завантаженою схемою. Аналогічним чином поперечна сила Q_x рівномірно зменшилася в усіх плитах ячійки в середині їхнього прольоту майже в 5 разів, а в приопорних зонах плит її значення майже не змінилося, хоча в плити, що завантажена перегородкою, відбувається збільшення (різкий стрибок) сили в приопірній зоні в 1,83 раза.

Аналіз другої моделі показує, що максимальний момент у плиті, що завантажена перегородкою, за її сумісної роботи з суміжними плитами виявляється меншим, ніж максимальний момент у цій плиті, якби вона була розрахована без урахування просторової роботи. Без урахування просторової роботи максимальний момент у плиті становить 18,5 кН м / м.п, а момент в цій плиті з урахуванням просторової роботи, становить 16,5 кН м / м.п (див. рис. 7, а), що в 1,12 раза менше. Легко перевірити, що й прогини локально завантаженої плити в складі перекриття також виявляються значно меншими, ніж прогини в плиті, що розрахована без урахування просторової роботи. Це свідчить про істотний ефект просторової роботи. Це може бути використано як фактор економії матеріалів.

Так, якщо порівняти максимальний момент для схеми за рис. 1, а, то він становить 11,8 кН м / м.п, тоді як було показано вище, максимальний момент вигину для плити без урахування просторової роботи становить 18,5 кН м / м.п. Різниця між цими показниками складає 1,56 раза.

Розрахунки показують, що в перекриттях зі збірних плит в основному виникають нормальні тріщини. Дослідження, проведені в цій статті, як було зазначено вище, показали, що в плитах (навіть за відсутності спірання поздовжніми сторонами) за локальних навантажень виникає крутний момент. Перерозподіл навантаження між окремими плитами залежить як від жорсткостей на вигин, так і від жорсткості на кручення. У зв'язку з цим виникає досить істотна проблема врахування зміни жорсткості залізобетонних плит з нормальними тріщинами. Водночас практично всі відомі методи розрахунку жорсткості для залізобетонних елементів припускають наявність у них просторових тріщин, хоча експериментальні дослідження авторів статті [15] говорять про суттєвий вплив нормальних тріщин на крутильні жорсткості залізобетонних елементів.

Таким чином, дослідження, яким присвячена ця стаття, відкривають завдання для подальших досліджень роботи перекриттів зі збірних залізобетонних плит.

Висновки. Аналіз проведених розрахунків показує, що врахування спільної роботи плит істотно змінює картину напружено-деформованого стану перекриття. Згинальні моменти в окремих плитах зменшуються (можуть досягати декількох разів). Крім того, виникають суттєві крутні моменти, що не враховуються в реальному проектуванні. Особливо це стосується перекриттів, одна або обидві поздовжні сторони яких сперті на стіни. Неврахування крутних моментів може призвести до того, що в плитах утворюватимуться тріщини кручення, а це може спричинити обвалення. Крім того, виникнення істотних

поперечних сил взаємодії може призвести до зрізу бетонних шпонок, що також слід брати до уваги під час розрахунків за реального проектування.

З іншого боку, розрахунки з урахуванням просторової роботи перекриття показують: згинальні моменти й прогини плит істотно зменшуються.

Це можна використовувати як можливість економії матеріалів.

Таким чином, врахування просторової роботи перекриття, з одного боку, підвищує надійність проектування, усуває небезпеку недооцінювання чинників, а з іншого боку, дає змогу економити матеріальні витрати.

Список літератури:

1. Азизов Т.Н. Пространственный расчет ребристых перекрытий по огибающим эпюрам / Т.Н. Азизов, Н.Н. Голодкова. *Збірка наукових праць. Серія «Галузеве машинобудування».*
2. Байков В.Н. Исследование совместной работы сборных железобетонных элементов в системах плоских и пространственных конструкций : дис. ... доктора техн. наук. Москва, 1967.
3. Краснощек Ю.В., Мрачковский Л.И. Работа ребристых плит в сборных железобетонных настилах. *Бетон и железобетон.* 1991. № 1. С. 28–30.
4. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из тяжелых и легких бетонов без предварительного напряжения арматуры. Москва : ЦИТП, 1986. 192 с.
5. Власов В.З. Тонкостенные пространственные системы. Москва : Госстройиздат, 1958. 502 с.
6. Семченков А.С. Пространственно деформирующиеся железобетонные диски перекрытий многоэтажных зданий. Экспериментальные исследования, практические методы расчета и проектирование : дис. ... докт. техн. наук : 05.23.01. Москва, 1991. 703 с.
7. Семченков А.С. Расчет сборных железобетонных перекрытий как полубезмоментных конструктивно-ортотропных пластин. *Известия вузов. Серія «Строительство и архитектура».* 1974. № 5. С. 16–23.
8. Семченков А.С., Десятник Е.И. Совершенствование 12-метровых плит 2Т. *Бетон и железобетон.* 1992. № 5. С. 2–4.
9. Азизов Т.Н. Пространственная работа железобетонных перекрытий. Теория и методы расчета : дис. ... докт. техн. наук : 05.23.01 ; Полтавский национальный технический университет. Полтава, 2006. 406 с.
10. Дроздов П.Ф. Расчет сборных перекрытий, опирающихся на внутренние и наружную стены. *Сборник трудов Научно-исследовательского института строительных конструкций. Серія «Строительные конструкции».* Вып. XII. Киев, 1969. С. 120–129.
11. Карабанов Б.В. Нелинейный расчет сборно-монолитных железобетонных перекрытий. *Бетон и железобетон.* 2001. № 6. С. 14–18.
12. Клованич С.Ф. Расчет железобетонных конструкций методом конечных элементов при длительных воздействиях. *Будівельні конструкції.* Вып. 62. Т. 1. Київ : НДІБК, 2005. С. 518–523.
13. Метод конечных элементов / П.М. Варвак и др. Київ : Вища школа, 1981. 176 с.
14. Каманин А. Обучающее видео LIRA SAPR. Расчет плит перекрытия на нагрузки от перегородок [Электронный ресурс]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=2Pth9FC0JCw>.
15. Срібняк Н.М. Крутильна жорсткість залізобетонних елементів перекриттів з нормальними тріщинами : дис. ... канд. тех. наук : 05.23.01. Одеса, 2009. 253 с.

Sribniak N.M., Tsyhanenko L.A., Tsyhanenko H.M., Ivchenko V.D.

THE JOINT BEHAVIOR OF PREFABRICATED FLOOR SLABS IN A LOCATION

Reinforced concrete structures of floors and roof slabs account for more than 20% of the total cost of a building. These structures are quite material-intensive and labor-intensive because they account for about 30–40% of concrete and steel used in the construction of the building.

Floor slabs are load bearing constructions as well as horizontal diaphragms of rigidity of the building.

They also redistribute the internal forces from the horizontal wind load between the vertical elements of the building (the columns) and level the stresses arising because of mounting misalignment.

Therefore, the design of these floor structures should be based on experimental and theoretical researches of the actual conditions of their work, on buildings and constructions interaction and improved design methods, which takes into account their spatial behavior.

Modeling of actual working conditions of structures is provided by an analytical modeling, which takes into account combined actions of all elements of the building or construction. The finite element method (FEM) is implemented in many modern software packages. FEM allows more accurate modeling of the analytical models of structures and takes into account their joint behavior.

Several conditions of redistribution of internal forces and stresses are considered and modeled in the article. It is found, that the internal forces in separate floor slabs change significantly because of loading a

separate floor slab with local load. The slab-wall junction by long side also leads to a change of the internal forces in the floor slabs. When changing the conditions of slab-wall junction, the torques in the separate slabs increase significantly. In traditional design Torque and its values are not taken into account.

The article proves the joint behavior of prefabricated floor slabs interconnected by a self-locking seam and anchor elements in the floor cell. Taking into account the joint work allows us to determine the effort in the cell elements more accurately and, therefore, to design these elements more rationally.

Key words: *slab, overlap, stress, internal forces, key.*

ГЕОДЕЗІЯ

УДК 528.47+003.67+334.8

DOI <https://doi.org/10.32838/TNU-2663-5941/2020.3-2/26>

Бузіна І.М.

Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва

Хайнус Д.Д.

Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва

Винограденко С.О.

Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва

РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА БЛАГОУСТРІЙ ТЕРИТОРІЇ ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ ХНАУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Методи геоінформаційного моделювання дають змогу дослідити компоненти структури ландшафтів, динаміку природних і соціально-економічних елементів, спричинених необхідністю отримання ширшого пакету інформації про стан території, характер їх використання, наявні проблеми екосистеми; відсутністю сучасної різнобічної інформації про стан і властивості ґрунтів, складністю її отримання; динамічними змінами, що відбуваються в структурі й стані об'єкта, його використанням на сучасному етапі розвитку суспільних відносин; необхідністю забезпечення раціонального використання.

Сьогодні існує нагальна необхідність отримання достовірної комплексної інформації про наявний стан земельних ресурсів на регіональному, локальному рівнях, а саме характер їх використання, проблеми сільськогосподарського землекористування, необхідність оптимізації земельних ресурсів тощо. Застосовуючи ГІС, можна використати інформацію під час формування бази даних про географічні межі території, які є нестабільними з екологічного погляду, показник антропогенного навантаження на земельні ресурси. Це дасть змогу отримати краще уявлення про причини мінливості вищезазначених характеристик, що, у свою чергу, сприятиме оптимізації використання земельних ресурсів.

Застосування ГІС-технологій забезпечує розроблення й аналіз значно більшої кількості варіантів проєктних рішень, створення рекомендаційних та управлінських карт для кожного регіону. Вищезазначене дає можливість віднайти найоптимальніше еколого-економічне обґрунтування системи заходів щодо організації території й охорони земель новостворених агроструктур, формування їх сталого землекористування, відтворення природних агроландшафтів, оперативного контролю використання земельних ресурсів, прогнозування розвитку ерозійних процесів, створення протиерозійної організації території.

Отже, використання ГІС-технологій дасть змогу візуалізувати дані про сучасний стан досліджуваної території природно-заповідного фонду дендрологічного парку ХНАУ ім. В.В. Докучаєва водночас у всіх напрямках. Це сприятиме створенню оптимальної моделі використання та збереження території, дасть змогу різнобічно й обґрунтовано підходити до вирішення питань організації території, моніторингу за їх станом і впровадження необхідних заходів для збереження території й запобігання зникненню рідкісних видів флори.

Ключові слова: ГІС-технології, моделювання, ландшафт, дендрологічний парк ХНАУ, природно-заповідний фонд, візуалізація, моніторинг.

Постановка проблеми. Території природно-заповідного фонду (далі – ПЗФ) являють собою певні екологічні природні системи, що утворювалися протягом тривалого часу живими організмами та середовищем, у якому вони існують, із тісним взаємозв'язком і взаємодією всіх ком-

понентів системи, що характеризуються унікальністю та особливою екологічною цінністю.

Заходи зі стабілізації й відновлення екологічного стану ПЗФ і ґрунтів як невід'ємного їх складника потребують екологічної оцінки стану довкілля та ефективності використання земель-

них ресурсів. Ця оцінка має низку своїх територіальних особливостей, які зручніше й наочніше досліджувати картографічними методами. Це говорить про необхідність створення загальної або універсальної ландшафтно-екологічної карти, яка б забезпечувала обґрунтування конкретних рішень з екологічної безпеки та моніторинг територій природо-заповідного фонду [2, с. 478; 4, с. 82; 11, с. 251].

Змістом подібної карти має бути максимально повна різнобічна, достовірна й об'єктивна ландшафтно-екологічна характеристика навколишнього природного середовища. Забезпечити вищезгадані потреби можна з допомогою ГІС, які використовують картографічні методи моделювання. Складність завдання визначається особливостями об'єктів дослідження – надзвичайною різноманітністю параметрів, які характеризують якісний стан довкілля [9, с. 57].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Управління сільськогосподарським виробництвом ставить підвищені вимоги до планово-картографічних матеріалів, оскільки вони є основним джерелом інформації про кількісний склад і якісний стан земельних ресурсів. Картографічне відображення інформації про стан земельних ресурсів, ґрунтового покриву дає змогу враховувати характерні особливості конкретної території під час розроблення різноманітної документації з використання й охорони земель [1, с. 154; 6, с. 34].

На картах відображають розташування певних явищ і притаманні їм взаємозв'язки, наприклад, між гідрографією й рельєфом, населеними пунктами і транспортною мережею, промисловими підприємствами і їх ресурсною базою. Вони сприймаються при візуальному аналізі карти. Інші прийоми роботи з картою, наприклад, картометрія, підтверджують і кількісно характеризують структуру геосистем [11, с. 252].

Основна мета й значення картографічного моделювання засобами ГІС полягають у цілеспрямованому дослідженні компонентів структури ландшафтів, динаміки природних і соціально-економічних елементів для вирішення конкретного наукового чи практичного завдання.

У кожному конкретному випадку мета і стратегія дослідження розвитку ПЗФ картографічних досліджень різна. Вона залежить від того, проводять аналіз виділеної геосистеми чи синтезують систему з досліджених елементів. Оскільки вихідні позиції неоднакові, то планування й організація дослідження також будуть різними. При цьому необхідно проводити спостереження щодо

території, часу, рівня дослідження, ступеня узагальнення, масштабу, мови [6, с. 37].

У літературі сьогодні нечітко висвітлені методологічні основи розвитку природо-заповідного фонду території, питання раціонального природокористування, вирішення екологічних проблем конкретного регіону. Для розв'язання цих питань передусім необхідно оцінити стан конкретної території, а саме дендрологічного парку на території навчального містечка ХНАУ ім. В.В. Докучаєва Харківського району Харківської області [10, с. 12].

Основним джерелом надходження інформації про ґрунти, їх екологічний стан, оцінку, використання є дані ландшафтно-ґрунтових обстежень і зйомок, зафіксовані на планах, картах, знімках і моделях місцевості.

Результатом проведення подібних операцій, як правило, є цифрова модель місцевості (далі – ЦММ). Вона становить математичну 3D модель, наповнену інформацією про рельєф земної поверхні, об'єкти, розташовані на цій території, та процеси, які відбуваються в момент досліджень, а в деяких випадках прогнози поведінки тих чи інших явищ [7, с. 104; 8, с. 200; 9, с. 58].

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз стану агроєкосистеми природно-заповідного фонду в межах дендропарку ХНАУ ім. В.В. Докучаєва за допомогою моделювання та визначення перспективних напрямів його розвитку й відновлення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Об'єктом дослідження є частина зеленої зони навчального містечка ХНАУ ім. В.В. Докучаєва – дендропарк. Нині він займає площу 23,20 га, включає колекційні (експозиційні) ділянки – 23 квартали загальною площею 14,10 га; квітник – 0,70 га; інтродукційний розсадник зі шкільною близько 1,0 га; колекцію багаторічних квітів – 0,30 га; архівно-клонові та насінні плантації сосни й дуба – 6,50 га; задерніле ложе під ставок – 0,60 га (під час проектування ставка не врахували близьке залягання потужного шару піску, тому вода швидко зникає й ставок функціонує лише короткий період), маточно-відвідкову плантацію фундуків – 0,24 га, господарський двір [10, с. 34].

Садова алея протяжністю 250 м розділяє на дві симетричні частини – 14-секційну ділянку, використовується як квітник. Алея виходить на площадку «Розарій» і продовжується далі до розсадника. Алею вчених і Садову перетинають пішохідні доріжки, які розділяють дендропарк на 23 квартали (рис. 1).

На території дендрологічного парку ХНАУ ім. В.В. Докучаєва переважають чорноземи глибокі на лесових породах. На території, де проводилася топографо-геодезична зйомка, ґрунти представлені:

- 43 чорноземи глибокі середньогумусні вилугувані – 1,38 га;
- 45 чорноземи глибокі середньогумусні – 3,06 га.

Одним із найголовніших принципів ефективного використання природно-заповідного фонду є функціональне зонування. Одним із завдань, що вирішуються під час функціонального зонування території є вивчення особливостей просторового

розподілу природних комплексів та антропогенного навантаження.

Функціональне зонування має бути погоджене з принципами екологічного зонування. Ураховуючи вимоги до дендропарків щодо функціонального зонування та проведені нами дослідження, пропонуємо виділити на території парку чотири функціональні зони [3, с. 143] (рис. 2).

Велика частина території дендропарку зарахована до експозиційної зони – 11,12 га, її відвідування дозволяється.

До заповідної зони зараховано унікальні природно-територіальні комплекси, ділянки з рідкісними видами й угрупованнями, що мають

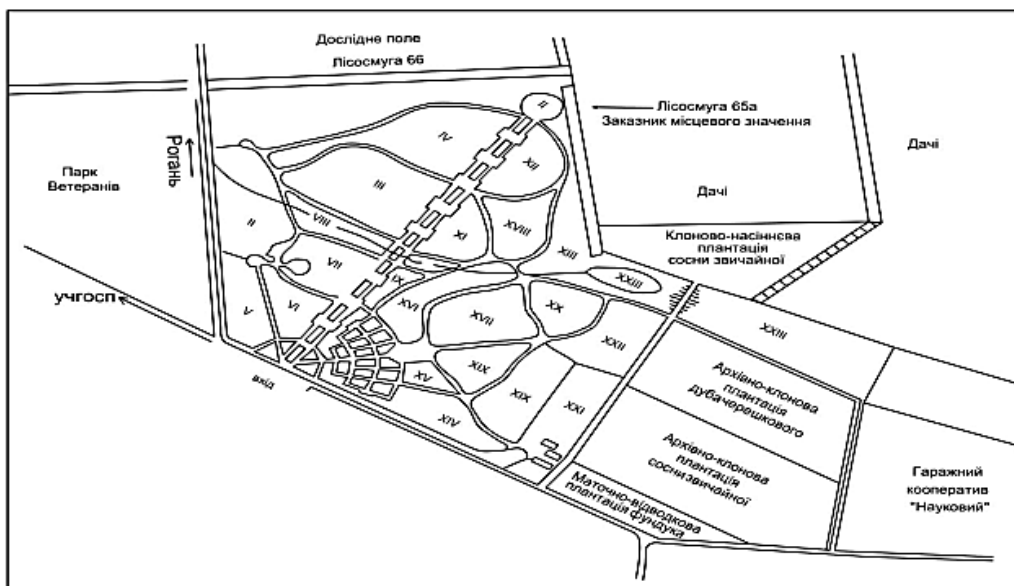


Рис. 1. Експерсійний маршрут дендропарку ХНАУ ім. В.В. Докучаєва



Рис. 2. Функціональні зони на території дендропарку

вагоме наукове значення та придатні для натурних досліджень екосистем, території, практичне значення для розвитку лісового, сільського, водного та інших галузей господарства. Заповідна зона дендропарку ім. В.В. Докучаєва включає територію XXIII кварталу з рідкісними видами рослин, занесеними до Червоної книги, і ложе під ставок. Загальна площа заповідної зони – 1,92 га. Заповідну зону виділено з метою довгострокового зберігання екосистем у режимі якнайменшого втручання в природні процеси.

Наукова зона дендропарку представлена клоново-насінновою плантацією сосни звичайної, архівно-клоноювою плантацією дуба черешкового, архівно-клоноювою плантацією сосни звичайної та маточно-відводковою плантацією фундука. Загальна площа наукової зони становить 9,10 га.

Адміністративно-господарська зона включає в себе освоєні території, у її межах проводиться господарська діяльність, спрямована на виконання покладених на парк завдань. Під час виділення цієї зони дендропарку враховано зміненість природних комплексів людиною та сучасний стан використання земель у господарській діяльності. До зони ввійшли землі XXI кварталу та частини XXII кварталу, загальна площа – 1,06 га (рис. 2).

Аналізуючи співвідношення функціональних зон дендропарку, можемо зазначити про наявність невеликої площі господарської зони, що свідчить про характерний для природоохоронних територій низький антропогенний вплив і досить велику територію експозиційної зони.

Вирішення важливих завдань у науковому й практичному аспектах на сучасному рівні в дендрологічному парку ХНАУ ім. В.В. Докучаєва неможливе без здійснення багатопрофільної інвентаризації всіх деревно-кущових насаджень і створення інформаційної бази зелених насаджень із фіксуванням назви рослин і їх таксаційною характеристикою та нанесенням на карту дендропарку.

Зважаючи на досліджені архівні матеріали, таку інвентаризацію в дендропарку не виконували. Є часткові списки рослин за кварталами парку, які мають фрагментарний характер. Тому моніторинг паркових деревних насаджень проводився в умовах наочного спостереження та фіксування даних на місцевості за допомогою топографо-геодезичної зйомки (рис. 3).

З огляду на екологічні умови, антропогенне й техногенне навантаження, потрібно розробити заходи з оптимізації структури наявних зелених насаджень і створення нових. Інвентаризацію насаджень проведено в XIV, XV, XIX кварталах, загальною площею 1,31 га. За зібраними даними по цих кварталах створено електронну базу даних деревних і кущових рослин дендропарку за допомогою ArcGIS ArcView.

Найефективнішим методом дослідження території є геоінформаційне моделювання, а саме побудова цифрових моделей рельєфу.

Ураховуючи наявні дані, вид і характер інформації, що використовується під час моделювання, підбирають різні методи побудови моделей.

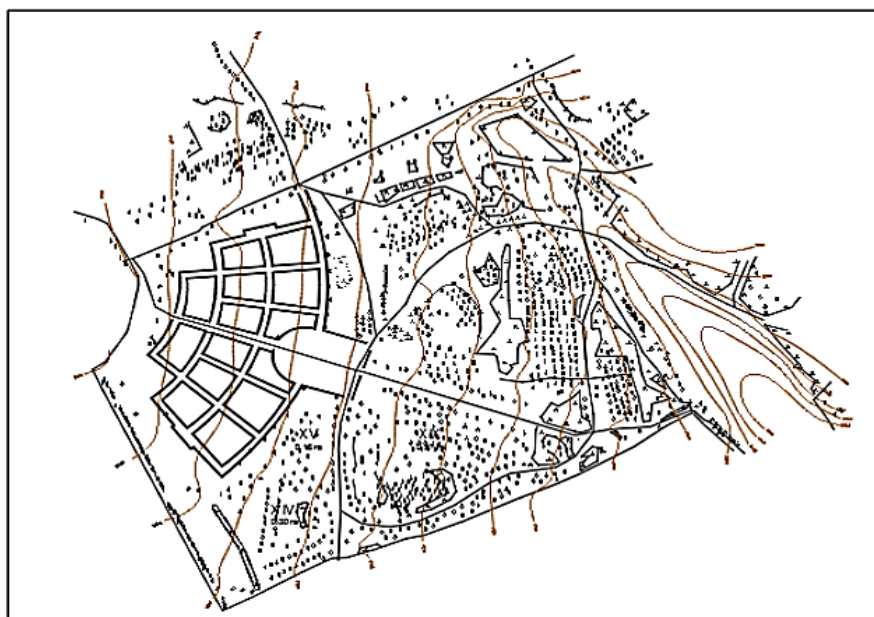


Рис. 3. Топографо-геодезична зйомка частини території дендропарку

Їх результатом є аналіз і візуальне зображення просторово-часових змін екологічного стану території. Результатом проведення подібних операцій, як правило, є ЦММ [5, с. 257].

ЦМР побудована за допомогою продукту фірми Golden Software-Surfer. На рис. 4 показано цифрову модель рельєфу 3D-модель частини території дендропарку, виконану за допомогою програми Surfer.

Представлено математичну 3D модель, наповнену інформацією про рельєф природно-заповідної території дендропарку, процеси, які відбуваються в момент досліджень, а в деяких випадках – прогнози поведінки тих чи інших явищ.

Інформацію, отриману із цієї моделі, можна використовувати під час протиерозійної організа-

ції території дендропарку, розроблення проектів зонування території, під час організації території природно-заповідного фонду, для оптимального розміщення дендрологічного складу рослин залежно від значення крутизни схилів.

Благоустрій заплановано в невеликих обсягах, оскільки територія дендропарку вже частково упорядкована й вимагає тільки деяких змін.

У зв'язку з тим що на озелененій території вже існують багаторічні насадження, реконструкції піддаються недекоративні ділянки, які потребують змін і перепланування. Особливу увагу приділено території для відпочинку людей з обмеженими можливостями. Тому запроєктовано сад безперервного цвітіння (рис. 5).

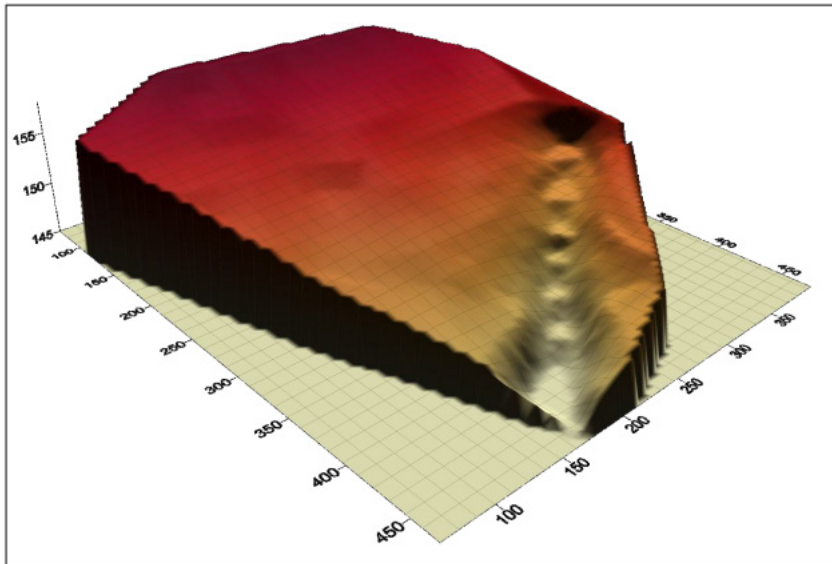


Рис. 4. Цифрова 3D модель рельєфу території дендропарку ХНАУ ім. В.В. Докучаєва

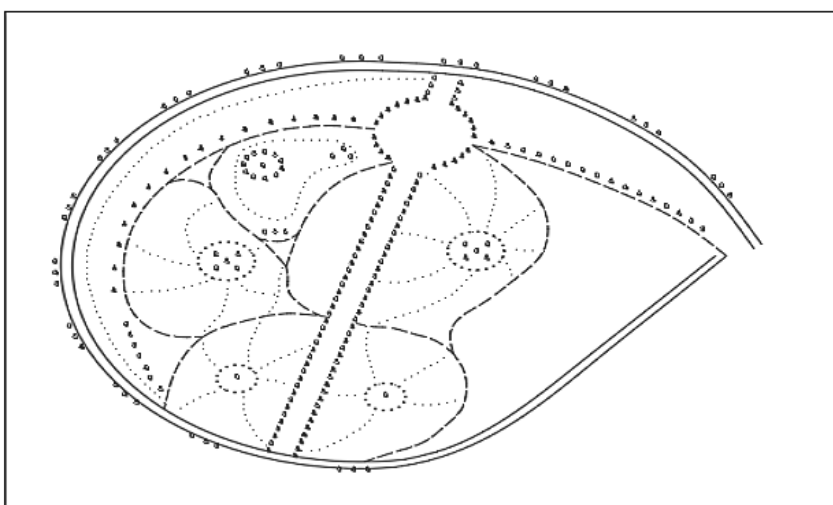


Рис. 5. Проектний сад безперервного цвітіння

Сад запроєктований у північній частині дендропарку, у V і VI кварталах, його загальна площа становить 0,57 га. На території саду буде розташована доріжка, прогулянкова стежка, хвойні дерева, листяні дерева, декоративні кущі, польові та багаторічні квіти.

Висновки. Проаналізувавши загальні відомості про об'єкт дослідження, його кліматичні, ґрунтові умови, стан дендрофлори, можемо з упевненістю стверджувати, що територія дендропарку займає вигідне положення для збагачення

та примноження рідкісних і вимираючих видів рослин, але загальний його стан потребує реконструкції й упорядкування.

Запроєктовані нами заходи щодо реконструкції спрямовані на вирішення актуальних завдань для цієї природної екосистеми з урахуванням функціональної спрямованості об'єкта: розширення асортименту й збільшення породного складу; підвищення декоративних та естетичних якостей території дендрологічного парку; залучення відвідувачів і покращення умов відпочинку.

Список літератури:

1. Опара В., Бузіна І., Винограденко С. Environmental-economic efficiency of land use improvement reasoning. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University – Series Geology Geography Ecology*. 2017. № 46. P. 152–157. URL: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2017-46-21>.
2. Андрійчук В.Г. Економіка аграрних підприємств : підручник. 2-ге вид., доп. і перероб. Київ : КНЕУ, 2002. С. 624.
3. Винограденко С.О. Особливості та необхідність зонування земель рекреаційного призначення. *Механізми управління земельними ресурсами в умовах ринкової економіки*. Львів : НВФ «Українські технології», 2010. С. 142–144.
4. Гармашов В., Крутякова В., Безпалов І. Хімічна складова в рослинницькій сировині мізерно мала порівняно зі шкідливістю неприродних інгредієнтів переробки. *Зерно і хліб*. 2015. № 3. С. 82–83.
5. Козаченко Т.І., Пархоменко Г.О., Молочко А.М. Картографічне моделювання : навчальний посібник. Вінниця : ТОВ – Антекс, 1999. С. 320.
6. Мазур Ф.Ф. Соціально-економічні умови розвитку рекреаційної індустрії. Київ : ЦНЛ, 2005. С. 96.
7. Максудова Л.Г., Цветков В.Я. Інформаційне моделювання як фундаментальний метод пізнання. *Геодезія і аерофотознімання*. 2001. № 1. С. 102–106.
8. Опара В.М., Бузіна І.М., Хайнус Д.Д. Mapping of landscape-ecological investigations of the dendrological park territory of Khnau named after V.V. Dokuchayev. *Вісник ХНУ ім. Каразіна. Серія «Геологія, географія, екологія»* : збірник наукових праць. Харків, 2019. № 50. С. 197–209.
9. Опара В.М., Бузіна І.М., Хайнус Д.Д. Ландшафтно-екологічні дослідження екосистем сучасними методами. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії* : збірник наукових праць. Харків : ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2019. Вип. 29. С. 55–63.
10. Парки Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва / Харк. нац. аграр. ун-т. Харків, 2011. С. 184.
11. Попова О.Л. Сталій розвиток агросфери України: політика і механізми : монографія. Київ, 2009. С. 352.

Buzina I.M., Khainus D.D., Vynohradenko S.O. RECONSTRUCTION AND EQUIPMENT THE DENDROLOGICAL PARK TERRITORY OF KHNAU NAMED AFTER V.V. DOKUCHAYEV WITH THE APPLICATION OF GEOINFORMATION MODELING

Methods of geoinformation modeling allow to study the components of the structure of landscapes, the dynamics of natural and socio-economic elements caused by: the need to obtain a broader package of information about the state of territories, the nature of their use, existing ecosystem problems; lack of modern comprehensive information about the condition and properties of soils, the difficulty of obtaining it; dynamic changes that occur in the structure and condition of the object, its use at the present stage of development of social relations; the need to ensure rational use.

Today there is an urgent need to obtain reliable comprehensive information about the current state of land resources at the regional and local levels, namely the nature of their use, problems of agricultural land use, the need to optimize land resources and more. Using GIS, you can use the information in the formation of a database on the geographical boundaries of areas that are ecologically unstable, an indicator of anthropogenic pressure on land resources. This will give a better idea of the reasons for the variability of the above characteristics, which, in turn, will help optimize the use of land resources.

The use of GIS technologies provides the development and analysis of a much larger number of design solutions, the creation of recommendation and management maps for each region. The above makes it possible

to find the most optimal ecological and economic justification of the system of measures for the organization of land and land protection of newly created agricultural structures, the formation of their sustainable land use, reproduction of natural landscapes, operational control of land use, forecasting erosion, anti-erosion organization.

Thus, the use of GIS-technologies will allow to visualize data on the current state of the studied area of the nature reserve fund of the dendrological park of KhNAU. VV Dokuchaev simultaneously in all directions. This will contribute to the creation of an optimal model of use and preservation of the territory, will allow a multifaceted and reasonable approach to addressing the organization of territories, monitoring their condition and implementing the necessary measures to preserve the territory and prevent the extinction of rare flora.

Key words: *GIS-technologies, modeling, landscape, dendrological park of KhNAU, nature reserve fund, visualization, monitoring.*

Нестеренко С.Г.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Радзінська Ю.Б.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

Доброходова О.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

ПРИНЦИПИ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ПІДЗЕМНОЇ НЕРУХОМОСТІ В СТРУКТУРІ МЕГАПОЛІСІВ

Перспективність освоєння підземного простору підтверджується світовим досвідом. Проблема використання підземного простору міст найбільш актуальна в їх центральних, найбільш відвідуваних районах, де переважає капітальна опорна й історично цінна забудова, а також у різних спеціалізованих центрах і в суспільно-транспортних комплексах. При цьому підземні споруди можуть бути розташовані практично повсюдно, в тому числі під будівлями, вулицями і площами, а також під водою. Триваюча традиційна забудова територій об'єктами, якої можуть та повинні бути розміщені під землею, свідчить про відсутність єдиної стратегії комплексного використання підземного простору міст. Необхідність застосування методів цільового програмування і системного аналізу диктується комплексним, міжвідомчим характером проблеми, яка загалом пов'язана з тим, що рівень розвитку системи державного регулювання цієї діяльності, її ресурсного, правового та наукового забезпечення не відповідає складності керованої системи. Таким чином, метою статті є дослідження можливості та напрями використання підземного простору мегаполісів у системі регіонального розвитку земельних відносин.

У роботі досліджено можливості та напрями використання підземного простору мегаполісів у системі регіонального розвитку земельних відносин. Визначено правовий режим використання земель підземної нерухомості міст, вартісні складники розміщення споруд підземної нерухомості, їх доцільність та архітектурно-планувальні рішення. Систематизовано вимоги, які необхідно враховувати під час планування, проектування та будівництва підземних об'єктів міста. Запропоновано вирішення завдань містобудування в системі територіального розвитку використання земель підземної нерухомості шляхом визначення видів її ефективного використання. Представлено перелік основних видів міських об'єктів, потенційно придатних для розміщення підземної нерухомості міст, що забезпечить розвантаження міста та надасть можливість підвищити відсоток земель рекреації в структурі міста.

Ключові слова: підземний простір, землі підземної нерухомості, архітектурно-планувальні рішення, підземна інфраструктура, використання земель міст, підземні споруди, законодавче регулювання.

Постановка проблеми. Світовий досвід країн Європи, Північної Америки і Південно-Східної Азії показує [1], що зростання інтенсивності освоєння і комплексності використання підземного простору мегаполісів як один з основних напрямів їх територіального розвитку сприяє вирішенню ряду найскладніших соціальних, містобудівних, транспортних, екологічних та інших завдань. Під землею безпечно і взаємопов'язано розміщуються багато об'єктів інженерно-транспортної соціальної та виробничої інфраструктури, забезпечується інтеграція підземних і наземних споруд [2]. Все це дозволяє ефективно використовувати територіальний ресурс, істотно заощадити площі дефіцитних міських земель, сприяти охороні особливо

цінних угідь і об'єктів, знизити загазованість і зашумленість території.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективність освоєння підземного простору підтверджується світовим досвідом [3]. Однією з перших країн підземного будівництва є Японія. Комерційне освоєння підземних просторів там почалося ще в 30-х роках минулого століття. Тоді в Токіо відкрився перший підземний торговий центр «Магазин-Метро», розрахований на пасажирів приміських електричок. На цей час у країні функціонує близько ста підземних «ярмарків» загальною площею близько 1 млн кв. м. У діловому районі Лондона Canary Warf багато будівель з'єднуються підземними торговими галереями. Найбільший торговий центр Парижа «Форум-дез-Аль»

на чотири рівні йде під землю [4]. У Норвегії зведений найбільший спортивний комплекс на глибині 18 м від поверхні землі, загальна площа якого дорівнює 7 тис. кв. м.

З розвитком технологій проекти у сфері освоєння підземного простору стають все масштабнішими [1; 5]. Триваюча традиційна забудова територій об'єктами, які можуть, а в історичному ракурсі і повинні бути розміщені під землею, свідчить про відсутність єдиної стратегії комплексного використання підземного простору. Необхідність застосування методів цільового програмування і системного аналізу диктується комплексним, міжвідомчим характером проблеми, яка пов'язана з тим, що рівень розвитку системи державного регулювання цієї діяльності, її ресурсного, правового та наукового забезпечення не відповідає складності керованої системи (понятійна складність і багатостадійність розвитку території, її зростаюча цінність). Проблема лежить на стику містобудування, землекористування та природокористування, тісно пов'язана з аспектом безпеки і вимагає організації зусиль різних фахівців. Водночас відповідні види законодавства вкрай не системно і без взаємної ув'язки регулюють розгляд подібних відносин [6].

Постановка завдання. Метою статті є дослідження можливості та напрями використання підземного простору мегаполісів у системі регіонального розвитку земельних відносин.

Для досягнення мети в статті вирішено такі завдання: дослідити міжнародний досвід у сфері використання земель підземної нерухомості; визначити правовий режим використання земель підземної нерухомості міст, вартісні складники розміщення споруд підземної нерухомості, їх доцільність та архітектурно-планувальні рішення; визначити найбільш ефективні споруди та їх можливість розміщення в підземному просторі для ефективного використання земель мегаполісу.

Виклад основного матеріалу. У зв'язку з тим, що підземні споруди є об'єктом капітального будівництва, пріоритетним є розгляд проблеми в рамках земельних та містобудівних відносин. Норми містобудівного законодавства в універсальному порядку повинні поширюватися і на створення підземних споруд з одночасним урахуванням специфіки підземного містобудування. На цей час зазначені питання регулюються на досить низькому рівні в межах земельного законодавства. Також відсутня достатня кількість технічних важелів регулювань використання підземної нерухомості [7].

При цьому враховано, що правовий режим земельної ділянки законодавчо закріплений нормативними документами. Як і при наземному будівництві, розвиток системи підземних споруд формується послідовно шляхом містобудівного планування, землевпорядного проектування і зонування, виконання інженерних вишукувань, архітектурно-будівельного проектування і власне будівництва. Тому важливим елементом у цьому аспекті є забезпечення технологічного зв'язку в галузі землекористування, правового режиму використання земель підземної нерухомості та нормами містобудівної діяльності.

Вартість підземного будівництва збільшується в геометричній прогресії зі зведенням кожного наступного підземного рівня. З кожним наступним рівнем підземної споруди вартість будівництва зростає на 30%, а за складних геологічних умов вона збільшується ще більш істотно. Особливо важкими та капіталомісткими передбачаються проекти в місцях щільної існуючої забудови [8].

Зазвичай вартість підземного будівництва істотно дорожче наземного. В історичній частині міст неможливо побудувати багато наземних рівнів, тому сума будівництва може збільшуватися залежно від співвідношення кількості наземних і підземних рівнів. Вартість будівництва підземної частини може бути дорожче наземного будівництва на 50% і вище. Щодо термінів окупності проєктів, то тут все залежить від багатьох факторів. Наприклад, якщо у підземного паркінгу вигідне місце розташування, то терміни окупності можуть бути порівняні з великими наземними об'єктами.

Найважливішу роль у комплексному освоєнні підземного простору міст України відіграють архітектурно-планувальні рішення підземних об'єктів. До теперішнього часу вже значною мірою визначилися загальні вимоги до міського підземного будівництва Європи. Зокрема, кращою визнана така його форма, за якої наземна і підземна частини міської забудови поєднуються на основі принципів їх максимального горизонтального і вертикального блокування.

Складність і високий рівень відповідальності підземних споруд, значний вплив їх зведення в умовах щільної міської забудови на наявні навколишні об'єкти висуває цілий ряд вимог, які необхідно враховувати під час планування, проектування та будівництва вказаних споруд. Основні з них зводяться до таких:

- 1) необхідність вивчення будови і властивостей ґрунтів на велику глибину, розробки прогнозів можливих змін стану навколишнього

грунтового масиву і гідрогеологічних умов, а також обстеження підстав наявної наземної забудови зумовлює значне збільшення площі, обсягу і детальності інженерно-геологічних вишукувань у порівнянні з вимогами діючих нормативних документів;

2) наявні конструктивні рішення і технології зведення підземних споруд повинні забезпечувати збереження і нормальні умови експлуатації навколишніх наземних і підземних об'єктів, особливо пам'яток історії та архітектури. Для вирішення цього завдання необхідно проводити математичне моделювання зміни напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, що вміщає в себе саме підземна споруда, а також підстави наявних будівель, що потрапляють у зону впливу нового будівництва;

3) під час зведення та експлуатації підземних споруд першорядного значення набуває їх захист від підземних вод, особливо за наявності приміщень, де має бути абсолютно сухо. Це вимагає під час проектування вирішувати питання водозниження, дренажу ґрунтів і пристрої гідроізоляції;

4) під час проектування підземних споруд необхідно також проектувати проведення геотехнічного моніторингу, здатного забезпечити як контроль у процесі виконання прийнятих проектних рішень, так і оперативне коригування цих рішень у разі потреби.

Донині науковими, проектними та будівельними організаціями вже накопичений великий досвід успішної реалізації навіть найскладніших проектів підземного будівництва. Створені нові прогресивні конструктивні і технологічні рішення підземних об'єктів, у тому числі для захисту навколишньої забудови, розроблені методи розрахунку і чисельного моделювання поведінки споруджуваного підземного об'єкта та об'єкта, що знаходяться в зоні його впливу наявних об'єктів, методи і засоби моніторингу. Головний акцент під час розробки проблеми комплексного освоєння підземного простору великих міст припадає сьогодні на пошук шляхів найбільш доцільного розміщення підземних об'єктів і найбільш раціонального застосування тих методів і засобів їх зведення, які напрацьовані. Тому великого значення набуває науково-технічний супровід міського підземного будівництва, яке останніми роками стало однією з головних складників системи забезпечення його безпеки і надійності. Фахівці в сфері раціонального використання земель зазначають [1; 3; 7], що особливо уважно потрібно ставитися

до інженерно-геологічного обстеження ділянки. Під час будівництва будь-яких підземних споруд завжди є ризики обвалу породи і зрушень ґрунту. Тому, щоб отримати дозвіл на будівництво підземного об'єкта, потрібно пройти сотні різних погоджень. Проект повинен відповідати всім пред'явленим нормам.

Основні складнощі під час реалізації проектів підземного будівництва пов'язані з тим, що найчастіше об'єкти будуються в центрі міста, в складній системі підземних комунікацій, у сформованій історичній забудові з непростими транспортними умовами. Нерідко ці фактори змушують вести будівельно-монтажні роботи закритим способом, що дозволяє вносити мінімальні зміни у функціонування міської інфраструктури. Однак такий метод сильно збільшує вартість робіт, що ускладнює залучення приватного інвестора на прийнятних для нього умовах. Поки ці способи будівництва широко розвинені в західних країнах.

Основні принципи розвитку систем підземних споруд та їх взаємозв'язку в багатофункціональних комплексах різного призначення досить складні і потребують детального аналізу.

Освоєння підземного простору дозволяє вирішувати наступні завдання містобудування в системі територіального розвитку використання земель:

- гранично компактно розміщувати будівлі і споруди самого різного призначення в найбільш потрібних для міста місцях, в тому числі в умовах вкрай обмеженої забудови;

- удосконалювати транспортне обслуговування населення зі значним підвищенням швидкостей сполучення завдяки використанню підземних рейкових шляхів (електрифікованих залізниць, метрополітену традиційного і нового рейкового складу, а також завдяки організації на окремих ділянках магістральних вулиць і автомобільних доріг безперервного руху;

- забезпечувати оптимальні умови для розвитку, експлуатації та ремонту міських інженерних мереж;

- вирішувати проблему постійного і тимчасового зберігання безперервно зростаючого парку легкових автомобілів та інших видів транспорту;

- забезпечувати значну економію паливно-енергетичних ресурсів.

Міське підземне будівництво сприяє оздоровленню міського середовища: зменшується забрудненість повітряного простору, знижуються рівні шумів і вібрацій, з'являється можливість збільшення площ озелених і обводнених територій.

Передусім доцільно розміщувати під землею об'єкти, в яких технологічні процеси повністю автоматизовані і ізольовані або навпаки, прості і не вимагають великої кількості обслуговуючого персоналу.

Підземні споруди не потребують будь-яких розривів між собою і в потрібних для міста місцях можуть поширюватися на великі площі. На просторову організацію підземних споруд майже не впливає рельєф, а завдяки створенню підземних транспортних і пішохідних шляхів можуть бути забезпечені найзручніші умови руху з мінімальною висотою переміщень по вертикалі. Під час визначення зон найбільш активного підземного будівництва вирішальним фактором повинна бути соціальна і техніко-економічна доцільність використання тих чи інших ділянок і зон міста.

Проблема використання підземного простору міст найбільш актуальна в їх центральних, найбільш відвідуваних районах, де переважає капітальна опорна й історично цінна забудова, а також у різних спеціалізованих центрах і в суспільно-транспортних комплексах. При цьому підземні споруди можуть бути розташовані практично повсюдно, в тому числі під будівлями, вулицями і площами, а також під водою.

На характер і масштаби будівництва підземних споруд та їх конструктивно-планувальні рішення значний вплив робить сукупність конкретних природно-кліматичних і антропогенних факторів.

До природно-кліматичних факторів належать показники характерного температурно-вологісного і вітрового режиму місцевості, особливості рельєфу, геології та гідрогеології, наявність акваторій та інші. До антропогенних факторів належать всі інфраструктурні елементи, що були раніше створені в місті людиною.

У великих містах потенційно можливі значні обсяги підземного будівництва. Нижче рівня поверхні Землі може бути розміщено до 70% від загального обсягу паркінгів, до 80% складів, до 50% архівів і сховищ, до 30% підприємств сфери обслуговування та інших служб.

Перелік основних видів міських об'єктів, потенційно придатних для розміщення нижче рівня поверхні землі, включає:

- інженерно-транспортні споруди (автотранспортні та пішохідні тунелі; підземні ділянки шляхів рейкового транспорту – метрополітену; автомобільні стоянки та гаражі; приміщення автобусних і залізничних вокзалів та інші);

- підприємства торгівлі і громадського харчування (торгові центри і зали; магазини різного профілю і кіоски; допоміжні приміщення кафе, їдалень, ресторанів та інші);

- адміністративні, видовищні та спортивні споруди (конференц-зали, архіви, виставкові, презентаційні та концертні зали, кінотеатри, спортивні зали, плавальні басейни, ковзанки зі штучним льодом та інші);

- підприємства комунально-побутового обслуговування та зв'язку (ательє ремонту, хімчистки, пральні, лазні, перукарні, поштові та телеграфні відділення, автоматичні телефонні станції та інші);

- об'єкти складського господарства (продуктові та промтоварні склади, овочесховища, холодильники, резервуари для рідин і газів, склади паливно-мастильних матеріалів та інші);

- об'єкти промислового призначення та енергетики, в яких необхідний ретельний захист від пилу, вібрацій, перепадів температур та інших зовнішніх впливів;

- споруди та мережі інженерного обладнання (мережі водопроводу і каналізації, електропостачання та газопостачання, теплові мережі, котельні, насосні станції і резервуари, загальні прохідні колектори, трансформаторні станції, газорозподільні станції та інші).

Висновки. Таким чином, проаналізовано можливість та напрями використання підземного простору мегаполісів у системі регіонального розвитку земельних відносин.

Визначено правовий режим використання земель підземної нерухомості міст, вартісні складники розміщення споруд підземної нерухомості, їх доцільність та архітектурно-планувальні рішення. Встановлено можливість здійснення землевпорядного проектування та кадастрового забезпечення земель підземного простору. Систематизовано вимоги, які необхідно враховувати під час планування, проектування та будівництва підземних об'єктів міста.

Запропоновано вирішення завдань містобудування в системі територіального розвитку використання земель підземної нерухомості шляхом визначення видів її ефективного використання. Представлено перелік основних видів міських об'єктів, потенційно придатних для розміщення підземної нерухомості міст, що забезпечить розвантаження міста від промислових об'єктів, транспортних потоків, складських та інших територій та надасть можливість підвищити відсоток земель рекреації в структурі міста.

Список літератури:

1. Мамонов К.А., Нестеренко С.Г., Вяткін К.І. ГІС-забезпечення у раціональному використанні земельних ресурсів міської забудови. *Науковий вісник будівництва. Харківський національний університет будівництва та архітектури*. Харків. 2016. Том 86 №4. 323 с.
2. Мамонов К.А. Стейкхолдерно-інтегрований підход к оценке уровня инженерно-инфраструктурного обеспечения городов / К.А. Мамонов, С.Г. Нестеренко, Э.С. Штерндок, М.А. Грек, А.В. Рудомаха. *БНТУ. Минск. Наука и техника*. 2018. № 2. С. 130–141.
3. Нестеренко С.Г., Радзінська Ю.Б. Сучасний землеустрій та кадастр України: проблеми, перспективи та основні напрями. *Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура*. 2017. Вип. 139. С. 88–92. URL: <http://nbuv.gov.ua/UJRN/>.
4. Нестеренко С.Г., Радзінська Ю.Б., Шаульський Д.В. Механізми раціонального розподілу та використання земель України регіонального призначення. *Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки»*. Том 30 (69) № 1. Частина 2. 2019. С. 147–150.
5. Нестеренко С.Г. Дослідження земельного адміністрування та геоінформаційного забезпечення міського будівництва України. *Технологічний аудит та резерви виробництва*. Номер 1/4 (33), Березень 2017. С. 24–28.
6. Радзінська Ю.Б. Теоретичні підходи щодо визначення інвестиційної привабливості земель міст / *Комунальне господарство міст. Сер. Технічні науки та архітектура*. Харків. 2017. Вип. 137. С. 25–30.
7. Mamonov, K., Nesterenko, S., Radzinskaya, Y., & Dolia, O. City lands investment attractiveness calculation / *Geodesy and Cartography*. Vol. 68, No. 1, 2019, pp. 211–223. Accepted: 18 April 2019. DOI: <https://doi.org/10.24425/gac.2019.126097>
8. Nesterenko, S., W Mingming, E Shterndok. Modelling of the Parcel Pattern Impact / *International science and technology conference “Earth science”*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 272 (2019) 032085, pp. 1–5. doi:10.1088/1755-1315/272/3/032085.

Nesterenko S.G., Radzinskaya Y.B., Dobrokhodova O.V. PRINCIPLES OF EFFICIENT USE OF UNDERGROUND REAL ESTATE IN THE STRUCTURE OF MEGACITIES

The prospects for the development of underground space are confirmed by world experience. The problem of using the underground space of cities is most relevant in their central, most visited areas, where capital support and historically valuable buildings predominate, as well as in various specialized centers and in public transport complexes. In this case, underground structures can be located almost anywhere, including under buildings, streets and squares, as well as under water. The ongoing traditional development of territories by objects, which can and should be located underground, indicates the lack of a single strategy for integrated use of underground space in cities. The need for targeted programming and systems analysis is dictated by the complex, interdepartmental nature of the problem, which is generally related to the fact that the level of development of the system of state regulation of this activity, its resources, legal and scientific support does not meet the complexity of the managed system. Thus, the purpose of this article is to study the possibilities and directions of using the underground space of megacities in the system of regional development of land relations.

The possibilities and directions of using the underground space of megacities in the system of regional development of land relations are investigated in the work. The legal regime of underground real estate uses of cities, cost components of placement of underground real estate structures, their expediency and architectural and planning decisions are determined. The requirements that must be taken into account in the planning, design and construction of underground facilities in the city are systematized. The solution of problems of town-planning in the system of territorial development of use of lands of underground real estate at the expense of definition of kinds of its effective use is offered. A list of the main types of urban facilities potentially suitable for underground real estate of cities is presented, which will ensure the unloading of the city and provide an opportunity to increase the percentage of recreational lands in the city structure.

Key words: *underground space, underground real estate lands, architectural and planning decisions, underground infrastructure, use of urban lands, underground structures, legislative regulation.*

Відомості про авторів

Азізов Т.Н. – доктор технічних наук, професор Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини

Арсеньова Н.О. – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Безпальченко В.М. – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії, екології та безпеки життєдіяльності Херсонського національного технічного університету

Безусов А.Т. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри біоінженерії і води Одеської національної академії харчових технологій

Бендерська О.В. – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технології консервування Національного університету харчових технологій

Биковець Н.П. – кандидат технічних наук, завідувач кафедри загальнонаукових дисциплін Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія»

Білей-Рубан Н.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри легкої промисловості і професійної освіти Мукачівського державного університету

Бузіна І.М. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри геодезії, картографії та геоінформатики Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва

Винограденко С.О. – кандидат економічних наук, доцент кафедри геодезії, картографії та геоінформатики Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва

Віннікова В.О. – кандидат технічних наук, доцент кафедри товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

Войцехівський В.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технології зберігання, переробки та стандартизації продукції рослинництва імені професора Б.В. Лесика Національного університету біоресурсів і природокористування України

Гапонцева О.В. – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

Геліх А.О. – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технології молока і м'яса Сумського національного аграрного університету

Гомеля М.Д. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Гомон С.С. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри міського будівництва та господарства Національного університету водного господарства та природокористування

Гусарова О.В. – науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України

Дан Гао – аспірант кафедри технології молока і м'яса факультету харчових технологій Сумського національного аграрного університету

Доброходова О.В. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Інженерної геодезії Харківського національного університету будівництва та архітектури

Доля В.К. – доктор технічних наук, професор кафедри експлуатації флоту і технології морських перевезень Одеського національного морського університету

Доля О.Є. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних керуючих систем Харківського національного університету радіоелектроніки

Єремєва О.А. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва

Єфімова В.Г. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Желєзна В.В. – кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва

Жмудь А.В. – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування Одеської національної академії харчових технологій

Зябловська Д.Є. – старший викладач кафедри легкої промисловості і професійної освіти Мукачівського державного університету

Івченко В.Д. – кандидат технічних наук, доцент кафедри терапії, фармакології, клінічної діагностики та хімії Сумського національного аграрного університету

Ільїн С.В. – кандидат технічних наук, доцент, керівник центру післядипломної освіти Запорізького національного університету

Камінська С.В. – аспірант кафедри технології оздоровчих продуктів Національного університету харчових технологій

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

Кірсанова В.В. – кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальнонаукових дисциплін Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія»

Колесніченко С.Л. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології ресторанного і оздоровчого харчування Одеської національної академії харчових технологій

Кузьменко А.Б. – магістр кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Левківська Т.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології консервування Національного університету харчових технологій

Летуга Т.М. – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

Лищенко О.П. – асистент кафедри архітектури і містобудування Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Любич В.В. – доктор сільськогосподарських наук, професор кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва

Майзеліс А.О. – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник кафедри технічної електрохімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Малєєв В.О. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри хімії, екології та безпеки життєдіяльності Херсонського національного технічного університету

Матенчук Л.Ю. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри технологій харчових продуктів Уманського національного університету садівництва

Мигаль В.П. – доктор технічних наук, професор, професор кафедри фізики Національного аерокосмічного університету імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Мигаль Г.В. – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри автомобілів та транспортної інфраструктури Національного аерокосмічного університету імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Мовчанюк О.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Мухін З.С. – аспірант кафедри ортопедичної стоматології № 2 Харківської медичної академії післядипломної освіти

Нестеренко С.Г. – кандидат технічних наук, завідувач кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова

Ніконов А.Ю. – доктор медичних наук, завідувач кафедри ортопедичної стоматології № 2 Харківської медичної академії післядипломної освіти

Новак Л.Л. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри технології зберігання і переробки зерна Уманського національного університету садівництва

Орлова О.М. – викладач Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини

Островерх О.О. – кандидат технічних наук, доцент Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Пилипенко О.І. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної електрохімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Пилипенко Т.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної хімії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут Ігоря Сікорського»

Писарев М.Г. – кандидат технічних наук, асистент кафедри технології консервування Національного університету харчових технологій

Піліпака Л.М. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри міського будівництва та господарства Національного університету водного господарства та природокористування

Радзінська Ю.Б. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри земельного адміністрування та геоінформаційних систем Харківського національного університету міського господарства імені О.М. Бекетова

Самченко Р.В. – кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового та цивільного будівництва Запорізького національного університету

Селютіна Г.А. – кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

Семенченко О.О. – доцент, кандидат технічних наук доцент кафедри хімії, екології та безпеки життєдіяльності Херсонського національного технічного університету

Симонов С.І. – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри архітектури і містобудування Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Сілевич В.Ю. – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри автомобілів та транспортної інфраструктури Національного аерокосмічного університету імені М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»

Сімахіна Г.О. – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів Національного університету харчових технологій

Скирда О.Є. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства та експертизи товарів Харківського державного університету харчування та торгівлі

Смірнова О.Л. – кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної електрохімії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»

Соловійов Г.І. – кандидат технічних наук, доцент кафедри архітектури і містобудування Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Сорокова Н.М. – старший науковий співробітник, доктор технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України

Срібняк Н.М. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій Сумського національного аграрного університету

Токар А.Ю. – доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри технологій харчових продуктів Уманського національного університету садівництва

Усліста В.А. – старший викладач кафедри архітектури і містобудування Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля

Филипенко А.О. – магістр спеціальності 182. Технології легкої промисловості освітньо-професійної програми «Конструювання та технології швейних виробів» Мукачівського державного університету

Фоменко Г.Р. – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Хайнус Д.Д. – кандидат економічних наук, доцент кафедри геодезії, картографії та геоінформатики Харківського національного аграрного університету імені В.В. Докучаєва

Харченко З.М. – старший викладач кафедри технологій харчових продуктів Уманського національного університету садівництва

Циганенко Г.М. – старший викладач кафедри будівельних конструкцій Сумського національного аграрного університету

Циганенко Л.А. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних конструкцій Сумського національного аграрного університету

Черкас О.А. – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри загальнонаукових дисциплін Дунайського інституту Національного університету «Одеська морська академія»

Шапар Р.О. – старший науковий співробітник, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України

Шеньхуа Дуан – кандидат технічних наук, професор, професор кафедри харчування та біоінженерії Університет Хечжоу, Китай

Юхименко А.І. – кандидат технічних наук, доцент кафедри промислового та цивільного будівництва Запорізького національного університету

Науковий журнал

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

Серія: Технічні науки

Том 31 (70) № 3 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

Сторінка журналу: www.tech.vernadskyjournals.in.ua

Формат 60x84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсетний. Цифровий друк. Обл.-вид. арк. 15,05. Ум.-друк. арк. 20,46. Зам. № 0720/195

Підписано до друку 29.04.2020. 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

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 6424 від 04.10.2018 р.